



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Esquema para la transición energética en el sector eléctrico de Colombia**

**Ray Esteban Velásquez Ordoñez**

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para obtener el título de:  
Magister en Ingeniería – Sistemas Energéticos

Director:

**Carlos Jaime Franco Cardona**

Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín  
Facultad de Minas  
Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión  
Medellín, Colombia  
2017

## Resumen

Para el mundo la adopción de las energías renovables es un factor importante en la compensación de la contaminación sobre el medio ambiente, para el cumplimiento de acuerdos internacionales y el suministro de energía en el desarrollo mundial. En Colombia la dinámica de la transición energética tiene un panorama sombrío frente a los demás Países de América del Sur, la adopción de políticas y marcos regulatorios que afiancen la búsqueda de seguridad en la integración de las energías renovables está muy lejos de convertirse en realidad, la debilidad de la política energética, acompañada de una baja inversión por problemas de financiación y problemas en barreras de entrada son el resultado de un nefasta hoja de ruta y de su tardanza en implementación, los avances para el desarrollo de fuentes renovables han tenido pocos adelantos en su desarrollo, sin embargo es válido aclarar que Colombia cuenta con recursos naturales importantes para el desarrollo de nuevas tecnologías que servirán como respaldo al sistema energético nacional, pues este se ve afectado por fenómenos de sequía intenso en los que pone el sistema en incertidumbre, por tal motivo el objetivo general de este trabajo es proponer un esquema para la implementación de transición energética en Colombia.

## Palabras Clave

Energías Renovables -Transición Energética -Política Energética

## Abstract

For the world the adoption of renewable energy is an important compensation of pollution on the environment, and international compliance for energy supply agreements for global development factor. In Colombia the dynamics of the energy transition has a gloomy picture in front of the other countries of South America, the adoption of policies and regulatory frameworks that reinforce the search for security in the integration of renewable energy is far from becoming reality, the weakness of energy policy, accompanied by a low investment by funding problems and issues entry barriers are the result of a nefarious roadmap and its delay in implementation, progress for the development of renewable sources have been little progress in its development, however, it is valid clarifies that Colombia has important natural resources for the development of new technologies that will serve as support to the national energy system, as this is affected by phenomena of intense drought which puts the system into uncertainty, for that reason the general aim of this paper is to propose a scheme for implementing energy transition in Colombia.

## Keywords

Renewable energies - Transition Energy - Energy Policy

## Tabla de contenido

Resumen.....	2
Palabras Clave .....	2
Abstract .....	2
Keywords.....	2
Tabla de contenido.....	3
Introducción .....	7
Esquema para la transición energética en el sector eléctrico de Colombia .....	8
Introducción .....	8
1.1. Antecedentes .....	8
Capítulo 2. Marco teórico .....	11
Capítulo 3. Revisión de Literatura .....	13
Capítulo 4. Objetivos .....	14
4.1.1. Objetivo general.....	14
4.1.2. Objetivos específicos.....	14
Capítulo 5. Metodología.....	15
5.1. Captura de información .....	15
Capítulo 6. Energías renovables aplicadas en Colombia.....	17
6.1. Energía solar en Colombia.....	17
6.2. Energía eólica .....	18
6.3. Energía hidráulica.....	19
6.4. Energía Geotérmica.....	20
6.5. Biomasa .....	22
6.5.1. Barreras para el desarrollo de la Biomasa .....	23
6.6. Energía Oceánica .....	24
Capítulo 7. Comparación de planes de transición energética de países desarrollados.....	26
7.1. Alemania.....	26
7.1.1. Política Energética .....	27
7.1.2. Tecnología .....	27
7.1.3. Energía eólica .....	29
7.1.4. Bio – energía.....	31
7.1.5. Energía solar fotovoltaica (PV).....	31
7.2. Estado Unidos.....	32

7.2.1. Política Energética .....	33
7.2.2. Tecnología .....	34
7.2.3. Energía Hidráulica .....	36
7.3. Japón .....	39
7.3.1. Política energética .....	40
7.3.2. Tecnología .....	43
7.3.3. Energía eólica .....	44
7.3.4. Bio Energía.....	46
7.4. China.....	47
7.4.1. Política energética .....	48
7.4.2. Tecnología .....	50
3.8.5. Energía Geotérmica.....	55
7.5. Suecia .....	56
7.5.1. Política Energética .....	56
7.5.2. Tecnología .....	59
7.6. Dinamarca .....	60
7.6.1. Política energética .....	63
7.6.2. Tecnología .....	64
7.7. Italia.....	65
7.7.1. Política Energética .....	67
7.7.2. Tecnología .....	69
Dificultades en la aplicación de la transición energética de experiencias internacionales .....	72
5. Discusión .....	79
Referencias.....	81

## Lista de Tablas

Tabla 6-1 Plantas de cogeneración en Colombia .....	23
Tabla 7-1 Objetivos de la Transición Energética .....	28
Tabla 7-2 Marco legal del sector energético renovable en Alemania.....	28
Tabla 7-3 Capacidad de producción eólica de Alemania .....	30
Tabla 7-4 Políticas energéticas de Estados Unidos .....	34
Tabla 7-5 Políticas específicas para electricidad verde .....	34
Tabla 7-7 Parques eólicos con más potencia instalada en E.E. U.U.....	35
Tabla 8-1 Comparativo de planes de transición energética de los cuatro países desarrollados .....	72
Tabla 8-2 Políticas energéticas en común de los países en estudio .....	76
Tabla 8-3 Dificultades en la integración de la transición energética .....	77

## Lista de Figuras

Figura 7-7-1 Parques eólicas de Alemania .....	30
Figura 7-7-2 Energía generada en los Estados Unidos por fuente .....	33
Figura 7-3 Las Centrales Hidroeléctricas Federales de E.E.U.U.....	37
Figura 7-4 Perspectivas energéticas 2030.....	42
Figura 7-5 Capacidad y poder de generación geotérmica 1967 – 2009.....	45
Figura 7-6 Geothermal Power Generation in Japan.....	46
Figura 7-7 Capacidad instalada de energía renovable en China .....	48
Figura 7-8 Producción de células solares fotovoltaicas y capacidad instalada 2000 – 2009 .....	53
Figura 7-9 Objetivos de desarrollo para Bio energía en China.....	55
Figura 7-10 Distribución de los recursos Geotérmicos en China .....	56
Figura 7-11 Producción de energía renovable .....	57
Figura 7-12 Número de turbinas eólicas construidas desde 1982-2015 .....	60
Figura 7-13 Reducción de emisiones de GEI de Dinamarca .....	62
Figura 7-14 Figura 7 15 Evolución del potencial renovable para el año 2050 .....	62
Figura 7-15 Participación de las fuentes de energía en Dinamarca.....	65

## Introducción

La transición energética es un movimiento que fomenta el desarrollo limpio, esta se basa principalmente en el uso de los recursos renovables como el viento, sol, energía de la tierra y el océano para la generación y el abastecimiento de la energía eléctrica, el desarrollo de esta permite la interacción del sector público y privado con la competitividad de mercado y externalidades para los consumidores y el medio ambiente, un escenario conjunto con estas energías acercaría al País a contribuir con los objetivos de combate para el cambio climático que de manera indirecta afecta nuestro sistema de generación hidráulica.

La adopción de este movimiento energético en Europa ha sido acogida fuertemente por la sociedad, de hecho se ha llevado a la implementación de marcos políticos para el desarrollo sostenible. Como resultado de los análisis de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generados en las termoeléctricas, la inseguridad de la energía nuclear, y el aumento del consumo de energía por crecimiento demográfico, han contribuido a que países como Alemania figure como el buque insignia de este movimiento; la toma de decisiones a corto y a largo plazo determinaron el cierre de la energía contaminante, finalizando con la creación de la Ley de energía renovable, con la cual se obliga a los operadores de la red a darles el beneficio de vender la generación producto de la eléctrica renovable.

La integración de estos sistemas energéticos presentan barreras políticas, económicas, financieras y sociales, sin embargo, la energía renovable tiene grandes contribuciones con el medio ambiente, los costos de generación de este tipo de energía presenta un equilibrio el con el apoyo a créditos, rebaja de impuestos y prioridad para transición conllevara a una economía más competitiva. En este trabajo se propone desarrollar un esquema para la implementación de la transición energética en el sistema colombiano.

Finalmente se busca la hoja de ruta para que la integración de la energía renovable presente un mayor aporte en el sistema eléctrico colombiano, acorde con los planes de desarrollo de la UPME además que promueva la creación de un mercado energético renovable que fomente desarrollo económico en el País.

En el primer capítulo se presenta la problemática sobre la emisión de gases de efecto invernadero resultado de la generación termoeléctrica, en la segunda parte se presenta el movimiento de transición energética, sus beneficios y aportes para el desarrollo en energía; en el capítulo 3 se realiza la revisión literaria para conocer que dificultades y experiencias han tenido otros los países que acogieron los sistemas de energía renovable a largo plazo, finalmente se presentan la metodología utilizada para cumplir con las objetivos propuestos del estado actual del energía renovable en Colombia, seguido de la comparación de los planes de transición energética en Países desarrollados y finalmente las dificultades en su integración.

## Esquema para la transición energética en el sector eléctrico de Colombia

### Introducción

Las condiciones actuales sobre el consumo de energía han sido foco de estudio en algunos países en los últimos años, las fuentes de energía convencional están trayendo consecuencias importantes en el medio ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero; por lo tanto se hace más fuerte un cambio a la generación eléctrica renovable con similar capacidad de producción pero con cero emisiones. El presente capítulo muestra como los compromisos ambientales adquiridos en Kyoto, la COP21 y la seguridad energética fueron el inicio de un movimiento de transición energética en Alemania, País que actualmente es el líder mundial en energía renovable por la implementación de su política energética a largo plazo, además se revisa el estado actual del plan de transición energética en Colombia con los objetivos planteados por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME.

Durante el desarrollo de este capítulo se realizó la revisión de información sobre impactos ambientales que son generados directamente de la fuentes convencionales como el carbón y el petróleo, la idea principal es evidenciar que sistemas de energía de este tipo siguen creciendo en diferentes Países por la actividad económica intensiva, además conocer el movimiento de transición energética de Alemania y el despliegue de otros planes de energético renovable con la estructuración de un mix energético y la implementación de objetivos de producción hacia año 2050, como también saber qué factores son los que afectan directamente en el despliegue de este tipo de energías desde el nivel político hasta ele económico.

De esta manera, el modelo energético alemán es la forma más adecuada para la toma de decisiones frente a un desarrollo sostenible a nivel mundial.

### 1.1. Antecedentes

El cambio climático es un proceso antropogénico que afecta a todos los sistemas vivos, ciudades costeras y regímenes alimentarios, las características naturales del medio ambiente se ven afectadas por residuos de la industria que operan en el planeta, efectos como la variabilidad climática limita las actividades de los sistemas de captura de dióxido de carbono y llevan al riesgo de extinción de especies y la biodiversidad.

El consumo energético mundial se ha intensificado por el desarrollo industrial e investigativo de la época, de igual manera otro factor importante es el crecimiento demográfico, este aumenta el diferentes consumos de energía como la convencional, la calefacción y el transporte; los impactos derivados de estas actividades son inmanejables en relación a la situación actual del medio ambiente (Change Intergovernmental Panel on Climate, 2013).

La búsqueda de la seguridad energética convencional ha impulsado a la industria hacia la explotación de fuentes no convencionales de energía, como el petróleo y gas de esquisto; la explotación minera de carbón y la energía nuclear avanzada, el desarrollo de estas actividades pronostican un espiral potencialmente catastrófico por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), (Ballester, Llop, Querol, & Esplugues, 2014).

Los (GEI) han aumentado significativamente en las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) entre otros; algunos de sus efectos causarán el derretimiento de las capas de hielo en Groenlandia y la Antártida, ocasionando la elevación del nivel del mar de hasta siete metros por encima del nivel actual, corrientes oceánicas que generan el fenómeno del niño seguirán predominando los cambios en la cantidad de las precipitaciones debido a la variabilidad de humedad, el aumento el caudal actual de los ríos y los llevará hasta el desborde amenazando a la población, de igual manera la acidificación por evapotranspiración y absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) están acabando con numerosa vida marina como arrecifes de coral, sistemas naturales y manglares. Por otro lado, los recursos de aguas dulces están siendo afectados por las precipitaciones, la erosión y pérdida de humedales tanto en cantidad como la calidad (Ballester, Llop, Querol, & Esplugues, 2014).

En consecuencia, la generación de riesgos ambientales afectan la población vulnerable en las zonas menos favorecidas, y que son las menos responsables. Factores como el deterioro de salud, bajas condiciones socioeconómicas, factores geográficos y los factores comunitarios, se suman al daño en los sistemas de abastecimiento de agua, distribución de alimentos, sistemas de alerta y servicios de salud pública, que aumentan el impacto de la exposición a los riesgos ambientales.

En las cumbres de conciliación se ha buscado frenar el calentamiento global de los GEI, sin embargo la falta de compromiso de países industrializados han llevado sus objetivos al fracaso. El Protocolo de Kioto fijo metas obligatorias individuales para reducir emisiones en un 11%. Ahora la COP21 propuso una meta obligatoria para mantener la temperatura media de la Tierra por debajo de los dos grados e incluso intentar dejar en 1,5 °C (Planelles, 2015).

Por otro lado, existen compromisos secundarios como aumentar flujos financieros para fomentar una economía limpia, como menciona el secretario de estado de EEUU; desarrollar una movilización basada en inversiones para una transición económica limpia que conlleve a la adaptación del cambio climático y repotenciar el desarrollo económico de países en desarrollo (IPCC, 2011)

La revolución energética es una realidad política, por lo tanto se requiere una visión de escenarios futuros contemplando la problemática ambiental y desarrollo tecnológico, que ambos eludan el futuro sombrío del consumo energético convencional y que fomente la masificación de las energías renovables, sin contar la energía hidráulica de embalse por sus impactos ambientales como migración de biodiversidad o su extinción, pérdida de extensiones de tierras productivas al igual que el desplazamiento de la población aledaña del área de influencia (Diana Motta, 2012).

El uso de la energía solar y la eólica actualmente hace parte del desarrollo de las naciones industrializadas, éstas han asumido el compromiso de mejorar la calidad del medio ambiente y la salud, por lo tanto la optimización sostenible ha impulsado la tendencia de la transición energética, sin embargo la adaptabilidad involucra cuentas políticas, legislativas y económicas importantes para diversificar la canasta energética (Dieter Holm, 2005).

En conclusión, los efectos nocivos de las energías convencionales son las causantes del aumento de los GEI que afectan directamente contra los ecosistemas y la salud de la población mundial, ahora las energías renovables son una solución a dichos problemas, además de conseguir un progreso paralelo al desarrollo sostenible. A continuación se presenta el movimiento de transición energética empleado en Alemania, país que ha tenido objetivos de generación con energía renovable a largo plazo por su avanzada integración.

## Capítulo 2. Marco teórico

El consumo energético es necesario para el desarrollo de actividades sociales y empresariales de todo el mundo, la generación convencional basada en combustibles fósiles, centrales hidráulicas y nucleares generan suficiente contaminación, por lo que algunos países ya despliegan escenarios amigables con el medio ambiente para evitar impactos ambientales e influir directamente con el cambio climático. La Transición Energética es ahora es el escenario predominante para la revolución del horizonte eléctrico y el cuidado del medio ambiente (World Economic Forum, 2013)

La "Energiewende" ("transición energética") fue adoptada por el Instituto de Ecología Aplicada de Alemania, en donde se presenta un crecimiento económico con un menor consumo de energía y principalmente enfocado a la energía renovable y la eficiencia energética (Connor, 2010)

Alemania con la adopción de la Ley de Conservación de la Energía ha transformado su sistema convencional energético por un sistema renovable, la visión germana plantea objetivos a corto y largo plazo, en 2020 pretende que el 45% de todo su consumo energético sea abastecido por fuentes renovables y para el 2050 el 100% (Greenpeace Internacional, 2007) (Pescia & Graichen, 2015)

Por otro lado, según el análisis de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), los escenarios de Países como Estados Unidos, China y Japón presentan un nivel mayor de ambición para maximizar el potencial de las energías renovables en calefacción y transporte, los obstáculos que trascienden el esquema de las renovables como la financiación de proyectos, las conexiones de red y la mala planificación política generan incertidumbre en el camino de la transición, sin embargo en los últimos años la adecuación de una política energético con estrategias de financiación y una clara inversión hacia los objetivos de transición los ha posicionado como los países de mayor capacidad instalada renovable, por lo tanto la integración de avances tecnológicos así como los modelos financieros empresariales innovadores los conducirán eventualmente hacia el futuro de escenarios renovables propuestos (REN21, 2016).

El futuro energético limpio es la hoja de ruta para abordar el dilema del cambio climático, su relevancia se enfatiza en la disminuyendo externalidades ambientales y de salud humana, reduciendo al menos 50% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en los próximos años (Tudela, 2014).

La energía solar fotovoltaica y eólica son robustas, asequibles, eficientes y económicas, por ende permiten un crecimiento económico mundial eliminando gradualmente las fuentes contaminantes, planes como estos apuntan a la eficiencia operacional en los sistemas renovables, a canastas más diversificadas y a mejorar los usos de energía. El objetivo principal es construir un futuro sano, próspero, competitivo y ambientalmente sostenible a través de la transición energética (Craig Morris, 2016)

En Colombia la transición energética busca seguir la tendencia global, con expectativas de crecimiento y desarrollo económico por medio de una política de energía basada en abastecimiento eficiente y sostenible. Este objetivo coincide con las dimensiones propuestas por el World Energy Council (WEC) en su índice de sostenibilidad energética (World Economic Forum, 2013).

El ideario energético colombiano para el desarrollo de la transición de energía definió cinco objetivos concretos focalizados en oferta energética, demanda, universalización, interconexiones internacionales y valorización del sector energético, además planifica trabajos para encontrar información, conocimiento y recurso humano nacional (UPME, 2015)

Las energías renovables presentes en el país son la solar y eólica, sin embargo, tienen una participación secundaria en la canasta de generación eléctrica, la energía solar tiene entre 9 y 11 MW, mientras que en energía eólica se cuenta con 19.5 MW del parque eólico Jepírachi, el desarrollo de la transición energética presenta poco desarrollo dado los despliegues renovables actuales (UPME, 2015).

Ley 1715 de 2014 orienta la integración de las energías renovables para el sistema energético colombiano, además de incentivar el aprovechamiento de recursos naturales presenta oportunidades para potencializar el desarrollo de nuevas actividades económicas, mejorar la calidad y la sostenibilidad de la prestación de servicios básicos energéticos (Florez, 2015).

La UPME realizó unos escenarios a largo plazo para la transición energética en el país, esta presume una incorporación de 474 MW de energía eólica en la Guajira aportando el 6% de la canasta de energía eléctrica, correspondiente a una capacidad instalada de 1.207 MW para 2028. Sumado a los 474 MW de energía eólica del escenario pesimista, se considera posible la instalación de 143 MW de energía solar, 275 de geotermia y 314 MW de cogeneración con biomasa (UPME, 2015)

En conclusión la transición energética Alemana es un modelo energético del futuro en que se elude la contaminación y sus efectos, además dicho modelo ha sido acogido por países como Estados Unidos, Japón y China para realizar su transición y para maximizar la capacidad de energías renovables; de igual manera Colombia ha tomado ejemplo del panorama energético mundial y ha plantado objetivos de crecimiento renovable mediante escenarios realizados por la UPME que permitirá alcanzar desarrollo sostenible. Para continuar conociendo las experiencias relacionadas con la transición energética a continuación se explica cómo se obtuvo la información de la integración de la transición energética en los países mencionados para realizar los objetivos planteados en este trabajo.

### Capítulo 3. Revisión de Literatura

En las últimas décadas se han realizado varios estudios para la integración de las energías renovables en el sistema eléctrico colombiano, la mayoría de ellos desarrollados por la unidad de planeación minero energética (UPME), entre éstos se pueden mencionar los siguientes, Energías alternativas en Colombia bajo la ley 1715 (Florez,2015), Ideario energético 2050 (UPME, 2005), Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia (UPME,2005), Universidad Autónoma de Occidente le apuesta a la energía solar (América Fotovoltaica, 2016), Plataforma para la evaluación de políticas de mitigación de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico. Ardila, L. (2015), Celsia iniciará construcción de primera granja de energía solar en Colombia (Celsia, 2017), Developing Sustainable Infrastructure for Small Hydro Power Plants through Clean Development Mechanisms in Colombia (Duque, E; Gonzalez, J & Restrepo,2016), Technology in Society Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia : A function analysis of the technological innovation system and the wider context (Edsand,2017), Experiencia en el desarrollo de proyectos de energía eólica (EPM,2008), Diversificar matriz energética, solución a crisis (García, 2016), Electricity generación and wind potential assessment in regions of Colombia (Jiménez, A., & Diazgranados,2012), La energía geotérmica será una realidad en el país (Matías,2011), Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas (Murcia,2009), El poder del viento (Pinilla,2008), Potencial de generación de energía a lo largo de la costa colombiana mediante el uso de corrientes inducidas por mareas (Polo,2009), Energía mareomotriz : potencial energético y medio ambiente (Quintero, R, Estefan, L., & Quintero,2015), Atlas de Radiación Solar de Colombia (UPME,2005), Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia (UPME,2015), Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia (UPME), Plan de expansión de referencia 2015 – 2050 (UPME).

## Capítulo 4. Objetivos

### 4.1.1. Objetivo general

Proponer un esquema para la transición energética en el sector eléctrico de Colombia

### 4.1.2. Objetivos específicos

Hacer un referenciamiento del tipo de energías renovables aplicadas en Colombia.

Hacer un comparativo de planes de transición energética de algunos países desarrollados.

Enumerar las dificultades en la aplicación de la transición energética basándose en experiencias internacionales.

## Capítulo 5. Metodología

La metodología utilizada para este trabajo es principalmente la revisión bibliográfica de la política energética y los planes de desarrollo en energía renovables propuestos por los gobiernos de Alemania, Estados Unidos, Japón y China para realizar la transición energética y la reforma de los sistemas eléctricos nacionales en aspectos financieros, técnicos y legislativos.

A continuación se explica la metodología utilizada:

### 5.1. Captura de información

La captura de información se realizó en base a la producción de los GEI del sector energético y la seguridad energética, particularmente hablando de la energía nuclear; las energías renovables como la solar, eólica, geotérmica entre otras son las soluciones frente a distintos fenómenos que atacan el medio ambiente.

Según (REN21, 2016) los países con mayor despliegue en el sector energético renovable son Alemania, Estados Unidos, Japón y China. Esta investigación tomo como base el desarrollo de los países anteriormente descritos para hacer un recorrido sobre el camino que realizaron los sectores energéticos de cada país en la integración de las tecnologías renovables en distintos aspectos como la política energética, financiación y el desarrollo de tecnologías e infraestructura.

La base de datos utilizada para el desarrollo de esta investigación asociada al sector energético renovable es la proporcionada por la Universidad Nacional de Colombia, el sistema nacional de bibliotecas que da acceso a revistas importantes como Ebsco, Science Direct, Politca energetica y energía renovable.

Los criterios de investigación aplicados a esta investigación incluyen el año de inicio de la transición energética en cada país, la política energética implementada con sus distintos beneficios o programas que aumentan los incentivos de aplicación, el tipo de tecnología que es más provechoso aplicar de acuerdo a los diferentes recursos presentes en los países y por último la capacidad instalada actual con la integración de los planes de desarrollo enfocados hacia la generación con energía renovable y los objetivos planteados a largo plazo

La consolidación de la información se hizo principalmente con los enfoques de la política energética en la cual se plasman los objetivos a corto y largo plazo, inicialmente se realizó una revisión del estado actual en distintos factores que intervienen en la transición energética como la infraestructura, planificación de potencialidad de recursos naturales energéticos renovables, la cantidad de recursos monetarios que han sido invertidos en eso proyectos y los que se invertirán para logras las metas.

En conclusión, la adopción de tecnologías renovables permitirá un desarrollo de la calidad de vida de manera similar a la ofrecida por la energía fósil, sin embargo la eliminación de los gases de efecto de invernadero es el aspecto positivo que motivo la transición energética internacional, estrategias como la investigación, desarrollo de tecnologías, financiación y la política energética

son los pilares de desarrollo de la energía renovable que deben ser adoptados en el plan estratégico energético a largo plazo por Colombia.

## Capítulo 6. Energías renovables aplicadas en Colombia

El desarrollo de las energías renovables en Colombia se hace importante para diversificar la canasta energética colombiana, de igual manera sirve para tener un sistema de respaldo al modelo hidrotérmico actual, el cual es vulnerable a la variabilidad climática desencadenada por efectos atmosféricos del calentamiento global (García, 2016). En este capítulo se presenta el potencial de los distintos recursos energéticos renovables en el país.

### 6.1. Energía solar en Colombia

El estudio del recurso solar en el país es desarrollado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) que en conjunto con la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) desarrollaron el “Atlas de Radiación Solar de Colombia”, este instrumento es un referente técnico y científico para identificar zonas estratégicas para el progreso de este tipo de energía, se destacan zonas como La Guajira, Atlántico, Magdalena, Sucre; la zona norte de los departamentos de Bolívar, Cesar y Córdoba; y el nororiente de los departamentos de Arauca y Vichada (UPME, 2005) (Diana Motta, 2012)

La energía solar se ha limitado a proyectos de menor amplitud, tanto en el sector público como privado, la crisis petrolera le dio relevancia a investigaciones e implementaciones de esta tecnología, de manera que universidades como los Andes, la Universidad Nacional en Bogotá, la Universidad del Valle y fundaciones como el Centro Las Gaviotas registraron las bases para instalar calentadores solares domésticos y grandes sistemas de calentamiento de agua en hospitales y centro comunitarios (Murcia, 2009)

El primer proyecto de instalación en energía solar se presentó la ciudad de Santa Marta con la disposición de calentadores solares en los años setenta (Murcia, 2009), actualmente algunas de las instalaciones solares están ubicadas en zonas rurales, lugares en los cuales no llega la red eléctrica nacional, un ejemplo es la Institución Educativa Martinica de Montería, esta cuenta con un sistema solar de 3.200 vatios de potencia, baterías de carga que soportan 12 horas y acometidas externas e internas, de esta manera todos los dispositivos eléctricos de la institución, el centro de salud y la estación de policía son abastecidos por el sistema (Redacción Nacional, 2015)

Por otro lado Universidad Autónoma de Occidente desarrolló el proyecto de mayor potencia en energía fotovoltaica instalado en una institución educativa universitaria en Colombia, el proyecto fue desarrollado junto con Epsa, y permitirá reducir el 5 % de energía del campus universitario, el sistema posee 638 paneles solares que permiten reducir el consumo de aire acondicionado entre otros (America Fotovoltaica, 2016)

En el departamento de Valle de Cauca, la compañía Celsia Solar iniciará la construcción de una granja fotovoltaica en 2017, el objetivo de este proyecto busca adquirir capacidades para el

desarrollo de proyectos fotovoltaicos por parte de la compañía a gran escala en Colombia, Panamá y otros países de la región (Celsia, 2017)

La granja solar se ubicará en donde operaba Termo Yumbo, la capacidad instalada será de 9,9 MW, proveniente de 35.000 paneles solares en un área de 18 hectáreas, esto equivale al consumo básico mensual de energía de 8 mil viviendas que evitarán una emisión de unas 6,600 toneladas de CO<sub>2</sub> (Celsia, 2017)

Como se puede evidenciar, la energía solar es una tecnología muy poco desarrollada en el país, sin embargo el ideario energético la UPME pretende darle más relevancia a la generación de este tipo de energías renovables.

## 6.2. Energía eólica

La energía eólica en el 2015 fue la principal fuente de nueva capacidad generadora de electricidad en Europa y Estados Unidos, y la segunda más importante en China. A nivel mundial, se añadió un 63 GW, sumando un total aproximado de 433 GW; por otro lado el sector eólico off shore tuvo un gran año, con un estimado de 3.4 GW conectado a las redes, sobre todo en Europa, superando un total mundial de 12 GW (REN21, 2016).

