

**ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ENERGÍA LÍDER EN EL
CONTEXTO ACTUAL**

JULIANA ANDREA JUANITA PÉREZ GUEVARA

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2017**

**ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ENERGÍA LÍDER EN EL
CONTEXTO ACTUAL**

JULIANA ANDREA JUANITA PÉREZ GUEVARA

**Monografía para optar por el título de Especialista en
Gestión Ambiental**

**Orientador(a):
DORA MARÍA CAÑÓN RODRÍGUEZ
Ingeniera química, Mg**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá, D.C., Marzo de 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Director de especializaciones

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Gestión Ambiental

Dr. Francisco Archer Narváez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a Dios; a mis padres Stella Guevara y Henry Pérez, que han sido el eje fundamental para que cada sueño lo pueda alcanzar, pues han sido la base para que yo pudiese llegar hasta aquí; a mis hermanas Laura, Camila y Francia, por darme siempre una palabra de apoyo para que continúe y nunca desfallezca; a mis abuelitas Beatriz y Clarita que han sido los ángeles guardianes en cada faceta de mi vida y mi novio Gustavo Gaviria por brindarme siempre acciones y palabras de inspiración y motivación.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por ser el mejor ejemplo de vida a seguir, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de acceder a una excelente educación.

A mi amiga Diana Cuéllar Cortés, por ser la voz de apoyo constante, por ser la cómplice en la construcción de sueños y por permitir crear una amistad incondicional.

A la docente Dora Cañón Rodríguez, por guiar mi trabajo investigativo a través de su conocimiento y experiencia y por haberme dado las bases para descubrir nuevos campos académicos.

A Santiago López Jiménez por brindarme su apoyo y amistad en cada una de las actividades que nos permitieron culminar la especialización. ¡Nos vemos en el grado!

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	19
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	20
1.1 ANTECEDENTES	20
1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	28
2 JUSTIFICACIÓN	29
3 MARCO TEÓRICO	31
3.1 CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	32
3.2 CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	34
3.3 INICIATIVAS PARA ATENDER AL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO	36
3.4 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	37
3.5 BENEFICIOS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	40
3.6 CLASIFICACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	41
3.7 CRECIMIENTO GLOBAL EN EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES	42
3.8 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	48
3.8.1 SISTEMAS CONECTADOS A LA RED	48
3.8.2 SISTEMAS AISLADOS O AUTÓNOMAS	49
3.9 ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	50
3.10 CONFIGURACIÓN DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	57
3.11 TIPOS DE ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	63
3.12 NORMATIVA APLICABLE A LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	68
4 DISEÑO METODOLÓGICO	71
5 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	72
6 EVOLUCIÓN EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	77
6.1 REDUCCION DE COSTOS	80
6.2 AUMENTO DE EFICIENCIA	82
6.3 EVOLUCIÓN DE MERCADOS EUROPEOS	84
6.4 EVOLUCIÓN DE MERCADOS ASIÁTICOS	85
6.5 EVOLUCIÓN DE MERCADOS AMERICANOS	87
6.6 SECTOR DEL SILICIO CRISTALINO	89
6.7 FABRICACIÓN DE LÁMINAS	91

6.8 PERSPECTIVAS COMERCIALES	91
6.8.1 BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS, BIPV	92
6.8.2 TECNOLOGÍA ORGÁNICA	92
6.8.3 CONCENTRACIÓN FOTOVOLTAICA	92
6.9 TENDENCIAS DEL MERCADO FOTOVOLTAICO	93
7 BENEFICIOS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	95
7.1 BENEFICIOS AMBIENTALES	96
7.2 BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS	98
7.3 BENEFICIOS TECNOLÓGICOS	101
8 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA A TARVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES	104
9 MEGAPROYECTOS FOTOVOLTAICOS	114
10 CONCLUSIONES	122
11 RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFÍA	126

TABLA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Los gases de efecto invernadero, sus fuentes y su contribución al calentamiento global	33
Cuadro 2. Beneficios de las energías renovables	41
Cuadro 3. Esquema de las energías renovables procedentes de la transformación de la energía solar	47
Cuadro 4. Aplicación de sistemas conectados a la red de la energía solar fotovoltaica	49
Cuadro 5. Aplicación de sistemas aislados de la energía solar fotovoltaica	50
Cuadro 6. Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación	53
Cuadro 7. Baterías utilizadas en instalaciones solares	56
Cuadro 8. Parámetros que dirigen la orientación del módulo solar fotovoltaico	60
Cuadro 9. Orientación de los módulos	61
Cuadro 10. Cálculos determinantes en la configuración de sistemas fotovoltaicos	61
Cuadro 11. Normativa técnica para plantas solares	69
Cuadro 12. Cuñas de estabilización del carbono y estrategias para reducir las emisiones de CO ₂ en la atmósfera terrestre	98

TABLA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Historia de la Tecnología Fotovoltaica	24
Figura 2. Célula fotovoltaica	25
Figura 3. Instalación conectada a la red	26
Figura 4. Constitución de un panel solar	27
Figura 5. Clasificación de los efectos del cambio climático sobre los seres vivos	35
Figura 6. Objetivos de Desarrollo Sostenible	39
Figura 7. Países con políticas y objetivos de energía renovable, 2005 - 2015	45
Figura 8. Componentes de la instalación fotovoltaica	51
Figura 9. Estructura de la célula solar	52
Figura 10. Conexiones del regulador en una instalación fotovoltaica	54
Figura 11. Esquema general de la instalación de un inversor en las clases de instalación fotovoltaica	57
Figura 12. Radiación Solar	59
Figura 13. Placa solar anclada al suelo	64
Figura 14. Instalación solar sobre mástil	65
Figura 15. Instalación solar sobre fachada	66
Figura 16. Instalación sobre tejados y cubiertas	66
Figura 17. Participación estimada de energía renovable en la producción de electricidad a nivel mundial, finales de 2015	104
Figura 18. Estadio fotovoltaico de Kohsiung en Taiwan	115
Figura 19. Arco solar de Sanyo	117
Figura 20. Planta solar de Kamuthi en la India	119
Figura 21. SmarthFlower Solar	121

TABLA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Tipos de Energías renovables	21
Gráfica 2. Tipos de energía solar	22
Gráfica 3. Evolución de las instalaciones fotovoltaicas mundiales anuales	30
Gráfica 4. Estimación de Emisiones Atropogénicas Mundiales	34
Gráfica 5. Estructura energética primaria (en porcentajes)	43
Gráfica 6. Número de políticas en energía renovable y de países con políticas de energía renovable, por tipo, 2012-2015	44
Gráfica 7. Variación de la radiación solar	58
Gráfica 8. Tasas medias de crecimiento anual de la oferta de energías renovables en el mundo desde 1990 (hasta 2009)	72
Gráfica 9. Producción fotovoltaica	78
Gráfica 10. Evolución de las instalaciones fotovoltaicas mundiales anuales de 2000 a 2013	79
Gráfica 11. Evolución de los precios en €/Wp por tecnología 2010-2016	81
Gráfica 12. Eficiencia (%) según tecnología fotovoltaica 1995-2015	83
Gráfica 13. Top 10 - Potencia instalada 2015	86
Gráfica 14. Evolución (%) de la fabricación de células	87
Gráfica 15. Aportación de la energía fotovoltaica al mix energético de EE.UU.	88
Gráfica 16. Aportación fotovoltaica por zona a la potencia instalada global	89
Gráfica 17. Nuevas inversiones mundiales de energía renovable por tecnología, en países desarrollados y en desarrollo, 2015	95
Gráfica 18. Emisiones de CO2 equivalente en un escenario energético 100% renovable	97
Gráfica 19. Empleos en la energía solar. Eclipse del carbón	100
Gráfica 20. Número estimado de puestos de trabajo relacionados con las diferentes energías renovables	101
Gráfica 21. Costo nivelado de electricidad de las tecnologías renovables a escala de servicios públicos, 2010 y 2014	105
Gráfica 22. Costo nivelado de energía por tecnología fotovoltaica	106
Gráfica 23. Costo nivelado de energía para diferentes tecnologías de la Biomasa	107
Gráfica 24. Costo nivelado de energía para diferentes tecnologías Geotérmicas	108
Gráfica 25. Costo nivelado de energía Hidroeléctrica con base al costo de inversión	109
Gráfica 26. Costo nivelado de energía eólica	111
Gráfica 27. Rango de LCOE por tecnología de generación de energía renovable 2014,2025	113

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características de los principales tipos de baterías	55
Tabla 2. Estimado de empleos directos e indirectos en energía renovable a nivel mundial, por industria	99

GLOSARIO

ACUERDOS: pacto, tratado, decisión o resolución tomado por dos o más partes, nacionales o internacionales, que rigen una actividad específica.

AGENDAS AMBIENTALES: instrumentos de planificación y ordenamiento ambiental en un determinado territorio.

AVIFAUNA: conjunto de aves circunscritas a un territorio o a un periodo de tiempo.

BIOARQUITECTURA: construcciones realizadas predominantemente con materiales que provee la naturaleza del lugar, buscando estar en armonía con el entorno y el medio ambiente

CRISIS AMBIENTAL: perturbación general del ambiente, gestada por el hombre o los fenómenos naturales

DESARROLLO SOSTENIBLE: desarrollo que satisface las necesidades de la presente generación, promueve el crecimiento económico, la equidad social, la modificación constructiva de los ecosistemas y el mantenimiento de la base de los recursos naturales, sin deteriorar el medio ambiente y sin afectar el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para satisfacer sus propias necesidades.

IMPACTO AMBIENTAL: cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o benéfico, como resultado en forma total o parcial de las actividades, productos o servicios de una organización.

INCENTIVOS AMBIENTALES: incentivos fiscales, económicos o de otra índole que se reconocen por proyectos, obras o actividades de beneficio ambiental.

MEDIO AMBIENTE: es todo aquello que rodea al ser humano y que comprende elementos naturales, tanto físicos como biológicos, elementos artificiales y elementos sociales y las interacciones de éstos entre sí. Diversos autores consideran que el término medio ambiente implica una redundancia. Esto no es así, puesto que en el habla corriente de la lengua española, medio y ambiente tienen diferentes connotaciones (v. ambiente y medio). Además medio ambiente fue adoptado como término español al adquirir importancia nacional e internacional la problemática ambiental. Por lo tanto, el término representa un concepto autónomo cargado de connotaciones filosóficas y políticas que nos parece conveniente mantener.

RECURSOS NATURALES: son todos aquellos bienes que la naturaleza produce y que el hombre transforma para su aprovechamiento, pueden ser renovables o no renovables.

RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES: recursos naturales generados por la naturaleza, sin capacidad de reproducirse o renovarse.

RECURSOS NATURALES RENOVABLES: son todos aquellos bienes que la naturaleza provee y que de una u otra manera se continúan produciendo.

TRATADOS INTERNACIONALES DE MEDIO AMBIENTE: son todos aquellos bienes que la naturaleza produce y que el hombre transforma para su aprovechamiento, pueden ser renovables o no renovables.

RESUMEN

En esta monografía se presentan los resultados de la revisión sistemática de información sobre energía solar fotovoltaica para conocer las razones por las que ésta energía lidera el mercado de las energías renovables, identificando que gracias a los avances en investigación y desarrollo sobre el tema en países como China, Japón, Estados Unidos y España, se ha logrado aumentar su eficiencia y reducir su costo; además se detalla, las ventajas y limitaciones que presenta en su implementación, los beneficios ambientales como estrategia de mitigación al cambio climático, los crecientes puestos de trabajo en toda su cadena de valor, los megaproyectos realizados en el mundo que demuestran la revolución fotovoltaica en la creación de construcciones arquitectónicas autosuficientes de electricidad y la versatilidad que presenta en su ejecución, gracias a la facilidad de instalación, adecuación y mantenimiento en diferentes escenarios. Asimismo, se analizó el comportamiento del costo nivelado de energía para todas las energías renovables con el fin de identificar la perspectiva en los precios de cada una y la tendencia del mercado fotovoltaico.

Palabras Clave: Energías renovables, Energía solar, Sistema fotovoltaico, Cambio climático, Emisión de CO₂, Objetivos de Desarrollo Sostenible.

INTRODUCCIÓN

Con la creciente preocupación de las entidades regulatorias del medio ambiente por los problemas ambientales que enfrenta el planeta Tierra, como el Calentamiento Global y por ende el Cambio Climático; nace la premura de crear y adoptar estrategias que ayuden a mitigar, controlar y eliminar los efectos negativos que las producen.

En consecuencia, la actuación principal para el deterioro ambiental del planeta, se asocia a las emisiones de gases efecto invernadero, que aparecen por la combustión de energías no renovables que disipan un gas llamado Dióxido de Carbono, que está siendo atrapado por la atmosfera y desencadena múltiples problemas ambientales y sociales. Por ello, emerge la necesidad de incentivar tecnologías que puedan sustituir los combustibles fósiles como la energía solar fotovoltaica.

Por lo anterior, la tendencia global ha llamado a la energía solar fotovoltaica a atender la transición energética que debe adoptar el mundo, para lograr cumplir las metas de los objetivos de desarrollo sostenible, de forma que se pueda disminuir la temperatura promedio global. Pues la energía fotovoltaica, es aquella que transforma la radiación solar en electricidad y permite atender a las múltiples necesidades que la sociedad demanda, como tener acceso a energía eléctrica confiable, a garantizar la seguridad energética de los países, abastecer los automóviles eléctricos, generar empleos directos e indirectos y asegurar una reducción y/o eliminación de emisiones contaminantes a la atmosfera.

Todo lo anterior, se logra a través de la formulación de políticas que los gobiernos disponen para promover la implementación de la energía fotovoltaica, en donde permiten que se generen subvenciones, retribuciones económicas, avances en investigación y desarrollo y el atractivo de inversión privada y pública. Además es importante conocer que todas las ayudas que surgen alrededor de la tecnología fotovoltaica permiten que sea una tecnología competitiva en el mercado de las energías renovables ya que han permitido que sus costos disminuyan y se aumenten sus eficiencias, creando atmosferas de confianza que incentivan aún más las inversiones.

Con el posicionamiento de la energía solar fotovoltaica como la energía líder en el contexto actual, ha permitido que se desarrollen ideas y desafíos comerciales para lograr una integración total de la industria en las diferentes ciudades del mundo. Ya que esta tecnología ha alcanzado una versatilidad que ninguna otra tiene y que no limita su uso, pues puede ser instalada en tejados, fachadas, suelo, zonas llanas, zonas lejanas, y no requieren de un sistema robusto para funcionar. Es más ha logrado crear alternativas con diseños innovadores para tener la facilidad de adquisición de módulos solares en hogares, instituciones y en diseños más ingenieriles con la integración de construcciones arquitectónicas, permitiendo que

la edificación se autoabastezca de electricidad a través de paneles que disponen en su fachada teniendo en cuenta patrones como el recorrido de sol, los ángulos y formas más eficientes de captar la radiación y que han permitido agregar a la red nacional electricidad generada a través del recurso finito y gratuito el sol.

La monografía fue desarrollada para conocer detalladamente las razones que han hecho de la energía solar fotovoltaica una energía líder en el mercado renovable, pues se especifica las ventajas, limitaciones, tendencias, investigaciones y desarrollos, beneficios ambientales, socioeconómicos y tecnológicos de la energía solar fotovoltaica, además determina los megaproyectos fotovoltaicos en el mundo y analiza los costos nivelados de energía renovable.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar las razones por las que la energía fotovoltaica es la energía líder en energías renovables.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la energía fotovoltaica y eólica como fuentes renovables de energía y la evolución en investigación y desarrollo de la energía solar fotovoltaica.
- Definir las ventajas que tiene la energía solar fotovoltaica sobre la energía eólica.
- Indicar los beneficios ambientales, socioeconómicos y tecnológicos que tiene la energía solar fotovoltaica.
- Establecer las limitaciones de implementar la energía solar fotovoltaica como fuente generadora de electricidad.
- Comparar el costo de producción de energía a través de sistemas fotovoltaicos con las demás energías renovables.
- Determinar los mega proyectos fotovoltaicos que han tenido éxito en el mundo.
- Identificar las tendencias del mercado solar fotovoltaico en el mundo.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

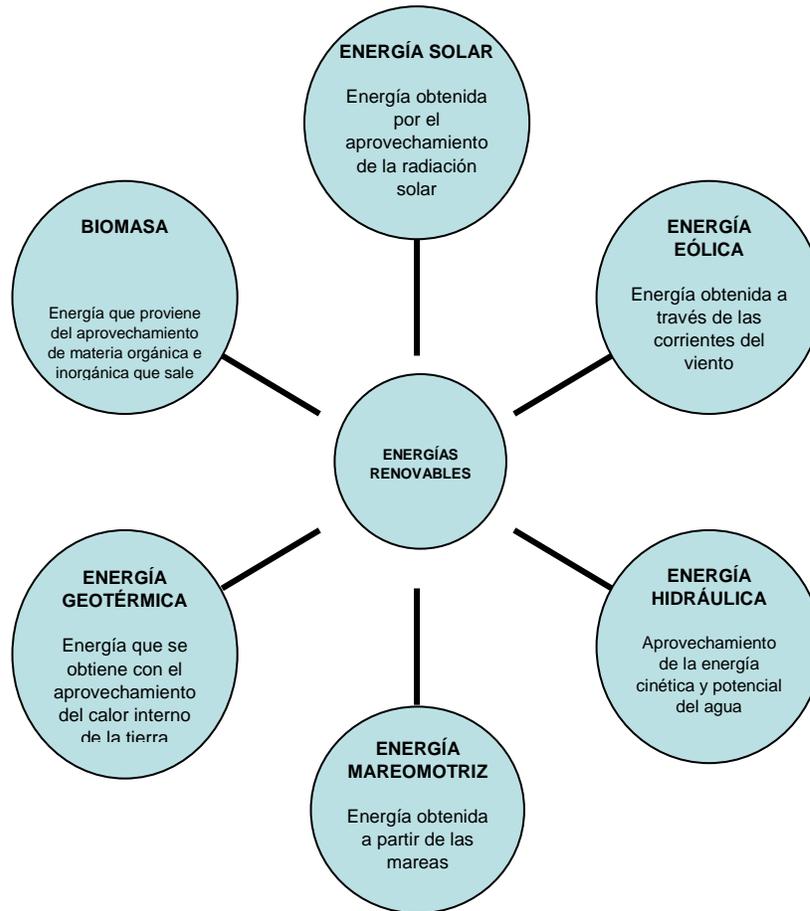
1.1 ANTECEDENTES

El uso de la energía en los seres humanos ha estado presente en todas las actividades que realiza, y se ha hecho casi que indispensable para lograr un mejoramiento en su calidad de vida. Es por ello, que el hombre desde sus inicios utilizó el fuego como medio energético para cocinar, calentarse e iluminar su habitación. Luego hace unos 2000 años, empezó a hacer uso de energías basadas en las fuerzas de la naturaleza como el agua (para molinos de agua) y unos 1000 años como el viento (para medio de transporte en la navegación a vela y molinos de viento). Estos insumos de las fuentes naturales es a lo que se conoce como las energías renovables que “(...) se obtienen de fuentes naturales visualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales”¹.