La energía eólica está desempeñando un papel importante al satisfacer la demanda de electricidad en países como Alemania (más del 60% en cuatro estados), Dinamarca (42% de la demanda en 2015), y Uruguay (15,5%) (REN21, 2016).

De acuerdo a las cifras de la Agencia Internacional de Energía (IEA), la generación mundial total de electricidad en el 2007 fue de 19189 TW, de los cuales la generación Eolo eléctrica aportó el 1% del global, con cerca de 194 TW con 93849 MW eólicos (Pinilla, 2008)

En Colombia existen regiones geográficas con potencial para la energía eólica, la cantidad de los vientos alisios que llegan al país es sobresaliente de toda Suramérica, la velocidad media del viento es de 9,8 m/s. en regiones como La Guajira, islas de San Andrés y Providencia, Santander, Norte de Santander, Boyacá, Valle del Cauca, Risaralda y Huila (Pinilla, 2008) (UPME, 2015).

En 2002, Colombia en colaboración con el Banco Mundial y Empresas Públicas de Medellín (EPM), instaló su primer parque eólico en La Guajira en la costa norte del país, esta zona posee una velocidad del viento que oscila entre 5 y 11 m/s según el Atlas de Viento y Energía Eólica del (IDEAM,2005), este recurso es aprovechado por la turbinas eólicas del parque Jepirachi, el parque posee una capacidad instalada de 19.5 MW que resultan de 15 aerogeneradores de 1,3 MW cada uno, El parque eólico está catalogado como Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, además hace parte de un programa para el aprovechamiento de la energía eólica en la Alta Guajira (EPM, 2008).

La iniciativa más concreta y prometedora es un parque eólico en Uribia, Guajira, que es desarrollado por ISAGEN y la población indígena local Wayuu, el parque tendrá veinte turbinas de 1,5 MW (Edsand, 2017).

La energía del viento presente en el país es un nicho de oportunidad, según IDEAM el Caribe Colombiano posee 20.000 MW de potencia para instalar, los vientos alisios aumentan su velocidades los meses de junio / julio con un valor máximo de 6,7 m/s (UPME, Integración de las energías no convencionales en Colombia , 2015), en Boyacá y San Andrés presentan la mayor producción anual media de energía con 5.106,02 y 3,828.07 MW/año a 70 m de altura evaluada con una turbina Sirocco que produce 14.550 y 11.020 kW/año, estos perfiles son similares en Argelia en sectores como Tindouf y Tamanrasset que producen aproximadamente 10.000 kW/año (Jiménez & Diazgranados, 2012)

La integración de energía eólica conseguirá beneficios por permitir despachar energía más barata, además aumentar la capacidad de generación en la región Caribe y zonas alejadas que dependen del centro del país, se debería trabajar en la viabilidad de estos proyectos teniendo en cuenta las barreras, frente a esta situación el estado ha determinado mecanismos financieros para estimular su desarrollo en exenciones o descuentos tributarios y los certificados de reducción de emisiones (cer), de igual manera (Botero, Isaza y Valencia 2010) y Vergara et ál. (2010) plantean políticas para facilitar la inversión como líneas de crédito blandas de la banca multilateral, exigencia de pagos adicionales por la generación con tecnologías contaminantes (green charge); economistas y organizaciones internacionales usualmente argumentan que el impuesto al carbono y las políticas de mercado son políticas eficientes en la promoción de tecnologías bajas en carbono (Ardila, 2015).

### 6.3. Energía hidráulica

El Plan de Expansión de Referencia Generación Transmisión 2015 - 2029 informa que la energía hidráulica es la más desarrollada en Colombia, en promedio el 75% de la generación eléctrica es de este tipo, la principal causa es la geografía de cadenas montañosas que se presentan en la zona céntrica del país, especialmente en regiones del Magdalena - Cauca que según ISA y el IGAC la identificaron como una de las regiones con más viabilidad para el aprovechamiento hidro energético (Duque, Gonzalez, & Restrepo, 2016)

Colombia posee un potencial hidrológico global de 93.085 MW de los cuales 9185 MW (9,86%) están instalados en grandes centrales hidroeléctricas y 533 MW (0,57%) en pequeñas centrales hidroeléctricas de menos de 20 MW que representan el 4,8% de la capacidad instalada, el concepto de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) se presenta como arbitrario por la falta de uniformidad en diversos documentos y estudios, sin embargo la capacidad instalada de las pequeñas centrales en 2012 fue de 177,77 MW (hasta 10 MW) y la capacidad instalada de las plantas entre 10 y 20 MW fue de 762,52 MW generando aproximadamente el 6% de la electricidad total del país (Morales, Álvarez, & Acevedo, 2015).

Los impactos ambientales y sociales de las PCHs son menores proporción frente a los que presentan las centrales de embalse, con éstas no se presenta la migración de biodiversidad o su extinción, tampoco hay pérdida de extensiones de tierras productivas al igual que el desplazamiento de la población aledaña del área de influencia; por otro lado, en la parte financiera en fases de construcción son cortas, por ende menor inversión de capital y sus costos de operación son mínimos (Diana Motta, 2012).

Los beneficios que presentan las PCH, se ajustan para satisfacer las necesidades energéticas de las comunidades de las zonas interconectadas de regiones como el Orinoco y la Amazonia. Las fuentes hídricas presentes en estas regiones tienen condiciones favorables para su desarrollo, sin embargo, la UPME dice que para su planeación es importante tener en cuenta las variaciones climáticas y buscar alternativas de respaldo con fuentes fósiles lo que llevaría a los incrementos de costos de inversión o viabilidad (Duque, Gonzalez, & Restrepo, 2016)

Actualmente este tipo de proyectos presentan incentivos por parte de entidades del estado y organizaciones internacionales como la deducción de hasta un 125% del monto invertido por ser generadores de mecanismos de desarrollo limpio (MDL), su objetivo general es mejorar la calidad de vida de la comunidad de zonas rurales y no como beneficio económico (Morales, Álvarez, & Acevedo, 2015).

#### 6.4. Energía Geotérmica

La energía geotérmica aún no ha sido desarrollada en Colombia, únicamente ha sido incluida en modelo de ecoturismo de las áreas de influencia de volcanes activos de los cuales se desprenden aguas termales, a pesar de esto el Estado junto con sus instituciones del sector energético avanzadas diversos estudios desde la década del 70 sobre el potencial geotérmico.

Colombia cuenta con una geología favorable, el territorio se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, zona donde el gradiente de temperatura natural del subsuelo cercano a la superficie es anómalamente alto y se manifiesta con la actividad vehemente en zonas contiguas a los volcanes Chiles, Cerro Negro, Cumbal, Azufral, Galeras, Doña Juana, Sotará, Puracé, Nevado del Huila, Nevado del Ruiz y Nevado del Tolima (UPME, 2015)

De acuerdo con el potencial geotérmico expresado anteriormente, ISAGEN ha formulado una propuesta para la integración de la energía geotérmica en el país, sus investigaciones desarrollaron un modelo conceptual propio para selección de un área para exploración y uso de la energía geotérmica en la zona de influencia de macizo volcánico del Ruiz, su financiación fue de US\$ 2,7 donados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Fondo para el medio ambiente y el fondo de consultoría Japonés; actualmente ISAGEN se encuentra realizando los estudios requeridos para el desarrollo de dos (2) proyectos geotérmicos en áreas con un alto potencial geotérmico, localizados en el Macizo Volcánico del Ruíz (MVR) y en la zona de influencia de los volcanes Tufiño, Chiles y Cerro Negro, en la frontera con el Ecuador (Matías, 2011)

La Universidad Nacional de Colombia, ha investigado el complejo Tufiño - Chiles por sus características geológicas, resultado estima que el potencial energético puede generar alrededor de 52.000 GW de electricidad o 91.000 GW de energía para usos directos durante 30 años y para la operación de una planta de hasta 177 MW con una efectividad de 0.9 (Prieto Rodríguez, 2006).

El desarrollo del recurso en la región es considerado incipiente, (Marzolf, 2007) expone algunas causas que pueden explicar el lento desarrollo de la energía geotermia en el país, entre ellas son:

- La capacidad técnica y educativa para la investigación y el modelamiento del recurso son altamente especializados
- Las etapas preliminares de exploración implican cuantiosas inversiones, con un alto nivel de riesgo.
- Las áreas con potencial geotérmico se localizan en regiones volcánicas, con infraestructura limitada para el acceso y la conexión al Sistema de Transmisión Nacional (STN).
- Los costos de exploración de la geotermia e instalación son altos, lo cual disminuye su atractivo para potenciales inversionistas en inversiones de desarrollo de este mercado.
- El estado no ha formulado apoyo en el desarrollo de una política energética para el aprovechamiento del recurso y promoción de estos proyectos.
- La comunidad desconoce los beneficios y riesgos reales asociados al uso del recurso.

ISAGEN por su parte ha realizado los siguientes estudios con aliados estratégicos para la industria energética geotérmica (Marzolf, 2007):

- Estudio del potencial de generación geotérmica en Colombia Isagen 2008–2009
- Modelamiento del sistema hidrotermal magmático en áreas con potencial geotérmico en el Macizo Volcánico del Ruiz, Colombia. ISAGEN 2010–2012
- Modelo resistivo del subsuelo con sondeos de magneto telúrica (MT) en un sector del área de estudio. Isagen 2011–2012,
- Estudio de pre factibilidad para el Campo Geotérmico del Macizo Volcánico del Ruiz. Colombia. Isagen – banco interamericano de desarrollo (bid) (fondo japonés de consultoría) 2011–2013.
- Inversiones catalizadoras para energía geotérmica Colombia. Isagen – banco interamericano de desarrollo (bid/fmam), 2011–2014.

El BID ha fomentado las inversiones catalizadoras para la energía geotérmica, esto facilitará que entidades nacionales e internacionales con sus expertos presenten una orientación segura en el desarrollo de esta fuente de energía, algunos logros de este proyecto se pueden resumir en los siguientes aportes (Marzolf, 2007):

- Logros técnicos: El conocimiento estructural, geológico, geofísico, de exploración y de estudios ambientales de áreas como el Nevado de Ruiz y los Volcanes Chiles, Tufiño y Cerro Negro requeridos para implementar la energía geotérmica
- Fortalecimiento institucional y técnica: Se consolida en la investigación que fue una acogida por donaciones de organismos internacionales ya mencionados, que ha permitido la adquisición de equipos técnicos de laboratorio y exploración adjudicados a la Universidad Nacional de Colombia

## 6.5. Bio - Energía

La energía producida por biomasa ha sido el modo de aprovechamiento energético más antiguo del mundo, en zonas rurales la leña ha sido el foco de actividades de cocina e iluminación, la generación energética por biomasa tiene mayor participación en los mercados energéticos mundiales, según (REN21, 2016) la capacidad instalada está en 405 TW en todo el mundo en el año 2013

Estados Unidos es el primer productor de energía por biomasa en el mundo con 59,9 TW en 2013 (IEA, 2014), Alemania es el segundo país con más generación de esta fuente energética con 47,9 TW para el mismo año (REN21, 2016)

En Colombia, el potencial energético proviene del sector agrícola, pecuario y residual urbano, el Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia realizado por la UPME en conjunto con el IDEAM, COLCIENCIAS y la Universidad Industrial de Santander afirma que el 44.77% de área del país es destinado para la agricultura y el 76% al pecuario que es el de mayor producción en insumos de estiércol (UPME)

La generación obtenida de la biomasa en el país equivale a 10.804 GW, el 1.3% del total de la energía nacional, la energía térmica aportó el 11% de la energía total con actividades de incineración de bagazo de caña, residuos de la palma de aceite, residuos del arroz, la leña y el carbón en el año 2013 (UPME)

En el País existen 7 plantas de cogeneración con capacidad instalada disponible de 66.8 MW que aportan electricidad al sistema nacional Tabla 1, estas centrales utilizan biomasa para su operación, sin embargo existen centrales que utilizan combustibles líquidos para su proceso de generación de electricidad y calor, a continuación se presentan algunas (UPME)

A futuro, este sector energético tendrá un aporte significativo en la producción de electricidad o generación térmica, a la luz de la recién sancionada ley 1715 de 2014, la cual promueve el desarrollo y la utilización de fuentes renovables en el sistema energético nacional mediante su integración al mercado eléctrico, se estima que cerca de 15 millones de hectáreas que no son destinadas a esa actividad productiva serán cultivadas, sumando el desenlace del postconflicto y el

apoyo para el desarrollo tecnológico que promoverán el objetivo ambiental en la reducción de al menos 10 o más toneladas en tala de árboles destinados para leña (Diana Motta, 2012).

La proyección de Colombia en un horizonte a largo plazo debe plantear opciones para que la biomasa sustituya la dependencia del petróleo, debe estructurar una política energética aplicando modelos de países como Alemania, Finlandia, Brasil y Estados Unidos adecuándolos a la realidad nacional (IEA, 2014), un ejemplo puede ser los pasos recorridos desde los biocombustibles hasta el desarrollo de las biorefinerías realizados en Estados Unidos y Brasil. La conceptualización y materialización de investigaciones científicas abrirá el sendero en el desarrollo de objetivos energéticos en el sector agropecuario (UPME)

A Corto plazo, la UPME involucra la generación de electricidad con residuos de la extracción de palma de aceite, el aprovechamiento del gas metano en plantas residuales aportando reducción de costos en operación, sustitución de combustibles convencionales por residuos como llantas y aceites en empresas cementeras y la determinación del rol de auto generador están incentivando la comercialización de este tipo de energía (UPME)

La UPME en su plan de generación y expansión 2015 plantea un escenario de costos altos en producción similares a la PCH, según (UPME) los costos bajos de operación serían competitivos, sin embargo para que esta actividad sea atractiva depende del impulso del Gobierno con su política de investigación, desarrollo y la implementación de modelos de países como Australia, Alberta, y Nueva Zelandia que tienen mercados de bioenergía completos para la electricidad.

Tabla 6-1 Plantas de cogeneración en Colombia

PLANTAS DE COGENERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO COLOMBIANO	
Central	Capacidad instalada (MW)
Cogenerador coltejer	5.0
Cogenerador incauca	10.0
Cogenerador ingenio mayaguez	19.9
Cogenerador ingenio providencia	19.9
Cogenerador ingenio Risaralda	6.0
Cogenerador ingenio san carlos s.a.	2.0
Capacidad instalada total de plantas de cogeneración	66.8

Fuente: Sistema de información de XM y UPME (2014)

### 6.5.1. Barreras para el desarrollo de la Biomasa

- Primera barrera prioritaria. Requisitos técnicos
- El requisito técnico de mínima eficiencia eléctrica impuesta por el operador a la detiene la inversión de empresas privadas en tecnologías en cogeneración

- Segunda barrera prioritaria. Figura cogenerador
  - El estado debe emitir el concepto claro de cogenerador, al igual sus interacciones con compañías eficiencia energética como las Empresa de Servicios Energéticos (ESCO) de acuerdo al cumplimiento de requisitos para ser un cogenerador.
- Tercera barrera prioritaria. ENFICC
  - La ampliación de incentivos como los créditos ENFICC para las generadores a de más 20 MW, ampliaría la potencia para desarrollar esta tecnología, como el sector azucarero, esto pondría en ventaja sobre aporte más cantidad de energía al SIN (UPME)

## 6.6. Energía Oceánica

Los mares y océanos tienen un potencial energético con posibilidades de ser convertido en electricidad, podemos distinguir dos tipos de corrientes: las oceánicas y las corrientes inducidas por mareas; la tecnología actual hace posible el aprovechamiento de energía cinética de las corrientes marinas mediante la instalación de estructuras acuáticas similares a un aerogenerador; la energía mareo-térmica emplea la variación temperatura de la superficie y la temperatura de aguas profundas, requiriéndose un gradiente térmico de al menos 20 °C; la energía undimotriz o energía a partir del movimiento de las olas utiliza la fuerza con la que se desplaza determinada masa de agua a causa del rozamiento con las corrientes de aire (oleaje); la potencia osmótica o también llamada energía azul, obtenida mediante ósmosis por la diferencia de concentraciones de sal entre el agua de mar y agua de ríos; y por último, la energía mareomotriz, que aprovecha el ascenso y descenso del agua del mar producidos por las fuerzas gravitatorias del sol y la luna (Quintero, Estefan, & Quintero, 2015)

El territorio Colombiano posee 9800 Km<sup>2</sup> de aguas marítimas, 6400 de tipo territorial y posee 3000 km de costa, distribuidos en 1700 km en el mar caribe y 1300 km en el Océano pacífico (Quintero, Estefan, & Quintero, 2015)

Según investigación realizada por (Polo, 2009) las mareas presentadas en 45 Bahías de la costa pacífica son superiores a los 3m, de acuerdo a eso su potencial energético se calculó en 120 MW; Bahía Málaga con 3.5 MW y la ensenada de Tribugá con 0.5 MW como zonas con potencial energético importante para las necesidades de las comunidades cercanas; así mismo, Punta Catripe (8MW), Bocana Bazán (6MW) y Boca Naya (13MW).

Para la Costa Atlántica, de acuerdo al modelo utilizado por John M. Polo, Jorge Rodríguez y Armando Sarmiento las velocidades no superan los 1.2 m/s por lo tanto el potencial energético no es cuantioso debido que la velocidad es directamente proporcional a la energía que puede obtenerse de las corrientes del mar (Quintero, Estefan, & Quintero, 2015)

El desarrollo de este tipo producción de energía limpia presenta numerosos proyectos en todo el mundo, en un marco para la sostenibilidad energética, actualmente la Unión Europea desarrolla un proyecto denominado MERMAID, el cual tiene como objetivo el aprovechamiento de la energía proveniente del viento y las olas (Mermaid 2011a; H2Ocean 2011), además en otro proyecto que tiene el objetivo diseñar una plataforma flotante para la explotación de los recursos oceánicos en aguas profundas en regiones tropicales, subtropicales y mediterráneas (Quintero, Estefan, & Quintero, 2015)

La investigación desarrollada en el capítulo 2 permitió conocer los distintos lugares con potencial para el desarrollo de la energía renovable en Colombia, de igual manera se pudo conocer como la estimación de potencial energético para cada fuente de generación renovable, la política energética del país debe hacer una integración de la ER con más profundidad en donde la variación de la canasta energética y proyectos en lugares con potencial energético lideren el progreso tanto económico y social.

En conclusión, los recursos energéticos renovables en Colombia son muy variados; sin embargo el despliegue ha sido basto debido al poco interés presentado por el gobierno y las entidades estatales del mercado energético para realizar investigación y aprovechamiento de los mismos.

En el capítulo número 7, se presenta la transición energética que se ha realizado en países como Alemania, Estados Unidos, Japón, China, Suecia, Dinamarca e Italia; los 7 países han desarrollado las energías renovables a grandes escalas mediante una política energética con objetivos a largo plazo en generación renovable.

## Capítulo 7. Comparación de planes de transición energética de países desarrollados

La comparación de los planes estratégicos de energía renovable de países desarrollados es un referente para la formulación de estrategias energéticas para fuentes no convencional para países del tercer mundo. El Capítulo 7 presenta los puntos más relevantes de los planes de transición energética de Alemania, Estados Unidos, Japón China y en menor proporción Suecia, Dinamarca e Italia.

La revisión de bibliográfica de los planes de transición de los países mencionados anteriormente permitió determinar los siguientes aspectos más relevantes: estructuración de la política energética, mecanismos de compra de energía por generación renovable, subsidios económicos por adopción de tecnologías, políticas de seguridad energética, inversión en proyectos, investigación y contaminación. Temas como estos hacen parte de los objetivos de generación acordes con la transición energética en obtener el 80% del total de la energía eléctrica a partir de fuentes renovables para el año 2050 (Morris & Pehnt, 2012).

Por consiguiente, la revisión de los planes de transición energética puede facilitar la reestructuración de una política energética, toma de decisiones basadas en experiencias que puede determinar un buen futuro venidero y el desarrollo de la sociedad en general.

### 7.1. Alemania

El termino alemán Energiewende que acogió el instituto de Ecología Aplicada antinuclear en 1970, tiene el objetivo de proponer una solución holística que desarrolle las energías renovables y la eficiencia energética para reducir el 95% de emisiones de gases de efecto invernadero GEI sin reducir el nivel de vida de la población (Morris & Pehnt, 2012). El Energiewende ahora es una política que integra distintos sectores de la economía alemana que incluye estrategias para el desarrollo de objetivos a largo plazo, como combatir el cambio climático, excluir la energía nuclear, mejorar la seguridad energética y promover la competitividad, el crecimiento industrial y tecnológico (Pescia, 2015).

Algunos estudios han planteado escenarios relacionados con el Energiekonzept, estos van dirigidos a reducir el uso de carbón en 2,7 veces y aumentar las energías renovables no hidráulicas en 2,4 veces (Cherp, Vinichenko, Jewell, Suzuki, & Antal, 2017), esto equivale en cambiar la participación de los combustibles fósiles como carbón y petróleo en el suministro de energía en 2050 del 80% al 20 %, paralelamente el cierre gradual de las plantas nucleares para el año 2022, (Renn & Paul, 2016)

Para el año 2013, las acciones tomadas por la transición energética han compensado el cambio climático con la reducción de 146 millones de toneladas de emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub>, de las

cuales 105 pertenecen al sector eléctrico (Craig Morris, 2012), para el 2020 y 2050 los escenarios abordan la eficiencia energética en donde el consumo eléctrico se debería reducir entre un 10% y 25% respectivamente frente al consumo del año 2008 (Kofler, Netzer, Beuermann, Hermwille, & Schinke, 2014)

Los principales objetivos de este movimiento de cambio energético se presentan en la Tabla 7-1.

### 7.1.1. Política Energética

La política energética renovable de la Energiewende acogida por el parlamento Alemán condujo a una reestructuración del sector eléctrico de ese país, La Ley de energía renovable (EEG) ha direccionado escenarios futuros con leyes en calefacción, energía, transporte y medio ambiente, ver tabla 3-2 (Pescia & Graichen, Understanding the Energiewende, 2015).

### 7.1.2. Tecnología

Las tecnologías con más despliegue en la transición energética alemana son la Solar Fotovoltaica, la eólica y la biomasa; factores como la consolidación en el mercado mundial con la reducción de costos ha llevado a estimar proyecciones de precios competitivos de 5.5 y 8 centavos de €/kW para 2025 frente a las tecnologías convencionales, en términos de potencia se tienen estimado que las tecnologías mencionadas contribuyan 215 TW (36 %) del consumo eléctrico alemán en 2020 y 309 TW (51 %) en 2035 (Weida, Kumar, & Madlener, 2016).

#### 7.1.2.1. Eficiencia energética y la red

La eficiencia energética es una de las estrategias del marco legal de energía renovable, las proyecciones para el futuro pretenden alcanzar reducciones de consumo de 10% y 25% para el 2020 y 2050 sin condicionar el nivel de vida actual y directamente mejorar la salud y el medio ambiente. La política renovable y la ley de energía renovable (EEG) adoptaron la Ordenanza de Conservación de la Energía en un 30% o por debajo del con respecto al año 2002, tiempo en el cual se inició el programa "casas pasivas de cero energía" es decir la remodelación inteligente para los edificios construidos antes de 1984 en aspectos térmicos, lumínicos y eléctricos. El programa en 2002 tuvo más de 628 000 casas han sido renovadas, con préstamos por un total 12.05 mil millones de euros que evitaron la emisión de 2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año. (International Energy Agency, 2013)

Para el año 2014, el gobierno Alemán activo el Plan Nacional de Acción para la Eficiencia Energética y la estrategia del Diseño Ecológico para la financiación de la eficiencia energética, mediante este programa se sensibiliza a los consumidores en la adquisición de electrodomésticos tecnológicamente sostenibles y eficientes energéticamente; la Energiewende ha tenido poco éxito en este tema sin embargo es un requisito para la transición energética de Alemania (Craig Morris, 2012).

Tabla 7-1 Objetivos de la Transición Energética

		Status quo	2020	2025	2030	2035	2040	2050
<b>greenhouse gas emissions</b>	Reduction of CO <sub>2</sub> emissions in all sectors compared to 1990 levels	- 26.4% (2014)*	- 40%		- 55%		- 70%	-80 – 95%
<b>nuclear phase-out</b>	Gradual shut down of all nuclear power plants by 2022	11 units shut down (2015)		Gradual shut down of remaining 8 reactors				
<b>renewable energies</b>	Share in final energy consumption	12.4% (2013)	18%		30%		45%	min. 60%
	Share in gross electricity consumption	27.3 % (2014)*		40 – 45%		55 – 60%		min. 80%
<b>Energy efficiency</b>	Reduction of primary energy consumption compared to 2008 levels	- 9.1% (2014)*	- 20%					- 50%
	Reduction of gross electricity consumption compared to 2008 levels	-4.8% (2014)*	- 10%					- 25%

Fuente: (Kofler, Netzer, Beuermann, Hermwille, & Schinke, 2014)

Tabla 7-2 Marco legal del sector energético renovable en Alemania

Nombre	Publicación	Objetivos
Ley de Energías Renovables (LER) (Erneuerbare- Energien-Gesetz – EEG)	29 de marzo de 2000	Trata en particular los intereses de los cambio climático y la protección del medio ambiente, desarrollo sostenible del suministro de energía para reducir los costos económicos de suministro de energía por la incorporación de efectos externos de largo plazo, la conservación de los recursos energéticos fósiles y el desarrollo de tecnologías para la para promover la producción de electricidad a partir de fuentes renovables.
		El segundo objetivo de esta ley es aumentar la proporción de electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el consumo bruto de electricidad  1. 40 a 45 por ciento en 2025,  2. 55 a 60 por ciento en 2035  3. Al menos el 80 por ciento para el año 2050  Esta expansión se planifica de manera constante, rentable y compatible con la red. (Service, y otros, 2010)
		El tercer objetivo plantea el aumento en la proporción de energías renovables en bruto total en 2020 a por lo menos el 18% (Service, y otros, 2010).

<p>Ley de suministro de energía (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG).</p>	<p>"Ley de Energía de 7 de julio de 2005 (Boletín Oficial Federal I, p. 1970, 3621), por el artículo 6, apartado 36, de la Ley de 13 de abril 2017 (Boletín Oficial Federal I, p. 872) se ha cambiado"</p>	<p>Sus disposiciones generales establece un suministro seguro de electricidad y gas, barato, favorable a los consumidores de una manera eficiente y respetuosa con el medioambiente, esta regula que la competencia se efectiva en las redes de distribución de electricidad y de gas, con lo que garantiza un funcionamiento fiable a largo plazo, por último, el propósito de esta Ley es implementar y aplicar de la legislación comunitaria en el ámbito del suministro de energía (Energieversorgungsunternehmen, 2017).</p>
<p>Ley de construcción de redes energéticas, (Energieleitungsausbaugesetz - EnLAG)</p>	<p>"Ley de Expansión de transmisión eléctrica de 21 de agosto de 2009 (Boletín Oficial Federal I, p. 2870), el recientemente modificado por el artículo 14 de la Ley de 22 de diciembre 2016 (Boletín Oficial Federal I, p. 3106) se ha cambiado"</p>	<p>Integrar las energías renovables en la redes eléctricas, por lo tanto las redes de alta tensión con una tensión nominal de 380 kilovoltios o más, deben ser adaptadas, construidas asegurando la integración de electricidad procedente de fuentes de energía renovables para evitar cuellos de botella estructurales en la red de transporte (Ausfertigungsdatum, y otros, 2016).</p>
<p>Ley de producción térmica (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG) la Ley de Energías Renovables de calor</p>	<p>"Ley de Energías Renovables de calor de 7 de agosto de 2008 (Boletín Oficial Federal I, p. 1658), el recientemente modificado por el artículo 9 de la Ley de 20 de octubre de 2015 (Boletín Oficial Federal I, p. 1722) se ha cambiado"</p>	<p>Su propósito es la protección del clima, la conservación de los combustibles fósiles y la reducción de la dependencia de las importaciones de energía, el desarrollo sostenible de suministro de energía y promover el desarrollo de tecnologías para la producción de calor y refrigeración a partir de energías renovables, preservando al mismo tiempo la viabilidad económica, además de aumentar la cuota de energía renovable en el consumo final de energía para la calefacción y la refrigeración en 2020 a 14% (Energien, Deckblatt, &amp; Begr, 2015).</p>
<p>Ley de energía introducción de una tasa de biocombustibles cambiando la Ley Federal de Control de Contaminación y se modifica y la legislación fiscal actual (tasa de ley de biocombustibles - BioKraftQuG) 1) 2)</p>	<p>La Ley del Impuesto sobre la Energía de 15 de julio de 2006</p>	<p>Fomenta el uso de biocarburantes mediante una prima por incorporación y mediante beneficios fiscales en el impuesto sobre el aceite mineral (Bundestag, y otros, 2006).</p>

Fuente: Esta investigación

### 7.1.2.2. Energía eólica

La energía eólica on shore y off shore de Alemania actualmente presenta el tercer mercado más grande después de Estados Unidos y China (REN21, 2016), la dinámica de la producción inicio desde 1990 logrando tener una capacidad instalada de más 50 GW para el año 2016, ver tabla 7-3, (Craig Morris, 2012).

La industria eólica alemana ha acumulado más de 20 años de experiencia en el sector de la energía de baja y alta potencia en parques industriales y residenciales, ahora estos factores se los integra en el diseño de turbinas junto con avances tecnológicos provenientes del diseño de aeronaves (Craig Morris, 2012). Actualmente el comercio de tecnología eólica alemana se desenvuelve en todo el mundo, Enercon lidera el mercado con 60% de las turbinas instaladas, el 20% de Vestas, el 10% REpower, 4% Nordex, 2% Bard (Nordensvärd & Urban, 2015).

El desarrollo energético de la política de energía renovable ha previsto el aumento en la capacidad instalada en 9% explorando nuevas fuentes como la eólica off-shore, para el año 2020 el objetivo

es instalar 6.5 GW de capacidad eólica marina, según la canciller Ángela Merkel lo anterior es aliciente a las grandes corporaciones energéticas eólicas figura 7-1, además de un reponteciamiento de los primeros parques eólicos estimando conseguir el 35% del consumo final de electricidad en 2020, 50% en 2030 y 80% para el año 2050 (Nordensvärd & Urban, 2015) (Craig Morris, 2012).

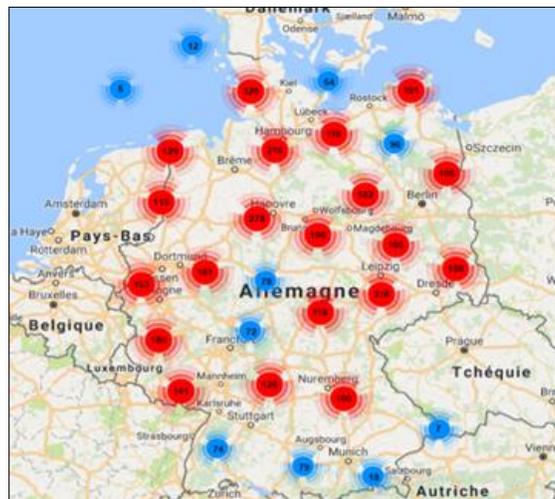
Tabla 7-3 Capacidad de producción eólica de Alemania

Año	Capacidad (MW)	Crecimiento (MW)	Crecimiento (%)
2000	6 095	1 652	+37.2
2001	8 754	2 659	+43.7
2002	12 001	3 247	+37.1
2003	14 609	2 608	+21.8
2004	16 629	2 020	+13.9
2005	18 428	1 799	+10.9
2006	20 621	2 193	+12
2007	22 247	1 626	+7.9
2008	23 903	1 656	+7.5
2009	25 777	1 874	+7.9
2010	27 190	1 413	+5.5
2011	29 060	1 870	+6.9
2012	31 308	2 248	+7.8
2013	34 660	3 352	+10.8
2014	40 468	5 808	+16.8
2015	45 192	4 724	+11.7
2016	50 018	4 826	+10.7

Fuente: (PIERROT, 2017)

Los parques eólicos presente en alemania se agrupan por capacidad instalada, los parques de color azul en la siguiente figura no superan los 100 MW, mientras que los parques agrupados de color rojo superan los 100 MW; estos parques eólicos poseen turbinas eólicas de alta potencia.

Figura 7-2 Parques eólicos de Alemania



Fuente: (PIERROT, 2017)

### 7.1.2.3. Bio – energía

El despliegue térmico que aporta la biomasa es un pilar para la provisión de energías renovables en Alemania, para el año 1992, el consumo del carbón se redujo en 30%, contrariamente la participación de la biomasa aumentó en 0.4% (Gaderer & Spliethoff, 2011). El potencia actual está en 7.6% - 10.2% por medio de insumos como madera y residuos agrícolas.

Para el año 2030, la industria de la Bioenergía que es una de las fuentes más versátil de todas las energías renovables ha llevado a plantear un porcentaje de despliegue en distintos sectores energéticos; el 18% de participación en electricidad, 15% en energía térmica y el 13% en combustible (Parliament, 2015), la estricta regulación implementada a los residuos energéticos ahora la han convertido en una energía de respaldo hacia otras fuentes energéticas como solar y la eólica (Gaderer & Spliethoff, 2011).

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) ha desarrollado unos escenarios que fijan un fuerte aumento en el uso de la biomasa en la cobertura de energía primaria de 10% en 2007 a 16% en 2030, con un factor de crecimiento de 3 a 5, actualmente combustibles como la madera, el biogás y bio-aceites cubren alrededor del 6,7% de la producción de energía primaria y el 4,6% de la demanda de electricidad y en calefacción el grado de eficiencia ya alcanzo el 90 % con bajos niveles de emisiones (Gaderer & Spliethoff, 2011) (Energien, Deckblatt, & Begr, 2015).

El Ministerio de Medio Ambiente alemán estima que la energía renovable representó alrededor del 11% del consumo total de energía en 2013, el 37% de eso lo representa la biomasa en el sector termico junto con más del 10% de biocombustibles y el 15% de biogás en el sector eléctrico en total, la bioenergía representó el 62% del suministro total de energía renovable en Alemania en 2013(Craig Morris, 2012).

### 7.1.2.4. Energía solar fotovoltaica (PV)

El mercado fotovoltaico alemán ha desarrollado el despliegue más sofisticado en todo el mundo en sectores como la infraestructura, la investigación y desarrollo (Craig Morris, 2012).

La generación eléctrica a partir de la tecnología fotovoltaica presenta críticas en alemana en su alto costo de producción por KW, debido a esto, el gobierno ha construido esquemas diferentes de feed in tariffs para que los nuevos modelos de negocio se desarrollen en base a la generación solar que con nuevas innovaciones tecnológicas; una de ellas es el desarrollo del mercado en sistemas de almacenamiento de energía, estos sistemas según la Germany Trade & Invest (GTAI) podrían llegar a un volumen de instalación anual de alrededor de 50.000 sistemas en 2020 mejorando la autosuficiencia energética en hogares y las operaciones comerciales (Craig Morris, 2012).

Según (Industry, 2016) el mercado alemán presento para el año 2015 una potencia instalada con capacidad de generar aproximadamente 38.5 de GW, aportando el 6% de la electricidad total de ese país, es importante resaltar que la generación residencial fue el sector más dinámico consiguiendo el 80% en sistemas de 10 kW; según estimaciones de empresas energéticas el área

potencial de techos solares permite una capacidad instalada de alrededor de 200 GW y está apuntando a nuevas instalaciones entre 2 y 2,5 GW, a continuación se presenta algunas cifras del mercado fotovoltaico:

- En 2014 Alemania invirtió 2,3 mil millones de euros en nuevas instalaciones de energía fotovoltaica
- La Industria fotovoltaica empleo alrededor de 45.000 a 50.000 personas en 2014.
- La industria solar alemana ha sido destacada en todo el mundo por sus módulos fotovoltaicos de alta calidad, inversores y equipos de producción, con una cuota de exportación de alrededor de 65% en 2014 (Industry, 2016).

El costo de la energía eléctrica fotovoltaica ha tenido cambios importantes, en el año 2000 la tarifa de alimentación estaba en 50 centavos de euro por kW, la Ley de energía renovable mediante los incentivos de política energética lograron que este sector sea competitivo, las estrategias en la reducción del arancel para instalaciones solares nuevas de gran área consiguieron que el precio de la energía suministrada llegue a valores menores de 10 centavos de euro/kW (Maloney, 2015).

Los industria de los fabricantes de paneles solares mantienen procesos de optimización continuos en tecnología y producción, la cooperación en I + D con universidades, proveedores de materiales y equipos son un factor importante, además el ministerio federal y regional han establecidos una serie de programas de financiación institucionales con modelos internacionales de subvención atractivos que garantizan resultados rápidos e influyentes (Rutten, 2014).

La espina dorsal de la economía alemana la Mittelstand (pequeñas y medianas empresas), presentan exenciones en temas tributarios, principalmente las asociaciones energéticas se dan en estos sectores donde se ha impulsado mayormente la industria verde (Rutten, 2014).

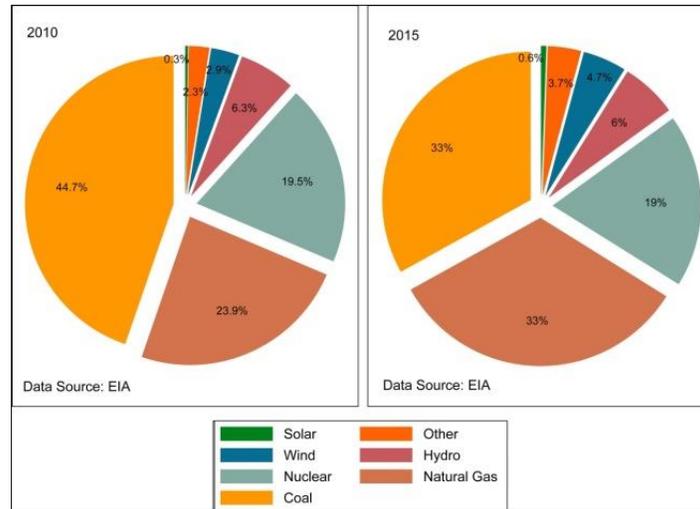
## 7.2. Estado Unidos

Las fuentes de energía renovable presentes actualmente en los Estados Unidos son la energía solar fotovoltaica, bioenergía, eólica e hidroeléctrica. Desde el año 2007 el gobierno norte americano ha invertido aproximadamente USD 400.000 millones incrementando la cuota de capacidad instalada de 7% al 13% para 2015 incentivado a conseguir un factor de costo-competitividad (REVE, 2015).

La generación eléctrica de los Estados Unidos según registros realizados en el año 2010, dependía especialmente de combustibles fósiles, el mix energético para ese mismo año genero 4125 TW a partir de distintas fuentes de energía, el carbón (44,7%), gas natural (23,9%), nuclear (19,5%), hidroeléctrica (6,3%), eólica (2,3%) y solar (0,3%); la adopción de energías renovables en su política energética reflejo distintos valores para el año 2015, hubo una disminución en energía térmica a carbón en un 33% que fue reemplazado por gas natural, mientras que las energías como la eólica y solar aumentaron 4,7% y 0,6% respectivamente figura 7-2.

La política energética aplicada por EE.UU. pretende que las energías renovables se despliegue hasta el 80% para el año 2050, el objetivo principal es reducir el 82% de las emisiones GEI, en la actualidad estados como Iowa, Dakota del Norte y Minnesot producen electricidad eólica con porcentajes del 16%, 12% y 9%; actualmente la producción de energía renovable supera los 427 TW de 2010, a 2017 la producción está 544 TW aportando el 13,3% del total de la generación eléctrica (Squalli, 2017).

Figura 7-2 Energía generada en los Estados Unidos por fuente



Fuente: (Squalli, 2017)

### 7.2.1. Política Energética

La administración del expresidente Obama apoyo firmemente la ampliación de generación de energía renovable, los objetivos más importantes son la reducción del consumo de petróleo, la innovación y el aumento en la participación de las fuentes renovables como la bioenergía, los vehículos eléctricos, la transición a tecnologías energéticas renovables y establecimiento de normas en calidad del aire para centrales térmicas, ver tabla 7-4 y 7-5.

El Plan para el Futuro de la Energía de Estados Unidos emitido en 2011 quiere duplicar la productividad energética para 2030 con la extracción avanzada de gas natural y petróleo, limitar de la expansión nuclear, aumentar la generación de electricidad a partir de fuentes eólicas, solares y la eficiencia energética.

En el año 2013, 29 estados y Washington DC desarrollaron Renewable Electricity Standards (RPS), este es un sistemas de cuotas que se aplicadas a las empresas de servicios locales para suministren a los usuarios un determinado porcentaje de su energía a partir de fuentes renovables (REN21, 2016).

**Tabla 7-4 Políticas energéticas de Estados Unidos**

LEY	AÑO	OBJETO
Ley de Conservación de energía	1975	Reducción del uso de combustibles fósiles Conservación de energía y desarrollo de fuentes alternativas de combustible
Ley Nacional de Energía	1978	
Ley de Seguridad Energética	1980	
Ley de Independencia Energética	1992 y 2005	Facilidad de incentivos para expansión de las energías renovables
Ley de Independencia Energética y Seguridad	2007	Promoción de la conservación de la energía mediante el establecimiento normas de economía para el uso del combustible Estándares de eficiencia para equipos
Ley de Recuperación y Reinversión	2009	Créditos fiscales para el sector de las energías renovables y mejoras adicionales en la eficiencia energética.

Fuente: (Mai, Mulcahy, Hand, & Baldwin, 2014)

**Tabla 7-5 Políticas específicas para electricidad verde**

NOMBRE	AÑO	OBJETO
Estándares de cartera renovable	2005	"sistemas de cuotas", requieren un porcentaje progresivamente creciente de la capacidad de generación global de los proveedores de electricidad procedentes de fuentes de energía renovables calificadas en un plazo específico para el mercado minorista
Reglas de medición neta	2004	Son reglas de contabilidad neta para garantizar la compra de electricidad generada a partir de pequeños sistemas de energía renovable.
Fondos de prestaciones públicas	2005	Los fondos de beneficio público son impuestos gravados sobre el consumo de electricidad, crearon para proporcionar apoyo al desarrollo de energía renovable, iniciativas de eficiencia energética y programas de asistencia de bajos ingresos
Normas de divulgación generación		Es una política basada en la revelación de información a sus clientes por las empresas de servicios públicos acerca de las fuentes de combustible y las emisiones asociadas con la electricidad proporcionada

Fuente: (Mai, Mulcahy, Hand, & Baldwin, 2014)

## 7.2.2. Tecnología

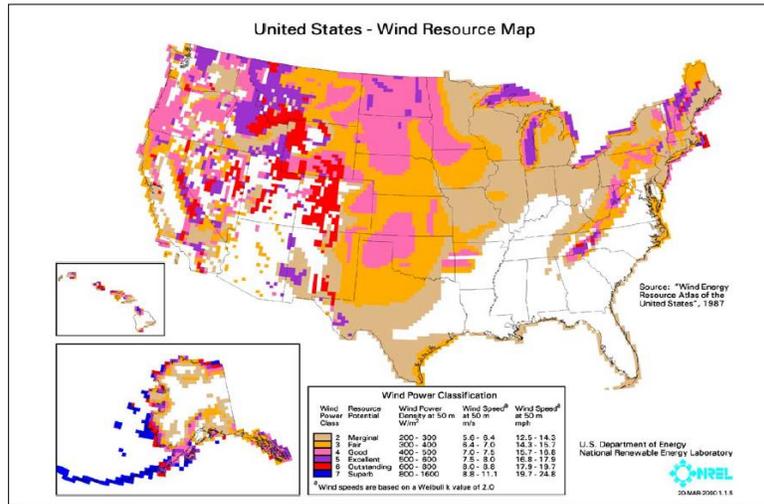
La Ley de Independencia energética fijo objetivos de crecimiento hacia el año 2050, el donde el 80% de la energía utilizada en el país sea producida por fuentes renovables; esta pretende alcanzar un horizonte de contribución de la siguiente manera: (Mai, Mulcahy, Hand, & Baldwin, 2014).

### 7.2.2.1. Energía Eólica

Esta fuente de energía ha sido evaluada por diferentes estudios que proyectan resultados interesantes para su aprovechamiento, la velocidad del viento más pronunciada se encuentra en Texas y Dakota del Norte, la velocidad del viento es aproximadamente de 8.5 m/s a 80 metros de

altura, REmap estima que para el año 2030 bajo la influencia de la política energética y el cambio climático esta aumentará en cinco veces la capacidad eólica terrestre pasando de 63 GW en 2014 a 314 GW en 2030 ver tabla 7-7, adicionalmente se proyecta una capacidad adicional de 40 GW de energía eólica marina, ver figura 7-3 (Energy, 2015).

Tabla 7-3 Potencial eólico de EE.UU.



Fuente: (Energy, 2015)

Tabla 7-6 Parques eólicos con más potencia instalada en E.E. U.U.

Granja eólica	Tamaño (MW)	Dueño del proyecto
Horse Hollow, TX	736	FPL Energy
Maple Ridge, Nueva York	322	PPM Energy / Horizon Wind Energy
Stateline, OR y WA	300	FPL Energy
Rey de la Montaña, TX	281	FPL Energy
Sweetwater, TX	264	Babcock & Brown / Catamount

Fuente: (Energy, 2015)

El mercado PJM ha integrado energía eléctrica renovable de parques eólicos ubicados en el Atlántico Medio de los EE.UU., según PJM la ampliación de infraestructura en líneas de transmisión del sistema sería llevaría a manejar hasta 69,7 GW de potencia eólica marina instalada que podrían satisfacer el 16% de la demanda en el verano, y un promedio de 30% en las otras estaciones (Powell, Archer, Kempton, & Sim, 2017), además el aprovechamiento de estos recursos eolicos marinos contribuirán en los siguientes aspectos:

- Precios de combustibles podrían reducirse hasta en un 24%;
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> entre 19 y 40%;

- Reducción de emisiones SO<sub>2</sub> entre 21 y 43%;
- Reducción de emisiones de NO<sub>x</sub>, entre 13 y 37%.

### 7.2.2.2. Energía Solar fotovoltaica

La radiación solar presente en los Estados Unidos es aproximadamente 5 kWh/m<sup>2</sup>/día es cinco veces mayor en comparación con Alemania, los avances científicos, tecnológicos y los beneficios financieros han reducido el costo de adquisición de esta tecnología hasta un 80%, la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) ha proyectado hacia el 2030 una capacidad instalada total de energía solar Fotovoltaica cercana a los 135 GW frente a los 7 GW en 2012 (Energy, 2015). El desarrollo del mercado fotovoltaico de los Estados Unidos de 2010 a 2015 tuvo un incremento en la capacidad instalada de 380 MW a 5.644 MW (Wolske, Stern, & Dietz, 2017).

El mercado fotovoltaico ha ingresado en participación es un conglomerado de mercados regionales, especialmente en aplicaciones off grid, en aplicaciones industriales, infraestructuras de telecomunicaciones, carreteras e iluminación; de igual manera la popularidad de las rebajas en impuestos estatales y créditos fiscales federales han aumentado la prestación de servicios e instalación de sistemas residenciales e industriales (Shum & Watanabe, 2009).

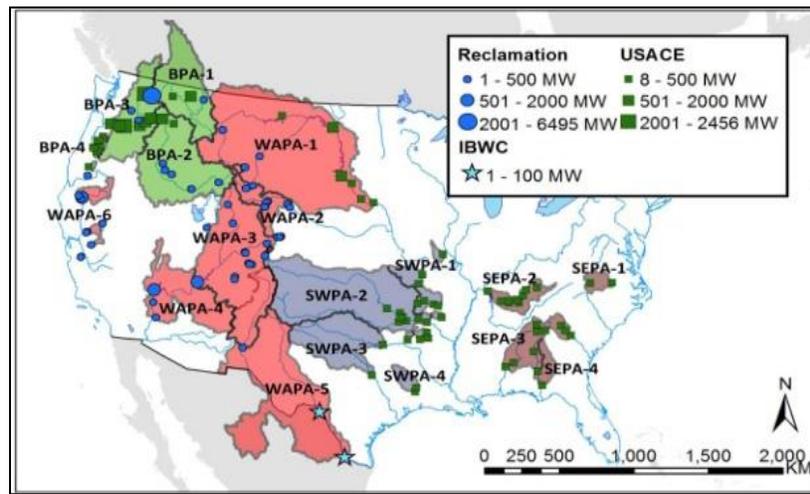
### 7.2.2.3. Energía Hidráulica

El inicio de la energía hidroeléctrica en Estados Unidos se desarrolló a finales del siglo XIX, los factores técnico económico y la segunda guerra mundial forjó el 40% del suministro total de electricidad en base a esta tecnología con la construcción de represas como la Hoover y Grand Coulee. Actualmente el despliegue de esta tecnología hidroeléctrica ha caído entre un 7% y 10% por la rígida regulación ambiental (Å L. K., 2008).

La capacidad Instalada de hidroelectricidad aportó 120,6 TW en el periodo de 1971 a 2008 con el aporte de 132 proyectos aproximadamente, esta fuente energética es un componente importante del mercado nacional de energía renovable (Kao, y otros, 2015); según la Agencia Internacional de Energía Renovable existen planes de adaptación y modernización tecnológica para represas antiguas que añadirán entre 12,1 GW y 16,8 GW además de impulsar proyectos hidroeléctricos de pequeña escala (PCH) (Energy, 2015).

Los operadores de los principales recursos hidroeléctricos son el Cuerpo de ingenieros del ejército americano (USACE), el cual posee 75 centrales hidroeléctricas con una capacidad nominal total de 21,5 GW, 90 centrales hidroeléctricas son operadas por entidades no federales con una capacidad adicional de 2,3 GW, la oficina de la Recuperación opera 58 centrales eléctricas con una capacidad nominal total de 15,1 GW en 11 estados y la Comisión internacional del agua (IBWC) opera dos proyectos hidroeléctricos más pequeños en el Río Grande con una capacidad total de 98 MW, ver figura 7-4, la regulación es dirigida por la Comisión Federal de Regulación de Energía de los Estados Unidos (Å L. K., 2008).

Figura 7-1 Las Centrales Hidroeléctricas Federales de E.E.U.U.



Fuente: (Ã L. K., 2008)

En el año 2016 el gobierno impulsó la eficiencia energética en las centrales hidroeléctricas con la repotenciación de turbinas, unidades generadoras como Wanapum ahora posee 120 MW, Meldahl de 105 MW y el proyecto hidroeléctrico Cannelton de 88 MW; la investigación junto con las mejoras tecnológicas han proporcionado un aumento de la producción de energía del 14%, uso eficiente del agua en 3% y la supervivencia de peces registro un 97,82% (Ã L. K., 2008).

El Departamento de Energía (DOE) realizó un estudio en el año 2006 sobre las posibilidades de desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas, los resultados finales presentaron más de 500.000 sitios viables con una capacidad instalada total de más de 275.000 MW (Ã L. K., 2008), sin embargo estudios del US Geological Survey WaterWatch alertan sobre los escenarios climáticos globales y regionales en donde se presenta una variabilidad de caudales cercana al 40% en años húmedos y secos, fenómenos como estos causan importantes incertidumbres en la gestión de uso del agua, la operación de depósito y las ventas de energía en la producción total de energía hidroeléctrica de EE.UU. (Kao, y otros, 2015).

#### 7.2.2.4. Bio - Energía

Estado Unidos posee aproximadamente la quinta parte del potencial de los recursos bioenergéticos del mundo, los residuos forestales y agrícolas generan alrededor de 2,3 - 4,1 EJ y 3,4 - 9,7 EJ respectivamente (Batidzirai, Smeets y Faaij, 2012).

Según evaluaciones de recursos bioenergéticas presentados por (Batidzirai, Smeets y Faaij, 2012) se estimó un potencial de suministro bajo de 18,9 EJ y alto de 22,7 EJ, esto incluye aportes de 7,5 EJ de cultivos agrícolas y madera; 7,2 - 7,4 EJ biomasa de residuos de tala; 7,8 EJ de residuos agrícolas, alimentos de animales hasta 2030.

La agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) realizó estudios comparativos del precio de la bio-energía y el carbón para el año 2010, los residuos urbanos de madera estuvieron entre los más bajos oscilando entre 0,2 y 2,7 USD por GJ, la madera alcanzó los USD 9.5 por GJ incluyendo el IVA y el apoyo financiero para todo tipo de bioenergía, el gas de relleno sanitario y de los residuos de los alimentos se situaban entre 1 y 3 USD por GJ, los residuos agrícolas como el maíz osciló entre 3,5 y 4,2 por GJ comparado con el precio del mercado del carbón de USD 34,3 por tonelada GJ

La bioenergía entra directamente en competencia con los combustibles convencionales, por tal motivo para fomentar la competitividad el gobierno Americano ha estado innovando continuamente en políticas de energía, estrategias como perfeccionamiento tecnológico ha aumentado la densidad energética de la biomasa, lo que a su vez redujo los costos de generación (Energy, 2015).

La industria de biocombustibles es el sector donde la bioenergía ha tenido un fuerte impulso, la Ley de Política Energética (EPACT) de 1992 causó el aumento de consumo de un combustible alternativo que alcanzó cerca de 4 mil millones de galones, un aumento de más del 120% en 2005 frente al año 2001, según la Coalición Nacional de Vehículos para el Etanol, en 2006 el abastecimiento de este combustible presentó 1000 estaciones con precio mínimo de venta de etanol en US \$ 2,26 gal en 2005 frente a US \$ 5,66 en 2001 con un porcentaje de mezcla de 85% de etanol a 15% de gasolina (llamado E85).

**Tabla 7-8 Porcentajes de generación de electricidad E.E.U.U. 1950-2005**

Año	Carbón	Petróleo	Gas natural	Nuclear	biomasa	geotérmica	Solar	Viento	Hydro
1960	53.09	6.32	20.81	0.07	0.02	0	0	0	19.69
1965	53.94	6.12	20.93	0.35	0.03	0.02	0	0	18.61
1970	45.89	12.00	24.29	1.42	0.02	0.03	0	0	16.35
1975	44.40	15.05	15.61	8.98	0.01	0.17	0	0	15.78
1980	50.73	10,74	15.12	10,97	0.02	0.22	0	0	12.19
1985	56.70	4.05	11,81	15.52	0.06	0.38	0	0	11.50
1990	52.47	4.17	12.27	18.99	1.51	0.51	0.01	0.09	9.64
1995	50.97	2.22	14.79	20.08	1.70	0.40	0.01	0.09	9.27
2000	51.72	2.93	15.81	19.83	1.60	0.37	0.01	0.15	7.25
2005	49.64	3.02	18.69	19.28	1.34	0.36	0.01	0.44	6.67

Fuente: Administración de Información de Energía.

Actualmente el despliegue de la bioenergía está recibiendo atención de científicos, políticos y los productores que buscan alternativas de energía renovable, en 2009 esta fuente contribuyó con 4,1% del consumo total de energía de los Estados Unidos, mientras que para 2013 esta fuente representó cerca de la mitad de toda la energía renovable consumida (Energy, 2015).

Según el estudio Sustainable Energy in América Factbook hubo un aumento en las instalaciones de biomasa, en 2013 había 556 MW, la potencia ampliada fue de 106 MW a 140 MW en 2014 y 2015 respectivamente, en el año 2016 los Estados Unidos instaló 77 MW de biomasa, 54 MW de biogás, 85 MW de generación de residuos y 39MW en 10 unidades pequeñas de bioenergía debido a las

políticas de apoyo públicos como créditos fiscales de producción y de inversión (Wang & Wang, 2016)

Según la propuesta de Energía Avanzada del Gobierno de los Estados Unidos (AEI), los biocombustibles presentan un escenario de “crecimiento agresivo que reemplazo el 10 % de la producción de gasolina por biocombustibles en 2010, el 15 % para el 2015, el 20 % para el 2020 y el 30% para el 2030” (Wang & Wang, 2016) (Hazell & R, 2009) (Energy, 2015).

### 7.3. Japón

El sistema eléctrico Japonés tradicionalmente se encuentra ligado al desarrollo de la energía nuclear y renovable para garantizar el suministro de energía doméstica, el movimiento de la transición se acogió después de desastre nuclear de Fukushima en donde se plantearon escenarios con un modelo óptimo generación eléctrica mixta (Komiya & Fujii, 2017).