Además de lo anterior, aparece un hecho trascendental en el siglo XVIII, en donde se crea la primera máquina de vapor por James Watt, que permitía convertir el calor en fuerza mecánica, dándole apertura a la primera revolución industrial que generó un gran cambio en las fuentes de energía, dándole paso a los combustibles fósiles o fuentes no renovables de energía, que marcaron una era en la que se generó impactos negativos como el cambio climático en el planeta, y una disminución en los recursos no renovables como el carbón, el petróleo y el gas natural (fuentes primarias para ese tipo de energía). En respuesta a ello, a mediados de 1970 las energías renovables empezaron nuevamente a tener un protagonismo en las actividades del hombre, como una alternativa de mitigación del impacto ambiental generado, y porque las proyecciones de producción de recursos no renovables indicaban un agotamiento para el futuro; estas razones marcaron una nueva visión en la obtención de energía, que permitieron el desarrollo de investigaciones y tecnologías (Reducción de costos, aumento de eficiencia, nuevas tecnologías) que lograrían obtener de manera eficiente las energías obtenidas de la naturaleza, estas energías son las que muestra la gráfica 1.

¹ ENERGIZA. Especial energías renovables. Edición Mensual Año II [Página web]. Madrid: Enero, 2012. [Citado 26 octubre 2016]. Disponible en: <http://www.energiza.org/enero12-energ-renovables-2>

Gráfica 1. Tipos de Energías renovables



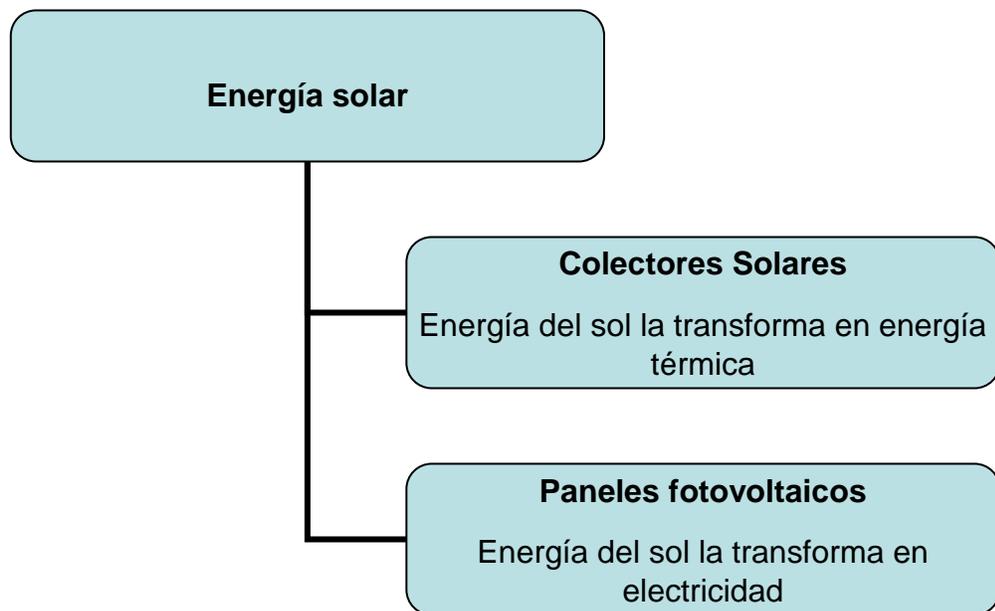
Fuente: Autor

Cada una de estas energías ha tenido un desarrollo, que viabilice su uso y cumpla con el objetivo de alcanzar el cubrimiento de la demanda energética que se requiere en el mundo, para que se despoje el auge de las fuentes de energía primaria (petróleos, carbón y gas natural), que relegan el buen funcionamiento del planeta. A través de esos estudios de investigación y desarrollo, se ha evidenciado que la energía solar es la que ha generado una relevancia, debido a que ésta energía es “la única energía con futuro en sus numerosas formas, que incluyen el aprovechamiento del calor solar a baja temperatura, la producción de electricidad en centrales termosolares, en centrales e instalaciones fotovoltaicas, o a través de la energía eólica (que indirectamente es solar por ser el origen de las energías de los vientos)², y se le atribuye que es la fuente de generación de otras fuentes

² SCHEER, Herman. Estrategia solar. Para el acuerdo pacífico con la naturaleza. 1 ed. Barcelona, Plaza & Janés, 1993. 341 p. ISBN 9788401240669

energéticas puesto que sus aprovechamientos se logran a través de su gran poder lumínico, calorífico y su oferta infinita, por medio del cual el planeta en combinación con otros factores puede tener vida, “ya que dirige los ciclos biofísicos y geofísicos, y químicos que mantiene la vida en el planeta, lo ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima”.³ Es por eso que la energía solar es importante en la vida cotidiana de los seres vivos, y se ha utilizado desde sus inicios con ayuda de lupas o vidrios para generar fuego, como herramienta incendiaria en las guerras (Arquímedes), y como fuente energética para el primer vehículo de vapor en el siglo XIX realizado por Auguste Mouchot, sus principales usos se muestran en la gráfica 2 a continuación:

Gráfica 2. Tipos de energía solar



Fuente: Autor

De estas aplicaciones, la que ha tenido mayor trascendencia son los sistemas fotovoltaicos, que son aquellos que transforman la energía solar en electricidad, descubierto por “el físico Francés Edmond Becquerel en 1938 según el cual algunos materiales generan pequeñas cantidades de corriente eléctrica cuando son expuestos a la luz”⁴, y sus primeros modelos se construyeron a finales del

³ ESPEJO, Cayetano. Las energías renovables en la producción de electricidad en España. [En línea]. España: Caja rural regional, 2006. p. 110. [Consultado 26, Octubre, 2016]. Disponible en: <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/otrosdocs/docs/energias-renovables.pdf> ISBN 978-84-611-4903-2

⁴ SANS, Ramón y PULLA, Elisa. El colapso es evitable: la transición energética del siglo XXI (TE21). [base de datos en línea]. Barcelona: ProQuest ebrary, 2014 [Citado 26 Octubre 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10914651>

siglo XIX pero su eficiencia era muy baja (1%), luego con las investigaciones y experimentaciones se le atribuyó al Silicio como un material óptimo para este tipo de sistemas ya que aumentaba la eficiencia de los aparatos y desde entonces se incentivó el desarrollo de esta tecnología permitiendo que fueran más económicos, con mayores valores de eficiencia alrededor del 15% al 20% y la facilidad, rapidez y flexibilidad de la instalación que no requiere de grandes estructuras y que permite estar instaladas en cualquier espacio. Como resumen a lo anterior, la figura 1 muestra el recorrido histórico de la tecnología fotovoltaica en detalle.

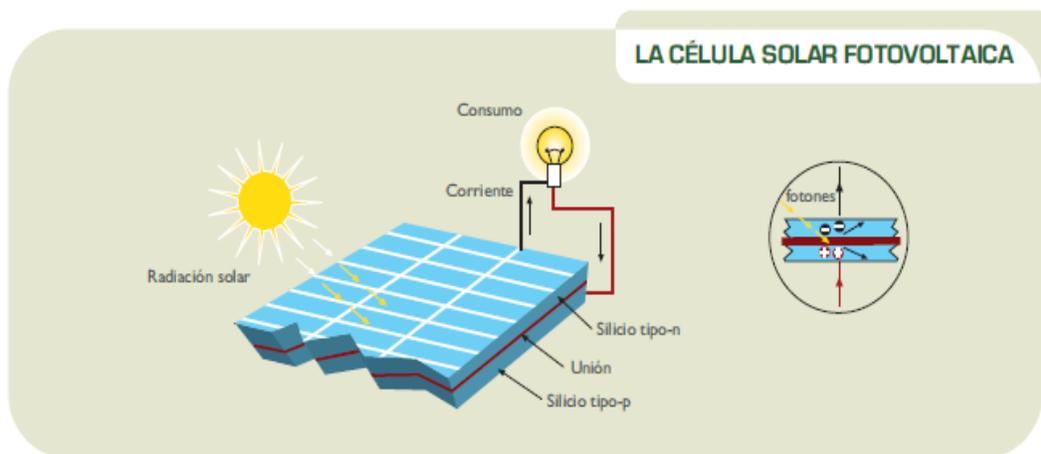
Figura 1. Historia de la Tecnología Fotovoltaica



Fuente: SCHALLENBERG, Julieta, et al. Energías renovables y eficiencia energética. España, Instituto Tecnológico de Canarias, s.a., 2008. 65 p. ISBN 978-84-69093-86-3

El sistema fotovoltaico, también llamado célula fotovoltaica, se “basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores; de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica”⁵, de acuerdo al autor Espejo⁶ esta tecnología consta de dos laminas delgadas que deben ser de una material semiconductor y cristalino, los estudios le atribuyen ésta característica al silicio, las cuales deben tener cierta cantidad de impurezas adheridas a cada una de ellas, una con fosforo y la otra con boro, respectivamente, para que una vez el sol incida sobre el sistema, la energía de la radiación solar provoque una corriente eléctrica en el interior formando así una fuerza automotriz entre los electrodos, en la figura 2 se muestra como es una célula fotovoltaica

Figura 2. Célula fotovoltaica



Fuente: SCHALLENBERG, Julieta, et al. Energías renovables y eficiencia energética. España, Instituto Tecnológico de Canarias, s.a., 2008. 67 p. ISBN 978-84-69093-86-3

Las instalaciones de las células, se caracterizan según el autor Schallenberg⁷ por ser simples en estructura, instalación y mantenimiento, puesto que no se requiere de grandes montajes, ni de estructuras robustas, para acceder a la energía, estas instalaciones se realizan por módulos, que la hacen de fácil ubicación e instalación, además tienen una larga vida útil (superior a 30 años), son altamente fiables y tienen un funcionamiento totalmente silencioso. Se pueden instalar en edificios o estructuras urbanas y no deben tener ningún tipo de obstáculo que les pueda generar sombra. Estos sistemas según el autor Espejo⁸ tienen dos formas

⁵ SCHALLENBERG, Julieta, et al. Energías renovables y eficiencia energética. España, Instituto Tecnológico de Canarias, 2008. 65 p. ISBN 978-84-69093-86-3

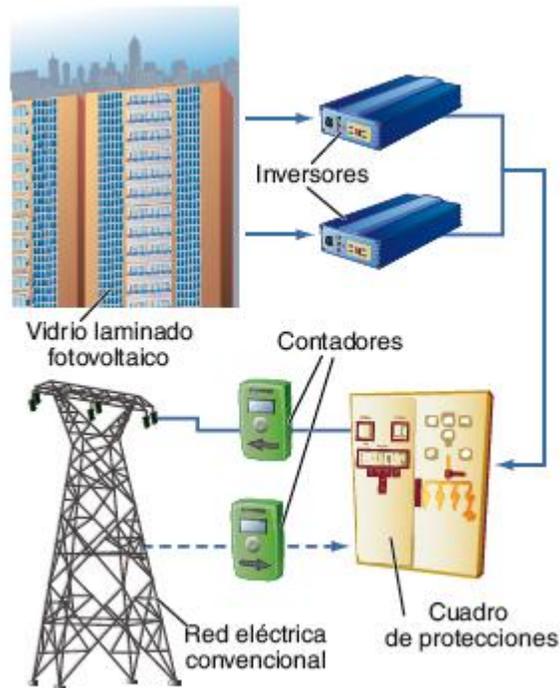
⁶ ESPEJO, Op., Cit., p 34.

⁷ SCHALLENBERG, Op., Cit., p 67.

⁸ ESPEJO, Op., Cit., p 34.

básicas de usar la energía eléctrica que producen, por medio de instalaciones aisladas, que son aquellas que se almacenan en baterías para ser usadas cuando se requiera y pueden generar entre 3 y 5 kWp o entre 5 y 100 kWp estas últimas, son usadas en edificios bioclimáticos o públicos modernos y requieren de baterías (que almacenan la energía producida) y de convertidores (los cuales transforman la corriente continua a corriente alterna para abastecer los electrodomésticos). La otra forma es la instalación conectada a la red eléctrica, las cuales proveen una potencia generada superior a los 100 kWp, que son usadas generalmente por empresas y requieren de un inversor (que la transforma en energía alterna) con la misma tensión y frecuencia que la de la compañía eléctrica. En la figura 3 se visualiza el esquema de un sistema conectado a la red eléctrica.

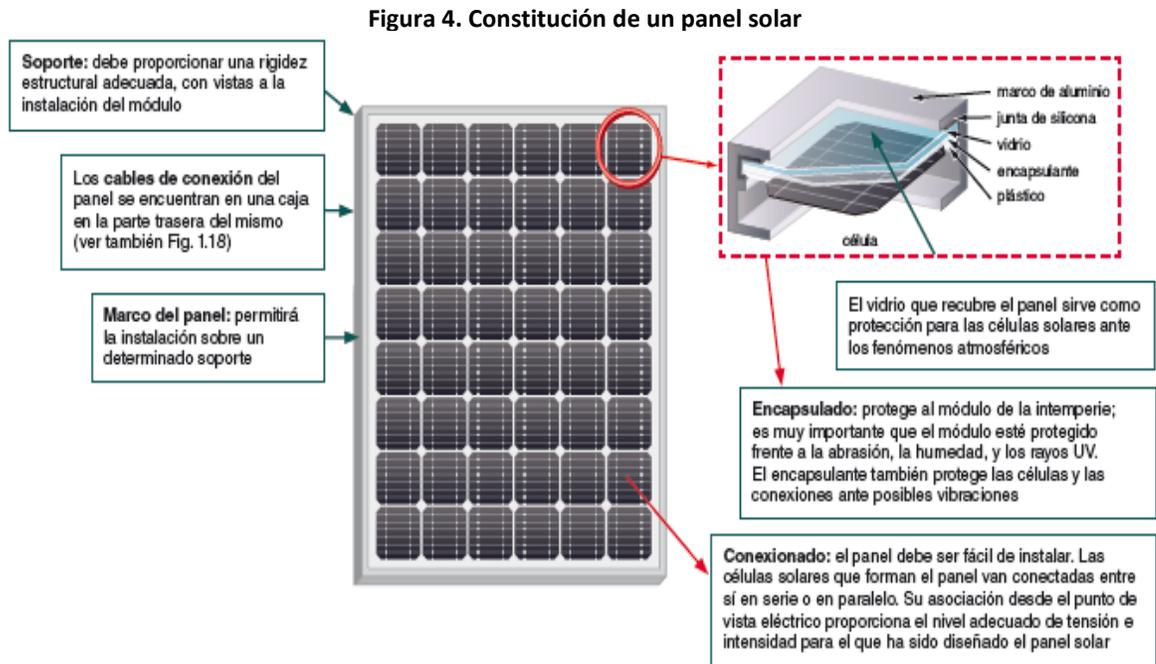
Figura 3. Instalación conectada a la red



Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. p. 216. [Consultado 27, octubre, 2016]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

A través de las instalaciones anteriormente descritas, se pueden construir centrales fotovoltaicas, huertos solares y edificios fotovoltaicos los cuales están compuestos por paneles solares que son “un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporcionan en su salida de conexión una tensión continua y se diseña

para valores de tensión (6V, 12V, 24V), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico⁹, la Figura 4 muestra la constitución de panel solar



Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. p. 10 [Consultado 27, octubre, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

En conclusión a lo anterior, el desarrollo de esta tecnología ha proporcionado la visualización de nuevas formas de producir energía que sean amigables con el ambiente, y que sean la solución a los múltiples problemas que impulsan la transición de los combustibles fósiles a las energías renovables, como lo enuncia el autor Brown¹⁰ el cual dice que las razones que promueven la transición, son los problemas del cambio climático y los gases efecto invernadero, los efectos que estos traerán en el futuro, los problemas de salud pública, debido al deterioro en la calidad del aire por el alto porcentaje de quema de carbón en las grandes ciudades, como China que posee un alto porcentaje de polución en el aire, lo que ha propiciado la muerte de millones de personas y por último y no menos

⁹ DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. p. 216 [Consultado 27, Octubre, 2016]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

¹⁰ BROWN, Lester R., et al. [Traductores]: RINCÓN, Gilberto, et al. La gran transición de los combustibles fósiles a la energía solar y eólica. 1 ed. Bogotá, Ecoe ediciones, 2015, 168 p. ISBN 978-958-771-272-8

importante, la seguridad energética y el control local sobre la producción de energía.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El planeta exige acciones que reduzcan y eliminen todos aquellos efectos que empeoran las condiciones de supervivencia, conocido como cambio climático, este se genera por la producción desmedida de gases efecto invernadero, los cuales se generan en casi todas las actividades del ser humano “producto de los patrones de consumo y producción concebidos por el modo de desarrollo económico actual”¹¹ y que al intensificarse esos gases, produce el calentamiento global que desencadena grandes “alteraciones en los sistemas naturales, físicos o biológicos”¹². Por lo anterior, se hace necesario acceder a las energías renovables como medio principal para mitigar, eliminar y reemplazar los combustibles fósiles (aquellos que posibilitan la generación de los patrones de consumo y producción), lo cuales fomentan la generación en mayores cantidades de los gases perjudiciales para la atmosfera del planeta.

De acuerdo a lo anteriormente descrito, a través de esa transición de fuentes de energía, la energía solar fotovoltaica se ha posicionado en los últimos años como la energía renovable líder en desarrollo e investigación, y desde allí, se requiere conocer que ventajas trae esta, con respecto a la energía eólica (otra fuente de energía renovable, usando como materia prima el viento) puesto que esta segunda también encabeza el listado de las energías alternativas de potencial uso, además identificar cuáles son los beneficios socioeconómicos y ambientales que conlleva su ejecución, conocer además si tiene desventajas e identificar qué proyectos fotovoltaicos en el mundo han tenido éxito.