La política de la electricidad actual ha planteo aumentar la fracción de electricidad renovable en el mercado energético japonés, el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI) tiene como objetivo impulsar el mercado mayorista con mayor presencia de energías renovables en el año 2030, el mix energético futuro propone aumentar entre 22% a 24% frente al 2% del año 2014, ver tabla 7-9, además también pretende mitigar las emisiones de carbono en un 80% a 2050 (Komiya & Fujii, 2017),

Tabla 7-9 Expansión de energías renovables

	Caso base	Caso de expansión renovable (RE Caso)
<b>PV</b>	Azotea: 34 GW	Azotea: 40 GW
	Grande: 20 GW	Grande: 23 GW
<b>Viento</b>	10 GW	35 GW
<b>Hydro</b>	Convencional: 12 GW	Convencional: 12 GW
	Pequeña, mediana: 12 GW	Pequeña, mediana: 12 GW
<b>geotérmica</b>	1,7 GW	3.1 GW
<b>biomasa</b>	3.6 GW	5.5 GW
<b>Marina</b>	-	1.0 GW
<b>Total</b>	92 GW	132 GW

Fuente: (Komiya & Fujii, 2017)

Japón con la implementación de la eco política presento cambios como la liberación del mercado energético, constituyo estrategias de desarrollo urbano - rural, fomento la masificación de autos eléctricos y propuso el despliegue de energía renovable mezclando en 75% la solar fotovoltaica, 25% eólica con tecnologías de almacenamiento que equilibrara las intermitencias tecnologías (McLellan, Zhang, Utama, Farzaneh, & Ishihara, 2013)

Las energías renovables en Japón presentan dificultades en la expansión para la producción, el objetivo de aumentar 20 veces la capacidad instalada de energía eólica como la solar fotovoltaica PV para 2030 se ve truncado dado que el 66% de la superficie es boscosa y montañosa, sin embargo, existe una alternativa teórica de cubrir el 20% de todas las áreas urbanas y edificios

industriales con paneles fotovoltaicos de una eficiencia de 10% que generaría los 350 TW requeridos en los escenarios de producción nuclear cero del gobierno, ver tabla 7-10 potencial de energía renovable en Japón.

**Tabla 7-10 Potencial de energía renovable en Japón**

Source	Potential	Capacity factor (%)	Generated electricity (TWh)
Hydro	21 GW	35	64
PV	100 GWp	12	105
Wind	100 GWp	20	175
Biomass	2 GW	50-90	12

Fuente:(Kwok L. Shum, 2007)

Otra dificultad son los factores reguladores que ejercen las compañías eléctricas que conducen hacia un cuasi-monopolio del mercado eléctrico, además se presento poco esfuerzo en el desarrollo de los Renewable Electricity Standards (RPS) desde 2003 al 2010 que alejaron los objetivos de la política retrasando la cuota de energías renovables en el sistema eléctrico Japonés (Kwok L. Shum, 2007).

Desde el año 2012 el gobierno japonés apostó por la transición energética, en julio del mismo año el gobierno introdujo las Feed-in Tariff para la energía solar fotovoltaica, además de plantear los dos proyectos siguientes (Izquierdo, 2012):

- El primer proyecto es de Mitsubishi Electric Company, Kyushu Electric Power y NGK Insulators, construirán el mayor sistema de almacenamiento para energía solar del mundo, con una capacidad de 50 MW con financiación estatal.
- El segundo proyecto es el anunciado por la Agencia Aeroespacial Japonesa JAXA, esta pretende poner en órbita una estación con placas solares en 2030, la energía producida será enviada a la Tierra y se está estudiando las forma más efectiva para enviar la energía por sistemas microondas, rayos láser y transferencia inalámbrica de energía (REVE, 2015).

El sector del transporte de Japón realiza investigaciones en el campo de los automóviles ecológicos, híbridos recargables y los vehículos eléctricos (VE), el sector de los electrodomésticos presentan alto grado de eficiencia energética, el sector de la Bio - energía está aprovechando residuos como la basura combustible, la basura incombustible y basura de gran tamaño para ser incineradora para la producción de electricidad y calor (Niponica, Japón, un país ecológico, 2012)

### 7.3.1. Política energética

El Plan Estratégico de Energía de Japón es la primera política energética nacional lanzada en el año 2014 con el objetivo de generar un mix eléctrico en 2030, se basa principalmente en 3 objetivos como la seguridad energética, preservación del medio ambiente y eficiencia económica.

La transición energética de Japón se originó con la adopción de subsidios de instalación, Renovables Portfolio Standard (RPS), medición neta y feed in tariffs (FIT), ver tabla 7-11.

Tabla 7-11 Programa para despliegue de energías renovable en Japón

Programa para despliegue de energías renovable en Japón	
Programa	Objetivo
<p><b>Programa de subsidios de instalación</b></p> <p>Programa de Monitoreo de sistemas fotovoltaicos residenciales. Programa para el Desarrollo de la Infraestructura para la introducción de sistemas fotovoltaicos residenciales</p>	<p>El gobierno japonés paga una parte del costo de la introducción de energía renovable al mercado eléctrico nacional; esta contribución se implementó en la fase temprana de despliegue al subsidiar el 50% de los costos de instalación inicial.</p> <p><b>Logros</b></p> <p>Reducción en los costos de energía a partir de 2 millones de ¥ / kW 2 en 1994 a 1,2 millones de ¥ / kW en 1996.</p> <p>Aumento de fondos de subsidios para Integración de sistemas fotovoltaicos de 11,11 mil millones de ¥ a 23,5 mil millones de ¥.</p>
<p>Programa Estándares de portafolio renovable (RPS)</p>	<p>El esquema de RPS entró en vigor en 2003, obliga a los proveedores de electricidad para suministrar una cierta cantidad de electricidad FER</p> <p>Las empresas de servicios públicos puede cumplir el requisito RPS de tres maneras: (1) por la autogeneración; (2) mediante la adquisición de E-FER de otros generadores; o, (3) mediante la compra de NEC en el mercado de certificados.</p> <p>El objetivo anual se inició a 7,32 TW en 2003, y se elevó gradualmente a 12,43 TW en 2010. (Dong &amp; Shimada, 2017)</p>
<p>Programa de Medición Neta</p>	<p>Es una variación de las leyes de precios, las compañías eléctricas compran electricidad excedente a los consumidores a un precio cercano a los precios de electricidad del consumidor.</p>
<p>Tarifas de alimentación (FIT)</p>	<p>El mecanismo FIT proporciona contratos a largo plazo a los generadores de electricidad de FER y la garantía de un precio de compra fijo. Introducción del régimen de FIT desarrollo de fuentes de energía renovables aceleró en gran medida en términos de capacidad instalada, que dentro de dos años había aumentado en aproximadamente 32% para el año 2013. (Dong &amp; Shimada, 2017)</p>
<p>Las políticas de combustible</p>	<p>Beneficios tributarios para la promoción en el uso de los bio combustibles: E3 etanol - gasolina (3% etanol y 97% gasolina) a E10 (10 % De etanol y 90% de gasolina).</p>

Fuente: (Energy, 2009)

En el estudio de (Chen, Kim, & Yamaguchi, 2014) se evaluó las políticas de energía renovable en Japón mediante sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), a continuación se presenta el resultado frente a las expectativas de la producción, ver tabla 7-12.

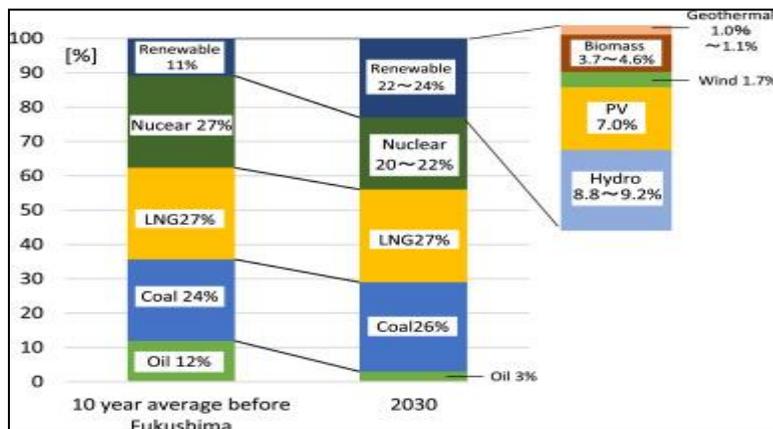
Tabla 7-12 Resumen resultados análisis FODA de las Políticas de energía renovable

Fortalezas	Debilidades
<p>experiencia en tecnología de energía renovable expansiva y las industrias de fabricación avanzadas para dirigir tecnologías de energía renovable</p> <p>incentivo eficaz (FIT)</p> <p>potencial abundante de suministro de energía renovable</p>	<p>La dependencia de la energía nuclear como energía alternativa al petróleo, así como la energía de cero emisiones</p> <p>acceso a la red limitada para las energías renovables debido al monopolio de los servicios públicos en el sistema de energía eléctrica de Japón, incluyendo la producción de energía eléctrica y distribución / transmisión</p> <p>RPS ineficaces</p>
Oportunidades	Amenazas
<p>El aumento de interés en las energías renovables después del accidente de Fukushima</p> <p>El aumento de las inversiones en energías renovables de los gobiernos y las comunidades del sector empresarial y locales, especialmente en las áreas de energía eólica solar y en alta mar</p> <p>Promulgación de la estrategia FIT (julio de 2012)</p> <p>Establecimiento de varios planes para desregular el sector de las energías renovables</p>	<p>Reinicio de los reactores nucleares impulsado por utilidades de gran alcance, a favor de asociaciones de las grandes empresas y la industria nuclear</p> <p>Surgimiento de compañías rivales extranjeras</p>

Fuente: (Chen, Kim, & Yamaguchi, 2014)

La perspectiva de energía que plantea la política energética pretende un mix energético para el año 2030 de la siguiente manera: 20% a 22% para el nuclear, 27% para el GNL, 26% para el carbón, 3% para el petróleo y 22 a 24% para las energías renovables, ver figura 7-4. El costo de la energía renovable con el esquema FIT aumentará de 0.5 billones de yenes en el año 2013 a un valor aproximado de 3.7 a 4.0 billones de yenes para el año 2030 (Kwok L. Shum, 2007).

Figura 7-2 Perspectivas energéticas 2030



Fuente: Outlook of power generation mix in Japan (METI, 2015).

La industria en el año 2012 se unió en el movimiento de la transición de energía, Toshiba anuncio la construcción de una planta solar con capacidad instalada de aproximadamente 100 MW; igualmente Kyocera inicio la construcción de una planta solar de 70 MW, otras empresas han iniciado una ampliación de sus portafolios habituales de servicios para integrarse en la energía renovable; la empresa ferroviaria Kintetsu construyo una planta solar de 20 MW y Softbank anuncio una planta de solar de 111 MW (Chen, Kim, & Yamaguchi, 2014).

### 7.3.2. Tecnología

#### 7.3.2.1. Energía solar Fotovoltaica

Japón en el año 2014 presento la mayor generación solar fotovoltaica PV con respecto a las demás energías renovables, según el Ministerio del Medio Ambiente la capacidad instalada fue superior a 150 GW, el éxito se lo atribuyo a la ampliación de los subsidios FIT que generaron los gobiernos central y local, la inversión fue de aproximadamente USD 9.600 millones en instalaciones donde se obtuvo una capacidad instalada de 3.2 GW (Chen, Kim, & Yamaguchi, 2014).

La ampliación del programa FIT del 2012 consiguió un crecimiento explosivo de 6,6 GW en 2012, 23,3 GW en 2014 y 28,4 GW en septiembre de 2015, según el gobierno Japonés la capacidad de fotovoltaica PV asciende a 79,8 GW de 230 GW de capacidad instalada en total (McLellan, Zhang, Utama, Farzaneh, & Ishihara, 2013).

El Japón como líder mundial en desarrollo tecnológico ha utilizado esta ventaja para conseguir reducción en el costo de inversiones iniciales en los sistemas de energía fotovoltaicos y la reducción de los GEI, para el año 2030 el país ha estimado que las tarifas de electricidad residenciales sean iguales a las comerciales en 14 yen/kW para 2030 y buscara la reducción por debajo del coste de generación térmica de 7 yen/kW para 2030, estos objetivos reducirán el 70% en los GEI con 37 MW y antes de 2030 superar los 173 MW (Energy, 2009).

De acuerdo a la hoja de ruta planteada anteriormente, la industria fotovoltaica Japonesa diseño una estructura que integra diferentes servicios en la cadena de valor solar fotovoltaica PV, desde el año 2000 las constructoras de viviendas instalan un estándar de conexiones solares de calidad y durabilidad, según las evaluaciones esta estrategia ha permitió en el 2003 tener más del 90% de la instalación fotovoltaica en el acoplada a la red (Kwok L. Shum, 2007).

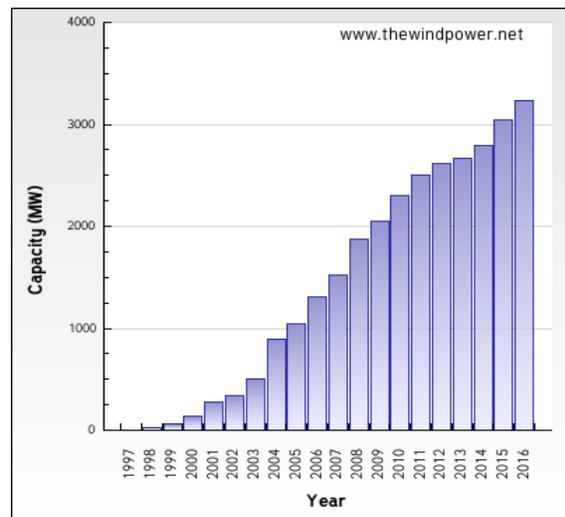
La "Photovoltaic 2030+" reporto que se utilizarán 200 GW de energía solar en el sector doméstico, 150-200 GW en el sector comercial, 150 GW en el sector industrial y 150 - 200 GW para vehículos eléctricos en el sector del transporte (Energy, 2009).

### 7.3.2.2. Energía eólica

Japón también ha aumentado constantemente la capacidad de energía eólica durante la última década. El apoyo del gobierno a través de programas como "Field Test" y "New Energy Business Support Programs" han jugado un papel importante en el desarrollo de la industria de esta fuente, junto con los acuerdos de compra y el programa RPS se llegó tener una capacidad instalada de 3234 MW a finales de 2016, ver tabla 7-13 (Global Wind Energy Council, 2014) (Chen, Kim, & Yamaguchi, 2014).

Tabla 7-13 Capacidades de producción 1997 - 2016

Año	Capacidad (MW)	Crecimiento (MW)	Crecimiento (%)
2000	142	74	108.9
2001	275	133	93.7
2002	334	59	21.5
2003	506	172	51.5
2004	896	390	77.1
2005	1040	144	16.1
2006	1309	269	25.9
2007	1528	219	16.8
2008	1880	352	23.1
2009	2056	176	9.4
2010	2304	248	12.1
2011	2501	197	8.6
2012	2614	113	4.6
2013	2661	47	1.8
2014	2788	127	4.8
2015	3038	250	9
2016	3234	196	6.5



Fuente: (Global Wind Energy Council, 2014)

### 7.3.2.3. Energía Geotérmica

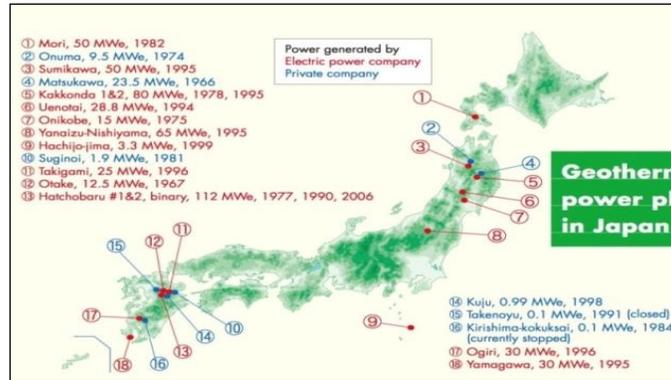
Después del terremoto en el este de Japón que ocasiono el accidente del reactor nuclear de Fukushima en 2011, la energía geotérmica llegó a ser considerada una de las fuentes más competentes para el desarrollo de la energía renovable, los campos geotérmicos presentan temperaturas entre 200 y 300 °C a profundidades que desde 1 km a 2 km (Tsuchiya & Yamada, 2017)

En Japón existen aproximadamente más de 100 volcanes activos capaces de producir 20 GW, esta capacidad lo ubica como el tercer país con más potencial después de Estados Unidos e Indonesia, sin embargo es uno de los países con más sismicidad; actualmente la central geotérmica más grande de Japón es Hatchobaru con una potencia de 112.000 KW, para 2014 esta fuente tuvo una capacidad instalada de 500 MW que fue generada por 18 plantas geotérmicas (Geotermiaonline, 2014).

El Ministerio de Industria y la asociación geotérmica del Japón establecieron metas de despliegue a largo plazo, la potencia nominal actual de 520 MW, para 2030 se estima conseguir 850 MW y para el año 2050 las metas adoptan tres escenarios en producción eléctrica anual así: el escenario

base estima tener 15,66 TW, para el mejor escenario 25,33 TW y para el Escenario ideal 82,61 TW (García, 2015), la figura 7 – 5 se presenta las plantas de energía geotérmica en Japón.

Figura 7-3 Capacidad y poder de generación geotérmica 1967 – 2009



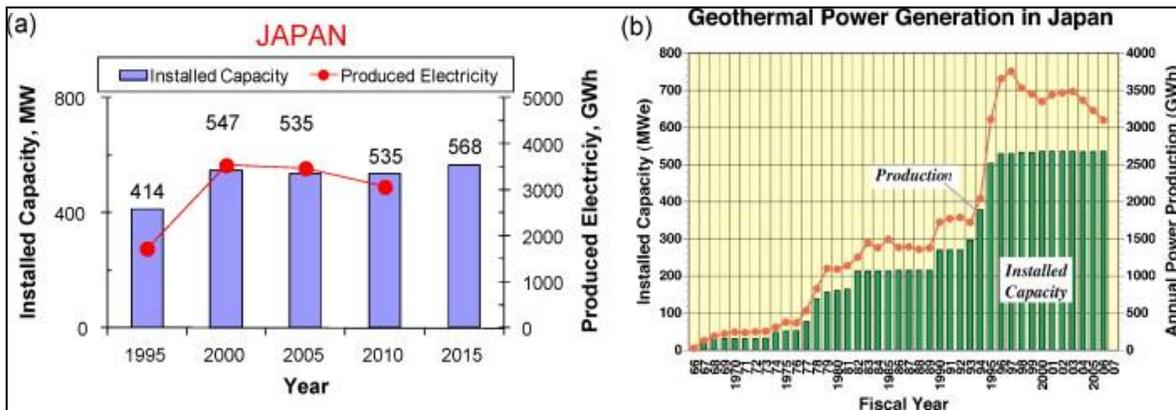
Fuente: (García, 2015)

La energía geotérmica en Japón ha tenido un lento desarrollo por las restricciones en la ubicación de los recursos, la mayoría de las fuentes se encuentran en los parques nacionales, área en donde se señala que existe el 60% del potencial (Matsushima, Okubo, & Rokugawa, 2003), sin embargo el gobierno determino alternativas de impulso para reiniciar su desarrollo con planes de incentivos en exploración y desarrollo por medio de esquemas FIT y la mitigación de las restricciones; desde el 2015 cerca de 40 proyectos están en la exploración y desarrollo, algunos de ellos son: Akita (88 MW), Fukushima (65 MW), Hachijojima (3 MW), Hokkaido (25 MW), Iwate (103 MW), Kagoshima (60 MW), Kumamoto (2 MW), Miyagi (15 MW), Oita (155 MW), y Tokamachi (2 MW)(Bertani, 2015).

El Japón inicio planes de desarrollo y estudios de superficie para la utilización de la energía geotérmica en 2011, el sector de Wasabizawa en la municipalidad de Akita presento un potencial de 42 MW, aquí se construirá una planta entrará en operación para el año 2020 (The Geothermal Research Society of Japan, 2011, Partido Liberal Democrático de Japón, 2011).

El desarrollo de la energía geotérmica en 2013 presento un nuevo plan para garantizar los subsidios de financiación para perforación, el programa FIT estableció el costos de compra en 27,3 yenes/kW para las centrales generadoras con potencia de más de 15 MW y de 42 yenes / kW para las centrales generadoras de menos de 15 MW durante 15 años (Kubota, Hondo, Hienuki, & Kaieda, 2013).

Figura 7-4 Geothermal Power Generation in Japan



Fuente: (Bertani, 2015)

#### 7.3.2.4. Bio Energía

La generación de bioenergía en Japón se afianzo mediante la integración con la Ley de nuevas energías de 1997 y la Ley de Energía No Fósil de 2009, a partir de estas dos normas se estableció que el consumo minorista utilice 16 TW de electricidad renovable hacia el año 2014, esto contribuyó al aumento en la participación de las energías renovables (Chen, Kim, & Yamaguchi, 2014)

En Japón el 69% de su superficie terrestre está cubierta de bosques que aportarían un potencial en bioenergía en 1779 PJ de potencia térmica y 49,42 TW de potencia eléctrica según el estudio del Instituto Nacional de Medio Ambiente (Tsuchiya, 2012)

El desarrollo de la bio-energía ha tenido un rápido crecimiento en capacidad instalada, ahora está en el cuarto lugar de generación renovable con un factor de crecimiento de 7.5% desde 1990. El programa RPS es un factor que incentivo la producción por incineración de residuos que asciende aproximadamente al 95% de toda la generación de biomasa en Japon (Chen, Kim, & Yamaguchi, 2014)

En el sector del transporte, según el panorama no es muy viable, Japón no tiene actualmente una estrategia o políticas nacionales para fomentar y promover los biocombustibles, actualmente presenta una serie de documentos y acuerdos que enmarcan vagamente la política nacional general en este tema (Simmons, 2014).

La Estrategia de aprovechamiento de la Biomasa de Japón es dirigida por el Ministerio de Agricultura, Silvicultura, Economía, Comercio e Industria que han desarrollado la investigación de biomasa a partir de lignocelulosa como opción para mejorar la seguridad energética en el sector de transporte, el objetivo es reducir la dependencia del petróleo por biocombustibles en aproximadamente el 80% para 2030, sin embargo el lento desarrollo en la producción etanol impide incentivar el desarrollo comercial, sumado a esto la falta de cooperación de las empresas

mayoristas de petróleo en relación con la mezcla directa retrasan las metas relacionadas con la introducción de biocombustibles (Matsumoto, 2017).

## 7.4. China

China presenta la segunda industria eléctrica más grande del mundo, su economía intensiva ha desarrollado un potencial eléctrico de aproximadamente de 1.507 GW a 5550 TW de origen convencional en el año 2015, similar a esta potencia eléctrica la emisión de gases aumento en 33% en NOx, 23% de SO2, 8% de material en particulado (PM) y el 50% en CO2. (He, Zhang, Xu, & Lu, 2017)

La contaminación presentada por el sector eléctrico hizo que en el año 2005 el parlamento Chino adoptara la Ley de Promoción de las Energías Renovables (LPER), el objetivo principal es el desarrollo de las energías renovables a gran escala e integrarlas en el sistema eléctrico Chino, con esta Ley se pretenden cuadruplicar la capacidad de producción de energía eólica, fotovoltaica y la bioenergía pasando de 50 GW del 2010 a 200 GW para 2020; además de mejorar la eficiencia energética en el sector industria, ver tabal Tabla 7- 14 (Cherni & Kentish, 2007).

La Ley PER integra distintos beneficios para conseguir explotar todo el potencial de los recursos renovables, asimismo promueve la expansión de la red eléctrica la cual se financio con \$ USD 100 mil millones (REVE, China apuesta por las energías renovables, 2012).

**Tabla 7-14 Capacidad existente (2004) y potencial para la energía renovable en China**

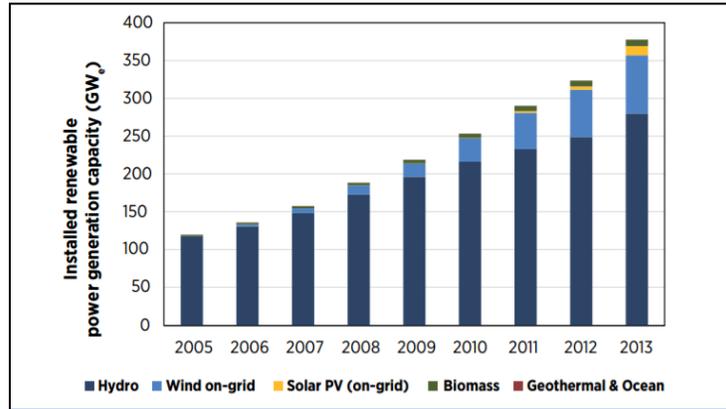
	Existing capacity (2004)	Potential capacity
Hydro	34 GW	385 GW
Wind (onshore)	0.7 GW	250 GW
Solar	0 GW	180 TW*
Geothermal	< 0.1 GW	135 bn t.c.e.
Biomass	2.2 GW	650 mn t.c.e.
Total	37 GW	815 GW; 785 t.c.e.

Fuente: (Cherni & Kentish, 2007)

Según Instituto de economía y análisis financiero de energía (Ieefa) China se perfila como líder inigualable en el campo de la energía alternativa con inversiones que superan más de \$US 100.000 millones anuales en distintos proyectos de producción renovable, sumado a esto, la administración nacional de energía de China se comprometió en aumentar el plan de inversión nacional en energía renovable con \$US 363.000 millones en 2016, el objetivo es ahorrar más de \$ USD 200.000 millones en la salud y en la reducción de las emisiones de CO2 para 2020 (REVE, 2017).

Según REmap 2030 la cuota de energías renovables podría cuadruplicarse a 26% convirtiéndolo en el mayor consumidor mundial de energía renovable con el 20% del uso mundial, la Agencia Internacional de Energía (IEA) afirmó que China crecerá un 60% en el período comprendido entre 2010 y 2030 apoyado por los subsidios y la I + D, ver figura 7-8 (IRENA, 2014).

Figura 7-5 Capacidad instalada de energía renovable en China



Fuente: (IRENA, 2014)

#### 7.4.1. Política energética

La Ley de Energías Renovables de China del año 2005 dio inicio al desarrollo de la transición energética en el mercado eléctrico chino, esta ley creó diferentes estrategias como la creación de un fondo para fomento de proyectos descentralizados de ER y la investigación sobre políticas de energías renovables, ver tabla 7-15 (Zheng & Fridley, 2011).

En 2010, la NDRC se realizó una evaluación sobre el desempeño de la ley de energías renovables en el sector eléctrico chino, sin embargo los generadores no habían alcanzado el objetivo del 3%, en base a estos resultados se activó un plan de mejora en el año 2011: (Zheng & Fridley, 2011).

- Aumentar el porcentaje de capacidad instalada en los objetivos de energía renovable para que las empresas operadoras de la red, proporcionando más incentivos para comprar electricidad renovable.
- La Administración Nacional de Energía (NEA) ahora es responsable de monitorear el cumplimiento.
- Evaluar el desempeño de los gerentes de empresas estatales energéticas.

Tabla 7-15 Los programas de subsidios que se establecieron en Ley de ER

Programa	Año	Objetivo
Cuota de mercado obligatoria (MMS)	2007	Las centrales eléctricas centralizadas, la cuota de generación renovable debe alcanzar el 1% del total en 2010 y el 3% en 2020.  Los productores de electricidad con una capacidad superior a 5 GW deben aumentar su propiedad real de la capacidad de energía de las fuentes de energía renovables no hidroeléctricas al 3% para 2010 y el 8% para 2020
Mecanismos de apoyo tarifario para la generación de energía a partir de fuentes de energía renovables	2006	El precio de compra de la generación de electricidad renovable es determinado por la NDRC, esta proporciona el fundamento jurídico del apoyo a la generación de electricidad basada en energía renovable, las normas de aplicación y las prácticas administrativas que determinan el precio de la electricidad.
Financiación estatal para proyectos de energía renovable	2009	Proporción subsidios financieros proyectos de energía renovable
Subsidio de inversión	2009	Se proporciona un subsidio inicial para los sistemas PV (BIPV) y un subsidio del 50% del precio de licitación para el suministro de componentes críticos
Sun Shine	2009	Proporciona subsidios directos para los sistemas fotovoltaicos dentro y fuera de la red: el equivalente al 50% del costo total de los sistemas en red y el 70% para los sistemas fuera de la red en las zonas rurales.

Fuente: (Zheng & Fridley, 2011)

A finales de 2010, China superó significativamente todas sus metas oficiales renovables fijadas en el Plan de Desarrollo de 2007, ver tabla 7-16, la capacidad instalada estimada de la energía eólica, solar, biomasa, hidroeléctrica, termo solar y etanol fueron alcanzados a finales de 2010, el crecimiento del viento fue de 44 GW cerca de 800% con respecto a los 5 GW de 2010, la capacidad solar fue de 300%, la producción de etanol fue del 220% y la hidroeléctrica fue del 112% (Zheng & Fridley, 2011).

Tabla 7-16 Metas del Plan de Desarrollo de energía renovable 2007

	2005 Actual	2010 Target	2010 Actual	Target Met
Wind	1.26	5	44.7	✓
Solar	0.07	0.3	0.85	✓
Biomass	2	5.5	5.5	✓
Hydro	115	190	213	✓
Nuclear	6.9		10.8	
Geothermal	0.03		0.024	
Solar Hot Water (mil m2)	79.3	150	168	✓
Ethanol (mil tonnes)	1.02	0.8	1.8	✓

Fuentes: (IRENA, 2014)

China pretende duplicar la capacidad instalada total de 968 GW de 2010 a 1.786 GW en 2020, al mismo tiempo quiere reducir el uso del carbón en 67% a 60% en 2020, para esto el Consejo de Estado de China publicó una inversión de \$USD 290.000 millones para que en 2015 se alcance el 30% de la producción renovable, de igual manera estableció exenciones tributarias a los

fabricantes y subsidios financieros para las industrias emergentes estratégicas renovables (IRENA, 2014).

#### 7.4.2. Tecnología

El desarrollo de energías renovables como la energía solar, eólica, hidráulica y la eficiencia energética ha experimentado un rápido desarrollo en China, según este gobierno el consumo de energía primaria renovable fue de 12% en 2015 y se estima que para 2020 llegue al 15%, además se realizó actividades en la mejora de transmisión, conexión y control para ofrecer una mayor flexibilidad eléctrica (He, Zhang, Xu, & Lu, 2017).

El Gobierno Chino pretende el despliegue de la red inteligente como medio para aumentar la capacidad instalada de energía renovable entre 25 – 30 GW para 2020, la Corporación Estatal Grid de China (SGCC) subsidió un total de 228 proyectos piloto de subestaciones inteligentes, distribución automática de energía, infraestructura de carga, almacenamiento y red inteligente en todo el país, en retroalimentación a este programas se evidencio la falta de estrategias claras para despliegue, falta de incentivos y una oposición fuerte de empresas dueñas de la red (He, Zhang, Xu, & Lu, 2017).

##### 7.4.2.1. Energía hidroeléctrica

El potencial hidroeléctrico Chino es el más grande del mundo, aproximadamente posee un 1/6 de los recursos aprovechables a filo de agua y en grandes represas, en el año 2012 con la finalización de la presa de las Tres Gargantas instauró un nuevo de récord en capacidad instalada con alrededor de 249 GW, el desarrollo de esta fuente tenido inversiones en 2013 a 2014 con aumento de capacidad de 280 GW y 297 GW respectivamente; además el gobierno Chino pretende aumentar más de 360 GW para 2020; según estudios la potencia total del País es aproximadamente 694,4 GW, de los cuales 541,6 GW son económicamente viables (He, Zhang, Xu, & Lu, 2017)

Para el año 2002, el desarrollo a gran escala de las PCH aportó al sistema eléctrico una potencia de 100 GW, 25 MW de estos fueron integrados en la red local, hoy en día el aprovechamiento se hace con 42.221 PCH aportando 28.489 MW que es la cuarta parte del potencial desarrollable, ver tabla 7-17 (FOCUS, 2004).

Tabla 7-17 Desarrollo reciente de PCH en China

Year	SHP		SHP/LHP	
	Installed Capacity(MW)	Annual Output(TW)	MW Ratio (%)	TW Ratio (%)
1970	1019.0	-	16.4	-
1975	3083.2	6.7	23.0	14.1
1980	6925.5	12.7	34.1	21.9
1985	9521.0	24.1	36.0	26.1
1990	13180.0	39.3	36.6	31.1
1995	16646.1	55.4	32.7	32.6
2000	24851.7	80.0	31.3	33.8
2001	26262.4	87.1	31.7	32.9
2002	28489.3	94.7	33.7	31.1

Fuente: (FOCUS, 2004)

La integración de las PCH como tecnología madura presenta beneficios hacia todos los inversionistas dado el fácil mantenimiento, los bajos costos de operación la determinan como una fuente de energía sostenible para el desarrollo rural por las siguientes razones: (FOCUS, 2004).

- 1) Las PCH pueden proporcionar generación eléctrica, desarrollo económico sostenible y protección del medio ambiente.
- 2) La construcción de electrificación rural basada en PCH tiene las ventajas adicionales de controlar las inundaciones y mejorar la ecología rural

#### 7.4.2.2. Energía Eólica

El potencial energético eólico fue la segunda mayor fuente de energía renovable de China para el año 2013, según REmap 2030 las zonas del noroeste y el noreste presentan un gran potencial en que podrá aumentar en cinco veces la capacidad instalada de 91 GW de 2013 a 500 GW en 2030 (He, Zhang, Xu, & Lu, 2017).

El despliegue de energía eólica terrestre y marina presenta un potencial económico de energía eólica aproximadamente de 700 GW, este potencial puede ofrecer un precio garantizado de \$USD 7,6 centavos en contratos a 10 años, para el 2020 se pretende que esta fuente de energía pueda satisfacer el total de la demanda de electricidad con 7,4 PW adoptando condiciones técnicas, tecnológicas y de almacenamiento más avanzadas (Energy, 2014).

Para el año 2020, China pretende aumentar su capacidad instalada a 250 GW con la construcción de 9 parques eólicas con una potencia superior a 10 GW y 1500 plantas de baja potencia de 100 KW en el Tíbet e Himalaya, el viento presenta características con velocidades de 3 a 20 m/s con una densidad de 130 - 200 W/ m<sup>2</sup> que aportarían al sistema eléctrico Chino 93 GW (Ping, Xiaoge, 2011) (He, Zhang, Xu, & Lu, 2017)

En el año 2010 el gobierno realizó dos escenarios para mitigar entre 1.500 millones y 3.000 millones de toneladas en 2050 de CO<sub>2</sub>, un escenario básico pretende en 2020, 2030 y 2050 instalar 200 GW, 400 GW y 1 000 GW respectivamente, el escenario agresivo pretende instalar

300GW, 1200 GW y 2000 GW invirtiendo alrededor 12.000 y 24000 CNY respectivamente, enfatizando en la aplicación de la tecnología avanzada, gestión de la operación, tecnología de almacenamiento avanzado y la red inteligente, ver tabla7-18 (Energy, 2014).

**Tabla 7-18 Escenario básico y agresivo de energía Eólica**

		2020	2030	2050
Basic Scenario	capacity(GW)	200	400	1000
	Electricity production(TWh)	400	800	2000
	CO2(MT)	300	600	1500
	SO2(kT)	1100	2200	5600
	jobs(10000)	35.8	59.7	72.0
Aggressive Scenario	capacity(GW)	3	12	20
	Electricity production(TWh)	0.6	2.4	4
	CO2(MT)	4.5	18	30
	SO2(kT)	165	660	1120
	jobs(10000)	71.6	119.4	144

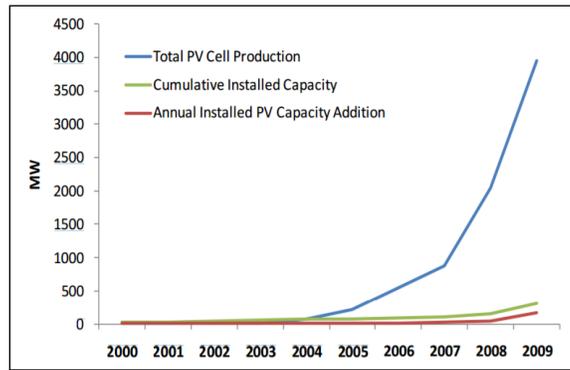
Fuente: (Energy, 2014)

### 7.4.2.3. Energía Solar Fotovoltaica

China ha sido un generador activo de energía solar fotovoltaica desde principios de los años 2000, sectores como las provincias de Qinghai, Xinjiang, Tíbet, Mongolia presentan una radiación anual total de 1800 W/m<sup>2</sup>, y 2000 W/m<sup>2</sup>, el Programa de electrificación rural llevo a que la capacidad solar represente más de dos tercios del potencial nacional de energía renovable en 2005 con 15 MW (Zheng & Fridley, 2011).

La industria fotovoltaica China produce en masa dos categorías de células solares fotovoltaicas en silicio mono cristalino (m-Si) y silicio poli cristalino (poli-Si); la producción total ha superado el 50% de la producción total mundial por su alta producción a bajo costo, ver figura 7-9, sin embargo los fabricantes chinos no presentan una tecnología en la purificación de silicio poli cristalino logrando poca eficiencia y conversión energética del 17% y 17,8% frente a tecnologías europeas que ofrece el 57%, situaciones como esta redujo drásticamente las exportaciones en los últimos años de esta tecnología (Wang, Zheng, Zhang, & Zhang, 2016)(Zheng & Fridley, 2011).

Figura 7-6 Producción de células solares fotovoltaicas y capacidad instalada 2000 – 2009



Fuente: (Wang, Zheng, Zhang, & Zhang, 2016)

El 12º plan quinquenal fomentó el desarrollo una capacidad instalada importante en una década ver tabla 7-19, la capacidad total instalada fue de 19,6 GW financiada con aproximadamente US 350 millones en proyectos con capacidad 50 MW por medio de préstamos en los años 2013 y 2014, la NDRC fijó una tarifa de 19,2 centavos de dólar por kW para el primer proyecto solar térmico (CSP) (IRENA, 2014).

En el año 2017, el Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica propuso un nuevo objetivo de 70 GW, según REmap 2030 prevé una capacidad total instalada de 308 GW para 2030 que es el doble de la capacidad instalada en todo el mundo en el año 2013 y un 40% de esto sería distribuido en red (IRENA, 2014).

Tabla 7-19 Evolución de capacidad instalada 2004 - 2013

Periodo	Aumento de capacidad
2004 – 2008	100 MW a 2 GW
2008 – 2010	45 MW a 160 MW
2010 – 2012	0,8 GW a 7 GW
2012 – 2013	7 GW - 13 GW - 20 GW

Fuente: (IRENA, 2014)

El desarrollo a largo plazo de las energías fotovoltaicas propone dos escenarios, el básico y el positivo, ver tabla 7-20, sus actividades son las siguientes:

El despliegue de la energía fotovoltaica ha conseguido objetivos importantes, sin embargo para el desarrollo de los escenarios presentados anteriormente existen fallas económicas, técnicas, de conexión a la red, falta de fabricación de equipos de almacenamiento, integración del sistema y la aplicabilidad en el sistema eléctrico, de esta manera la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma en 2013 emitió un nuevo conjunto de políticas para reemplazar el subsidio inicial con un nuevo

esquema de tarifas de entrada (FIT), ver tabla 7-20, este esquema proporciona el subsidio a nivel nacional a todas las plantas de energía solar fotovoltaica de generación distribuida a través de un nivel de subsidio de 0,42 RMB por kW en agosto de 2013, un aumento del 20% respecto del nivel previsto de 0,35 RMB por kW (Wang, Zheng, Zhang, & Zhang, 2016).

Tabla 7-20 Escenarios energía fotovoltaica

Escenario	Objetivo
básico	El objetivo de energía solar en 2020, 2030 y 2050 es sustituir la energía fósil, evitando 150, 310 y 860 millones de toneladas de equivalente de carbón estándar. Además proporcionar 150. 510 y 2.100 millones de kW.
positivos	El objetivo de las aplicaciones de energía solar en 2020, 2030 y 2050 es sustituirá a la energía fósil reduciendo aproximadamente 240, 560 y 1860 millones de toneladas de equivalente de carbón estándar  Proporcionar la electricidad como 300, 1020 y 4800 millones de KW

Fuente: (Energy, 2014)

#### 7.4.2.4. Bio – Energía

El papel de la biomasa en la transición de las energías renovables bajo el enfoque del REmap 2030 representa la cuarta parte de todo el uso de energía renovable de China, sin embargo, para su accesibilidad se requiera políticas cuidadosamente elaboradas que promuevan el aprovechamiento de la paja y la leña en las prefecturas de Shandong, Henan, Jiangsu, Heilongjiang y Hubei que poseen el 14% de la capacidad aprovechable, aproximadamente unos 500 MW (IRENA, 2014).

El Gobierno Chino estima que la bio energía a partir de residuos represente el 10% de la generación total de energía renovable en 2030 y que sea aplicada en los siguientes sectores:

- **Industria:** Actualmente, la biomasa en la industria china se limita a la fabricación de pasta y papel
- **Transporte:** La producción de biocombustibles avanzados a partir de materias primas sostenibles se estima que aumenten de la producción de 2.500 millones a 37.000 millones de litros para el año 2030.

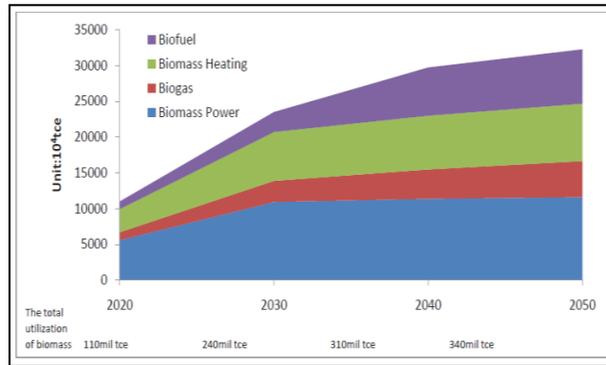
Los recursos bioenergéticos de China son clasificados de acuerdo a su capacidad instalada, el aprovechamiento eficiente propuesto en los planes de transición con el uso de distintas tecnologías europeas reflejaron un aumento de 1,4 GW en 2006 a 8,5 GW en 2013, la producción se explica por la combustión directa de residuos agrícola y la biomasa forestal (IRENA, 2014).

Los residuos orgánicos y los cultivos energéticos de plantas serán la principal fuente de incrementos de los recursos en los planes de expansión de 2020, 2030 y 2050 en los cuales según

estudios de alcanzará 111 millones, 242 millones y 337 millones de toneladas respectivamente (Energy, 2014).

Para 2020, el uso total de biomasa alcanzará 100 millones de toneladas para una capacidad de generación energética de 28,9 GW, la generación eléctrica en 152 MW, la calefacción 950 PJ, biogás 23 mil millones de metros cúbicos, 4 millones de toneladas de bioetanol, biodiesel y queroseno para la aviación en 200 toneladas, ver figura 7- 9 (Energy, 2014).

Figura 7-7 Objetivos de desarrollo para Bioenergía en China



Fuente: (Energy, 2014)

### 3.8.5. Energía Geotérmica

La capacidad de generación de energía geotérmica estuvo alrededor de 27 MW durante muchos años; desde 1970 a 2007 el gobierno inicio la exploración, desarrollo y uso la energía geotérmica de 4 centrales con capacidad instalada de 28 MW, además se evidencio 703 lugares aprovechables para esta fuente en el Tíbet con un potencial de 152 GW (Ping, Xiaoge, 2011)

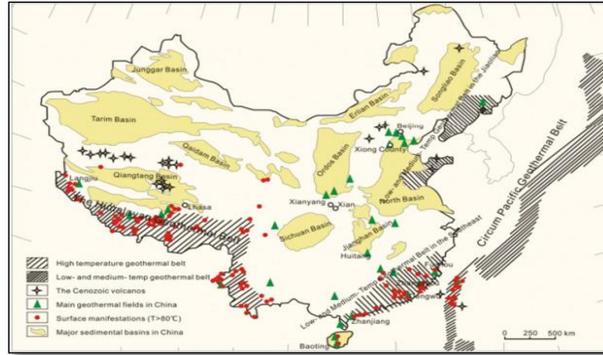
La calidad de los recursos presentes en China son abundantes con características de baja temperatura (30-90°C), a excepción de sectores como el sur del Tíbet, el oeste de Yunnan y el oeste de Sichuan ubicado en el cinturón geotérmico del Himalaya, lugar en el que se encuentra el 80% del total de los recursos geotérmicos de alta temperatura (IRENA, 2014).

China ha sido desde 1999 el mayor usuario mundial de energía geotérmica para aplicaciones no eléctricas como calefacción y recreación, el proyecto más grande es la central geotérmica de Yangbajing en el Tíbet con una capacidad total de 25,2 MW y está en funcionamiento desde 1977, según la agencia internacional de energía renovable (IRENA) se estima que el potencial geotérmico puede ofrecer aproximadamente entre 50 MW y 90 MW (IRENA, 2014).

En 2014 China ocupó el primer lugar en el mundo en el despliegue de esta fuente de energía, los datos geológicos suministrados por China Geological Survey (CGS) explican que los recursos son de poca profundidad (dentro de 200 m), la estrategia de desarrollo tecnológico del sistema geotérmico (EGS), el bajo costo y ampliación de servicios en calefacción forjaron el aumento de

capacidad en 17.870 MW, la figura 7-10 presenta la ubicación de los recursos geotérmicos (IRENA, 2014).

Figura 7-8 Distribución de los recursos Geotérmicos en China



Fuente: (IRENA, 2014).

## 7.5. Suecia

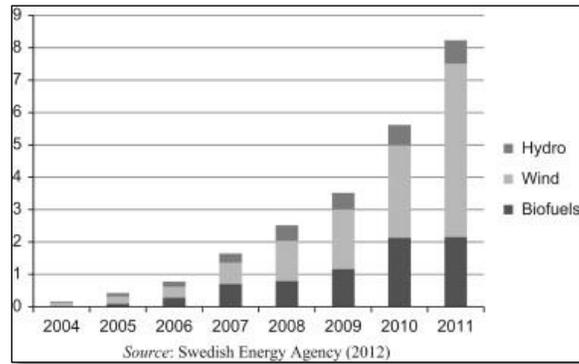
Suecia estima producir toda su electricidad con fuentes de energía renovable para el año 2040, actualmente la mayoría de la electricidad se produce mediante centrales nucleares que tiene previsto ir cerrándolas paulatinamente.

Energías renovables como la hidroeléctrica de embalse y la eólica produjeron el 57% de la energía aproximadamente 159 TW en 2015, la energía eólica aumento su capacidad instalada debido a los bajos costos de instalación y producción frente a la construcción y re potenciamiento nuclear (Fernandez, 2016)

### 7.5.1. Política Energética

El gobierno sueco integro en el año 2003 los certificados verdes de electricidad, el objetivo principal fue apoyar un régimen hacia la electricidad renovable para incrementar la producción de energía eléctrica de tipo renovable a 25 TW para 2020 respecto a 2002, ver figura 7-11. Para esto se establecieron 1613 nuevas centrales eléctricas eólicas y de cogeneración en biocombustible que produjeron 8,2 TW aproximadamente el 60% de la producción que se quiere aumentar.

Figura 7-9 Producción de energía renovable



Fuente:(Fridolfsson & Tangerås, 2013)

Los generadores reciben un certificado del Estado por cada MW de electricidad producida por biocombustibles, energía geotérmica, solar, hidroeléctrica pequeña y eólica; los certificados son vendidos a las empresas minoristas y a los consumidores industriales legalmente obligados a cubrir una parte de su consumo con energía renovable, los ingresos por la venta de los certificados se suman al valor de la venta de la electricidad y por lo tanto aumenta el valor de invertir en la producción de electricidad renovable (Fridolfsson & Tangerås, 2013).

La Agencia Internacional de la Energía ha felicitado a Suecia por su política energética por una economía baja en carbono de forma rentable y beneficiosa para la economía del consumidor, los subsidios a las fuentes de energía renovable han conseguido la paridad del coste de producción frente a las empresas que generan energía de forma sucia, además impulsan el empleo, activan la economía y reducen el déficit del Estado al evitar importaciones de petróleo

Las políticas a largo plazo pretenden forjar crecimiento del país mientras se reducen las emisiones, la transición energética de Suecia se apoya en la innovación tecnológica para no contaminar ni contribuir al cambio climático, de esta manera las empresas apenas emiten carbono y los combustibles fósiles suponen una aportación muy baja al mix energético, ahora las empresas apuestan por las energías limpias que han reducido en un 9% de las emisiones, mientras que el PIB se ha incrementado en un 50% desde 1991 (Sanz, 2013).

La tabla 7-21 presenta las políticas energéticas que rigen la transición energética en Suecia desde el año 2003

Tabla 7-21 Política energética de Suecia

Política	Año	Objeto
Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER)	2010	<p>El Plan nacional de acción Renovable (El PANER) delinea el camino para cumplir objetivos de las energías renovables a 2020</p> <p>El objetivo de Suecia es tener al menos un 50% de la parte de la energía generada a partir de fuentes renovables en 2020 con los integración de los siguientes objetivos sectoriales:</p> <p>Calefacción y refrigeración: 62% del consumo de calor</p> <p>Electricidad: 63% de la demanda eléctrica</p> <p>Transporte: el 14% de la demanda de energía</p> <p>Con el fin de alcanzar los objetivos anteriormente alistados Suecia puso en marcha las siguientes medidas:</p> <p>impuesto sobre el dióxido de carbono; impuesto sobre la energía; impuesto sobre la electricidad; impuesto de azufre y el impuesto del vehículo; impuesto sobre la energía; impuesto sobre la electricidad; impuesto de azufre y el impuesto del vehículo; Exención de impuesto sobre el dióxido de energía y carbono para los combustibles de CO2-neutral y de los aceites vegetales y animales y grasas y el biogás como combustible de calefacción; sistema de certificados de electricidad; El apoyo a los proyectos eólicos de demostración;</p>
Ley de Suecia en criterios de sostenibilidad para los biocarburantes y biolíquidos	2010	La exención de impuestos a los biocarburantes y biolíquidos para fomentar la sostenibilidad.
Ordenanza sobre la prima súper coche-verde	2011	El propósito es promover el uso y la venta de automóviles altamente eficientes con un impacto climático baja, que cumpla con los límites de emisiones de escape más recientes de la UE en 50 gramos de dióxido de carbono por kilómetro
El Sitio Vindlov.se	2013	Vindlov.se es un sitio web con información sobre los procedimientos de autorización para las estaciones de energía eólica
Ley de Electricidad Certificados	2003 (actualizado 2013)	<p>El certificado de la electricidad es un sistema de apoyo basado en el mercado para la producción de electricidad renovable, entró en vigor el 1 de mayo de 2003 y está destinado a aumentar la producción de energía eléctrica renovable y para hacer la producción más rentable.</p> <p>Por cada MW producido a partir de recursos renovables, los productores de electricidad tienen la oportunidad de ser concedido una certificación de electricidad por el Gobierno.</p> <p>Se establece la cuota en proporción al consumo total de electricidad. Industria de energía intensiva está exenta del requisito.</p> <p>El objetivo del sistema de certificados eléctrica sueca es aumentar la producción de electricidad renovable con 25 TW por año 2020 en comparación con el año 2002. Entre 2002 y 2011, la producción de electricidad renovable aumentó en aproximadamente 13 TW, principalmente por medio de biopoder y el viento poder.</p>

Fuente: (IRENA, 2014)

### 7.5.2. Tecnología

La crisis petrolera impulsó la política energética sueca en la promoción del uso eficiente de la energía y la difusión de los recursos energéticos renovables, ahora la UE realiza un convocatoria general para que los Estados miembros aumenten su proporción de energías renovables de forma espectacular, hasta el 20% en general. Suecia por su parte tiene tres tipos de energía que, en conjunto, podrían contribuir de manera realista al cumplimiento con este compromiso con los biocombustibles, Bioproponentes y principalmente la energía eólica (Ek & Pettersson, 2007)

Thomas Korsfeldt, Director General de la Agencia Sueca de Energía dice que "Si se quiere alcanzar el objetivo de la planificación, hay que cambiar una serie de condiciones y tomar medidas que aumenten los incentivos para establecer la energía eólica." La Agencia Sueca de Energía ha identificado las siguientes áreas que deberían ser modificadas o al menos investigadas:

Licencia más rápida, La energía eólica debe ser eliminada de la ordenanza sobre las actividades ambientalmente peligrosas, a los inversionistas se les debe ofrecer un 'one-shop-stop', por el cual pueden tratar con todos los contactos de autoridad en un solo lugar, proceso de toma de decisiones conjunto y cuotas renovables obligatorias más ambiciosas (Agencia Sueca de Energía, 2012)

#### 7.5.2.1. Energía eólica

La política energética del año 1991 inició la transición energética en el mercado eléctrico Sueco, esta impulsó la I + D, además de programas de investigación sobre energía eólica y la introducción de políticas complementarias para el cumplimiento de las 15 metas de calidad ambiental incluyendo la política climática.

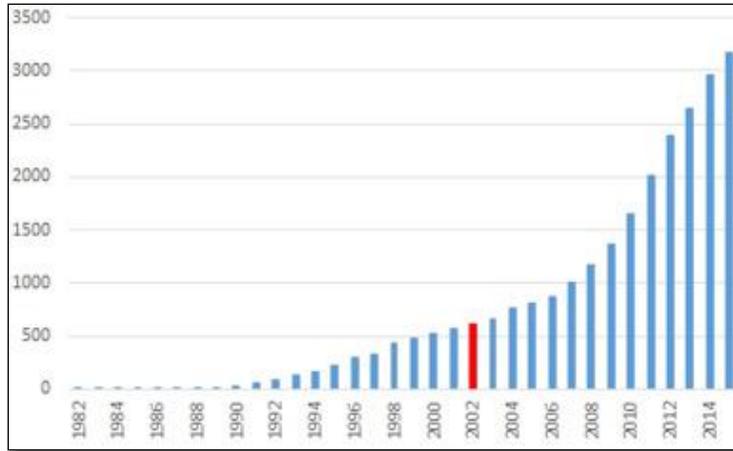
El periodo de 1997 a 2002 la planificación nacional de generación estimó un crecimiento objetivo de 10 TW para 2015, para lo que creó el Fondo de Tecnología Energética, subvenciones a la inversión entre un 10% y 35% de los costes de inversión y una subvención a la producción denominada bonificación medioambiental, en 2003 ascendió a 0,18 por SEK/kW. El resultado de los instrumentos de política y planificación de energía eólica lograron el aumento de más de 700% durante el período 1994-2002 (Ek & Pettersson, 2007)

El despliegue de la energía eólica para el periodo 2012 a 2019 estima con un escenario de crecimiento cercano a los 4 GW en el condado de Norrbotten, el Markbygden presenta inversiones en 1101 turbinas eólicas con la finalidad es convertirse en el parque eólico on shore más grande de Europa (Ejdemo & Söderholm, 2015)

El potencial eólico del país según (Liljenfeldt & Pettersson, 2017) se encuentra a lo largo de las costas del sur, así como en las llanuras y los grandes lagos. Sin embargo, con el desarrollo tecnológico ha vuelto económicamente factible en las zonas más boscosas en el norte. El desarrollo de la energía eólica a gran escala despegó por primera vez en las partes meridionales de

Suecia, en la fig 7-12 se presenta el número de turbinas eólicas construidas desde 1982-2015 (Liljenfeldt & Pettersson, 2017).