¹¹ El cambio climático: Un problema de energía [En línea]: Vol 19: México, 2004. [Citado 27, Octubre, 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10117448> ISSN 0186-1840

¹² STERN. P., et al., Global Environment change. Understanding the human dimensions, citado por El cambio climático: Un problema de energía [En línea]: Vol 19: México, 2004 [Citado 27, Octubre, 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10117448> ISSN 0186-1840

2 JUSTIFICACIÓN

Como respuesta a los principales problemas que enfrenta el mundo en relación al deterioro del medio ambiente, como ineficiencia energética, emisión de gases efecto invernadero y cambio climático, se da la necesidad de tener una transición en la forma de obtener la energía, marcada desde hace muchos años por los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) a energías renovables, que han demostrado su eficiencia en la mitigación de cada uno de los problemas que se han descrito. Estas energías limpias, han logrado tener una consolidación a nivel mundial, por la disminución de producción de hidrocarburos, por ser las medidas eficientes para alcanzar a cumplir las metas de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2015 (COP21), en donde se establece en el objetivo 7 que se debe “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”¹³ y porque se han generado políticas de aplicación, facilidades de financiación, disminución de costos, desarrollos teóricos y avances tecnológicos que han madurado la ejecución de las mismas.

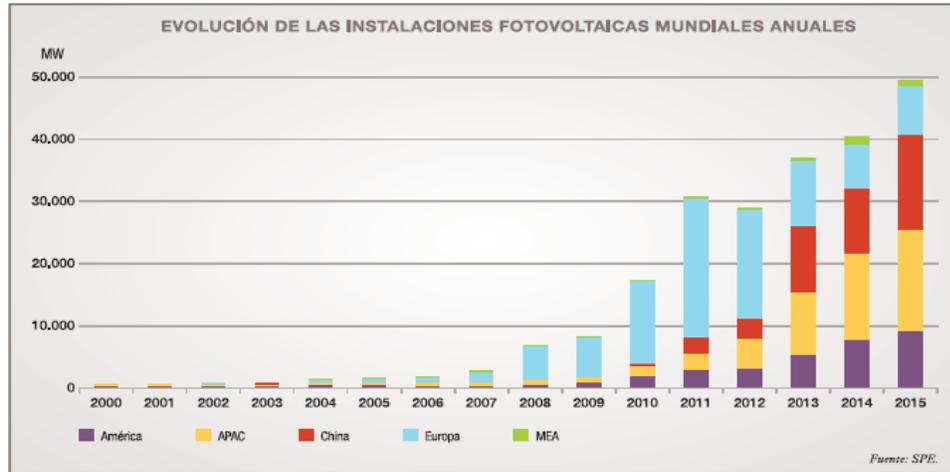
En consecuencia de lo anterior, en los últimos tres años la energía renovable con mayor incidencia es la energía fotovoltaica, pues ésta en comparación con las demás energías renovables, “ha venido creciendo en los últimos años en torno a un 20-25%”¹⁴ como se muestra en la gráfica 3 que evidencia el crecimiento del uso o instalación de los sistemas fotovoltaicos en el mundo, y demuestra además, que este tipo de energía limpia ha tenido un gran crecimiento, debido a que se ha conseguido demostrar que en comparación con las demás energías limpias, esta es la que menor impacto tiene sobre el ambiente y puede lograr mayores eficiencias. Es por esto, que nace la necesidad de conocer las iniciativas, propuestas y proyectos que han generado ese protagonismo, y saber cómo ha alcanzado ser un sector competitivo puesto que se ha exigido grandes retos para incrementar la capacidad instalada, y generar la energía suficiente para autoabastecer al mundo. Además, evaluar si este tipo de energía genera beneficios socioeconómicos con el avance de la misma.

La energía fotovoltaica es un hito actualmente en el mundo y por ello se hace importante abordar conocimiento en torno a esta, para visualizar su implementación en todo el mundo y promover acciones que mejoren el rendimiento del planeta con procesos más limpios, sostenibles y eficientes.

¹³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio web]. s.f. [Consultado 27, octubre, 2016]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

¹⁴ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. [Consultado 27, Octubre, 2016]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

Gráfica 3. Evolución de las instalaciones fotovoltaicas mundiales anuales



Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. [Consultado 27, Octubre, 2016]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

3 MARCO TEÓRICO

El cambio climático es una alteración en el intercambio energético que hay entre el sol y el planeta Tierra y produce un aumento en la temperatura promedio global del planeta, además es “la variabilidad climática natural observada en periodos comparables de tiempo”¹⁵, “evidenciándose esto en las observaciones científicas realizadas en los últimos 150 años. Como ejemplo se menciona que en los 12 años transcurridos entre 1995 y 2006, ambos años inclusive, 11 de ellos figuran entre los 12 más cálidos en los registros instrumentales de temperatura de la superficie mundial que datan desde 1850”¹⁶. Por consiguiente “en las últimas décadas se ha incrementado la evidencia de que la tierra está experimentando un cambio en la temperatura global promedio, que se manifiesta en el aumento de las temperaturas superficiales de la tierra, de los océanos, al igual que el sistema combinado tierra-océanos”¹⁷, y se ha producido principalmente por las acciones humanas como la tala y quema de bosques, el uso de combustibles fósiles, el aumento de actividad industrial, pérdida de cobertura vegetal y animal, entre otros.

En consecuencia, el cambio climático está ligado por definición, a un término sinónimo conocido como calentamiento global, y como dice Isaza y Campos¹⁸ este término a su vez, abarca dos procesos importantes como el incremento del efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono. Estos procesos, son generados por la creciente emisión a la atmosfera de gases conocidos como gases efecto invernadero (GEI), los cuales “están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que harán aumentar la temperatura planetaria entre 1.5 y 4.5°C”¹⁹. “De considerable atención e importancia son el Dióxido de Carbono

¹⁵ ARBULÚ Biaggio. Cambio climático global (calentamiento global): climate changes: global warming. En ProQuest ebrary. [En línea]. Córdoba: El Cid Editor apuntes, 2009. p. 10. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10316740>

¹⁶ INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPPC). Climate change 2007: Synthesis Report. [En línea]. 2007, citado por CARDENAS Pablo. Metodología para la estimación de emisiones de Dióxido de carbono en la industria vitivinícola. Opta al título de Ingeniero de ejecución en ambiente. Chile. Universidad de Santiago de Chile. 2008. p. 3. [Consultado, 11, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10552477>

¹⁷ ISAZA José y CAMPOS Diógenes. Cambio climático: glaciaciones y calentamiento global. En Glogle Books. [En línea]. Bogotá, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2007. p. 28. ISBN 978-958-9029-89-3. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=pfQ2lhHM3D0C&printsec=frontcover&dq=que+es+el+cambio+climatico&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20el%20cambio%20climatic&f=false

¹⁸ Ibid., p. 32

¹⁹ ARBULÚ. Op. Cit., p. 4

(CO₂), los óxidos nitrogenados (NO_x), los óxidos azufrados (SO_x) y los compuestos conocidos como freones, los cuales, además de ser GEI, son responsables principalmente de la destrucción de la capa de ozono y de las lluvias ácidas, respectivamente.”²⁰

3.1 CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Las actividades del hombre, en especial su creciente industrialización, han generado gases que están siendo acumulados en la atmosfera como una masa, que no permite que los rayos emitidos por el sol hacia la Tierra puedan ser reflejados hacia el exterior de la misma nuevamente, sino que forma una capsula que impide el paso y ocasiona que haya una reflexión hacia el interior de la atmósfera, atrapando esa radiación emitida. Lo anterior, produce el aumento de la temperatura promedio global de la Tierra y a éste proceso se le conoce como efecto invernadero.

Según Corominas²¹, el efecto invernadero se origina cuando el sol emana un gran haz de luz, y algunas de las radiaciones son absorbidas por partículas de agua, las otras llegan a la Tierra, y se extienden por la atmosfera, que es invisible a la propagación del espectro solar y empiezan a reflejarse por las nubes y la superficie. Gran parte de esa radiación llega a la superficie terrestre, la vegetación y los océanos y forman una radiación corta que no permiten que puedan escapar al espacio debido a la presencia de GEI que vuelven a emitir la radiación en todas las direcciones hacia el interior de la Tierra.

De lo anterior, cabe resaltar que el GEI que mayor contribución tiene al cambio climático es el Dióxido de Carbono, CO₂ (55%), originado principalmente por la combustión de combustibles fósiles (77%), información que se evidencia en el Cuadro 1, el cual muestra los GEI y la contribución que tiene cada uno para el calentamiento global y las actividades que los originan.

²⁰ T. Weimer, *et al.* Energy conversión and Management (1996), citado por Cuento Luisa y Sánchez Eduardo. Estudio de la reducción de Dióxido de Carbono. [En línea]. Volumen 11: México. 2008 [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10293444> ISSN 1405-9177

²¹ Los primeros minutos del efecto invernadero. [En línea]. Volumen 11: España, 2013. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=2838723b-d314-4b33-8eea-842eb41d3a1e%40sessionmgr103&vid=3&hid=118> ISSN:1697-011X

Según estadísticas, el CO₂ “ha aumentado en los últimos 250 años: de 280 ppm en 1750 a 353 ppm en 1990, y sigue en aumento a una tasa de 1.8 ppm por año. Se estima que alcanzará entre 550 y 700 ppm para el año 2050”²².

Cuadro 1. Los gases de efecto invernadero, sus fuentes y su contribución al calentamiento global

Gas	Fuentes principales	Tasa de aumento actual y concentración	Contribución al calentamiento global (%)
Dióxido de carbono (CO ₂)	Combustión de combustible fósil (77%) Deforestación (23%)	0.5% (353 ppm)	55
(HFCs y HCFCs)	refrigeradores aerosoles de espuma	4% (280 ppb)	24
Metano (CH ₄)	Arrozales Fugas de gas	0.9% (1.72 ppm)	15
Óxido nitroso (N ₂ O)	Quema de biomasa Uso de fertilizantes Combustión de combustible fósil	0.8% (310 ppmm)	6

Fuente: ECHEVERRI Carlos. Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de montería, (Córdoba, Colombia). Medellín: Red Revista de Ingenierías Universidad de Medellín. 2009. p. 86.

Igualmente el grafico 4 exhibe que el sector que contribuye en mayor proporción a la emisión de Dióxido de Carbono es el suministro de energía (25,9%).

²² GOZÁLEZ Martha, *et al.* Cambio climático mundial: Origen y consecuencias. [En línea]. Red ciencia UANL: Monterrey, México. 2003. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10115067>

Gráfica 4. Estimación de Emisiones Antropogénicas Mundiales

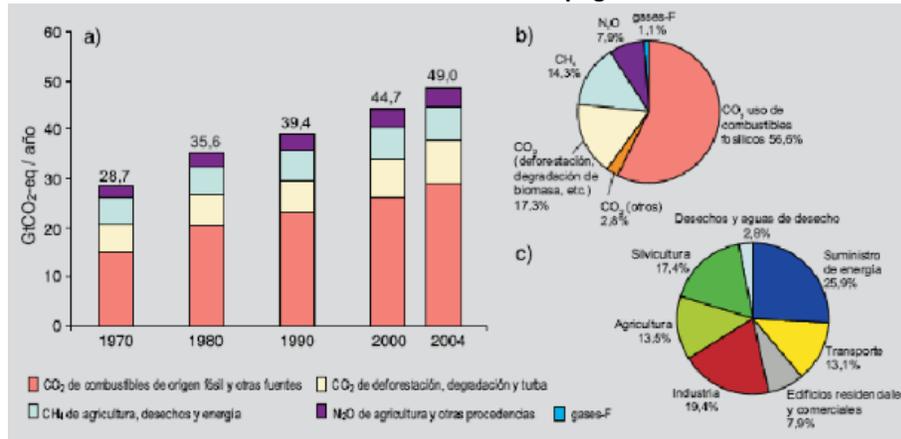


Figura I.1: Estimación de Emisiones Antropogénicas Mundiales. a) Emisiones anuales mundiales de GI antropogénicos entre 1970 y 2004. b) Parte proporcional que representan diferentes GI antropogénicos respecto de las emisiones totales en 2004, en CO₂ eq. c) Parte proporcional que representan diferentes sectores en las emisiones totales de GI antropogénicos en 2004, en CO₂ eq.[7]

Fuente: INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE, IPCC. Climate change 2007: Synthesis Report. 2007. [En línea]. Citado por: CARDENAS Pablo. Metodología para la estimación de emisiones de Dióxido de carbono en la industria vitivinícola. Opta al título de Ingeniero de ejecución en ambiente. Chile. Universidad de Santiago de Chile. 2008. p. 3. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10552477>

Y frente a esto, se deben ejecutar acciones, alternativas y/o métodos que permitan disminuir el uso de combustibles fósiles como materia prima y propagar el suministro de energía usando recursos renovables como el sol.

3.2 CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

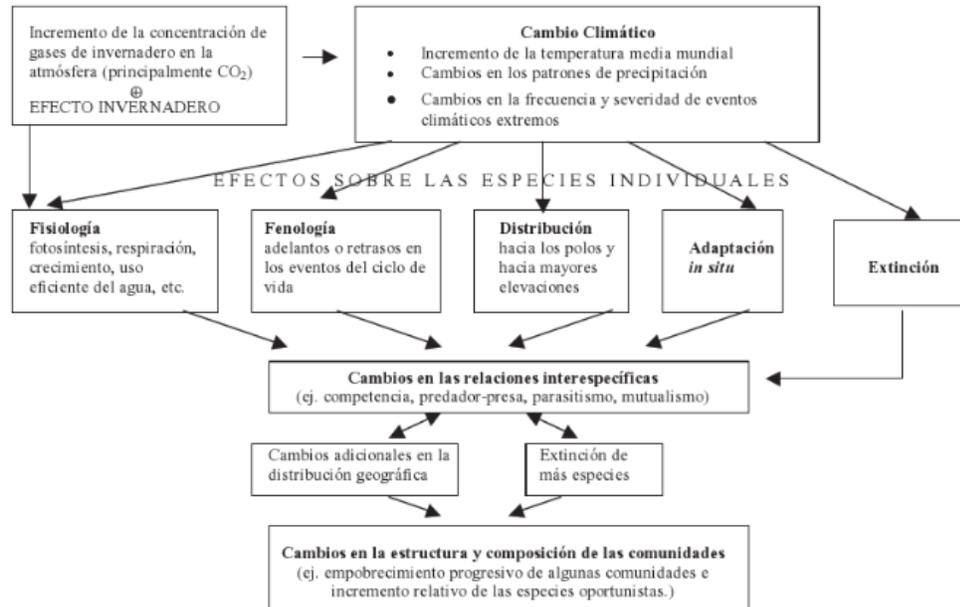
Los aumentos graduales de la temperatura en el planeta Tierra, tienen graves consecuencias sobre los ecosistemas, y según Hughes²³ los efectos que tiene el cambio climático sobre los seres vivos se clasifican en 4 categorías (Figura 5):

- ✓ Fisiológicos: En procesos como fotosíntesis, respiración, crecimiento
- ✓ Distribución geográfica: Hace referencia a la tendencia que están adecuando algunas especies a desplazarse hacia mayores altitudes o hacia los polos
- ✓ Fenológicos: Porque hay una alteración del ciclo de vida por efecto de foto – periodo, horas/frío, etc.

²³ HUGHES, L. Biological Consequences of global warming: is the signal already apparent. 2000. Citado por GOZÁLEZ Martha, *et al.* Cambio climático mundial: Origen y consecuencias. [En línea]. Red ciencia UANL: Monterrey, México. 2003. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10115067>

- ✓ Adaptación: En cambios micro – evolutivos *in situ*
- ✓ Extinción de especies

Figura 5. Clasificación de los efectos del cambio climático sobre los seres vivos



Fuente: HUGHES, L. Biological Consequences of global warming: is the signal already apparent. 2000. Citado por GOZÁLEZ Martha, *et al.* Cambio climático mundial: Origen y consecuencias. [En línea]. Red ciencia UANL: Monterrey, México. 2003. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10115067>

Como ejemplo a lo anterior, se manifiestan efectos como: “elevamiento del nivel de los mares, daños en las cosechas, hambre, cambios en los regímenes de lluvias, cambios en las poblaciones de plantas y animales, efectos serios en la salud y propagación de enfermedades infecciosas”²⁴, además “expansión de los desiertos, el derretimiento del hielo polar, el aumento del nivel del mar (por expansión térmica y por el derretimiento del hielo polar), catástrofes climatológicas, estrés biológico y posiblemente otros efectos desconocidos hasta el momento con sus correspondientes impactos sobre el bienestar humano y la economía mundial”²⁵.

²⁴ ISAZA y CAMPOS. Op. Cit., p. 33.

²⁵ Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de montería, (córdoba, Colombia). [En línea]. Edición 009: Medellín, Colombia. 2006. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=10306927&p00=gases+efecto+invernadero>. ISSN 1692-3324

3.3 INICIATIVAS PARA ATENDER AL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Con la identificación del problema que enfrenta el planeta Tierra, el cambio climático; Gobiernos y jefes de Estados han impulsado cumbres climáticas que son “reuniones organizadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) donde las distintas delegaciones intentan llegar a acuerdos globales para disminuir sus emisiones. Sirven para crear una nueva estructura organizacional para la protección del medio ambiente y la promoción del Desarrollo”²⁶ y algunas de estas cumbres son:

- ✓ **Primera conferencia mundial sobre el clima en Ginebra – 1979**
Se reunieron por primera vez para atender al problema del Cambio Climático y se ponen la meta de prevenir y evitar cambios en el clima.
- ✓ **Conferencia de ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo – Cumbre de la Tierra – Rio de Janeiro, Brasil – 1992**
Se creó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), y realiza un plan llamado Agenda 21, en donde los países emprenden la inclusión del término Desarrollo Sostenible en todas sus actividades con el fin de mitigar Cambio climático, proteger la Biodiversidad, disminuir y eliminar las emisiones de GEI.
- ✓ **Protocolo de Kioto – 1997**
Este protocolo tuvo una gran importancia a nivel mundial, ya que de él, se generaron acuerdos puntuales, comprometiendo a los firmantes a cumplir con el objetivo planteado: reducir la emisión de los cinco GEI más perjudiciales en un 5,2% con respecto a los emitidos en el año de 1990.
- ✓ **Cumbre del Milenio – 2000**
Se estableció acciones medibles y con plazos definidos a 2015, llamados Objetivos del Milenio (ODM), los cuales fueron: “Erradicar la pobreza extrema y el hambre, Lograr la enseñanza primaria universal, Promover la igualdad entre los sexos y el empoderamiento de la mujer, Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años, Mejorar la salud materna, Combatir el VIH/SIDA, la malaria y otras enfermedades, Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y Fomentar una alianza mundial para el desarrollo”²⁷

²⁶ ALEJANDRA de Vengoechea. Las cumbres de las naciones unidas sobre cambio climático. En Google Academic. [En línea]. Colombia: Proyecto energía y clima de la fundación Friedrich Ebert – FES, 2012. p. 4. [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/la-energiayclima/09155.pdf>

²⁷ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desarrollo del milenio. [En línea]. [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/>

- ✓ **Cumbre mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo – 2002**
Se revisaron los índices de cumplimiento de lo pactado en la Cumbre de la tierra y se comprometieron a reducir a la mitad del porcentaje actual, las personas que no tienen acceso al agua potable y a aumentar el uso de energías renovables. Por primera vez la sociedad civil participa.
- ✓ **Cumbre sobre el cambio climático en Copenhague – 2009**
Se trazaron nuevas metas para mejorar las planteadas en el protocolo de Kioto, y la meta central es disminuir las emisiones de GEI para estar debajo de 2°C en el aumento de la temperatura de la Tierra, para ello cada miembro debía presentar su contribución de emisiones de GEI.
- ✓ **Rio + 20 – Rio de Janeiro (Brasil) – 2012**
El resultado de esta conferencia fue un documento llamado el Futuro que queremos, que consigna las acciones para implementar el Desarrollo Sostenible. Además se creó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), lo cuales se basan en los ODM, donde su “propósito era crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con los que se enfrenta nuestro mundo”²⁸
- ✓ **COP 21 – Paris (Francia) – 2015**
“Es un acuerdo universal y vinculante que busca mejorar la aplicación de la Convención. Su objetivo es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza”²⁹. En esta cumbre, todos los países se comprometieron a enfrentar con acciones contundentes, el cambio climático y la reducción de emisiones.

3.4 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En la Cumbre del milenio se crearon los ODM con el fin de disminuir índices alarmantes en temas de salud pública, igualdad de género y educación, pero estos perdieron vigencia con la convención Río+20 y su documento el *futuro que queremos*, el cual “propuso que los ODM fueran sucedidos por unos ODS que incluyeran tres dimensiones fundamentales: prosperidad económica, igualdad

²⁸ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). Antecedentes de los objetivos de desarrollo sostenible. [En línea]. [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background.html>

²⁹ GARCÍA Carolina *et al.* Acuerdo de Paris. Así actuará Colombia frente al cambio climático. En WWF – Colombia [En línea]. Santiago de Cali, Colombia: WWF – Colombia, 2016. p. 10. ISBN 978-958-8915-38-8. [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: http://www.wwf.org.co/sala_redaccion/publicaciones_new/publicaciones_clima_y_energia/?266971/EI-Acuerdo-de-Paris-Asi-actuara-Colombia-frente-al-cambio-climatico#

social y sostenibilidad medioambiental de forma universal para todos los países”³⁰. Al originarse los ODS se incluyeron temas faltantes como “el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible y la paz y la justicia, entre otras prioridades”³¹.

En efecto, los ODS “son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad”³² y “se construyen sobre los éxitos de los ODM”³³, ya que “los pilares para poder conseguir los ODS están garantizados: la experiencia del trabajo mancomunado que se logró con los ODM y el piso financiero necesario para llevar adelante el desarrollo mundial, proporcionado por la Agenda de Addis Abeba, según el documento final de la Tercera Conferencia Internacional sobre Financiación para el Desarrollo”³⁴.

Estos ODS que se constituyen son 17 (Figura 6) y abarcan 167 metas las cuales deberán ser alcanzadas en el 2030, “proporcionan orientaciones y metas claras para su adopción por todos los países en conformidad con sus propias prioridades y los desafíos ambientales del mundo en general”³⁵.

³⁰ CORTÉS, María. Los ODS y el acuerdo de París: Herramientas para coordinar globalmente el desarrollo sostenible. [En línea]. Tiempo de Paz primavera. 2016. p. 33. Consultado [12, Enero, 2017]. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=891e99e5-7a3a-4d60-b945-ecff7ad4390d%40sessionmgr103&vid=10&hid=129>

³¹ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio Web]. s.f. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

³² PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio Web]. s.f. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

³³ CORTÉS. Op. Cit., p. 36

³⁴ GAMBOA, Gilberto. Los objetivos de Desarrollo Sostenible: Una perspectiva Bioética. Persona y Bioética. [En línea]. Volumen 19. No. 2. Julio – diciembre 2015. [Consultado 12, enero, 2017]. Bogotá, Colombia. p. 176. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=4f32b52a-edd5-43c9-89f0-e43ae6ff67e5%40sessionmgr104&vid=4&hid=129>. ISSN 0123-3122

³⁵ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio Web]. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Figura 6. Objetivos de Desarrollo Sostenible



Fuente: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio web]. s.f. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Para alcanzar las metas propuestas, “es esencial que los 17 objetivos sean conocidos, comprendidos y adoptados por la mayoría, incluso que sean aprendidos por niños y niñas en las escuelas”³⁶, además “hacer de la vida cotidiana la primera línea de cambio, al ayudar que los integrantes de las familias se reconozcan como personas humanas y actúen como tales, a que aprendan a donarse a sí mismos y vean en el bien común la clave para el verdadero desarrollo personal, colectivo y global”³⁷.

En consecuencia, el trabajo que se adelanta, enfoca sus esfuerzos en el ODS No. 7 que es la Energía asequible y no contaminante, ya que “el desarrollo sostenible dentro de una sociedad exige tanto un suministro razonable de fuentes de energía como una utilización efectiva y eficiente de esas fuentes”³⁸ y actualmente la producción de energía en mayor proporción se deriva de combustibles fósiles, siendo esta una de las causas con mayor incidencia al cambio climático y por esta razón se hace necesario tener una transición del carbón, petróleo y gas a fuentes renovables.

³⁶ CORTÉS. Op. Cit., p. 36

³⁷ GAMBOA, Op. Cit., p. 180

³⁸ Las energías renovables [En línea]. Edición No. 10. Málaga, España. Diciembre 2012. [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4187822> ISSN: 1889-7568

Por ello, es importante resaltar de este ODS, un término importante que se introduce como estrategia de acción, ya que permite mitigar, controlar y prescindir el Cambio Climático, y son las Energías Renovables, estas son “aquellas que se producen de manera natural y de forma continua a partir de fuentes que nos ha dado la naturaleza”³⁹, además “las que constantemente se renuevan y por tanto no se acaban”⁴⁰ pues “permiten un aprovechamiento indefinido en el tiempo”⁴¹. Igualmente es “aquella que no consume recursos y además no contamina, es decir, que se trata de unas fuentes de suministro que pueden hacer de la energía un elemento sostenible”⁴², porque permite tener un beneficio medioambiental, social y económico.

3.5 BENEFICIOS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Al usar adecuadamente las energías renovables se puede “contribuir al desarrollo social y económico, favorecer el acceso a la energía y la seguridad del suministro de energía, y reducir sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud”⁴³, además estos beneficios también “presentan ventajas medioambientales (No producen emisiones contaminantes, no generan residuos importantes, son inagotables), estratégicas (son autóctonas, evitan la dependencia exterior) y sociales (creación de empleo y contribuyen al equilibrio interterritorial)”⁴⁴ y según Badii⁴⁵ las energías renovables son relevantes porque proporcionan unos beneficios que se consignan en el cuadro 2.

³⁹ *Ibíd.*, p. 17

⁴⁰ Energías renovables y conservación de energía [En línea]. Volumen 11. México. Abril 2016. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/detail/detail?sid=6cc81cee-1f42-4cf3-b33d-b60587c1774c%40sessionmgr101&vid=6&hid=124&bdata=Jmxhbmc9ZXMMmc210ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=116281297&db=fua> ISSN:1870-557X

⁴¹ JARAUTA, Laura. Las energías renovables [En línea] Barcelona: Editorial UOC, 2015. p. 8. [Consultado 12, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=11217032> ISBN: 978-84-9064-887-2

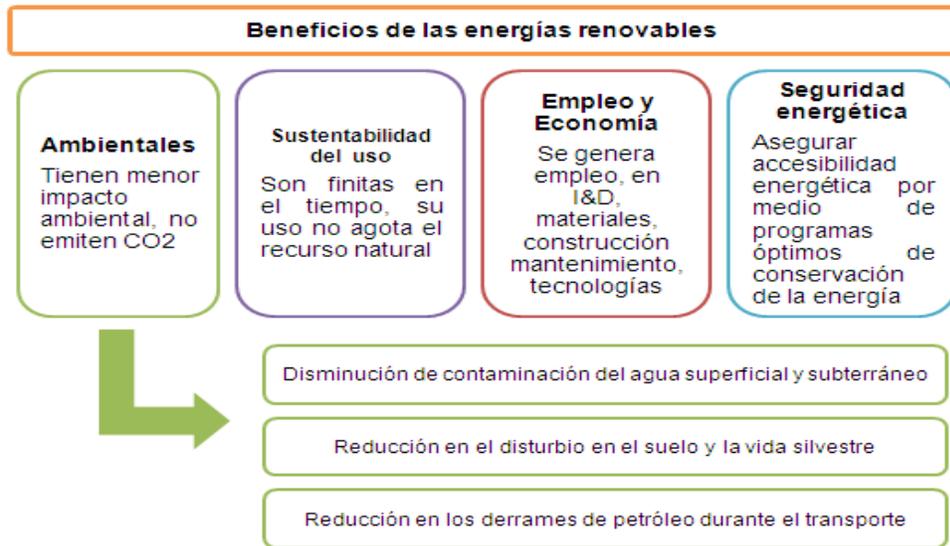
⁴² CASTELLS, Xavier. Energía, agua, medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad [En línea]. Madrid, España. Enero 2012. [Consultado 12, Enero, 2017] Capítulo V. Energías renovables. p. 596. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10592186> ISBN: 978-84-9969-125-1

⁴³ INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, (IPCC). Informe especial Fuentes de energías renovables y mitigación del cambio climático: Resumen para responsables de políticas y resumen técnico [Sitio web]. s.f. [Consultado 16, Enero, 2017]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

⁴⁴ Las energías renovables. Op. Cit., p. 16

⁴⁵ Energías renovables y conservación de energía. Op. Cit., p. 144

Cuadro 2. Beneficios de las energías renovables



Fuente: Autor. Information tomada de: Energías renovables y conservación de energía [En línea]. Volumen 11. México. Abril 2016. [Consultado 16, Enero, 2017]. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/detail/detail?sid=6cc81cee-1f42-4cf3-b33d-b60587c1774c%40sessionmgr101&vid=6&hid=124&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=116281297&db=fua> ISSN:1870-557X

De lo anterior se puede inferir que para encontrar un verdadero desarrollo sostenible en mundo, se debe tener una interrelación directa entre la eficiencia energética, que significa “hacer más con menos energía lo cual beneficia a la población, la economía y el ambiente de manera global”⁴⁶, y las energías renovables, pues este conjunto proporciona la cuota de reducción y/o eliminación de emisiones de gases efecto invernadero.

3.6 CLASIFICACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Como ya se ha explicado anteriormente, las energías renovables tienen una ventaja sobre las energías convencionales (carbón, petróleo y gas) porque “pueden solucionar el problema de abastecimiento eléctrico de la sociedad sin generar un cambio climático ni depender de recursos externos”⁴⁷. Estas fuentes se basan en el sol, el aire, el agua, la materia orgánica y la energía del subsuelo

⁴⁶ Energías renovables y conservación de energía. Op. Cit., p. 145

⁴⁷ JARAUTA. Op. Cit., p. 21

de la tierra y dependiendo del recurso que utilice se clasifican así, según Arias y Tricio⁴⁸:

- Energía Solar – Sol
- Energía Eólica – Viento
- Energía Maremotriz – Mares y océanos
- Energía Undimotriz – Olas
- Energía Maremotérmica – Gradiente térmico oceánico
- Energía Hidráulica – Corrientes y saltos de agua
- Energía de la Biomasa – Materia orgánica
- Energía Geotérmica – Calor interno de la tierra

Todas estas formas de energías renovables, se pueden usar para “generar electricidad, calor, frío, movimiento y capacidad motriz de vehículos”⁴⁹ y en particular, se pueden producir gracias a la radiación emitida por el sol hacia la superficie de la atmosfera.

3.7 CRECIMIENTO GLOBAL EN EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

La tendencia global demuestra “que en muchos países industrializados la proporción de energías renovables ha crecido de manera considerable en las últimas dos décadas”⁵⁰, ya que “los sistemas eléctricos deben buscar reducir las emisiones de gases efecto invernadero. Esto se logra sustituyendo las tecnologías que consumen combustibles fósiles por energías renovables”⁵¹.

Esta transición tiene una fuerte acogida por los países que se han comprometido a trabajar para mitigar el cambio climático, pues estudios demuestran que “el CO2 contenido en las reservas mundiales probadas de combustibles fósiles es de 2860 gigatoneladas en forma de carbón (aproximadamente 65%), petróleo (22%) y gas

⁴⁸ ARIAS, Nelsón y TRICIO Verónica. Cartilla para la enseñanza de las energías renovables [En línea] Burgos, España: Editorial Servicio de publicaciones e imagen institucional Universidad de Burgos, 2013. [Consultado 16, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10721500> ISBN: 978-84-92681-59-4

⁴⁹ JARAUTA. Op. Cit., p. 26

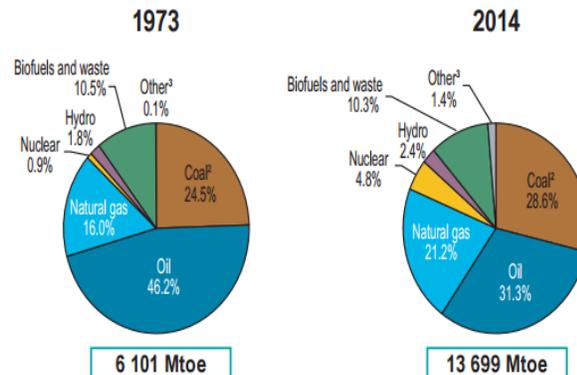
⁵⁰ Las energías renovables en el ámbito internacional [En línea]. Cuadernos económicos de ICE No. 83. España, 2012. p. 11. [Consultado 16, Enero, 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3955024> ISBN: 0210-2633

⁵¹ BERRÍO Marco; ARANGO Mónica y BOTERO Sergio. Análisis de los indicadores de emisiones de gases efecto invernadero para valorar proyectos de energía renovable en sistemas eléctricos, caso de Colombia. Lámpsakos. [En línea], No. 13, enero – junio 2015. [Consultado 16, Enero, 2017]. p. 25. Disponible en: <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/1496> ISSN: 2145-4086

natural (13%). Si solo 1000 gigatoneladas pueden ser quemadas dentro del escenario de 2°C de calentamiento, esto significa que 1860 gigatoneladas de reservas principalmente de carbón y petróleo no pueden ser extraídas”⁵², lo que fundamenta que los gobiernos deben acoger medidas que apuesten a lograr sus metas en reducir sus emisiones de GEI a través de las energías renovables.

La adopción de la transición energética se constata en el gráfico 5, de la cual se demuestra que en la estructura energética primaria se ha aumentado el uso de energías renovables (*catalogadas en la gráfica como other: Otras*) en el periodo de tiempo de 1973 a 2014; cabe resaltar que son los datos más actuales que se registran.

Gráfica 5. Estructura energética primaria (en porcentajes)



Fuente: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. Key world energy statistics 2016 [En línea]. p. 6. [Consultado 16, Enero, 2017]. Disponible en: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key-world-energy-statistics.html>

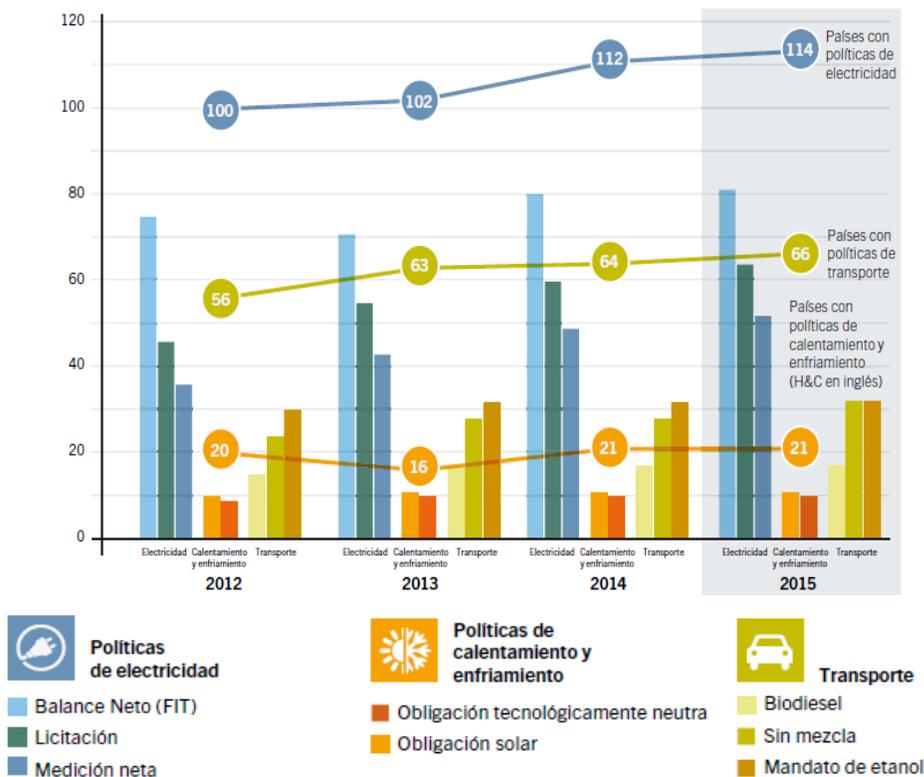
Así mismo muestra que el suministro de energía (Mtoe: Millones de toneladas equivalentes de petróleo) se ha duplicado y se ha reducido significativamente la aportación de petróleo.

Además de lo expuesto anteriormente, lo que ha facilitado la adopción de las energías renovables son la creación de políticas que apoya su promoción, algunas de estas son: “tarifas de alimentación, creación de cartera de energías renovables, subsidios de dinero, descuentos, subsidios de inversión o créditos fiscales, reducción de IVA, certificaciones canjeables de energías renovables, pagos de producción energética o créditos fiscales, inversión pública, préstamos o

⁵² BROWN, Lester, *et al.* La gran transición de los combustibles fósiles a la energía solar y eólica. traducido por: RINCÓN, Gilberto; ARBELÁEZ Carolina y LEDESMA Mateo. Bogotá, Colombia: Ecoe ediciones, 2015. p. 18. ISBN 978-958-771-272-8.

financiación y ofertas de licitaciones públicas”⁵³, con el fin de incentivar que los diferentes mercados de los diferentes países que las crean, las apliquen. Para “principios de 2011 al menos 118 países tenían políticas de apoyo a las energías renovables o algún tipo de objetivo o cuota a nivel nacional, muy por encima de los 55 países que los tenían en 2005”⁵⁴, y el gráfico 6 refleja que del 2012 al 2015 se ha incrementado el número de países que adoptan políticas en electricidad, transporte y calentamiento y enfriamiento.