Figura 7-10 Número de turbinas eólicas construidas desde 1982-2015



Fuente: (Liljenfeldt & Pettersson, 2017)

La Agencia Sueca de Energía estima el crecimiento en capacidad instalada de 30 TW de energía para 2020, esto ayudará a reducir la necesidad de combustibles fósiles y por lo tanto, también las emisiones nocivas para el clima; a nivel europeo dicha meta requiere el aumento de aproximadamente 800 aerogeneradores, para 2014 hubo alrededor de 3.000-6.000 en tierra y en el mar (Agencia Sueca de Energía, 2012).

El aumento en la producción de energía eólica sueca recientemente es más de 7 TW, esto significa un aumento de 33% en comparación con el período correspondiente 2010-2011. También significa que unas 2.100 plantas de energía eólica están generando la cantidad de electricidad incentivado por los certificados de electricidad (Agencia Sueca de Energía, 2015).

## 7.6. Dinamarca

Dinamarca en su plan de transición energética propuso la independencia de 100% de los combustibles fósiles y la energía nuclear, además planteo el objetivo en reducir el 30% de las emisiones por medio de energías renovables al año 2025, actualmente el 20% de la electricidad es de origen eólica, 15% de biomasa y 50% es producida por la cogeneración además de integrar el ahorro y la eficiencia energética (Lund & Mathiesen, 2009)

La Asociación Danesa de Ingenieros (IDA) presentó la propuesta para integrar la proporción de recursos intermitentes para el suministro de electricidad e incluir al sector del transporte en las siguientes estrategias que se basan en tres cambios tecnológicos:

1. Ahorro de energía en el lado de la demanda
2. Mejoras en la eficiencia de la producción de energía
3. Sustitución de combustibles fósiles por Diversas fuentes de energía renovable.

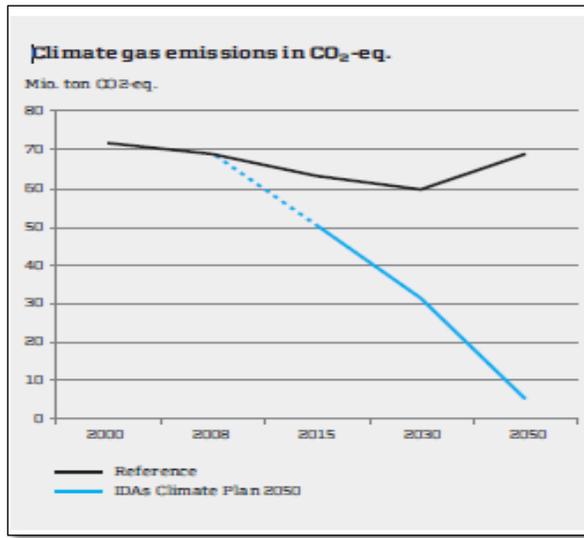
El objetivo es mantener la seguridad del suministro energético dado que Dinamarca es un exportador neto de petróleo y gas natural desde el Mar del Norte, por lo tanto el déficit de producción y el precio bajo generara el desarrollo de las energías renovables (Lund & Mathiesen, 2009).

El Plan Climático 2050 de la AIF es un mensaje holístico sobre como tecnológicamente y económicamente es posible reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta el 90% para evitar elevar la temperatura en 2 grados hasta el 2050, ver figura 7- 13, por lo que se realizó las siguientes propuestas: (The Danish Society of Engineers, 2009) (Lund & Mathiesen, 2009).

- Reducir la demanda de calefacción en edificios en un 50%.
- Reducir el consumo de combustible en la industria en un 40%.
- Reducir la demanda de electricidad en un 50% en los hogares y en un 30% en la industria.
- Suministrar el 15% de la demanda de calefacción individual y de distrito por la energía solar térmica.
- Aumentar la producción de electricidad de CHP industrial en un 20%.
- Reducir el consumo de combustible en el Mar del Norte en un 45% a través de ahorros, cogeneración y medidas de eficiencia.
- Reducir el crecimiento de la demanda de transporte mediante reformas tributarias.
- Reemplazar el 20% del transporte por carretera por buques y trenes.
- Reemplazar el 20% de combustible para el transporte por carretera por biocombustibles y el 20% por electricidad.
- Reemplazar las calderas de gas natural por CHP de micro células de combustible, equivalente al 10% de la calefacción de la vivienda.
- Reemplazar la calefacción individual por calefacción de distrito CHP, igual al 10%.
- Reemplazar las futuras centrales eléctricas construidas después de 2015 por las centrales de cogeneración de celdas de combustible, equivalentes al 35-40% de las centrales eléctricas totales en 2030.
- Aumentar la cantidad total de recursos de biomasa (incluyendo desechos) de los actuales 90 a 180 PJ en 2030.
- Aumentar la potencia eólica de los actuales 3000 a 6000 MW en 2030.
- Introducir 500 MW de potencia de onda y 700 MW de potencia fotovoltaica.

Los cambios estimados en los edificios, en las rutas de transporte, los hábitos alimenticios y el aumento en la investigación y el desarrollo conducirán al ahorros de 9.000 millones de coronas danesas a partir de 2015, a 2050 estos ahorros ascenderán a 25.000 millones de DKK por año (The Danish Society of Engineers, 2009).

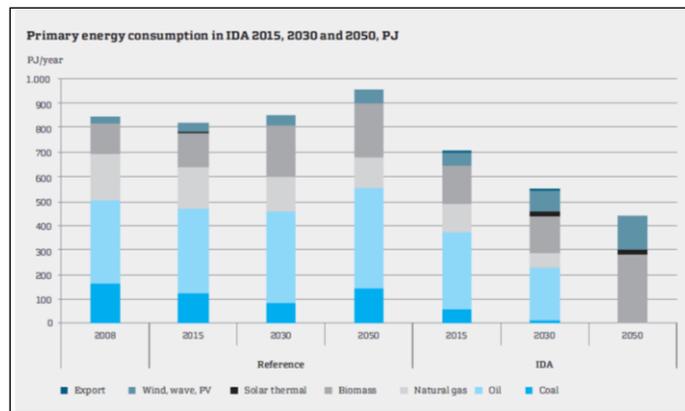
Figura 7-11 Reducción de emisiones de GEI de Dinamarca



Fuente: (The Danish Society of Engineers, 2009)

La Energía eólica y la biomasa constituyen la columna vertebral del Plan Climático 2050 de la AIF, los escenarios estiman que la producción de esta fuente tengan el 60-65% del total de la producción de electricidad, el resto entra en combinación de células solares, energía de las olas, geotermia y calor solar; para tal actividad el gobierno Danés inicio una serie de iniciativas en investigación y desarrollo dentro de las tecnologías críticas, además de estableció mercados de innovación y Feed in tariffs para apoyar el desarrollo de turbinas eólicas off-shore y en tierra, ver figura 7-14 (The Danish Society of Engineers, 2009).

Figura 7-12 Evolución del potencial renovable para el año 2050



Fuente: (The Danish Society of Engineers, 2009)

### 7.6.1. Política energética

La política energética renovable Danesa inició con la escasez de los recursos de petróleo y gas, además el acuerdo de Kyoto incentivo el desarrollo de fuentes no convencionales de energía, ver tabla 7-22; el objetivo de la producción de 20% renovable creó la necesidad de adoptar el denominado "Plan de Energía Verde" de 1996.

El plan contempla las siguientes medidas: pasar de la calefacción eléctrica a la calefacción central, mejorar el aislamiento y la calefacción urbana a baja temperatura, utilizar el gas natural en la calefacción urbana, difundir el uso de la biomasa, desplegar turbinas eólicas (3000 MW para 2015), mejorar en 20% la conservación de la energía en comparación con 1994, reducir el 50% de CO<sub>2</sub> en 2030 con respecto a 1998, lograr la conservación de la energía hasta un 55% por encima de los niveles de 1994, lograr que el 35% del consumo de electricidad sea generado a partir de fuentes renovables y expandir de las redes de transmisión y distribución que es fundamental para la fiabilidad del suministro (Carvalho, Pereira, & Cerqueira, 2016).

Tabla 7-22 Política Energética de Dinamarca

Política	Año	Objeto
Estrategias Nacionales de I + D + D para tecnologías de energía renovable	2003	La Autoridad de Energía de Dinamarca, en colaboración con las dos principales empresas de servicios públicos elaboró estrategias de I + D + D para pilas de combustible, la biomasa, la energía eólica y la fotovoltaica.
Ley de promoción de la energía renovable	2009	<p>En virtud de la legislación del Ministro de Clima y Energía también establece un "Plan Verde", de la que los subsidios pueden concederse a municipios para llevar a cabo actividades que aumentan la aceptación de la instalación de nuevas turbinas eólicas en tierra.</p> <p>Denmarks gestor de la red, Energinet.dk, también puede proporcionar préstamos garantizados para las asociaciones de propietarios de turbinas eólicas u otros grupos de iniciativas locales para financiar las investigaciones preliminares.</p> <p>La ley también requiere que todos los municipios elaboren colectivamente y adopten un complemento a sus planes municipales, en 2010 y 2011, con zonas reservadas para una capacidad total de turbina eólica de 75 MW en cada uno de los años.</p>
Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER)	2010	<p>Planes de acción National Renewable Comisión Europea (PANER), que expondrá vía que permitirá hacer frente a sus 2020 las energías renovables, la eficiencia energética y la reducción de GEI objetivos.</p> <p>Dinamarca energía renovable objetivos para 2020:</p> <p>Meta general : 30% de la parte de la energía generada a partir de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía;</p> <p>La calefacción y refrigeración : 40% de la demanda conocido por fuentes de energía renovables;</p> <p>Electricidad : 52% de la demanda de electricidad conocido por la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables;</p> <p>Transporte : 10% de la demanda de energía conocido por fuentes de energía renovables;</p> <p>Las medidas para apoyar el desarrollo sostenible de las energías renovables: la inversión gubernamental en proyectos de investigación, desarrollo y</p>

		<p>demostración;</p> <p>Los esfuerzos para el aumento de la eficiencia energética en los edificios;</p> <p>El ahorro de energía iniciativas en los planos nacional y local;</p> <p>subsídios a los precios para la generación de energía a partir de FER;</p> <p>El apoyo financiero para mini y micro instalaciones;</p> <p>Biofuel mezcla obligaciones;</p>
Acuerdo Danesa de Energía para 2012-2020	2012	<p>El Acuerdo establece un marco para la política sobre el clima y la energía hasta el año 2020 y describe la dirección Dinamarca tomará hasta 2050.</p> <p>De acuerdo con el Acuerdo en 2020 la mitad del consumo de electricidad provendrá de la energía eólica, lo que permite una cuota de energía renovable del 35% en el consumo de energía bruta en 2020. Por otra parte, el consumo de energía es reducir en más del 12% en 2020 con respecto a 2006.</p> <p>Las iniciativas en el Acuerdo dará lugar a emisiones de CO2 en 2020 siendo un 34% más bajos que en 1990..</p>

Fuente: (International Energy Agency, 2016)

## 7.6.2. Tecnología

Como se menciona en la sección anterior, las políticas de Dinamarca y de la UE para la reducción de emisiones y la seguridad energética, junto con el objetivo relacionado ha disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Dado el limitado potencial hidroeléctrico por falta de recursos la I + D se centró principalmente en la energía eólica que en 1972 era inexistente, mientras que para 2008 creció hasta un el 20% en algunos municipios de Dinamarca Occidental (Andresen, Rodriguez, Becker, & Greiner, 2014)

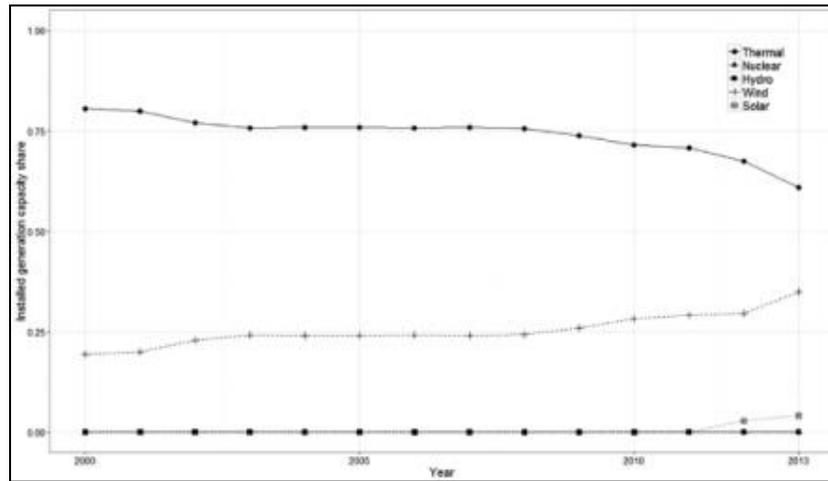
### 7.6.2.1. Energía Eólica

Dinamarca cuenta con un alto nivel de implantación de la energía eólica y con una larga historia de integración del mercado de la electricidad a través de la división del mercado. Su apoyo a la I + D de la energía eólica dio lugar a ser un jugador fuerte en el mercado de turbinas de energía eólica, en la actualidad según los estudios en modelos logit y no paramétricos la mayor disponibilidad de energía eólica está en el oeste de país y alcanzo la cuota en 2014 del 51,1% de la demanda de electricidad (Andresen, Rodriguez, Becker, & Greiner, 2014).

Dinamarca es actor mundial importante en la energía eólica a precios competitivos, el apoyo de mecanismos financieros como las primas pagadas a los propietarios de las turbinas eólicas y las feed-in tariffs incrementaron el funcionamiento de la carga logrando precios de energía eólica a paridad de red.

En la figura 7-15 se presenta la participación de la generación de energía térmica, está a disminuyo desde 2000 a 2011 y es reemplazada por la generación eólica que a finales de 2013, que alcanzó los 4820 MW, esto equivale a una cuota de 34,9% de la capacidad instalada (Carvalho, Pereira, & Cerqueira, 2016).

Figura 7-13 Participación de las fuentes de energía en Dinamarca



Fuente: (Carvalho, Pereira, & Cerqueira, 2016)

El apoyo financiero a las turbinas eólicas se compone de dos partes principales: el primero con la fluctuación del precio de mercado al contado para la electricidad que depende del Nord Pool y una subvención de precios sujeto al control político nacional. La economía de la energía eólica puede ser dirigida por la política energética nacional.

La estructura tarifaria actual de las turbinas nuevas y existentes presenta un régimen arancelario mejorado en dos maneras: (1) el pago fijo por kW se ha duplicado, en comparación con las turbinas instaladas entre 2002 y 2008; (2) se suprimió la suma máxima fija del precio de mercado al contado y la subvención, adicionalmente una estructura tarifaria se aplicó a las turbinas eólicas instaladas por las compañías de energía que reciben una subvención de 0,01 € / kW y junto con el precio de la electricidad no puede exceder los 0,04 € / kW después del 1 de enero de 2000 durante 10 años, la REA se otorgó una tarifa acumulada (subsidio + precio de mercado al contado) máxima de 8,05 c € / kW, (Sperling, Hvelplund, & Mathiesen, 2010).

## 7.7. Italia

La Unión Europea (UE) para combatir el cambio climático se comprometió a cumplir con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a un 20% por debajo de los niveles de 1990 con un régimen de precio para emisión CO<sub>2</sub>, y aumentar el consumo de energía de las fuentes de energía renovables (FER) al 20% de la demanda total de energía.

Italia desarrolló las energías renovables (RE) por medio de certificados verdes, feed in tariffs y tarifas de primas; estos incentivos lograron un aumento en la capacidad instalada para energía eólica y solar fotovoltaica (PV) en el periodo 2008 a 2011, la potencia instalada eólica duplicó de 3538 MW a 6936 MW, mientras la solar fotovoltaica aumentó un 2856% (de 432 MW en 2008 a 12 773

MW en 2011). El sobrecargo de carbono para la energía solar fue superior al de la energía eólica, a 990 € / tCO<sub>2</sub>.

Este crecimiento fue apoyado por varios REI que son el resultado de diferentes marcos de regulación introducidos a lo largo de los años con cuatro sistemas de apoyo a la energía eólica y solar: el CIP6, el Certificati Verdi (CV), el Conto Energía (CE) y la Tariffa Omnicomprensiva (TO).

El Conto Energía (CE) es una prima de alimentación para la producción de energía solar. Las plantas de energía solar pueden utilizar CE o CV.

La prima de alimentación es una tarifa pagada a la energía solar por encima del precio de mercado de la electricidad. El costo de la CE es pagado por los consumidores con un recargo sobre el precio de la electricidad al por menor.

El CE fue introducido en 2005 e garantizado durante 20 años a un plazo nominal fijo. En 2011, casi toda la energía solar recibió la prima de alimentación de CE: más de 96 % De toda la capacidad fotovoltaica y más del 97% de toda la energía de la tecnología fotovoltaica fue apoyado por CE. Dejará de ofrecer incentivos a la nueva capacidad una vez que el coste acumulativo de los incentivos llegara a los 6,7 millardos de euros al año. Esto ocurrió en julio de 2013. (Annicchiarico, Battles, Di, Molina, & Zoppoli, 2017)

El papel de las comunidades presionan la modernización ecológica en la transición energética frente a la crisis energética y el deseo de encontrar alternativas a la energía nuclear, esto llevo a la liberalización de los sistemas energéticos, la tarifa de alimentación para la producción de energía renovable (Magnani & Osti, 2016)

Fuentes de energía relacionada con el clima (CRES) como la energía solar, la energía eólica (WP) y la energía hidroeléctrica (HP) son contribuyentes importantes a la transición a una economía de bajo carbono.

La variabilidad del clima puede sincronizar o desincronizar las diferentes fuentes CRE y la carga. Esto abre la posibilidad de utilizar una cartera de producción CRE de diferentes regiones o diferentes naturalezas, aprovechando su complementariedad para compensar la intermitencia de cada fuente individual para la energía eólica y solar. Para Europa, por ejemplo, la combinación óptima entre la energía solar fotovoltaica (PV) y de viento se mueve desde 20% PV en paso de tiempo cada hora a 40% PV en el paso de tiempo mensual, principalmente debido al efecto de ciclo diurno de PV (François, y otros, 2016)

La electricidad que se produce por la quema de combustibles fósiles está provocando un aumento de la atmosférica de CO<sub>2</sub> contenido, la des carbonización del mercado eléctrico va acorde con las metas propuestas por la unión europea en sustituir las centrales eléctricas convencionales a través de nuevas fuentes de energía renovables con apoyos de aranceles y / o subsidios adecuados, y la potencia instalada ha aumentado considerablemente, dando lugar a los efectos secundarios como los técnicos y económicos esta es una tarea difícil. (Aliprandi, Stoppato, & Mirandola, 2016)

### 7.7.1. Política Energética

El Decreto Legislativo 387/03 de 2004 inicio en Italia la promoción de la electricidad producida a partir de fuentes de energía renovable, este estableció para el período 2005-2007 el aumento en la tasa anual de 0,35% de participación mínima de la electricidad distribuida producida a partir de fuentes de energía renovables en la red nacional, para 2008 la Ley de Finanzas de 2008 incrementó esta participación al 0,75% anual de 2007 a 2013 alcanzando el 7,55% en 2013, ver tabla 7.23.

Se establecieron sanciones por incumplimiento, aplicables por AEEG, sobre la base de los informes del operador del mercado eléctrico GSE (Gestore dei Servizi Elettrici), también se estableció un programa quinquenal sobre medidas de investigación y desarrollo para apoyar las energías renovables y la eficiencia energética. Se alentaron los objetivos regionales para la electricidad basada en energías renovables y se permitió a los gobiernos regionales establecer sus propios programas de apoyo a las energías renovables (International Energy Agency, 2009).

Tabla 7-23 Política Energética de Italia

Política	Año	Objeto
Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER)	2010	<p>Planes de acción National Renewable Comisión Europea (PANER), que expondrá vía que permitirá hacer frente a sus 2020 las energías renovables, la eficiencia energética y la reducción de GEI objetivos.</p> <p>Italia 2020 objetivos de energía renovable:</p> <p>Meta general : 17% de la parte de la energía generada a partir de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía;</p> <p>Calentamiento y enfriamiento : 17% del consumo de calor conocido por fuentes renovables;</p> <p>Electricidad : 26% de la demanda de electricidad conocido por la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables;</p> <p>Transporte: el 10% de la demanda de energía conocido por fuentes de energía renovables.</p> <p>Con el fin de alcanzar los objetivos anteriormente alistados Italia corre siguientes esquemas de incentivos:</p> <p>Las tarifas de alimentación; Energía esquema de créditos de eficiencia; la construcción renovable obligaciones de agua caliente; certificados verdes esquema; sistema de cuotas para la capacidad de generación de energía renovable instalada; cuotas de transporte de biocombustibles; relieves de impuestos para los biocombustibles; entrenamientos; El apoyo financiero a la I + D;</p>
Promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables	2009	<p>El Consejo de la Unión Europea de Ministros y el Parlamento Europeo adoptaron una Directiva relativa a la promoción de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad (Directiva 2001/77 / CE) en septiembre de 2001.</p> <p>La Directiva permite establecer un sistema de certificados de electricidad verde y medidas para facilitar la penetración en el mercado de las fuentes renovables de</p>

		<p>acuerdo con las normas de competencia que acompaña. los</p> <p>Directiva se aplica a las siguientes fuentes renovables no fósiles de energía: eólica, solar, geotérmica, del oleaje, mareomotriz e hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás. El objetivo es alcanzar 22,1% de la electricidad producida a partir de energías renovables y un 12% de energías renovables en el consumo nacional bruto de energía para el año 2010. Se prevé una evaluación por la Comisión de la compatibilidad de los objetivos nacionales con estos objetivos indicativos globales.</p> <p>Las Directivas derivadas objetivos de la electricidad para los países miembros de la UE: Italia 25% (16%)</p> <p>Los objetivos después de la ampliación de 2007 se establecieron como sigue: para Bulgaria 11% (6%) y para Rumania 33% (28%). El objetivo comunitario se mantuvo a 21% (13,2%).</p>
Estrategia Nacional de Energía	2013	<p>Ministerio de Desarrollo Económico ha establecido la estrategia energética italiana para el año 2030, para reducir significativamente la brecha de costos de energía, alcanzar y superar los objetivos ambientales y de des carbonización, seguir mejorando nuestra seguridad de suministro, fomentar el crecimiento económico sostenible.</p> <p>Para alcanzar estos resultados, la estrategia ha sido dividida en siete prioridades, cada una con sus medidas de apoyo específicas que ya se han puesto en marcha o están siendo definidos actualmente:</p> <p>Eficiencia energética, mercado del gas competitivo y Eje del Sur de Europa, El desarrollo sostenible de las energías renovables, El desarrollo de la infraestructura eléctrica y el mercado de la electricidad, La reestructuración de la industria de la refinación y el sector de distribución de combustibles,</p> <p>Una vez que la estrategia se ha aplicado, el sistema será capaz de evolucionar, de manera gradual pero significativamente, y superar los objetivos 20-20-20 europeos. Los resultados esperados para el 2020 son la educación de consumo de combustible y una evolución de la matriz energética con un enfoque en las energías renovables.</p> <p>objetivos:</p> <p>Específicamente, una reducción del 24% en el consumo primario se prevé en comparación con el rendimiento de inercia en 2020 (es decir, 4% en comparación con 2010), superando los objetivos europeos de 20%, principalmente gracias a medidas de eficiencia energética.</p> <p>En términos de la energía mezcla, se espera una participación de 19-20% de la energía renovable en el consumo final bruto (en comparación con aproximadamente el 10% en 2010). La proporción de energías renovables en el consumo de energía primaria será equivalente a 23%, mientras que hay una reducción 86 a 76% de los combustibles fósiles. Además, se espera que las energías renovables alcancen o superen los niveles de gas como fuente número uno en el sector de la electricidad, que representa aproximadamente el 34-38% del consumo (en comparación con 23% en 2010).</p>

Fuente: (International Energy Agency, 2017)

### 7.7.2. Tecnología

El sistema eléctrico italiano está fuertemente interconectado con la red europea, el mix energético del país según (TERNA) lo componen de centrales térmicas de carbón y de petróleo con alrededor del 20% de la potencia térmica instalada, sin embargo esta contribución a decrecido por la contribución de la energía eólica y solar; la producción de las centrales hidroeléctricas ha cambiado entre 40 y 60 TW dependiendo del clima anual (Guandalini, Robinius, Grube, Campanari, & Stolten, 2017)

La evaluación del potencial técnico solar presenta una complicación en la poca superficie por el disponible para producción, además de poca producción de estudios, La Agencia Internacional de Energía (IEA) estima superficies disponibles en edificios y suelo con una producción anual de energía de 97,62 GW de sistemas fotovoltaicos instalados. Para 2050 ENEA en un estudio de ENEA presenta una capacidad instalada de 152,3 GW (Guandalini, Robinius, Grube, Campanari, & Stolten, 2017)

En Italia, la contribución de energías renovables (RE) ha crecido en cifras significativas en pocos años a través de la literatura con de modelos y suposiciones que presentan una ayuda eficiente en la reducción de emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub>; en 2013 la energía eólica y la fotovoltaica produjeron 14,9 TW y 21,6 TW respectivamente, esto representó más del 10% de la producción bruta anual frente al año 2007 donde su producción fue 1,1% y la fotovoltaica era casi inexistente (Aliprandi, Stoppato, & Mirandola, 2016).

La energía hidroeléctrica ha sido la forma dominante de electricidad renovable en Italia. A finales de 2007, la energía hidroeléctrica representaba casi 21 GW de capacidad instalada, La geotérmica es la segunda fuente más importante de electricidad renovable, que representa aproximadamente el 8,5% de la producción, La capacidad instalada a comienzos de 2008 fue de 671 MW, lo que representa aproximadamente el 55% de la capacidad geotérmica instalada en la Europa de los países de la Organización y cooperación de desarrollos económicos (OCDE), la energía eólica en el presente una capacidad instalada de 363 MW en 2000 a 2 702 GW a finales de 2007 y la energía solar generó 4 064 GW de electricidad en 2007, contribuyendo con un 7,3% de la producción total renovable, frente a 563 GW, o menos del 4,1% de la producción, en 2002. (International Energy Agency, 2009)

#### 7.7.2.1. Energía Solar Fotovoltaica

Italia es uno de los países con mayor apoyo político a la producción de energía verde resultado de una elección política estratégica y la liberalización del mercado de la electricidad, a partir de 2009 el aumento de la capacidad instalada de energía renovable se dio por el rápido crecimiento de la producción fotovoltaica dado el esquema tarifario introducido en 2005, junto con un sistema de medición neta o conto energía la producción fotovoltaica llevo a 87 MW en 2007 a 18.450 en 2014, aprovechando sectores terrestres en las regiones del sur convirtiendo al país en el segundo mayor mercado fotovoltaico de Europa después de Alemania (Magnani & Osti, 2016)

La energía solar en Italia tiene limitaciones de infraestructura, arquitectónicas y morfológicas en su integración, sin embargo la producción fotovoltaica es la aplicación más rentable en alcanzar paridad debido al equipo maduro y establecido en el mercado (Nastasi & Di, 2016)

La producción fotovoltaica muestra 1.400 horas de operación equivalentes en Nápoles, 1.300 en Roma y 1.100 en Milán. El comité técnico de Nápoles SEAP consideró una producción media de 1.000 kW/m<sup>2</sup> y mientras que el cálculo en Milán SEAP utilizó 700 kW/m<sup>2</sup> como indicador de rendimiento, La duplicación de las instalaciones previstas para el años 2020 - 2030 estima 1 GW - 2 GW de potencia cubierta totalmente por la producción fotovoltaica en Roma, en Milán, esta proyección no ofrece ninguna ventaja. Por lo tanto, si el 40% se alcanzan gracias a PV, se requieren 3 GW adicionales (Nastasi & Di, 2016)

El ministro de Medio Ambiente Italiano, Gian Luca Galletti, afirmó que el futuro energético del país está en las energías renovables (eólica, energía solar, geotérmica) y para incentivarlas se dirigió inversiones por 13.500 millones de euros, ahora Italia es el segundo productor mundial de energía solar fotovoltaica y séptimo de energía eólica contribuyendo con el 30,8% de la producción nacional de energía eléctrica superando los objetivos establecidos en 2004 por la Comisión Europea y reduciendo la dependencia de las importaciones de petróleo y gas natural.