Gráfica 6. Número de políticas en energía renovable y de países con políticas de energía renovable, por tipo, 2012-2015



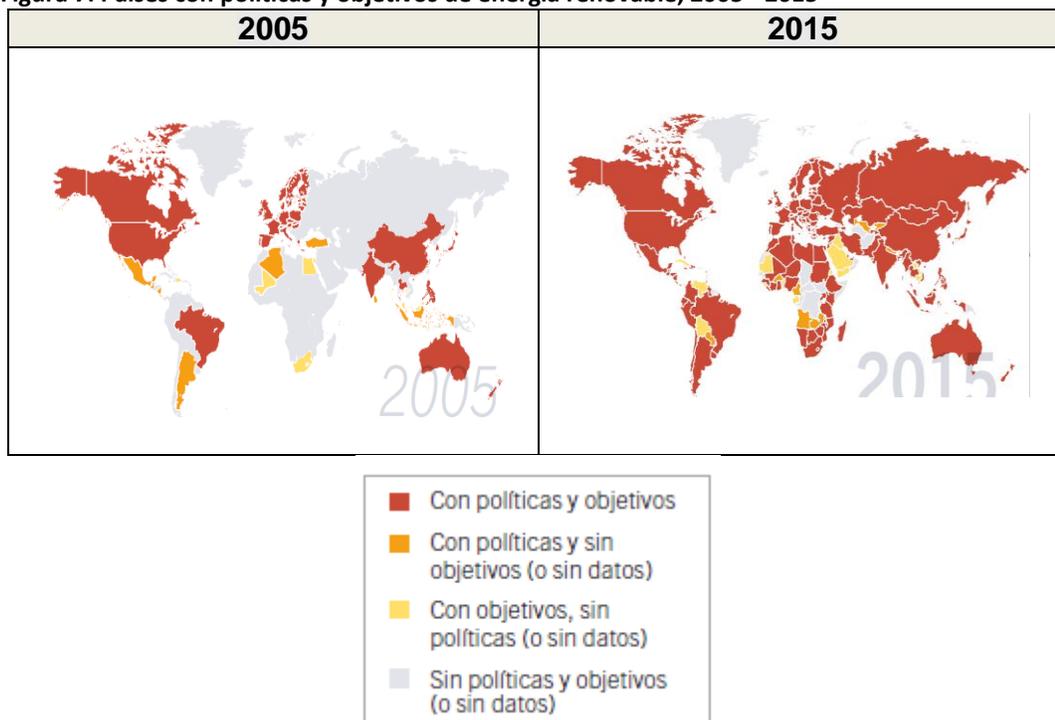
Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report [Sitio Web]. s.f. [Consultado 17, Enero, 2017]. Disponible en: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

⁵³ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2005: Global status report. [Sitio web]. s.f. [Consultado 17, Enero, 2017]. Disponible en: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE2005_Global_Status_Report.pdf

⁵⁴ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2011: Global status report. [Sitio web]. s.f. [Consultado 17, Enero, 2017]. Disponible en: www.ren21.net. Citado por: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2005: Global status report. p. 12

En efecto, es importante visualizar una comparación en cuanto al número de países que han venido creando y adoptando políticas y/u objetivos de promoción de las energías renovables, por eso a través de la figura 7, se demuestra el aumento de países con políticas y objetivos del 2005 al 2015.

Figura 7. Países con políticas y objetivos de energía renovable, 2005 - 2015



Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY, REN 21. Renewables 2015: Global status report, Key finding [En línea]. [Consultado 17, Enero, 2017]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/GSR2015_KeyFindings_lowres.pdf

De esta comparación, se puede concluir que año a año los países concentran sus esfuerzos en propiciar prácticas que ayuden a reducir y mitigar el cambio climático. Dichos esfuerzos se evidencian en la creciente adhesión de las energías renovables como fuentes de generación de electricidad para cubrir la demanda mundial, pues “desde 1990 las energías renovables han crecido a una tasa media anual de 1,8%, ligeramente más que la oferta total de energía primaria (1,7%)”⁵⁵. Por lo tanto, las energías renovables requieren estar a la vanguardia de las “condiciones cambiantes del mercado para su utilización”⁵⁶, por esto “las próximas políticas necesitan responder a las oportunidades y retos que surjan, sirviéndose

⁵⁵ Ibid., p. 17

⁵⁶ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2015: Global status report, Key finding [Sitio web]. p. 18. [Consultado 17, Enero, 2017]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/GSR2015_KeyFindings_lowres.pdf

de enfoques y desarrollos nuevos que incluyan: la expansión del uso de energías renovables a más países, sobre todo en naciones en desarrollo; la necesidad de mejorar la infraestructura existente de energía y los mercados, para integrar participaciones masivas de energías renovables; y una electrificación mayor en otros sectores”⁵⁷, pues esto logrará en los países “reducir la elevada dependencia del exterior y las emisiones de GEI así como de cumplir con los compromisos medioambientales y de eficiencia energética”⁵⁸ que se han comprometido a realizar.

Como respuesta a los compromisos pactados, nombrados anteriormente, “las energías renovables se han establecido en todo el mundo como una importante fuente de energía”⁵⁹ pues “para muchos el futuro de la energía pasa, inevitablemente, por la renovables”⁶⁰. De estas, es importante conocer que “la energía del sol constituye la principal fuente de vida en la Tierra, dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en el planeta, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía del sol es la que induce el movimiento del viento y del agua, y el crecimiento de la plantas, por ello la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovable”⁶¹. En consecuencia, es relevante conocer que, según Jarauta⁶², lo que realmente se usa de la energía solar, es la radiación que el sol emite hacia la superficie de la Tierra, recibiendo al día según Ruíz⁶³, 100 billones de kWh (Kilovatio hora) y al

⁵⁷ *Ibíd.*, p. 18

⁵⁸ SEVILLA, Martín; GOLF, Emilio y M. DRIHA, Oana. Las energías renovables en España. Estudios de economía aplicada. [En línea], Vol. 31-1, Abril 2013. [Consultado 17, Enero, 2017]. p. 44 Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/detail/detail?vid=6&sid=0d1e8f1b-c274-4d98-b9ad-ee0936c58d01%40sessionmgr102&hid=128&bdata=Jmxhbm9ZXMmc210ZT1laG9zdC1saXZlJnNj b3BIPXNpdGU%3d#AN=89638789&db=bth> ISSN: 1697-5731

⁵⁹ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST. CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report [Sitio web]. p. 6. [Consultado 17, Enero, 2017]. Disponible en: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

⁶⁰ Energías renovables, energías duraderas. [En línea]. No. 19 periodicidad anual. España, 2008. [Consultado 17, Enero, 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2855437> ISSN: 1131-8953

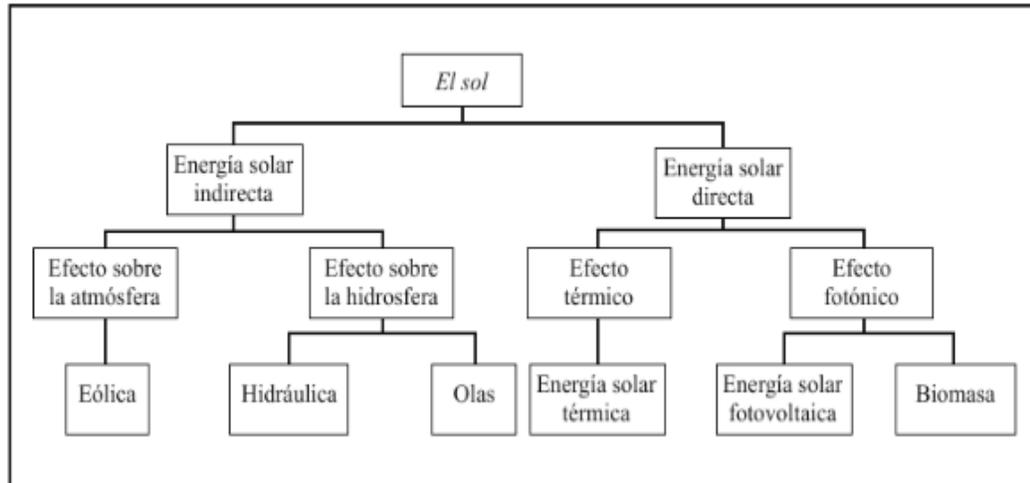
⁶¹ ESPEJO, Cayetano. Las energías renovables en la producción de electricidad en España. [En línea]. España: Caja rural regional, 2006. p. 33. [Consultado 17, Enero, 2017]. Disponible en: <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/otrosdocs/docs/energias-renovables.pdf> ISBN 978-84-611-4903-2

⁶² JARAUTA. Op. Cit., p. 21

⁶³ Energías renovables, energías duraderas. Op. Cit., p.14

contrastar esa emisión con el consumo de energía por los seres humanos (30.000 millones de kWh/día), se puede entender que la superficie del planeta recibe 3000 veces más lo que consume el planeta, por esta razón “lo más eficaz, inmediato y fácil es cubrir las necesidades utilizando la energía que produce el sol”⁶⁴. Con referencia a lo anterior, según Bayod⁶⁵, la energía solar puede ser transformada de forma directa o indirecta como se ve en la siguiente ilustración (Cuadro 3).

Cuadro 3. Esquema de las energías renovables procedentes de la transformación de la energía solar



Fuente: BAYOD, Ángel. Energías renovables Sistemas fotovoltaicos. [En línea]. Zaragoza: Prensas universitarias de Zaragoza, Enero 2009. p. 12. [Consultado 18, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11335458&p00=energ%C3%ADa+solar+fotovoltaica> ISBN 978-84-92521-94-4

De importancia reconocer las energías transformadas directas las cuales pueden ser aprovechadas de dos formas según Espejo⁶⁶, en energía térmica cuando la energía solar la transforma en calor y la energía fotovoltaica cuando la energía solar se transforma en electricidad usando celdas fotovoltaicas. La energía térmica se clasifica en tres formas:

- De baja temperatura para calefacción, climatización y producción de agua caliente.
- De media temperatura, y
- De alta temperatura

⁶⁴ Energías renovables, energías duraderas. Op. Cit., p.14

⁶⁵ BAYOD, Ángel. Energías renovables Sistemas fotovoltaicos. [En línea]. Zaragoza: Prensas universitarias de Zaragoza, Enero 2009. [Consultado 18, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11335458&p00=energ%C3%ADa+sol+ar+fotovoltaica> ISBN 978-84-92521-94-4

⁶⁶ ESPEJO. Op. Cit., p. 33 – 34

Estas dos últimas usadas para la producción de energía eléctrica usando centrales de torre o colectores cilíndrico – parabólicos.

Referente a la energía solar fotovoltaica, esta es “aquella que transforma la radiación solar en electricidad”⁶⁷ por medio de un “conjunto de elementos, denominados células solares o células fotovoltaicas, dispuestos en paneles”⁶⁸, que cumplen un efecto fotoeléctrico o fotovoltaico que consiste “en la cantidad de electrones que un metal es capaz de proporcionar cuando recibe del sol una radiación de tipo fotónica”⁶⁹, o es “la propiedad que tienen determinados materiales para producir una corriente eléctrica cuando incide una radiación lumínica sobre ellos”⁷⁰. Esto quiere decir según la agencia insular de energía de tenerife⁷¹, que la luz tiene partículas llamadas fotones que trasladan electricidad y al ser absorbidos por un material semiconductor (como el Silicio), estos liberan un electrón (e-) que dejan detrás una carga positiva llamada hueco sobre la célula. Por lo tanto, entre más fotones incidan en la célula, más parejas electrón – hueco (p-n) se producirán y así será más cuantiosa la corriente producida.

3.8 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

De acuerdo a Díaz⁷² los sistemas solares pueden clasificarse en función de la aplicación a la que están destinadas, y se clasifican en dos categorías según la agencia insular de energía de tenerife⁷³:

3.8.1 SISTEMAS CONECTADOS A LA RED

“Están permanentemente conectados a la red eléctrica nacional”⁷⁴ y la energía que produce es “vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el

⁶⁷ TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. p. 7. [Consultado 18, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

⁶⁸ ESPEJO. Op. Cit., p. 34

⁶⁹ TOBAJAS. Op. Cit., p. 7

⁷⁰ DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. Unidad 1. p. 12. [Consultado 18, Enero, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

⁷¹ AGENCIA INSULAR DE ENERGÍA DE TENERIFE (AITE). Energía solar fotovoltaica. [En línea]. p. 2. s.f. [Consultado 18, Enero, 2017]. Disponible en: http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

⁷² DÍAZ. Op. Cit., p. 10

⁷³ AGENCIA INSULAR DE ENERGÍA DE TENERIFE (AITE). Op. Cit., p. 6

⁷⁴ AGENCIA INSULAR DE ENERGÍA DE TENERIFE, AITE. Op. Cit., p. 6

país⁷⁵, esto quiere decir que “la energía generada por el campo fotovoltaico se entrega directamente a la red general de distribución”⁷⁶.

En el cuadro 4 se muestra las aplicaciones que hay en sistemas conectados a la red a través de sistemas fotovoltaicos, que se dividen en descentralizados y centralizados según el grupo de nuevas actividades profesionales⁷⁷.

Cuadro 4. Aplicación de sistemas conectados a la red de la energía solar fotovoltaica



Fuente: GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES, NAP. Energía solar fotovoltaica. [En línea]. Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación, Madrid: 2002. [Consultado 18, Enero, 2017]. Disponible en: file:///C:/Users/home/Downloads/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf ISBN: 978-84-935049-6-0

3.8.2 SISTEMAS AISLADOS O AUTÓNOMAS

Son los que “producen electricidad sin ningún tipo de conexión a la red eléctrica”⁷⁸ pues “carecen de conexión con la red eléctrica convencional”⁷⁹. Según Díaz⁸⁰ este sistema tiene dos bloques de uso:

⁷⁵ DÍAZ. Op. Cit., p. 1

⁷⁶ ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones. Proyecto de grado de Tecnólogo en electricidad. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Programa de tecnología eléctrica, 2011. p. 36.

⁷⁷ GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES (NAP). Energía solar fotovoltaica. [En línea]. Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación, Madrid: 2002. [Consultado 18, Enero, 2017]. Disponible en: file:///C:/Users/home/Downloads/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf ISBN: 978-84-935049-6-0

⁷⁸ DÍAZ. Op. Cit., p. 10

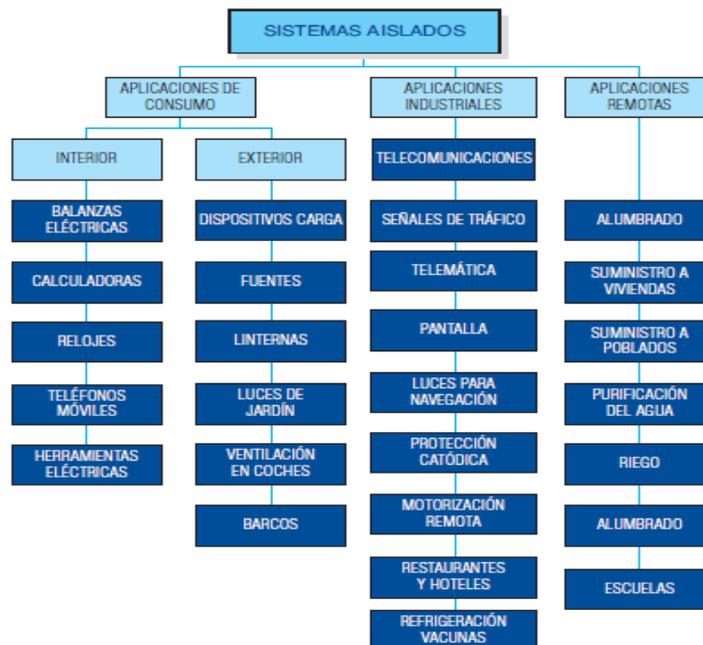
⁷⁹ ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. Op. Cit., p. 35

⁸⁰ DÍAZ, Op. Cit., p. 10

- Aplicaciones Espaciales, donde se proporciona energía eléctrica a satélites de comunicaciones y la estación espacial internacional.
- Aplicaciones Terrestres, en diferentes ámbitos profesionales, telecomunicaciones, electrificación en zonas rurales y aisladas señalización, alumbrado público, bobeo de agua, telemetría entre otras.

En el cuadro 5 se puede visualizar las aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos aislados, divididos en aplicaciones de consumo, industriales y remotas según el grupo de nuevas actividades profesionales⁸¹.

Cuadro 5. Aplicación de sistemas aislados de la energía solar fotovoltaica



Fuente: GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES, NAP. Energía solar fotovoltaica. [En línea]. Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación, Madrid: 2002. [Consultado 18, Enero, 2017]. Disponible en: file:///C:/Users/home/Downloads/energia_solar_fotovoltaica_2_e5c69a6.pdf ISBN: 978-84-935049-6-0

3.9 ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

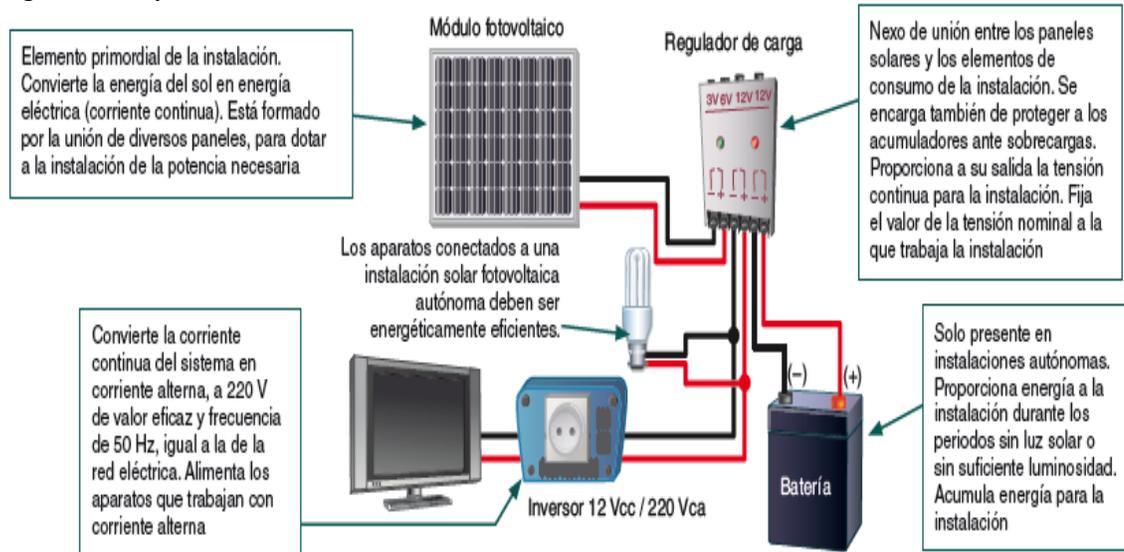
Para el buen funcionamiento de un sistema fotovoltaico es necesario introducir elementos que permiten la realización del proceso, transformar la radiación solar en electricidad, puesto que cada uno de ellos, “son indispensables para el correcto funcionamiento y control de la instalación”⁸². En la Figura 8 se muestra de forma

⁸¹ GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES (NAP). Op. Cit., p. 22

⁸² ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. Op. Cit., p. 31

general los elementos que componen una instalación solar fotovoltaica, en la que se precisa el funcionamiento de cada uno de ellos.

Figura 8. Componentes de la instalación fotovoltaica



Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. p. 10 [Consultado 23, Enero, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

• CELULA SOLAR

Es el elemento principal pues “se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol”⁸³ “gracias a las propiedades de los semiconductores por una parte y a las estructuras (unión pn, heterounión, interfaz sólido – electrolito, etc) que permiten extraer los electrones excitados de la célula, antes de que vuelvan a su estado de equilibrio térmico, hacia un circuito exterior para que realicen un trabajo”⁸⁴.

Conviene subrayar que estos dispositivos pueden conectarse en serie o paralelo,

Cuando se conectan en serie el voltaje total será la suma de los voltajes individuales de cada uno de los dispositivos. La corriente de salida será igual a la corriente de un módulo. Al conectarlos en paralelo la corriente total será la suma de las corrientes individuales de cada módulo y el voltaje será el mismo que el de uno solo. Por lo tanto, el número de componentes conectado en serie determina el voltaje, y el número de dispositivos en paralelo determina la corriente que se le puede suministrar a una carga⁸⁵.

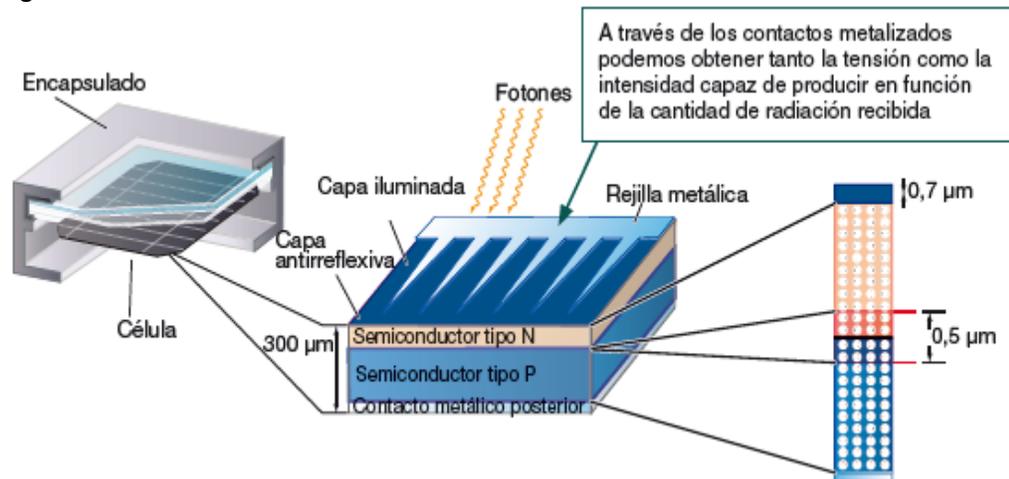
⁸³ DÍAZ. Op. Cit., p. 12

⁸⁴ GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES (NAP). Op. Cit., p. 11

⁸⁵ ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. Op. Cit., p. 31

Otro rasgo de importancia en las células solares es conocer que “la producción de corriente depende de la irradiancia (nivel de iluminación), de tal forma que a medida que aumenta la irradiancia, aumenta la intensidad a través de la célula”⁸⁶. Lo anterior se esclarecerá con la figura 9 de la que se puede divisar explícitamente los componentes que constituye la célula solar y como ocurre el proceso de conversión dentro de la misma.

Figura 9. Estructura de la célula solar



Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. Unidad 1. p. 12 [Consultado 23, Enero, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

• PANEL SOLAR

El panel solar también es conocido como módulo solar y está “compuesto por un número variable de células solares, entre 31 y 36, conectadas eléctricamente en serie, del número de células depende el voltaje de salida”⁸⁷. Su constitución puede evidenciarse en antecedentes con la (Figura 3), del que cabe resaltar que “la superficie del panel oscila entre 0,5 y 1,3 m², donde las células están ensambladas entre dos estratos, uno superior de cristal de silicio y otro inferior de material plástico”⁸⁸.

Los tipos de paneles solares “vienen dados por tecnología de fabricación de las células y son fundamentalmente de Silicio cristalino (monocristalino y

⁸⁶ DÍAZ. Op. Cit., p. 13

⁸⁷ TOBAJAS. Op. Cit., p. 7

⁸⁸ Ibíd., 8 p.

multicristalino) y Silicio amorfo⁸⁹. En el cuadro 6 se puede ver las características de cada tecnología e implícitamente las diferencias que tienen estas.

Cuadro 6. Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. Unidad 1. 14 p. [Consultado 23, Enero, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

Por otro lado, existen en el mercado otros tipos de paneles según Tobajas⁹⁰, los cuales son:

- ✓ Panel solar monocristalino
- ✓ Panel solar policristalino
- ✓ Panel solar amorfo
- ✓ Panel solar de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre
- ✓ Panel solar de arsénico de galio
- ✓ Panel solar bifacial

- **REGULADOR**

Este elemento se encarga de regular la “carga en la unión entre los paneles solares y las baterías”⁹¹, “la misión fundamental de un regulador es evitar las sobrecargas y descargas excesivas en los acumuladores, que producirán daños irreversibles, también asegura que el sistema trabaja con máxima eficacia”⁹².

Esto quiere decir que el regulador según Díaz⁹³ se ocupa de operar en dos zonas la de carga y la de descarga. En la carga debe asegurar que a la batería (o

⁸⁹ DÍAZ. Op. Cit., p. 13

⁹⁰ TOBAJAS. Op. Cit., p. 10

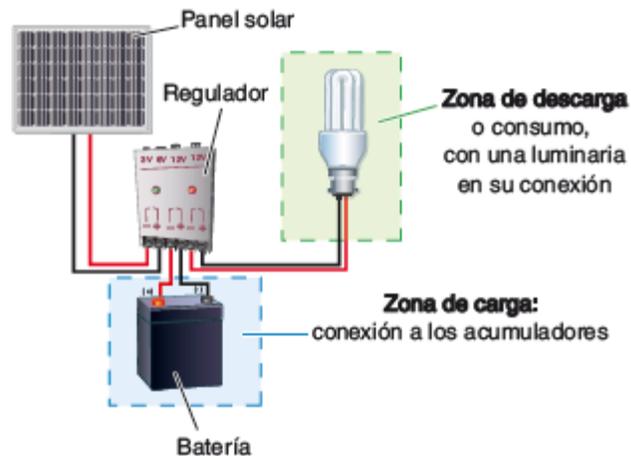
⁹¹ DÍAZ. Op. Cit., p. 1

⁹² TOBAJAS. Op. Cit., p. 20

⁹³ DÍAZ. Op. Cit., p. 19

acumulador) llegue la carga suficiente y que impida la sobrecarga en el mismo, y en la zona de descarga debe evitar la descarga desmesurada de la batería y amparar que haya la entrega conveniente de electricidad en el dispositivo que recibe la emisión. La Figura 10 presenta como es la conexión de un regulador en la instalación fotovoltaica.

Figura 10. Conexiones del regulador en una instalación fotovoltaica



Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. Unidad 1. p. 19. [Consultado 23, Enero, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

- **BATERIA**

Estos dispositivos fueron incorporados en la instalación para asegurar el abastecimiento de la electricidad a los dispositivos que se alimentan, de tal forma que se elimine las limitaciones o dependencias con el entorno exterior, puesto que “todas las fuentes de energía solar están disponibles solamente unas horas del día o a intervalos muy irregulares”⁹⁴. Esta fuente de energía está directamente relacionada con el huso horario y el clima, pues se genera una limitación de captar la radiación solar en la noche, en los días nublados y de lluvias y/o en las temporadas de las estaciones climáticas que se desarrollan a lo largo del año. Estos dispositivos son los encargados de “almacenar la energía eléctrica que produce el panel solar fotovoltaico una vez la radiación solar haya incidido en la

⁹⁴ Energías renovables, energías duraderas. Op. Cit., p.17

misma”⁹⁵, además son “capaces de transformar la energía química en eléctrica”⁹⁶. Para Díaz⁹⁷, la labor que deben cumplir las baterías son:

- ✓ Almacenar la energía durante los días que el diseño estipule.
- ✓ Proveer una elevada potencia instantánea, y
- ✓ Asegurar en la instalación la tensión de trabajo.

Así mismo las clasifica de acuerdo a la tecnología de fabricación y de los electrolitos que utiliza, visualizada en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1. Características de los principales tipos de baterías

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	N.º de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-ácido	2	8-16 horas	< 5 %	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	20 %	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20 %	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ión litio)	3,6	2-4 horas	6 %	Medio - bajo	110-160 Wh/kg	Alto

Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. Unidad 1. p. 22. [Consultado 23, Enero, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

De esta clasificación es importante recalcar que “más de 90% del mercado corresponde a las baterías Plomo ácido que, en general y siempre que pueda realizarse un mantenimiento, son las que mejor se adaptan a los sistemas de generación fotovoltaica”⁹⁸. Dentro de este tipo de baterías hay diferentes modelos que se describen en el cuadro 7, la razón de uso de cada modelo depende de las condiciones externas y del diseño de la instalación fotovoltaica.

⁹⁵ TOBAJAS. Op. Cit., p. 17

⁹⁶ DÍAZ. Op. Cit., p. 21

⁹⁷ *Ibíd.*, p. 21.

⁹⁸ GUERRERO, Ramón. Replanteo y funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas (UF0150). [En línea]. Málaga, España: IC editorial, 2011. p. 125. [Consultado 23, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=10693238> ISBN 978-84-8364-457-7

Cuadro 7. Baterías utilizadas en instalaciones solares

TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	ASPECTO
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclado profundo. • Tiempos de vida largos. • Reserva de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precio elevado. • Disponibilidad escasa en determinados lugares. 	
Arranque (SLI, automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> • Precio. • Disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes. • Tiempo de vida corto. • Escasa reserva de electrolito. 	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación similar a SLI. • Amplia reserva de electrolito. • Buen funcionamiento en ciclados medios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de vida medios. • No recomendada para ciclados profundos y prolongados. 	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> • Escaso mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V-I. 	

Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. Unidad 1. p. 23. [Consultado 23, Enero, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

• INVERSOR

Es importante conocer de estos elementos que

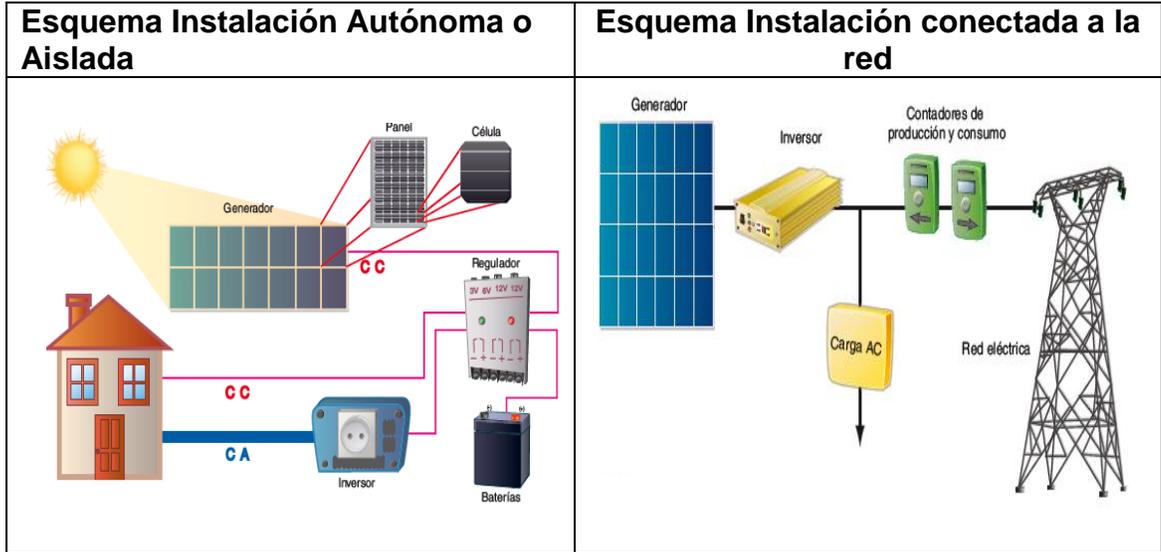
Los inversores, convertidores y rectificadores son sistemas de potencia capaces de adaptar la corriente generada en los módulos a las diferentes condiciones de consumo eléctrico. La denominación de cada uno de estos sistemas dependerá del tipo de corriente que transporte. Así, se denomina inversor al elemento que transforma Corriente Continua (CC) a Corriente Alterna (CA); rectificador al que transforma la CA en CC; y convertidor al que modifica un valor de CC en otro diferente también en CC⁹⁹

Acorde con lo anterior, en las instalaciones fotovoltaicas se utilizan comúnmente los inversores, este es un “elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a la red, y estará presente en la mayoría de las instalaciones autónomas, sobre todo en aquellas destinadas a la electrificación de viviendas”¹⁰⁰. Esto se puede evidenciar gráficamente a través de la figura 11, la cual muestra el esquema general de una instalación con el inversor de acuerdo a cada tipo de instalación fotovoltaica.

⁹⁹ *Ibíd.*, p. 157

¹⁰⁰ DÍAZ. *Op. Cit.*, p. 24

Figura 11. Esquema general de la instalación de un inversor en las clases de instalación fotovoltaica



Fuente: DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. Unidad 1. p. 24. [Consultado 23, Enero, 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

3.10 CONFIGURACIÓN DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

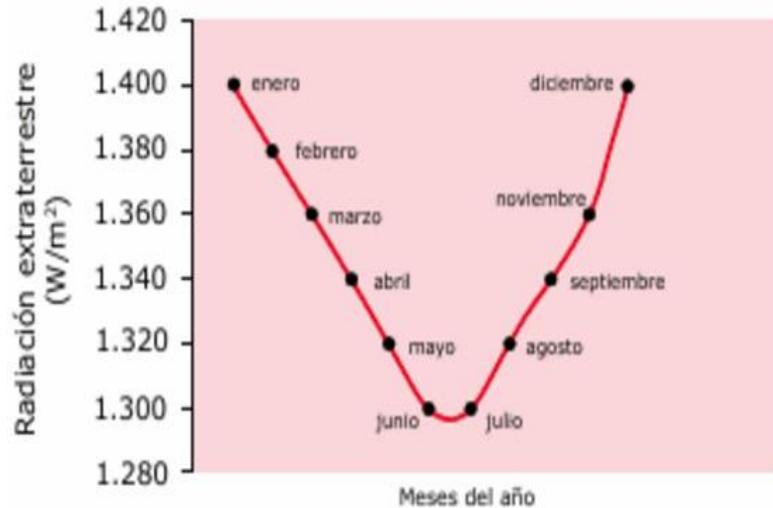
Para realizar una instalación fotovoltaica se requiere tener en cuenta la cantidad de radiación solar que logra incidir en el planeta Tierra (ver Anexo 1), sin embargo esta radiación no es la misma en toda la superficie y depende según Guerrero¹⁰¹ de unos factores de dispersión como los son:

- ✓ Condiciones atmosféricas y ambientales del lugar
- ✓ Situación geográfica, y
- ✓ Movimiento de la Tierra

En el gráfico 7, se puede evidenciar el cambio de la radiación solar en función de los meses del año.

¹⁰¹ GUERRERO, Op. Cit., p. 36

Gráfica 7. Variación de la radiación solar



Fuente: TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. p. 7. [Consultado 24, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

Y dado que la radiación no es constante “se toma una radiación solar llamada Constante Solar, se denomina así a la energía que por unidad de tiempo se recibe fuera de la atmosfera terrestre sobre la unidad de superficie perpendicular a la dirección de los rayos solares en su distancia media”¹⁰². Su valor es de “1353 W/m² y varia en torno a un 3%, debido a la órbita elíptica de la Tierra”¹⁰³.

Según Tobajas¹⁰⁴ hay dos términos que permiten determinar el valor de la radiación solar y son:

- ✓ Irradiancia, que es la potencia incidente en una superficie por unidad de tiempo
- ✓ Irradiación, que es la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo

Y dicha radiación procede de tres componentes, que se describirán a continuación y se reflejan gráficamente con la figura 12.

- Radiación directa (B): Formada por los rayos que provienen directamente del sol, es decir, que no llegan a ser dispersados.