Terna, la sociedad que desde 2005 administra las redes para transmisión de electricidad, señaló en el reporte de 2012 que la energía solar en centrales fotovoltaicas conectadas en red o aisladas produjo 5,5% de las necesidades del país, mientras en 2010 solo contribuyó con 0,5%. Ese incremento fue causado por un “boom” de instalaciones de 17,3 GW a julio del 2013, debido principalmente a los nuevos incentivos oficiales establecidos en 2011. El GSE o Administrador de Servicios Eléctricos incentiva la divulgación de fuentes de energía sustentables, apuntó que el impulso al uso de la energía solar aumentó a partir de 2007 y que en 2012 se registró un incremento de la potencia instalada de 28,5% respecto a 2011.

Un informe de la empresa indicó que en 2012 las centrales de producción de energía solar en Italia eran 478.331, lo que significó un incremento de 44,9% respecto a 2011. (REVE, 2014)

Hoy en día las instalaciones están presentes en todos los 8.047 municipios italianos, con una progresión constante: en el 2009 fueron 6.993, frente a 3.190 en el 2007 y 356 en el 2005. Números también importantes con respecto a la cobertura de las necesidades eléctricas y térmicas locales, que solamente en 2014 llegaron a satisfacer el 38% del consumo nacional de energía (Honorati, 2015).

Italia también ha invertido en nuevas tecnologías como la solar térmica que tiene el potencial de utilizar la radiación solar con mayores tasas de eficiencia y costos más competitivos en comparación con la generación de combustibles fósiles y tecnologías de biomasa de segunda generación son sólo dos ejemplos y la capacidad instalada fotovoltaica (PV) creció cerca de 250% en el período de 1995 a 2007, produciendo 38 GW de electricidad en 2007 (International Energy Agency, 2009)

Con lo anterior se puede concluir que el fomento para la integración de las energías renovables dependen directamente de la Política energética, esta comprende la creación de Leyes que dirigen a los sectores económicos, tecnológicos, de infraestructura y investigativos para fomentar un mercado competitivo que se acerque a la paridad de red en el costo de la energía frente a la producción convencional; así mismo la regulación de los mercados energéticos y el medio ambiente son factores importantes en la estimación de objetivos a largo plazo.

Los objetivos de mezcla de energías convencionales y renovables a largo plazo dependen del monitoreo y estudios de entidades estatales y privadas en la cuantificación de los recursos aprovechables, además de la financiación por medio de programas que realice una producción industrial de alta tecnología que permita la adquisición de esta tecnología a precios bajos a los diferentes sectores como los residenciales e industriales.

El siguiente capítulo presenta las dificultades encontradas en la investigación de los planes de transición energética que se ha presentado en los países investigados, se tuvo en cuenta el inicio del plan para la transformación del mercado energético, las Leyes presentes para integración y los potenciales de energía que los países han desarrollado, la determinación de las dificultades de este capítulo igualmente permitieron desarrollar los temas en comunes que se presentaron en la política energética.

## Capítulo 8. Dificultades en la aplicación de la transición energética de experiencias internacionales

La integración de las energías renovables en los mercados eléctricos de Alemania, Estados Unidos, Japón, China, Suecia, Dinamarca e Italia experimentaron diferentes dificultades asociadas al fomento de desarrollo tecnológico, falta de infraestructura, presión de monopolios energéticos y el déficit de seguridad energética entre otros. En este capítulo se presentan las dificultades de cada país en la integración de los planes de transición energética en todos los ámbitos.

La tabla 3.19 presenta un comparativo de los planes de transición energética que han desarrollado Alemania, Estados Unidos, Japón, China, Suecia, Dinamarca e Italia desde el inicio de la transición energética, política energética, potenciales energéticos que son explotados y la capacidad instalada que pretende conseguir en cada tecnología potencial en cada país, ver tabla 8-1.

Tabla 8-1 Comparativo de planes de transición energética de los cuatro países desarrollados

Criterio País	Transición Energética año de inicio	Política Energética	Tipo de tecnología	% Capacidad Instalada renovable
Alemania	El término alemán Energiewende acogió el instituto de Ecología Aplicada antinuclear en 1970	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ley de Energías Renovables (LER) (Erneuerbare- Energien-Gesetz – EEG)</li> <li>2. Ley de suministro de energía (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG).</li> <li>3. Ley de construcción de redes energéticas, (Energieleitungsausbaugesetz - EnLAG)</li> <li>4. Ley de producción térmica (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG)</li> <li>5. Ley de energía introducción de una tasa de biocombustibles</li> </ol>	Eficiencia energética y Grid Energía eólica Bio – energía Energía fotovoltaica (PV)	51% de capacidad instalada en el año 2020
Estados Unidos	Conservación de energía y desarrollo de fuentes alternativas de combustible 1975.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ley de Conversación</li> <li>2. Ley Nacional de Energía</li> <li>3. Ley de Seguridad Energética</li> <li>4. Ley de Independencia Energética</li> <li>5. Ley de Independencia Energética y Seguridad</li> <li>6. Ley de Recuperación y Reinversión</li> </ol>	Energía Eólica Energía Solar fotovoltaica Energía Hidráulica Bio – Energía	80% de capacidad instalada en el año 2050
Japón	El Plan Estratégico de Energía de Japón, en 2014	El Plan Estratégico de Energía de Japón	Energía solar Fotovoltaica Energía eólica Energía Geotérmica Bio energía	24 % de capacidad instalada en el año 2030
China	Promoción de las Energías Renovables en 2005	Ley de Promoción de las Energías Renovables	Hidroeléctrica Energía Eólica Energía Solar Fotovoltaica Bio – Energía Energía Geotérmica	30% de capacidad instalada en el año 2015

Suecia	Ley de Electricidad verde Certificados 2003 (actualizado 2013)	Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) Ley de Suecia en criterios de sostenibilidad para los biocarburantes y biolíquidos Ordenanza sobre la prima súper coche-verde El Sitio Vindlov.se Ley de Electricidad Certificados	Energía Eólica	El objetivo de Suecia es tener al menos un 50% de la parte de la energía generada a partir de fuentes renovables en 2020
Dinamarca	Ley de promoción de la energía renovable 2009	Estrategias Nacionales de I + D + D para tecnologías de energía renovable Ley de promoción de la energía renovable Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) Acuerdo Danesa de Energía para 2012-2020	Energía Eólica	La energía eólica tendrá una cuota de energía renovable del 35% en el consumo de energía bruta en 2020.
Italia	Estrategia Nacional de Energía 2013	Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) Promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables Estrategia Nacional de Energía	Energía solar Fotovoltaica	El objetivo es alcanzar 22,1% de la electricidad producida a partir de energías renovables y un 12% de energías renovables en el consumo nacional bruto de energía para el año 2010.

La tabla anterior resume las políticas energética que fueron desarrolladas para la integración de las fuentes de energía renovable en los países investigados, como experiencia dejan un conocimiento base para la estructuración de la política energética nacional, temas como la investigación y desarrollo deben ser los principales motores para determinar el potencial energético de cada fuente, además de beneficios tributarios, el desarrollo profesional y tecnológico influirán mejor en el progreso para el país.

La política energética para la generación de energía renovable sugerida con la transición energética ha realizado cambios importantes en el mercado eléctricos de cada país que ha sido protagonista en esta investigación, la producción renovable ha traído distintas dificultades para su desarrollo técnico, económico y de investigación entre otros, a continuación se enumera las dificultades encontradas de cada país investigado:

#### ALEMANIA

1. Las políticas energéticas renovables de la Energiewende llevaron a la reestructuración del sector eléctrico (Pescia, Understanding the Energiewende., 2015).

2. El desarrollo de la renovable conlleva a la investigación y producción de nuevas tecnologías con alta eficiencia para desarrollar electricidad limpia (Service, y otros, 2010).
3. El mercado eléctrico debe planear constantemente la compatibilidad de la generación con la transmisión y distribución en la red (Service, y otros, 2010).
4. Los entes reguladores deben establecer una competencia clara en las redes de distribución de electricidad e implementación de redes inteligentes para que la generación renovable se acogida por la comunidad (Energieversorgungsunternehmen, 2017).
5. La Integración de las energías renovables a la red lleva una inversión en la expansión redes de transmisión y distribución (Ausfertigungsdatum, y otros, 2016).
6. La generación eléctrica a partir de la tecnología fotovoltaica presento altos costos de producción por KW al inicio de su despliegue (Craig Morris, 2012).
7. Los programas de financiación institucionales sobre subvención deben garantizar un acceso rápido a la red y las excepciones tributarias, además deben ser ampliados con nuevas estrategias principalmente en sectores donde exista potencial de industria verde. (Rutten, 2014)

#### ESTADOS UNIDOS

1. El gobierno como estrategia debe ampliar la financiación para incrementar la cuota de capacidad instalada logrando un costo competitivo de las ER frente a las fuentes convencionales (REVE, 2015).
2. El gobierno debe impulsar políticas de energías renovables a nivel federal, estatal y local en temas de incentivos para producción, auxilios financieras y subsidios enfocados a promover la investigación y desarrollo de tecnologías de energía renovables (Bird, y otros, 2005).
3. El sistema ambiental de la nación debe implementar impuestos por contaminación de combustibles fósiles y establecer normas de economía para el uso de combustible (Mai, Mulcahy, Hand, & Baldwin, 2014).
4. Se deben realizar una implementación de reglas de contabilidad neta para garantizar la compra de electricidad generada a partir de pequeños sistemas residenciales (Mai, Mulcahy, Hand, & Baldwin, 2014).
5. El estado actual de las líneas de líneas de transmisión impiden el despliegue de las diferentes energías renovables (Powell, Archer, Kempton, & Sim, 2017).
6. La planificación de proyectos debe ser relacionada con estudios de potencial energético de las distintas tecnologías (Breton & Moe, 2009).
7. Fomentar la investigación y producción de tecnología económica reduciendo los costos de adquisición de tecnología renovable (Energy, 2015).
8. Fomentar mejoras en estrategias de financiación de costos blandos y el SunShot para que el mercado eléctrico se dinamice (Wolske, Stern, & Dietz, 2017)

## JAPON

1. La planificación de modelos en desarrollo de tecnología deben ajustar los programas de renovación de la red eléctrica a moderna e inteligente (National, 2017).
2. La eco política presento cambios importantes en el enfoque de la descentralización y la liberalización del suministro de energía (McLellan, Zhang, Utama, Farzaneh, & Ishihara, 2013)
3. Japón presenta algunas restricciones en la expansión para la capacidad de producción, aproximadamente el 66% de la superficie boscosa y montañosa que afecta el despliegue de energías como la geotérmica y la Solar (Kwok L. Shum, 2007).
4. El sector del transporte en Japón debe apoyar más las investigaciones en el campo de los automóviles ecológicos, vehículos híbridos recargables y los vehículos eléctricos (VE). (Niponica, Japón, un país ecológico, 2012)
5. En Japón el acceso a la red es limitada para las energías renovables debido al monopolio de los servicios públicos, incluyendo la producción de energía eléctrica y distribución / transmisión (Chen, Kim, & Yamaguchi, 2014)
6. En el sector del transporte se debe plantear una estrategia para la introducción de biocombustibles según (Simmons, 2014).
7. El lento desarrollo de la bioenergía de la producción nacional de etanol se debe a la nula viabilidad comercial, en segundo lugar la falta de cooperación de las empresas mayoristas de petróleo en relación con la mezcla directa y como ultimo las metas poco realistas relacionadas con la introducción de biocombustibles (Matsumoto, 2017).

## CHINA

1. El subsidio para la investigación es importante para el desarrollo de China del 60% del potencial energético (IRENA, 2014).
2. Se debe ampliar proyectos al sector privado investigación sobre políticas de energía renovable y gestión industrial (Zheng & Fridley, 2011)
3. Los objetivos propuestos en cuota de generación son muy cortos con el 1% del total en 2010 y el 3% en 2020 (Zheng & Fridley, 2011)
4. La integración de ER presenta fallas en el monitoreo y requisitos de cumplimiento de los objetivos en las empresas estatales (He, Zhang, Xu, & Lu, 2017).
5. Se debe enfocar proyectos piloto en subestación inteligente, distribución automática de energía, infraestructura de carga, almacenamiento y red inteligente (He, Zhang, Xu, & Lu, 2017).
6. El desarrollo de las escenarios para evadir fallas en la economía técnica, la conexión de red, la fabricación de equipos de almacenamiento de energía y la integración del sistema, así como la aplicabilidad en el sistema eléctrico (Wang, Zheng, Zhang, & Zhang, 2016).

## SUECIA

1. Los tramites de licencias para construcción de parques eólicos deben ser más ágiles

2. La energía eólica debe ser eliminada de la ordenanza sobre las actividades ambientalmente peligrosas
3. El gobierno debe ofrecer a los inversores 'one-shop-stop'.
4. Los procesos de toma de decisiones en aspectos de energía renovable deben ser en conjunto con todas las autoridades de energía
5. Se debe imponer cuotas obligatorias más ambiciosas (Agencia Sueca de Energía, 2012)

**DINAMARCA**

1. El gobierno Danés inicio una serie de iniciativas en I+D para el desarrollo dentro de las tecnologías
2. Se estableció mercados de innovación y tarifas de alimentación para apoyar el desarrollo de turbinas eólicas off-shore y en tierra (The Danish Society of Engineers, 2009)

**ITALIA**

1. La infraestructura de las ciudades evita el aprovechamiento para energía solar fotovoltaica.
2. El despliegue de ayudas tributarias dispararon el aumento de energía solar, sin embargo se presentó dificultad en la modernización de transmisión distribución y lo subsidios económicos (International Energy Agency, 2017)

En la tabla 8-2 se presenta las políticas energéticas más comunes entre los países investigados, entre las principales se presenta la reestructuración del mercado energético convencional que ha sido dominado por las fuentes convencionales de energía como la nuclear y térmica a carbón; a continuación se presenta las medidas más comunes para darle tránsito a las energías renovables en la canasta energética.

**Tabla 8-2 Políticas energéticas en común de los países en estudio**

Países	Políticas energéticas en común
Alemania	La promoción de las energías renovables se realizó por medio de leyes y programas de incentivos como Feed in tariffs entre otros.
Estados Unidos	El Fomento por medio de incentivos tributarios y financiero contribuyen para el despliegue de las energías renovables
Japón	La imposiciones de restricción e impuestos ha tecnologías convencionales contaminantes como la térmica a carbón y la nuclear
China	Se debe renovar e implementar la infraestructura de transmisión y distribución para dar participación a las de la energía renovable en la red
Suecia	Se estableció el fomento y financiación en investigación y desarrollo de tecnologías renovables de alta calidad
Dinamarca	Se realizó la liberación y descentralización de los mercados de energía para la integración de la generación renovable
Italia	Se fomentó la producción científica en estudios técnicos y profesionales para la estimación de la cantidad potencial de recursos aprovechables en cada país

	<p>Se determinó cuotas fijas de energía eléctrica en la red a partir de fuentes renovables</p> <p>Se fomentó el desarrollo de eficiencia energética y redes inteligentes en las nuevas construcciones y renovaciones energéticas en edificios antiguos</p> <p>Se realizaron inversiones económica fuertes para el despliegue de energías renovables, eficiencia energética y redes inteligentes</p> <p>Los compromisos frente a cambio climáticos hicieron adoptar reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero a partir del sector eléctrico</p> <p>La integración de las energías renovables reestructuraron los mercados eléctricos</p> <p>Se fomentó el desarrollo industrial, exportación y avance de campos energéticos alternativos en altamar, geotérmicos y construcción paneles solares más eficientes</p>
--	---

En la siguiente tabla 8-3 se presentan las dificultades que tuvieron los países estudiados en la implementación de la transición energética; diferentes aspectos se vieron involucrados en el lento despliegue de dichas tecnologías y todavía tienen trabajo para conseguir la generación total se la energía total por medio de la energía renovable.

**Tabla 8-3 Dificultades en la integración de la transición energética**

<b>Países</b>	<b>Dificultades en la transición energética</b>
Alemania	<p>El costo elevado de producción eléctrica a partir de las fuentes de energías renovables debido a que es una industria nuevas</p> <p>Existe una participación marginal de las fuentes no convencionales de energía en el mercado eléctrico, las entidades reguladores y los operadores no les den autorización para generar por su intermitencia.</p> <p>Las restricciones en la participación de las energías renovables en el mercado energético por parte de los monopolios energéticos reducen la perspectiva de inversión privada y los objetivos de despliegue.</p>
Estados Unidos	<p>Los mercados eléctricos centralizados se basan en tecnologías contaminantes más económicas en producción eléctrica por lo tanto se retrasan avancen de las energías renovables</p>
Japón	<p>La Infraestructura de transmisión, distribución, eficiencia energética está obsoleta y reducida</p>
China	<p>Dificultad en la adopción y difusión de programas de financiación y subsidios para la integración de energías renovables</p>
Suecia	<p>Dificultades en la integración, adaptación de políticas energéticas en todos los niveles de gobernación</p>
Dinamarca	<p>Existe ausencia de políticas ambientales que reduzcan la producción eléctrica a partir de fuentes convencionales e incentiven las fuentes renovables de energía</p>
Italia	<p>Ausencia de participación en la venta de energía de los sectores residenciales en la Red</p> <p>Ausencia de estudios científicos técnicos y profesionales en la determinación del potencial de los recursos renovables presentes en cada País</p> <p>Insuficientes incentivos para la producción industrial de tecnologías renovables a costos bajos</p> <p>La ubicación de recursos potenciales en zonas estratégicas ambientales importantes para los ecosistemas</p>

	<p>Falta de inversión en investigación y desarrollo de tecnologías limpias</p> <p>Dificulta en el monitoreo para el cumplimiento de las cuotas en la generación de energía renovable</p>
--	--

En conclusión existen diferentes dificultades en la transición energética de los países estudiados entre los principales aspectos se encuentran la infraestructura, la economía, la investigación y la reforma del mercado eléctrico. El despliegue de las fuentes renovables presentadas anteriormente se han demostrado particularidad dado que las tecnologías renovables están teniendo un despliegue enorme en todo el mundo con los compromisos del cambio climático y la seguridad energética, la adopción de este nuevo sistema eléctrico trae consigo reformas específicas que deben ser estudiadas mediante estas experiencias para la planificación futura de la integración de fuentes renovables en un sistema eléctrico.

La política energética de los países investigados han presentado similitud al seguir el camino de la transición energética de Alemania, las reformas en los mercado eléctricos la implementación de incentivos y subsidios a la generación renovable ha desencadenado el desarrollo de tecnologías como la solar fotovoltaica y la eólica de baja potencia, además la investigación y desarrollo apoyada por comunidades científicas y profesionales ha determinado el horizonte más prometedor en cuanto al aprovechamiento del recurso de más potencial presente en cada país y por último el cambio climático es el mayor incentivo para la adaptación a nuevas tecnologías que han impulsado la inversión de millones de recursos para la producción industrial de tecnología renovable de forma continua y segura.

La identificación de las dificultades proporciona agilidad en el proceso de transición energética para los países con potencial renovable rezagados en esta actividad, además se encuentran en las técnicas de adaptación de energías alternativas para complementar su canasta energética. Diferentes dificultades se enfrentan las energías renovables dado a que el costo de producción eléctrica está por encima de las fuentes convencionales, además estas fuentes presionan el mercado para que se mantenga una incipiente respuesta al cambio de tecnología con premisas de que las fuentes como la solar y eólica no mantiene la seguridad eléctrica deteniendo el desarrollo e investigación científica y tecnológica y reestructuración de la político energética.

Para concluir este capítulo se determina que existen diferentes problemáticas relacionadas con estado actual de cada tecnología renovable, la planificación de los próximos objetivos y de la política energética en Colombia deberán tener en cuenta las barreras que han determinado el lento despliegue de Fuentes no convencionales de los planes de energéticos en los países desarrollados, principalmente se debe enfocar hacia investigación y actualización de los recursos potenciales, medios de integración de Smart grid, subsidios en tecnologías residenciales, políticas departamentales y municipales que determine un objetivo a corto plazo, incentivos de producción tecnológica de calidad, regulación en porcentaje de producción, estudios de viabilidad económica, renovación de infraestructura de trasmisión , distribución y medición inteligente entre otras.

## 5. Conclusiones

El Plan Energético Nacional 2006-2025, informa que la energía hidráulica es la más desarrollada en Colombia, en promedio el 75% de la generación eléctrica es de este tipo es distribuida en el Sistema eléctrico Nacional (Duque, 2016), sin embargo esta fuente a pesar de no causar emisiones de gases de efecto invernadero es una actividad que si genera impactos ambientales como migración de biodiversidad o su extinción, perdida de extensiones de tierras productivas al igual que el desplazamiento de la población aledaña del área de influencia; por otro lado en la parte financiera en fases de construcción son largas, por ende mayor inversión de capital y sus costos de operación son mínimo (Diana Motta, 2012).

La desventaja esta fuente de generación son los cambios en los ciclos hidrológicos actuales, los efectos del calentamiento global están continuamente sorprendiendo con la intensidad de sus precipitaciones y prolongados tiempos de sequias que afectan directamente el abastecimiento del agua en las represas, como lo afirma la US Geological Survey Water Watch cuando alerta con los escenarios climáticos globales y regionales la presencia de la variabilidad de caudales cercana al 40% en años húmedos y años secos causando importantes incertidumbres en la gestión de uso del agua en la generación hidroeléctrica de E.E.U.U. (Kao, y otros, 2015). Consecuencia como esta deben llevar a las sectores encargados del mercado energético Colombiano a incentivar diferentes tipos de fuentes renovables para servir como respaldo frente a un déficit a largo plazo, donde se estime la presencia de los fenómenos mencionados anteriormente, de igual se evitar un recesión económica alejando motivos de la no inversión en el país y la aparición de problemas de la sociedad.

El Estado junto con sus entidades estatales frente a escenarios presentados deben realizar estudios investigativos actualizados para determinar el potencial de energías como la Solar fotovoltaica, Eólica terrestre y marina, Geotérmica, Oceánica y la Bio energía, de igual manera se debe fomentar el desarrollo de tecnologías en incluirlas en Ley de promoción de energía renovable como hace Alemania quien promueve el desarrollo de estas tecnologías para la para producir electricidad a partir de fuentes renovables (Service, y otros, 2010) como paneles solares, turbinas eólicas terrestres y marinas, centrales geotérmicas, centrales cogeneración con biomasa o biocombustibles y además realizar estudios de adaptación de estas tecnologías mundiales que ofrecen una tecnológica de vanguardia.

La UPME en sus escenarios debe integrar fuertemente el apoyo de la generación residencial, las experiencias vividas en el despliegue solar residencial Alemán con El Plan Nacional de Acción para la Eficiencia Energética y la estrategia del Diseño Ecológico para la financiación de la eficiencia energética y sensibilización en tecnología sostenibles y eficientes energéticamente (Craig Morris, 2012) han encontrado la forma de direccionar el sector de la construcción hacia a la integración de la energía renovable por medio del eco diseño y la renovación de construcciones antiguas, así mismo el sector de construcción Japonés ahora ya incluye en sus proyectos de viviendas la tecnología solar Fotovoltaica.

La transición energética en Colombia debe proyectarse través de programas realizados interinstitucionalmente con empresas dedicadas al sector eléctrico, entidades de desarrollo energético y las universidades de todo el País, el apoyo de profesionales nacionales e internacionales retroalimentaran las ideas de conocimiento instalación y operación y estructuración de política energética; el objetivo de esto genera la llegada de la tecnología para que sea aprovechada instantáneamente y no lleve a la pérdida de la inversión por falta de conocimiento específico.

La evaluación de una Política energético actual frente a las de los países desarrollados permitirá dar un respuesta del estado actual en la promoción de las energías renovables, un modelo de desarrollo puede ser el que aplico los E.E.U.U. quien impulso políticas de energías renovables a nivel federal, estatal y local en temas de incentivos de producción, auxilios financieras y subsidios enfocados a promover la investigación y desarrollo en tecnologías de energía renovables (Bird, y otros, 2005) iniciativas como esta aseguran una ampliación de sectores renovables que llevaran al cumplimiento de objetivos a corto plazo.

El despliegue industrial en el desarrollo de tecnologías es otra oportunidad de que las energías renovables tengan prioridad en la comercialización nacional, para este aspecto es importante que los sectores de I + D tengan un financiamiento más abultado que permita la producción de productos nacionales a bajo costo con buena calidad que entren en competencia con otros sectores como el Chino que abarca el 50 % de todos mundo pero que presenta problemas en su eficiencia de conversión Fotovoltaico con un 17%, situaciones como esta impulsa generar empleo y un conocimiento nacional que encargara de brindar información precisa sobre las condiciones y cantidad de recursos aprovechables acondicionándolos al medio local (Wang, Zheng, Zhang, & Zhang, 2016).

El mercado eléctrico Colombiano debe acabar con las restricciones que ejercen las empresas que dominan el sector eléctrico energético, así el costo de la energía renovable podrá ser económicamente viable, paralelamente a esto actividades de mejoramiento serán las encargadas para que el sector se haga fuerte en cuanto a la confianza frente los consumidores, temas como la intermitencia en servicio quedaran atrás y sistemas de almacenamiento a bajo costo llevaran cada vez más cerca al cumplimiento de los escenarios renovables planteados por la UPME.

## Referencias

- Ballester, F., Llop, S., Querol, X., & Esplugues, A. (2014). Evolución de los riesgos ambientales en el contexto de la crisis económica . Informe SESPAS 2014. *Gaceta Sanitaria*, 51-57.
- Change Intergovernmental Panel on Climate. (2013, october 1). *CLIMATE CHANGE 2013*. Retrieved mayo 17, 2017, from The Physical Science Basis: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5\\_SPM\\_brochure\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf)
- Connor, P. A. (2010, November 1). *Energy Transitions*. Retrieved mayo 18, 2017, from The PARDEE PAPERS: <https://www.bu.edu/pardee/files/2010/11/12-PP-Nov2010.pdf>
- Craig Morris, M. P. (2016, July 1). *Energy Transition*. Retrieved mayo 18, 2017, from The German Energiewende: [https://book.energytransition.org/sites/default/files/downloads-2016/book/German-Energy-Transition\\_en.pdf](https://book.energytransition.org/sites/default/files/downloads-2016/book/German-Energy-Transition_en.pdf)
- Dieter Holm, D. (2005, enero 1). *Un Futuro Para el Mundo en Desarrollo Basada en las Fuentes Renovables de Energía*. Retrieved mayo 18, 2017, from White Paper: [http://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/paper\\_ises\\_dieter\\_holm.pdf](http://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/paper_ises_dieter_holm.pdf)
- Dinica, V. (2006). Support systems for the diffusion of renewable energy technologies an investor perspectiv. *Energy Policy*, 461-480.
- Dóci, G., & Gotchev, B. (2016). Energy Research & Social Science When energy policy meets community : Rethinking risk perceptions of renewable energy in Germany and the Netherlands. *Chemical Physics Letters*, 26-35.
- Evolución de los riesgos ambientales en el contexto de la crisis económica . Informe SESPAS 2014. (n.d.).
- Florez, J. (2015, Febrero 1). *ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN COLOMBIA BAJO LA LEY 1715*. Retrieved mayo 18, 2017, from ENERGIAS ALTERNATIVAS EN COLOMBIA BAJO LA LEY 1715: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7462/1/ENERG%C3%8DAS%20ALTERNATIVAS%20EN%20COLOMBIA%20BAJO%20LA%20LEY%201715.pdf>
- Gatzert, N., & Vogl, N. (2016). Evaluating investments in renewable energy under policy risks. *Energy Policy*, 238-252.
- Gifreu, A. (2015). ¿QUO VADIS ENERGÍA RENOVABLE? EL ESTADO DE LA CUESTIÓN EN ESPAÑA. *REVISTA CATALANA DE DRET AMBIENTAL*, 1 – 35.
- Greenpeace Internacional, C. E. (2007, enero 1). *[r]evolución energética*. Retrieved mayo 18, 2017, from PERSPECTIVA MUNDIAL DE LA ENERGÍA RENOVABLE:

[http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio\\_climatico/r-evolucion-energetica-persp.pdf](http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/r-evolucion-energetica-persp.pdf)

IPCC. (2011, enero 1). *fuentes de energía renovables y Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Retrieved mayo 18, 2017, from RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS Y RESUMEN TÉCNICO: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren\\_report\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf)

Pescia, D., & Graichen, P. (2015, October 1). *Understanding the Energiewende*. Retrieved mayo 18, 2017, from FAQ on the ongoing transition of the German power system: [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/Understanding\\_the\\_EW/Agora\\_Understanding\\_the\\_Energiewende.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/Understanding_the_EW/Agora_Understanding_the_Energiewende.pdf)

Planelles, M. (2015, Noviembre 24). *Cambio climático: 12 claves de la cumbre de París*. Retrieved Mayo 5, 2017, from Encuentro del clima: [http://internacional.elpais.com/internacional/2015/11/23/actualidad/1448279779\\_808577.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2015/11/23/actualidad/1448279779_808577.html)

Quiroga, M. (2007, diciembre 1). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Retrieved mayo 18, 2017, from División de Estadística y Proyecciones Económicas: <http://www.cepal.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/LCL2771e.pdf>

REN21. (2016, enero 1). *ENERGÍAS RENOVABLES 2016*. Retrieved mayo 18, 2017, from REPORTE DE LA SITUACIÓN MUNDIAL: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_KeyFindings\\_SPANISH.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings_SPANISH.pdf)

Tudela, F. (2014, noviembre 1). *Negociaciones internacionales sobre cambio climático Estado actual e implicaciones para América Latina y el Caribe*. Retrieved mayo 18, 2017, from estudios del cambio climático en américa latina: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37329/S1420809\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37329/S1420809_es.pdf)

UPME. (2005, enero 3). *IDEARIO ENERGÉTICO 2050*. Retrieved mayo 18, 2017, from PLAN ENERGETICO NACIONAL COLOMBIA: [http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen\\_idearioenergetico2050.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf)

UPME. (2005, enero 1). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Retrieved mayo 18, 2017, from Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia: [http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion\\_Energias\\_Renovables/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVANLES\\_WEB.pdf](http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf)

- World Economic Forum. (2013, January 1). *Energy Vision 2013 Energy transitions: Past and Future*. Retrieved mayo 18, 2017, from Industry Vision: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_EN\\_EnergyVision\\_Report\\_2013.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_EN_EnergyVision_Report_2013.pdf)
- America Fotovoltaica. (2016, mayo 26). *Universidad Autónoma de Occidente le apuesta a la energía solar*. Retrieved mayo 24, 2017, from La guía solar: <http://www.laguiasolar.com/universidad-autonoma-de-occidente-energia-solar-en-colombia/#comments>
- Ardila, L. (2015). *Plataforma para la evaluación de políticas de mitigación de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico*. Medellín: Biblioteca digital Unal .
- Celsia. (2017, febrero 7). *Celsia iniciará construcción de primera granja de energía solar en Colombia*. Retrieved mayo 24, 2017, from Generación: <http://blog.celsia.com/sala-de-prensa/celsia-iniciar%C3%A1-construcci%C3%B3n-de-primera-granjade-energ%C3%ADa-solar-en-colombia>
- Duque, E., Gonzalez, J., & Restrepo, J. (2016). Developing Sustainable Infrastructure for Small Hydro Power Plants through Clean Development Mechanisms in Colombia. *Procedia Engineering*, 224-233.
- Edsard, H.-e. (2017). Technology in Society Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia : A function analysis of the technological innovation system and the wider context. *Technology in Society*, 1-15.
- EPM. (2008, noviembre 1). *Experiencia en el desarrollo de proyectos de energía eólica*. Retrieved mayo 24, 2017, from PARQUE EÓLICO JEPIRACHI: [http://www.upme.gov.co/Eventos/Foro\\_Normalizacion/Aplicacion%20Eolica%20EPM%202008.pdf](http://www.upme.gov.co/Eventos/Foro_Normalizacion/Aplicacion%20Eolica%20EPM%202008.pdf)
- García, E. (2016, abril 29). *Diversificar matriz energética, solución a crisis*. Retrieved mayo 21, 2017, from UdeA Noticias: [http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia/!ut/p/z0/fy6xDslwDER\\_haUjcgIwFgxICEGBoTaLMhKo2IodtukiM8nhQGxsJzurOfTgYECDODagwkjE3MpdHn1XqTzvJM7ZXOtMr1IVss0-38eFKwA\\_MfiA107TqTg7HCwT0DFK30AZuhcpg09L\\_pInf38aNOWAJZQp-o9zdTJSP1P](http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia/!ut/p/z0/fy6xDslwDER_haUjcgIwFgxICEGBoTaLMhKo2IodtukiM8nhQGxsJzurOfTgYECDODagwkjE3MpdHn1XqTzvJM7ZXOtMr1IVss0-38eFKwA_MfiA107TqTg7HCwT0DFK30AZuhcpg09L_pInf38aNOWAJZQp-o9zdTJSP1P)
- Jiménez, A., & Diazgranados, J. (2012). ELECTRICITY GENERATION AND WIND POTENTIAL ASSESSMENT IN REGIONS OF COLOMBIA. *DYNA*, 116-122.
- Matías, M. (2011, julio 14/07/2011). *La energía geotérmica será una realidad en el país*. Retrieved mayo 24, 2017, from La energía geotérmica será una realidad en el país:

<http://www1.upme.gov.co/sala-de-prensa/noticias/la-energia-geotermica-sera-una-realidad-en-el-pais>

- Murcia, H. R. (2009, enero 15). *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas Development of Solar Energy in Colombia and its Prospects*. Retrieved mayo 24, 2017, from Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas Development of Solar Energy in Colombia and its Prospects: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12>
- Pinilla, Á. (2008, noviembre 1). *El poder del viento*. Retrieved mayo 24, 2017, from -: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a10.pdf>
- Polo, J. M. (2009). Potencial de generación de energía a lo largo de la costa colombiana mediante el uso de corrientes inducidas por mareas. *Revista de Ingeniería*, 99 - 105.
- Quintero, R., Estefan, L., & Quintero, G. (2015). Energía mareomotriz : potencial energético y medio ambiente. *Biblioteca Digital Unal*, 121-134.
- Redacción Nacional. (2015, marzo 13). *Montería tiene el primer colegio del país que funciona con energía solar*. Retrieved mayo 24, 2017, from El Espectador: <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/monteria-tiene-el-primer-colegio-del-pais-funciona-ener-articulo-549250>
- REN21. (2016, Junio 1). *ENERGÍAS R ENOVABLES 2016 REPORTE DE LA SITUACIÓN MUNDIAL*. Retrieved from ENERGÍAS R ENOVABLES 2016 REPORTE DE LA SITUACIÓN MUNDIAL: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21\\_GSR2016\\_FullReport\\_en\\_11.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf)
- UPME. (2005). *Atlas de Radiación Solar de Colombia*. Retrieved mayo 24, 2017, from Atlas de Radiación Solar de Colombia: [http://www.upme.gov.co/docs/atlas\\_radiacion\\_solar/1-atlas\\_radiacion\\_solar.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/atlas_radiacion_solar/1-atlas_radiacion_solar.pdf)
- UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Retrieved mayo 24, 2017, from Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia: [http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion\\_Energias\\_Renovables/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVANLES\\_WEB.pdf](http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf)
- UPME. (n.d.). *Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia*. Retrieved mayo 24, 2017, from del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia: [http://vie.uis.edu.co/ATLAS/Generalidades\\_ATLAS.pdf](http://vie.uis.edu.co/ATLAS/Generalidades_ATLAS.pdf)
- UPME. (n.d.). *PLAN DE EXPANSION DE REFERENCIA*.
- UPME. (n.d.). *PLAN DE EXPANSION DE REFERENCIA*. Retrieved mayo 24, 2017, from PLAN DE EXPANSION DE REFERENCIA: [http://www.upme.gov.co/docs/plan\\_expansion/2015/plan\\_gt\\_2014-2028.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/plan_expansion/2015/plan_gt_2014-2028.pdf)

- Ausfertigungsdatum, E., Feststellungen, D., Ganderkese, A., Ganderkese, L., Diele, L., Wahle, L., . . . Wehrendorf, L. (2016). *Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen (Energieleitungsausbaugesetz - EnLAG)*. Berlin: Boletín Oficial Federal I, p. 2870.
- Bundestag, D., Nomenklatur, K., Verord-, Z., Steuerentlastung, D., Steuerentlastungsanspruch, D., Falle, I., . . . Antrag, A. (2006). *Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften*. Berlin: Boletín Oficial Federal I, p. 3180, 2007 p 66.
- Cherp, A., Vinichenko, V., Jewell, J., Suzuki, M., & Antal, M. (2017). Comparing electricity transitions : A historical analysis of nuclear , wind and solar power in Germany and Japan. *Energy Policy*, 612-628.
- Craig Morris, M. P. (2012). *The German Energiewende*. Berlin: Heinrich Böll Foundation.
- Energien, E., Deckblatt, D., & Begr, D. (2015). *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien- Wärme-gesetz - EEWärmeG)*. Berlin: Boletín Oficial Federal I, p. 1658.
- Energieversorgungsunternehmen, A. D. (2017). *Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG)*. Berlin: Boletín Oficial Federal.
- Energiewende, A. (2015). *Understanding the Energiewende. FAQ on the ongoing transition of Deustland: Agora Energiewende* .
- Gaderer, M., & Spliethoff, H. (2011). Thermische Nutzung von und Biomasse Reststoffen in Deutschland. *Chemie Ingenieur Technik*, 1897-1911.
- Industry, P. V. (2016). *Photovoltaic*. Berlin: © 2017 Germany Trade & Invest.
- Kofler, B., Netzer, Y. N., Beuermann, C., Hermwille, L., & Schinke, B. (2014). *Requisitos para una transición energética global*. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Maloney, T. (12 de noviembre de 2015). *programa Energiewende de Alemania*. Obtenido de National Geographic Cool It tema: [http://www.timothymaloney.net/Germanys\\_energiewende\\_program.html](http://www.timothymaloney.net/Germanys_energiewende_program.html)
- Nordensvärd, J., & Urban, F. (2015). The stuttering energy transition in Germany : Wind energy policy and feed-in tariff lock-in. *Energy Policy*, 156-165.
- Parliament, P. b. (2015). *Bioenergy Industry*. Berlin: 2017 Germany Trade & Invest.
- Pescia, D. (2015). *Understanding the Energiewende*. Berlin: Agora Energiewende.

- Pescia, D., & Graichen, P. (2015). *Understanding the Energiewende*. Berlin: Agora Energiewende (2015).
- PIERROT, M. (25 de Abril de 2017). *The Wind Power*. Obtenido de The Wind Power: [http://www.thewindpower.net/store\\_continent\\_es.php?id\\_zone=1000](http://www.thewindpower.net/store_continent_es.php?id_zone=1000)
- Renn, O., & Paul, J. (2016). Coal , nuclear and renewable energy policies in Germany : From the 1950s to the “ Energiewende ”. *Energy Policy*, 224-232.
- Rutten, D. (2014). *THE ENERGIEWENDE AND GERMANY ' S INDUSTRIAL POLICY*. The Hague: Clingendael International Energy Programme.
- Service, E., Ziel, G., Zielen, E., Energien, B., Deutschland, B., Energien, A., . . . Netz, E. (2010). *Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien*. Berlin: Boletín Oficial Federal I de 2000, 305.
- Weida, S., Kumar, S., & Madlener, R. (2016). Financial viability of grid-connected solar PV and wind power systems in Germany. *Energy Procedia*, 35-  
Ñ, K. L., & Watanabe, C. (2007). Photovoltaic deployment strategy in Japan and the USA an institutional appraisal. *Energy Policy*, 1186-1195.
- Ñ, L. K. (2008). The potential of water power in the fight against global warming in the US. *Energy Policy*, 3252-3265.
- Association, A. W. (1996 - 2009). *ANNUAL U.S. WIND POWER RANKINGS TRACK INDUSTRY'S RAPID GROWTH*. Washington, DC: Copyright 1996 - 2009 American Wind Energy Association.
- Belyeu, K. (11 de abril de 2007). *RÁPIDO CRECIMIENTO ANUAL DE LA INDUSTRIA pista nos EÓLICA CLASIFICACIONES*. Obtenido de American Wind Energy Association (AWEA): [http://web.archive.org/web/20100619041553/http://awea.org/newsroom/releases/Annual\\_US\\_Wind\\_Power\\_Rankings\\_041107.html](http://web.archive.org/web/20100619041553/http://awea.org/newsroom/releases/Annual_US_Wind_Power_Rankings_041107.html)
- Bird, L., Bolinger, M., Gagliano, T., Wiser, R., Brown, M., & Parsons, B. (2005). Policies and market factors driving wind power development in the United States. *Energy Policy*, 1397-1407.
- Breton, S.-p., & Moe, G. (2009). Status , plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America. *Renewable Energy*, 646-654.
- Energy, I. A. (2015). *Renewable Energy Prospects: United States of America*. Abu Dhabi: REMap 2030 analysis.
- Hazell, P., & R, P. (2009). *Bioenergía y Agricultura: Promesas y Retos*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Kao, S.-c., Sale, M. J., Ashfaq, M., Uria, R., Kaiser, D. P., Wei, Y., & Diffenbaugh, N. S. (2015). Projecting changes in annual hydropower generation using regional runoff data : An assessment of the United States federal hydropower plants. *Energy*, 239-250.

- Mai, T., Mulcahy, D., Hand, M. M., & Baldwin, S. F. (2014). Envisioning a renewable electricity future for the United States. *Energy*, 65.
- Milliken, J., Joseck, F., Wang, M., & Yuzugullu, E. (2007). The Advanced Energy Initiative. *Journal of Power Sources*, 121-131.
- National, S. C. (2017). *CITIES ARE READY FOR 100 % CLEAN ENERGY 10 CASE STUDIES CITIES ARE READY FOR*. Oakland: RF100 Case Studies Cities Report.
- Payne, J. E., & Lee, J. (2017). Is there convergence in per capita renewable energy consumption across U . S . States ? Evidence from LM and RALS-LM unit root tests with breaks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 715-728.
- Powell, W. B., Archer, C. L., Kempton, W., & Sim, H. P. (2017). The challenge of integrating offshore wind power in the U . S . electric grid . Part II : Simulation of electricity market operations. *Renewable Energy*, 418-431.
- REVE. (10 de Febrero de 2015). *Energías renovables en Estados Unidos se consolidan con fuerte apuesta por la eólica y la energía solar*. Obtenido de Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico: <http://www.evwind.com/2015/02/10/energias-renovables-eolica-y-energia-solar-fotovoltaica-y-termosolar-crecen-en-estados-unidos/>
- Shum, K. L., & Watanabe, C. (2009). An innovation management approach for renewable energy deployment — the case of solar photovoltaic ( PV ) technology. *Energy Policy*, 3535-3544.
- Squalli, J. (2017). Renewable energy , coal as a baseload power source , and greenhouse gas emissions : Evidence from U . S . state-level data. *Energy*, 479-488.
- Wang, S., & Wang, S. (2016). Integrating spatial and biomass planning for the United States. *Energy*, 113-120.
- Wiser, R., Millstein, D., Mai, T., Macknick, J., Carpenter, A., Cohen, S., . . . Heath, G. (2016). The environmental and public health benefits of achieving high penetrations of solar energy in the United States. *Energy*, 472-486.
- Wolske, K. S., Stern, P. C., & Dietz, T. (2017). Energy Research & Social Science Explaining interest in adopting residential solar photovoltaic systems in the United States : Toward an integration of behavioral theories. *Chemical Physics Letters*, 134-151.
- (s.f.).
- Bertani, R. (2015). Geothermics Geothermal power generation in the world 2005 – 2010 update report. *Geothermics*, 1-29.
- Cemaer. (15 de Julio de 2011). *Energía Geotérmica en Japón Después de Fukushima*. Obtenido de  
ENERGÍA  
GEOTÉRMICA:

<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2011/07/15/energia-geotermica-en-japon-despues-de-fukushima/>

- Chen, W.-m., Kim, H., & Yamaguchi, H. (2014). Renewable energy in eastern Asia : Renewable energy policy review and comparative SWOT analysis for promoting renewable energy in Japan , South Korea , and Taiwan. *Energy Policy*, 319-329.
- Dong, Y., & Shimada, K. (2017). Evolution from the renewable portfolio standards to feed-in tariff for the deployment of renewable energy in Japan. *Renewable Energy*, 590-596.
- Energy, R. (1 de February de 2009). *PROPOSAL: A Renewable Energy Promotion Policy for Achieving a Low-carbon Society*. Obtenido de Achieving a Low-carbon Society: [https://www.env.go.jp/en/earth/cc/lcs/conf-re\\_rcm/proposal.pdf](https://www.env.go.jp/en/earth/cc/lcs/conf-re_rcm/proposal.pdf)
- Foster, M. (28 de March de 2013). *Hitz offshore pilot planned for eastern Japan*. Obtenido de WIND POWER OFFSHORE: <http://www.windpoweroffshore.com/article/1189490/hitz-offshore-pilot-planned-eastern-japan>
- García, H. (25 de August de 2015). *Energía geotérmica en Japón*. Obtenido de Un Geek en Japón: <http://www.kirainet.com/energia-geotermica-en-japon/>
- Geotermiaonline. (17 de Marzo de 2014). *La resistencia de las poblaciones con balnearios se sortea con plantas a pequeña escala*. Obtenido de Japón estrena su primera planta geotérmica en 15 años: <http://geotermiaonline.com/japon-estrena-su-primera-planta-geotermica-en-15-anos/>
- Izquierdo, F. (2012). *Estudios de Mercado El mercado de la energía renovable en Japón Estudios de Mercado El mercado de la energía renovable en Japón*. Tokyo: ICEX.
- Komiyama, R., & Fujii, Y. (2017). Assessment of post-Fukushima renewable energy policy in Japan ' s nation- wide power grid. *Energy Policy*, 594-611.
- Kubota, H., Hondo, H., Hienuki, S., & Kaieda, H. (2013). Determining barriers to developing geothermal power generation in Japan : Societal acceptance by stakeholders involved in hot springs. *Energy Policy*, 1079-1087.
- Kwok L. Shum, C. W. (2007). Photovoltaic deployment strategy in Japan and the USA. *Energy Policy*, 1186-1195.
- Matsumoto, N. (2017). Why did Japan fall short of the short-term biofuel. *Biofuels*, 379-382.
- Matsushima, J., Okubo, Y., & Rokugawa, S. (2003). Seismic reflector imaging by prestack time migration in the Kakkonda geothermal field , Japan. *Geothermics*, 79-99.
- McLellan, B. C., Zhang, Q., Utama, N. A., Farzaneh, H., & Ishihara, K. N. (2013). Analysis of Japan ' s post-Fukushima energy strategy. *ESR*, 190-198.

- Niponica. (2012). *Japón, un país ecológico*. Tokyo: Descubriendo Japón.
- Niponica. (6 de Enero de 2012). *Japón, un país ecológico*. Obtenido de Descubriendo Japon: [http://web-japan.org/niponica/backnumber/pdf/Niponica\\_07\\_digest\\_Spa.pdf](http://web-japan.org/niponica/backnumber/pdf/Niponica_07_digest_Spa.pdf)
- Pierrot, M. (29 de Abril de 2017). *Japón base de datos de parques eólicos*. Obtenido de Wind Energy Market Intelligence: [http://www.thewindpower.net/store\\_country\\_en.php?id\\_zone=11](http://www.thewindpower.net/store_country_en.php?id_zone=11)
- REVE. (28 de Junio de 2015). *Energías renovables en Japón: Fuerte desarrollo de la energía solar fotovoltaica*. Obtenido de Otras Renovables: <http://www.evwind.com/2015/06/28/japon-apuesta-a-la-energia-solar/>
- Simmons, B. (2014). Rethinking renewable energy in Japan. *Taylor & Francis*, 365-367.
- Tsuchiya, H. (2012). Electricity supply largely from solar and wind resources in Japan. *Renewable Energy*, 318-325.
- Tsuchiya, N., & Yamada, R. (2017). Geological and geophysical perspective of supercritical geothermal energy in subduction zone , Northeast Japan. *Procedia Earth and Planetary Science*, 193-196.
- Cherni, J. A., & Kentish, J. (2007). Renewable energy policy and electricity market reforms in China. *Energy Policy*, 3616-3629.
- Energy, C. N. (2014). *China Wind , Solar and Bioenergy Roadmap 2050 Short Version*. Beijing: RED.
- FOCUS. (2004). Small Hydropower in China. *Small Hydropower*, 36-40.
- He, G., Zhang, H., Xu, Y., & Lu, X. (2017). Resources , Conservation and Recycling China ' s clean power transition : Current status and future prospect. *Resources, Conservation and Recycling*, 3-10.
- IRENA. (1 de noviembre de 2014). *Renewable Energy Prospects: China, REmap 2030 analysis*. Obtenido de REmap 2030 analysis: [https://irena.org/remap/IRENA\\_REmap\\_China\\_report\\_2014.pdf](https://irena.org/remap/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf)
- Ping, Xiaoge. (2011). Status and future perspectives of energy consumption and its ecological impacts in the Qinghai – Tibet region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 514-523.
- REVE. (29 de agosto de 2012). *China apuesta por las energías renovables*. Obtenido de La Asociación Empresarial Eólica (AEE): <https://www.aeeolica.org/es/new/reve-china-apuesta-por-las-energias-renovables/>
- REVE. (11 de Enero de 2017). *China lidera las inversiones mundiales en energías renovables*. Obtenido de Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico:

<http://www.evwind.com/2017/01/11/china-lidera-las-inversiones-mundiales-en-energias-renovables/>

Wang, H., Zheng, S., Zhang, Y., & Zhang, K. (2016). Analysis of the policy effects of downstream Feed-In Tariff on China ' s solar photovoltaic industry. *Energy Policy*, 479-488.

Zheng, N., & Fridley, D. G. (2011). *Alternative Energy Development and China ' s Energy Future*. United States: Environmental Energy Technologies Division.

Zhu, J., Hu, K., Lu, X., Huang, X., & Liu, K. (2015). A review of geothermal energy resources , development , and applications in China : Current status and prospects. *Energy*, 466-483.

Agencia Sueca de Energía. (10 de febrero de 2012). *energía eólica sueca llega a 7 TWh*. Obtenido de energía eólica sueca llega a 7 TWh: <http://www.energimyndigheten.se/en/news/2012/swedish-wind-power-reaches-7-twh/>

Agencia Sueca de Energia. (10 de marzo de 2015). *Agencia Sueca de Energía en el nuevo informe: La planificación de la energía eólica 30 TWh en Suecia en 2020*. Obtenido de Agencia Sueca de Energía en el nuevo informe: La planificación de la energía eólica 30 TWh en Suecia en 2020: <http://www.energimyndigheten.se/en/news/2007/swedish-energy-agency-in-new-report-planning-for-30-twh-wind-power-in-sweden-by-2020/>

Ejdemo, T., & Söderholm, P. (2015). Wind power , regional development and bene fi t-sharing : The case of Northern Sweden. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 476-485.

Ek, K., & Pettersson, M. (2007). Wind power development in Sweden : Global policies and local obstacles \$. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11, 365-400.

Fernandez, S. (1 de noviembre de 2016). *Suecia quiere ser 100% renovable en 2040*. Obtenido de ENERGÍAS RENOVABLES: <http://www.diariorenovables.com/2016/11/suecia-quiere-ser-100-renovable-en-2040.html>

Fridolfsson, S.-o., & Tangerås, T. P. (2013). A reexamination of renewable electricity policy in Sweden. *Energy Policy*, 57-63.

IRENA. (11 de marzo de 2014). *International Energy Agency*. Obtenido de International Energy Agency: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/?country=Sweden>

Liljenfeldt, J., & Pettersson, Ö. (2017). Distributional justice in Swedish wind power development – An odds ratio analysis of windmill localization and local residents ' socio-economic characteristics. *Energy Policy*, 648-657.

Sanz, D. (16 de Febrero de 2013). *Política de renovables: Suecia y España, dos casos opuestos*. Obtenido de Energías Renovadas: <https://energiasrenovadas.com/politica-de-renovables-suecia-y-espana-dos-casos-opuestos/>

- Andresen, G. B., Rodriguez, R. A., Becker, S., & Greiner, M. (2014). The potential for arbitrage of wind and solar surplus power in Denmark. *Energy*, 49-58.
- Carvalho, N., Pereira, P., & Cerqueira, P. A. (2016). It is windy in Denmark : Does market integration suffer ? *Energy*, 1385-1399.
- International Energy Agency. (2016). *Global de Energía Renovable Políticas y Medidas de bases de datos*. Obtenido de International Renewable Energy Agency: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/?country=Denmark>
- Lund, H. Å., & Mathiesen, B. V. (2009). Energy system analysis of 100 % renewable energy systems – The case of Denmark in years 2030 and 2050. *Energy*, 524-531.
- Sperling, K., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2010). Evaluation of wind power planning in Denmark e Towards an integrated perspective. *Energy*, 5443-5454.
- The Danish Society of Engineers. (agosto de 2009). *The IDA Climate Plan 2050*. Obtenido de The IDA Climate Plan 2050: [https://ida.dk/sites/default/files/klima\\_hovedrapport\\_uk\\_-\\_web\\_0.pdf](https://ida.dk/sites/default/files/klima_hovedrapport_uk_-_web_0.pdf)
- Aliprandi, F., Stoppato, A., & Mirandola, A. (2016). Estimating CO 2 emissions reduction from renewable energy use in Italy. *Renewable Energy*, 220-232.
- Annicchiarico, B., Battles, S., Di, F., Molina, P., & Zoppoli, P. (2017). GHG mitigation schemes and energy policies : A model-based assessment for the Italian economy . *Economic Modelling*, 495-509.
- François, B., Borga, M., Creutin, J. D., Hingray, B., Raynaud, D., & Sauterleute, J. F. (2016). Complementarity between solar and hydro power : Sensitivity study to climate characteristics in Northern-Italy. *Renewable Energy*, 543-553.
- Guandalini, G., Robinius, M., Grube, T., Campanari, S., & Stolten, D. (2017). Long-term power-to-gas potential from wind and solar power : A country analysis for Italy. *International Journal of Hydrogen Energy*, 13389-13406.
- Honorati, d. H. (14 de May de 2015). *ENERGÍA SOLAR, ITALIA PRIMERA EN EL MUNDO*. Obtenido de In Terris: <http://www.interris.it/es/2015/05/14/58538/senza-categoria-es/energia-solar-italia-primera-en-el-mundo.html>
- International Energy Agency. (2009). *Energy Policies of IEA Countries*. Obtenido de ITALY 2009 Review: [www.iea.org/about/copyright.asp](http://www.iea.org/about/copyright.asp)
- International Energy Agency. (10 de May de 2017). *AIE / IRENA Global de Energía Renovable Políticas y Medidas de bases de datos*. Obtenido de AIE / IRENA Global de Energía

Renovable Políticas y Medidas de bases de datos:  
<http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/italy/name-47599-en.php?s=dHlwZT1yZSZzdGF0dXM9T2s,&return=PG5hdiBpZD0iYnJlYWRjcjcnVtYiI-PGEgaHJlZj0iLyl-SG9tZTwwYT4gJnJhcXVvOyA8YSBocmVmPSlvcG9saWNpZXNhbmRtZWZzdXJlcy8iPIBvbGljaWVzIGFuZCBNZWFzdXJlczwvYT4gJnJhcXVvO>

Magnani, N., & Osti, G. (2016). Energy Research & Social Science Does civil society matter ? Challenges and strategies of grassroots initiatives in Italy ' s energy transition. *Chemical Physics Letters*, 148-157.

Nastasi, B., & Di, U. (2016). Solar energy technologies in Sustainable Energy Action Plans of Italian big cities. *Energy Procedia*, 1064-1071.

REVE. (24 de Mayo de 2014). *Energías renovables en Italia: segunda en energía solar fotovoltaica y séptima en eólica*. Obtenido de Eólica, Otras Renovables: <https://www.evwind.com/2014/05/24/italia-en-los-primeros-lugares-de-produccion-de-energias-renovables/>