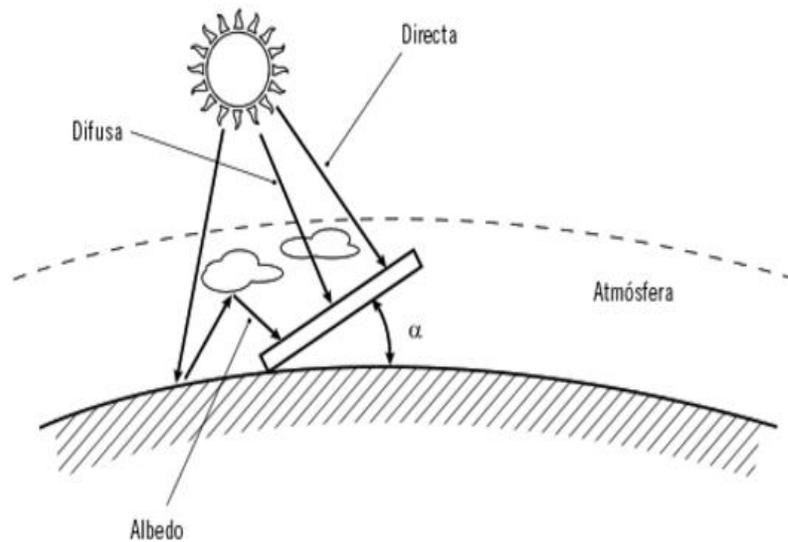
¹⁰² TOBAJAS. Op. Cit., p. 33

¹⁰³ GUERRERO. Op. Cit., p. 35

¹⁰⁴ TOBAJAS. Op. Cit., p. 33

- Radiación Difusa (D): Procede de toda la bóveda celeste, excepto la que llega del sol, y está originada por los efectos de dispersión.
- Radiación de Albedo (R): Procedente del suelo, se debe a la reflexión por parte de la radiación incidente sobre montañas, lagos edificios, etc. Depende muy directamente de la naturaleza de estos elementos.
- La suma de estos tres componentes da lugar a la Radiación Global (G) que se determina: $G=B+D+R$ ¹⁰⁵

Figura 12. Radiación Solar



Fuente: GUERRERO, Ramón. Replanteo y funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas (UF0150). [En línea]. Málaga, España: IC editorial, 2011. p. 37. [Consultado 24, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=10693238> ISBN 978-84-8364-457-7

A. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

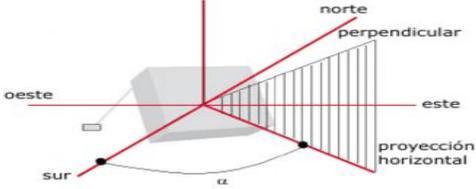
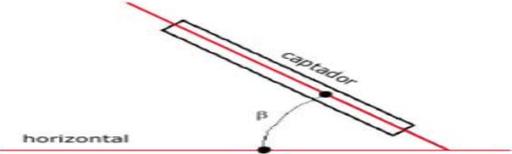
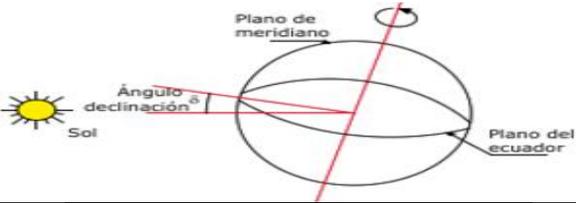
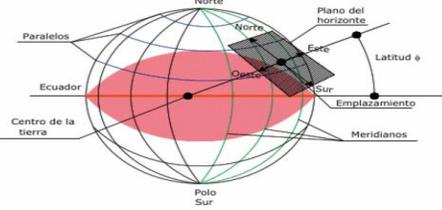
Para poder obtener mayores rendimientos y eficiencias en la captación de la radiación solar sobre el modulo fotovoltaico, se debe tener en cuenta la variación de la posición del sol con respecto al mismo, pues “para que un módulo solar fotovoltaico capte la máxima energía se orientará perpendicularmente al sol”¹⁰⁶ y

¹⁰⁵ GUERRERO. Op. Cit., p. 36

¹⁰⁶ TOBAJAS. Op. Cit., p. 38

según Tobajas¹⁰⁷ para dirigir la orientación del módulo se debe tener en cuenta los parámetros que se reflejan en el cuadro 8

Cuadro 8. Parámetros que dirigen la orientación del módulo solar fotovoltaico

Parámetro	Esquema
<p>Azimut (α): Angulo que mide la desviación respecto al hemisferio sur</p>	
<p>Inclinación o elevación (β): Angulo formado por la superficie del módulo y el plano horizontal</p>	
<p>Incidencia (φ): Angulo que forman la radiación directa sobre la superficie captadora, es decir, la línea, sol – captador y la perpendicular al captador</p>	
<p>Declinación (δ): Angulo que forma el plano ecuador de la tierra con los rayos incidentes del sol. Este ángulo varia con el día y su fórmula aproximada es la siguiente:</p>	<p>$\delta(^{\circ}) = 23,45 \sin\left[\left(\frac{360}{365}\right) \cdot (n + 284)\right]$, siendo n el número del día en el año</p> 
<p>Latitud (ϕ): Angulo que forma la vertical del punto geográfico que se considere de la superficie terrestre o emplazamiento y el plano del ecuador</p>	

Fuente: TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. p. 38. [Consultado 25, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

¹⁰⁷ TOBAJAS. Op. Cit., p. 39

Es necesario además, conocer que “la orientación de los módulos solares fotovoltaicos vendrá dada por la latitud del lugar, como normal general”¹⁰⁸ será como se presenta en el cuadro 9

Cuadro 9. Orientación de los módulos

Utilización	Ángulo de inclinación
Todo el año	Latitud del lugar
Invierno	Latitud del lugar +10°
Verano	Latitud del lugar -10°

Fuente: TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. p. 38. [Consultado 25, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

B. CALCULOS

Hay que mencionar también que en cuanto a la configuración de los sistemas fotovoltaicos se debe tener en cuenta una serie de cálculos y parámetros que aseguran mayores eficiencias en la obtención de energía a través de los mismos. Por medio de los cálculos, se garantiza que el diseño será el apropiado para cumplir con el objetivo de maximizar la captación de la radiación solar, para convertirla así en energía. Estos cálculos se resumen en el cuadro 10, que se presenta a continuación:

Cuadro 10. Cálculos determinantes en la configuración de sistemas fotovoltaicos

Parámetro de cálculo	Descripción
Determinación de sombras	<p>La finalidad es evitar las sombras que causan la disminución del sistema de energía solar. Se calcula para determinar el recorrido del sol en invierno ya que en esta estación el efecto de sombras es más evidente.</p> <p>Es de gran importancia lograr determinar las sombras en los sistemas ya que tienen una incidencia del 10 o 15% en disminuir su rendimiento.</p> <p>Se utiliza la trigonometría para relacionar las dimensiones de los lados y los ángulos que se forman para saber dónde situar las placas</p>

¹⁰⁸ TOBAJAS. Op. Cit., p. 38

Cuadro 10 (continuación)

Distancia mínima	<p>Hace referencia a la distancia que se debe tener entre cada célula solar fotovoltaica que componga el modulo solar, de forma que se eviten al máximo el efecto de sombra entre las mismas.</p> $H_{\min} = (90^\circ - \text{latitud del lugar}) - \text{declinación solar}$ <p>La declinación solar será Verano: 0° y en invierno: -23°</p>	
Determinación del sur geográfico	Es importante determinarlo porque así se lograra tener el máximo de horas de radiación	
Altura solar	Es la proyección de la sombra que genera el objeto la cual varía dependiendo de la hora, el azimut y el día del año.	
Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras	Las pérdidas se expresan en porcentajes de la radiación solar que incidiría sobre una superficie si no existiera sombra, para obtener el perfil es necesario conocer el azimut (respecto a la dirección sur) y la inclinación (respecto al plano horizontal).	
Cálculo de paneles solares	Lo que se intenta es reducir al máximo el espacio entre las células solares para que se reduzca la superficie que no está expuesta al sol.	
	<p>Conectados a la red</p> <p>El proceso consiste en saber en qué se va a situar las placas y efectuar de manera asertiva la inclinación y orientación de las mismas.</p> <p>$N^\circ \text{ de placas} = \text{Potencia utilización} / \text{potencia del panel}$</p>	<p>Aislados</p> <p>Se debe introducir el concepto de rendimiento global, que es la cantidad de perdidas cuantificadas por el efecto Joule, convertidor y batería</p>
Cálculo de baterías	Capacidad de la batería (c): Es la energía que se necesita a lo largo del día teniendo en cuenta las pérdidas que existen en la instalación cuantificada en el rendimiento global (Rg).	
	Rendimiento Global (Rg): Es la cantidad de pérdidas cuantificadas en la batería.	
	Capacidad útil de la batería (Cu): Es la capacidad en Ah/día, que es preciso producir diariamente multiplicada por el número de autonomía.	
	Capacidad Nominal (Cn): Es la capacidad que ofrece el fabricante en sus características, y es igual cociente de la capacidad útil y la profundidad máxima de descarga admisible.	
Caída de tensión y sección de conductores	<p>Estos cálculos vienen dados por el Reglamento electrónico de baja tensión (REBT) para la longitud de los cables, es muy importante que la distancia entre los elementos de la instalación sean los menores posibles.</p> <p>Es recomendable que la sección mínima a utilizar en las conexiones de placas, reguladores y acumuladores sea 6 mm^2.</p>	

Fuente: TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. [Consultado 25, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

3.11 TIPOS DE ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Además de tener en cuenta características como tipo de panel, inclinación orientación, el número de paneles, el efecto de sombreado y entre otros, se debe tener en cuenta el tipo de soporte o fijación que complementa la eficiencia del diseño. “las principales funciones de la estructura de soporte son la de servir de soporte y fijación segura de los módulos, facilitando el montaje de los mismos y la formación de los paneles; y dotar a los módulos de la inclinación y orientación adecuadas”¹⁰⁹.

Así mismo, el uso de una estructura de fijación adecuada “facilita las labores de instalación y mantenimiento, minimiza la longitud del cableado, evita problemas de corrosión y hace agradable la vista del generador en conjunto”¹¹⁰. Los tipos de estructuras de soporte o fijación que hay son los siguientes:

A. Ancladas en el suelo

Este tipo de estructura puede visualizarse en la figura 13 y cabe resaltar que es la forma más común de instalación en grandes conjuntos solares, por ejemplo huertos solares, esta forma de instalación atenúa la fuerza del viento, ya que a menor altura, la velocidad del viento es menor que en las capas altas. También destaca la facilidad de instalación y mantenimiento. Estas instalaciones suelen protegerse por cierres metálicos para evitar el paso de animales y personas, el único inconveniente es que pueden producirse sombras parciales u ocasionales. Las estructuras serán robustas y con fuertes anclajes¹¹¹.

También poseen características como:

- ✓ Precisan varios puntos de apoyo y considerable superficie de cimentación y obra civil. Su diseño es modular, facilitando la colocación de gran número de paneles.
- ✓ La fijación de los módulos suele ser sencilla, sin necesidad de medios mecánicos auxiliares.
- ✓ La variación de altura para evitar problemas de sombreado puede suponer modificaciones considerables en el diseño.
- ✓ Las filas inferiores de módulos pueden tener un acceso incómodo durante las tareas de interconexión.

¹⁰⁹ BAYOD. Op. Cit., p. 170

¹¹⁰ BAYOD. Op. Cit., p. 171

¹¹¹ TOBAJAS. Op. Cit., p. 73

- ✓ Generalmente ofrecen una inclinación y orientación fijas, o bien, en el caso de estructuras pequeñas, se permite la variación manual de la inclinación.¹¹²

Figura 13. Placa solar anclada al suelo



Fuente: TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. p. 73. [Consultado 25, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

B. Sobre mástil

Este tipo de estructura puede visualizarse en la figura 14 y es un “sistema que se da en instalaciones que dispongan de mástil o haya que realizar un montaje especial con mástil. Las instalaciones susceptibles a este tipo suelen ser de pequeña potencia: farolas, balizamientos, señalización, repetidores, etc. Los mástiles no soportarán muchas placas solares, ya que habría que sujetar el mástil con tirantes o riostras de sujeción”¹¹³.

También poseen características como:

- ✓ El anclaje y cimentación de la estructura se reducen al punto de apoyo del mástil.
- ✓ Están diseñadas para albergar a un número determinado de módulos.
- ✓ La fijación de los módulos requiere la elevación de estos, o de paneles pre montados, siendo necesario el uso de medios mecánicos auxiliares.
- ✓ La altura de la estructura es fácilmente modificable en fase de diseño, actuando simplemente sobre el mástil.

¹¹² BAYOD. Op. Cit., p. 173

¹¹³ TOBAJAS. Op. Cit., p. 73

- ✓ Todos los módulos disponen de un acceso similar. Son especialmente aptas para dotarlas de un sistema de seguimiento solar¹¹⁴.

Figura 14. Instalación solar sobre mástil



Fuente: TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. p. 73. [Consultado 26, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

C. Ancladas en fachadas

Este tipo de estructura puede visualizarse en la figura 15 y cabe resaltar que es la

Más utilizada en instalaciones aisladas de viviendas, consiste en acoplar la estructura en una fachada de la vivienda, presenta muchas ventajas como: seguridad debido a la altura de las placas, disminución de la acción del viento, fácil instalación por medio de tacos de expansión, facilidad de mantenimiento y limpieza de placas. Como inconveniente: la situación de la fachada, ya que ha de estar orientada al Sur, cualquier otra situación puede variar el rendimiento del sistema¹¹⁵.

¹¹⁴ BAYOD. Op. Cit., p. 173

¹¹⁵ TOBAJAS. Op. Cit., p. 73

Figura 15. Instalación solar sobre fachada



Fuente: Fachadas solares [Página web]. Colombia: Arch daily, 19, Enero, 2011. [Consultado 26, Enero, 2017]. Disponible en: <http://www.archdaily.co/co/02-70481/en-detalle-fachadas-solares>

D. Instalación sobre techados o cubiertas

Este tipo de estructura puede visualizarse en la figura 16 y es el “montaje más utilizado por orientación y lugar adecuado, superficie-espacio. El anclaje no presenta problemas si se tiene en cuenta que hay que asegurar la impermeabilidad del tejado y no permitir que se puedan producir pequeños depósitos de agua, pueden existir problemas de retención de nieve”¹¹⁶

Figura 16. Instalación sobre techados y cubiertas



Fuente: TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. p. 74. [Consultado 26, Enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

Es de importancia agregar las especificaciones que se deben cumplir las estructuras de soporte de acuerdo a lo enunciado por el Instituto de diversificación y ahorro energético, las cuales son:

- a) La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo a lo enunciado en la normativa básica de la edificación NBE – AE – 88.

¹¹⁶ TOBAJAS. Op. Cit., p. 74

- b) El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- c) Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.
- d) El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.
- e) La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.
- f) La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma MV-106. En el caso de ser la estructura galvanizada, se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.
- g) Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.
- h) En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias de las Normas Básicas de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.
- i) Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.
- j) La estructura soporte será calculada según la norma MV-103 para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.
- k) Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá la norma MV-102 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.
- l) Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil¹¹⁷.

¹¹⁷ BAYOD. Op. Cit., p. 171 – 172

3.12 NORMATIVA APLICABLE A LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Para estandarizar y asegurar las instalaciones fotovoltaicas se han elaborado normas que abarcan el control desde el diseño hasta los elementos que lo componen, a través de instituciones como “la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y el comité técnico (TC 82) que se encargan de elaborar, modificar o aceptar las normas relativas a los sistemas de energía solar fotovoltaica”¹¹⁸.

Igualmente, tanto AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) como IEC son las “más relevantes y resumen las protecciones eléctricas necesarias para garantizar la fiabilidad y seguridad de la instalación”¹¹⁹. “Actualmente las normas IEC son recomendadas o exigibles en un contrato pero no por aspectos legales sino más bien técnicos.”¹²⁰

Hay que mencionar, además que “entre la abundante reglamentación cabe resaltar la del IDEA (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía) que recomienda unos criterios técnicos que deben tomarse en consideración en el diseño de las instalaciones solares fotovoltaicas”¹²¹, además las expedidas por “las compañías distribuidoras que poseen normas regionales específicas para la conexión a la red de instalaciones fotovoltaicas. Por lo tanto, es imprescindible consultar la normativa pertinente según la localización geográfica de la instalación”¹²².

A continuación se presenta el cuadro 11, en donde se recopilan las normas más relevantes que se aplican a los sistemas fotovoltaicos, teniendo en cuenta los elementos o parámetros que están inmersos.

¹¹⁸ BAYOD. Op. Cit., p. 113

¹¹⁹ GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES (NAP). Op. Cit., p. 59

¹²⁰ GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES (NAP). Op. Cit., p. 59

¹²¹ *Ibíd.*, p. 59

¹²² *Ibíd.*, p. 59

Cuadro 11. Normativa técnica para plantas solares

Elemento – parámetro	AENOR		IEC	
	Nombre	Descripción	Nombre	Descripción
Dispositivos fotovoltaicos	UNE206 001:1997 EX	Módulos fotovoltaicos. Criterios ecológicos	CEI 60904-10:1998	Dispositivos fotovoltaicos. Parte 10: Métodos de medida de la linealidad
	UNE-EN 60904-1: 1994	Dispositivos Fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica intensidad – tensión de los módulos fotovoltaicos	CEI 60904-8: 1998	Dispositivos Fotovoltaicos. Parte 8: Medida de la respuesta espectral de un dispositivo fotovoltaico
	UNE-EN 60904-6: 1997	Dispositivos Fotovoltaicos. Parte 6: Requisitos para los módulos solares de referencia	CEI 60904-2: 1989	Dispositivos Fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de células solares de referencia
	UNE-EN 61215: 2006	Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación de tipo	CEI 61215: 1993	Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación de tipo
	UNE-EN 61721: 2000	Susceptibilidad de un módulo fotovoltaico (FV) al daño por impacto accidental (resistencia al ensayo de impacto)	CEI 61701: 2005	Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (FV)
Baterías	UNE-EN 61427: 2002	Acumuladores para sistemas de conversión fotovoltaicos de energía solar. Requisitos generales y métodos de ensayo	CEI 61427: 1999	Acumuladores para sistemas de conversión fotovoltaicos de energía solar. Requisitos generales y métodos de ensayo
Acondicionadores de Potencia	UNE-EN 61683: 2001	Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida de rendimiento	CEI 61683: 1999	Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida de rendimiento

Cuadro 11 (Continuación)

Protección	UNE-EN 61173: 1998	Protección contra sobretensión de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía – Guía	CEI 61173: 1992	Protección contra sobretensión de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía – Guía
Diseño	UNE-EN 61727: 1996	Sistemas fotovoltaicos (FV). Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica	CEI 61727:1 995	Sistemas fotovoltaicos (FV). Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica
	UNE-EN 62093: 2006	Componentes de acumulación, conversión y gestión de energías de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales	CEI 62093: 2005	Componentes de acumulación, conversión y gestión de energías de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales
	UNE-EN 62124: 2006	Equipos fotovoltaicos (FV) autónomos. Verificación de diseño	CEI 62124: 2004	Equipos fotovoltaicos (FV) autónomos. Verificación de diseño
General	UNE-EN 61725: 1998	Expresión analítica para los perfiles solares diarios	CEI 61725: 1997	Expresión analítica para los perfiles solares diarios
	UNE-EN 61724: 2000	Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, intercambio de datos y análisis	CEI 61194: 1992	Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos
	UNE-EN ISO948 8: 2001	Energía Solar. Vocabulario	CEI 61277: 1995	Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia – Generalidades y guía
	UNE-20460-7-712: 2006	Instalaciones eléctricas en edificios. Sistemas de alimentación solar fotovoltaicos (FV)	CEI 60364-7-712: 2002	Instalaciones eléctricas en edificios. Sistemas de alimentación solar fotovoltaicos (FV)
Otros	UNE-EN 61702: 2000	Evaluación de sistemas de bombeo fotovoltaico (FV) de acoplo directo	CEI 61702: 1995	Evaluación de sistemas de bombeo fotovoltaico (FV) de acoplo directo

Fuente: GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES (NAP). Energía solar fotovoltaica. [En línea]. Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación, Madrid: 2002. [Consultado 26, Enero, 2017]. Disponible en: file:///C:/Users/home/Downloads/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf ISBN: 978-84-935049-6-0

4 DISEÑO METODOLÓGICO

El desarrollo de la monografía se realizará con base al método exploratorio y descriptivo, puesto que se basará en la revisión documental. Para esto, la búsqueda de la información se obtendrá teniendo en cuenta las palabras clave que se han establecido con el fin de filtrar los documentos a abordar en el desarrollo de la monografía, mediante el uso de las colecciones digitales de la Universidad de América, centrando la búsqueda en libros, revistas, documentos de instituciones oficiales, artículos científicos, recursos educativos y patentes.

Las colecciones digitales que se consultarán serán:

- **Revistas digitales**

- ✓ EBSCOhost
- ✓ ScienceDirect: Artículos/capítulos

- **Libros digitales**

- ✓ E-Book Academic Collections: Libros en inglés
- ✓ E-Libro: Libros en español

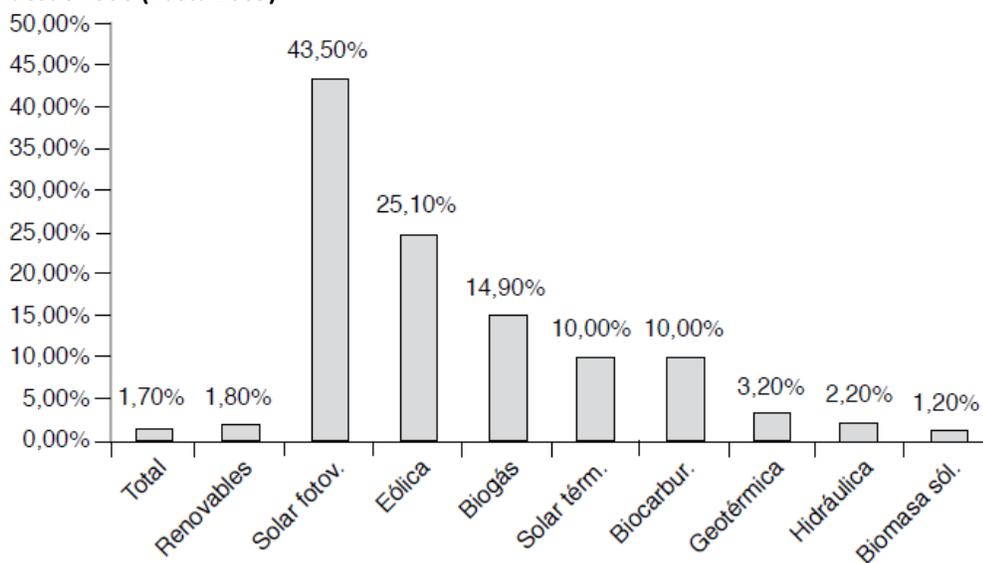
- **Otros**

- ✓ Dialnet: Revistas, libros y tesis

5 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Como se ha nombrado anteriormente, como respuesta al aumento de la temperatura promedio global, se han incorporado las energías renovables como la estrategia de reducción de las emisiones de los GEI, pues ahora “por primera vez desde que comenzó la revolución industrial, están invirtiendo en fuentes de energía que pueden durar tanto como la Tierra”¹²³. Dado que las energías renovables “son buenas fuentes para conseguir un ahorro energético y tener la llave del futuro energético más limpio, eficaz, seguro, autónomo y amigable con la naturaleza”¹²⁴. Una muestra de ello, es que “desde 1990 las energías renovables han crecido a una tasa media anual de 1,8%, ligeramente más que la oferta total de energía primaria (1,7%)”¹²⁵, y esto se puede constatar en el gráfico 8 que muestra el crecimiento anual de la oferta de las energías renovables.

Gráfica 8. Tasas medias de crecimiento anual de la oferta de energías renovables en el mundo desde 1990 (hasta 2009)



Fuente: Las energías renovables en el ámbito internacional [En línea]. Cuadernos económicos de ICE No. 83. España, 2012. p. 18. [Consultado 6, Febrero, 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3955024> ISBN: 0210-2633

Esta grafica expone además, que las energías renovables con mayor crecimiento son la solar fotovoltaica y la eólica, ya que según Brown¹²⁶, estas dos energías son cada vez más abundantes y baratas, haciéndolas potencialmente la base de

¹²³ BROWN, Lester, *et al.* Op., Cit., p. 22

¹²⁴ ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. Op. Cit., p. 20

¹²⁵ Las energías renovables en el ámbito internacional. Op. Cit., p. 17

¹²⁶ BROWN, Lester, *et al.* Op., Cit., p. 22

la nueva economía energética. Hay que mencionar además que la energía eólica es aquella energía que se produce a través del viento como materia prima. Esta se “aprovecha mediante la transformación de la energía cinética del viento en energía eléctrica a través de aerogeneradores, que utilizan una hélice para transmitir el movimiento que el viento produce en sus palas al rotor de un alternador”¹²⁷.

Igualmente expone que la energía fotovoltaica es la energía líder de las demás energías renovables, por lo que “la gente se está dando cuenta del potencial tan grande que tienen tecnologías, las diseñadas y aplicadas, al aprovechamiento de la energía solar ya que dicha energía es una fuente fundamental para el presente y futuro, ya que puede ayudar a mejorar la eficiencia energética y a reducir la contaminación ambiental”¹²⁸. Entre sus numerosas ventajas, se encuentra que “permite la obtención de la electricidad sin recurrir a ningún tipo de combustión y por tanto no se producen emisiones a la atmosfera de contaminantes”¹²⁹.

Como consecuencia de lo anterior, a continuación se listan las ventajas que presenta la energía solar fotovoltaica como fuente productora de energía, las cuales son:

- Es una tecnología madura y aceptada internacionalmente
- Es altamente confiable. El sol es una fuente limpia, inagotable y de acceso libre
- Posee bajos costos de operación y de mantenimiento
- Es la mejor opción en fuentes de energía renovable para introducir en el ámbito urbano
- No posee partes móviles
- Permite un diseño modular
- Es aplicable en los más diversos sitios y para muy diferentes usos
- Fácil de producir a escala masiva
- Fácil de instalar
- Es una tecnología que permite generar empleos y un desarrollo industrial sustentable
- Es el modo más accesible de proveer de energía a los millones de personas que no tienen acceso a la electricidad alrededor del planeta¹³⁰.

Al mismo tiempo, la energía solar fotovoltaica presenta virtudes con el ambiente que fundamentan la transición que se presenta actualmente, relegar a los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) como fuentes de obtención de

¹²⁷ ESPEJO. Op. Cit., p. 11

¹²⁸ ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. Op. Cit., p. 20

¹²⁹ ESPEJO. Op. Cit., p. 47

¹³⁰ ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. Op. Cit., p. 41

la energía, debido a los grandes impactos negativos que producen en el medio ambiente, pues a través de esta fuente renovable “no se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos”¹³¹, como si lo hacen las actividades extractivas de los recursos no renovables.

Una consideración de relevancia es “el hecho que no haya que realizar tendidos eléctricos previene la repercusión que sobre el medio vegetal o la avifauna pudieran tener los postes y cables eléctricos”¹³², pues esta es una de las grandes ventajas que representa la energía fotovoltaica sobre la eólica, pues asegura una estabilidad y un equilibrio de las especies, que puedan estar en contacto con las instalaciones que cada una requiere. En el caso de la energía eólica, se instalan Turbinas (aerogeneradores, palas), torres y cables que son un obstáculo para la avifauna, pues las instalaciones eólicas

Se ubican siguiendo las líneas de cumbres, que son empleadas por las aves para remontar su vuelo, aprovechando las corrientes termodinámicas que generan. Cuando bajo la instalación no se produce un descenso suave, en forma de talud, sino que se abre un cantil abrupto, la instalación se vuelve barrera infranqueable e invisible a las aves que, como mucho, identifican los mástiles pero no las palas de los aerogeneradores¹³³.

Esto anterior, produce efectos negativos en las aves migratorias, que deben desviar su trayectoria o chocar con las instalaciones, lo que genera la mortandad de las aves, “entre las aves más afectadas, una gran parte de ellas protegidas, están las estepariadas de gran porte (avutardas y sisonos), rapaces rupícolas (águila real, águila perdicera y halcón peregrino) y todas aquellas de actividad vespertina o nocturna, para las que las alas son indetectables”¹³⁴.

Otra consideración en la energía fotovoltaica es que es una “instalación fácilmente modulable, es decir que se puede aumentar o disminuir la potencia instalada según las necesidades”¹³⁵, lo que hace que su campo de aplicación sea bastante amplio tanto en los cascos urbanos como los rurales y los conectados a la red o los aislados, a través de la facilidad que tiene la instalación de los paneles solares, que hacen que sean “un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual”¹³⁶. Caso contrario con la energía

¹³¹ ESPEJO. Op. Cit., p. 48

¹³² *Ibíd.*, p. 48

¹³³ *Ibíd.*, p. 23

¹³⁴ *Ibíd.*, p. 23

¹³⁵ GUERRERO, Ramón. Op. Cit., p. 21

¹³⁶ ESPEJO. Op. Cit., p. 48

eólica que posee limitaciones en su estructura de instalación como lo es el tamaño, ya que tiene grandes aerogeneradores los cuales no pueden ser disimulados y limitan el campo de aplicación, además se debe considerar la distancia respecto a donde se asientan las poblaciones, pues se recomienda que se use este tipo de energía sólo en “áreas expuestas a vientos frecuentes, como zonas costeras, alturas montañosas o islas”¹³⁷, y en zonas donde se no haya concentración de población.

Como consecuencia de encontrar zonas donde no se aglutinen las poblaciones, además de las anteriormente nombradas, son los efectos del ruido que produce las turbinas eólicas, por lo que “produce un ruido similar al de cualquier otro equipamiento industrial de la misma potencia, con la diferencia de que, mientras que los equipos convencionales, se encuentran normalmente encerrados, en edificios o compartimientos diseñados para minimizar su nivel sonoro, los aerogeneradores deben trabajar al aire libre y cuentan con un elemento transmisor del sonido, que es el propio viento”¹³⁸, y “esto un fabricante de aerogeneradores o el propietario de una instalación no puede evitarlo”¹³⁹. Por lo contrario la energía fotovoltaica es absolutamente silenciosa.

Indiscutiblemente, la energía solar fotovoltaica presenta una gran ventaja con respecto a la energía eólica por poseer mayores facilidades en su aplicación, además porque presenta herramientas que facilita su adecuación a cualquier necesidad que el demandante requiera y un ejemplo de esto, es que permite cubrir las necesidades energéticas en los lugares donde es difícil acceder a la energía eléctrica pues “para las 1300 millones de personas en el mundo que aún no tienen acceso a la red, a menudo es mucho más barato y eficiente instalar paneles fotovoltaicos en sus tejados que construir una termoeléctrica y su infraestructura de transmisión”¹⁴⁰, asimismo porque “cuando un campesino compra un sistema solar fotovoltaico está comprando un suministro eléctrico confiable a largo plazo. Sin asumir el costo de combustible y con mínimas necesidades de mantenimiento, tan solo la inversión inicial requiere financiamiento”¹⁴¹.

Esto lo que quiere decir, es que se hace una herramienta sencilla, confiable, sostenible y efectiva que se refleja en que está beneficiando a millones de

¹³⁷ ESCUDERO. José. Manual de energía eólica. [En línea]. Madrid, España. Ediciones Mundi – Prensa, 2003. p. 353. [Consultado 7, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10228090> ISBN: 84-8476-765-7

¹³⁸ ESPEJO. Op. Cit., p. 23

¹³⁹ ESCUDERO. José. Op. Cit., p. 363

¹⁴⁰ BROWN, Lester, *et al.* Op., Cit., p. 85

¹⁴¹ *Ibid.*, p. 86

personas en el mundo como por ejemplo en Bangladesh que según Brown¹⁴², muchas personas probablemente nunca tendrían acceso a la red eléctrica y en 2014 se instalaron más de 70000 sistemas solares residenciales al mes, lo que confirma que los países ahondan sus esfuerzos en cumplir los ODS específicamente el número 7 y “a medida que los gobiernos toman conciencia de lo rápido que se puede instalar la energía solar se dan cuenta que sus metas oficiales son demasiado modestas”¹⁴³ y abarcan mayores desafíos en aplicar la energía solar fotovoltaica como herramienta estratégica de mitigación y/o eliminación del cambio climático.

Es pertinente tener en cuenta las posibles limitaciones que puede tener la energía solar fotovoltaica, con miras a conocer la forma adecuada de usar estas instalaciones, sin embargo estas no fomentan un efecto negativo en el ambiente, si no que demuestra que la industria debe tener mayores avances en investigación y desarrollo que las elimine, dichas limitaciones pueden ser que “aunque el silicio es barato, el proceso de creación de los paneles solares es muy complejo y costoso, la inversión inicial es alta, aunque se recupera en un lapsus de tiempo determinado y en la actualidad no existen muchas entidades que financien este tipo de proyectos”¹⁴⁴.

De todo lo expuesto anteriormente resulta que la

Revolución solar se está desarrollando en los tejados residenciales, escuelas, empresas y edificios gubernamentales. Y está llegando hasta los estadios deportivos, estacionamientos, antiguos vertederos y desiertos. El rápido aumento de la competitividad de la energía fotovoltaica sugiere que tiene un futuro aún más prometedor del que esperaban muchos analistas. Para gran parte de la humanidad significa electricidad más barata. Pero para muchas personas de bajos ingresos en el mundo, significa que por primera vez tendrán electricidad en sus hogares¹⁴⁵

¹⁴² *Ibíd.*, p. 86

¹⁴³ *Ibíd.*, p. 75

¹⁴⁴ ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. *Op. Cit.*, p. 41

¹⁴⁵ BROWN, Lester, *et al.* *Op.*, *Cit.*, p. 87

6 EVOLUCIÓN EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Teniendo en cuenta las descripciones mencionadas precedentemente, es notable el auge de la energía solar fotovoltaica como fuente generadora de electricidad y esto ha causado que diferentes gobiernos y/o empresas se interesen por fomentar su desarrollo, logrando abarcar toda la cadena de valor que compone esta tecnología. Para la Unión Española Fotovoltaica¹⁴⁶, ese avance constante en investigación y desarrollo (i+D) de la tecnología, ha hecho que sea más atrayente y relevante en el sector energético de forma global.

Sin embargo, “el verdadero avance que permitió el uso masivo de la tecnología fotovoltaica para la generación eléctrica se ha dado en los primeros años del siglo XXI, impulsado por la políticas que fomentan la energía solar fotovoltaica”¹⁴⁷. Y un ejemplo de esto, se dio en España, que “fue de los primeros países en desarrollar la industria de células solares y módulos fotovoltaicos”¹⁴⁸, donde se promulgaron en el 2007 y 2008 los reales decretos (RD) 661/2007 y 1578/2008, los cuales inscribían las condiciones atractivas de inversión y el paso a la construcción de parques fotovoltaicos de gran potencia divididos a su vez en propiedades de 100 Kw. Esto lo que produjo según Fondevila y Scarpellini¹⁴⁹ fue que casi toda la potencia que está disponible actualmente fuera instalada en esos años y se generara un incremento de la producción fotovoltaica en un 385%, pasando de 850 MW a 3270 MW en tan solo ese año. Este cambio abrupto en el incentivo de la industria fotovoltaica se puede observar en la gráfica 9, la cual muestra la producción fotovoltaica producida en España desde el 2007 al 2013.

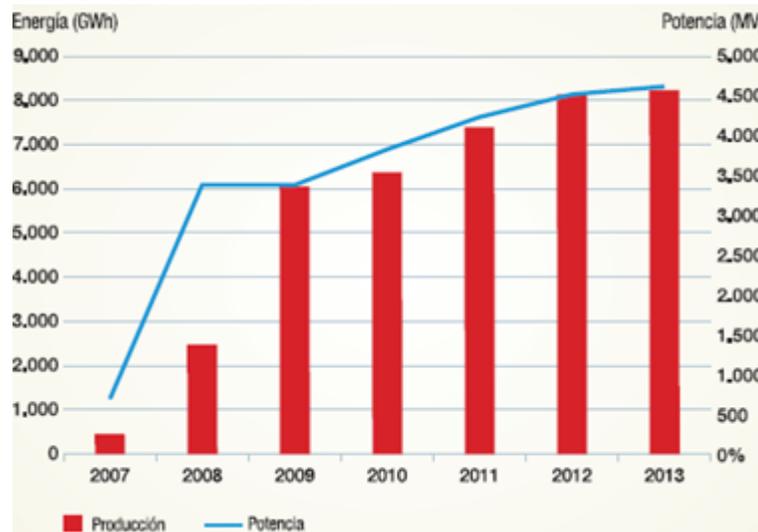
¹⁴⁶ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. [Sitio web]. s.f. p. 13. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

¹⁴⁷ FONDEVILA, Miguel y SCARPELLINI, Sabina. Guía de mercados energéticos. [En línea]. Zaragoza, España: Prensas de la universidad de Zaragoza, 2013. p. 186. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10853801> ISBN: 978-84-15770-27-5

¹⁴⁸ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. [Sitio web]. s.f. p. 65. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

¹⁴⁹ *Ibid* p. 140.

Gráfica 9. Producción fotovoltaica



Fuente: UNIÓN ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. [Sitio web]. s.f. p. 23. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

Por otra parte, después del auge experimentado en Europa según la Unión Española Fotovoltaica¹⁵⁰ este tipo de tecnología empezó a tener reducciones en el apoyo a las políticas que la respaldaban, produciendo que “toda esa potencia tecnológica se haya visto bruscamente bloqueada, debido a una mezcla de factores entre los que cabe destacar la resistencia de una gran parte de las grandes eléctricas al cambio energético”¹⁵¹. Haciendo que en el 2013 la tecnología fotovoltaica “deje de ser una puesta propiamente europea para convertirse en una alternativa competitiva en las principales potencias económicas”¹⁵².

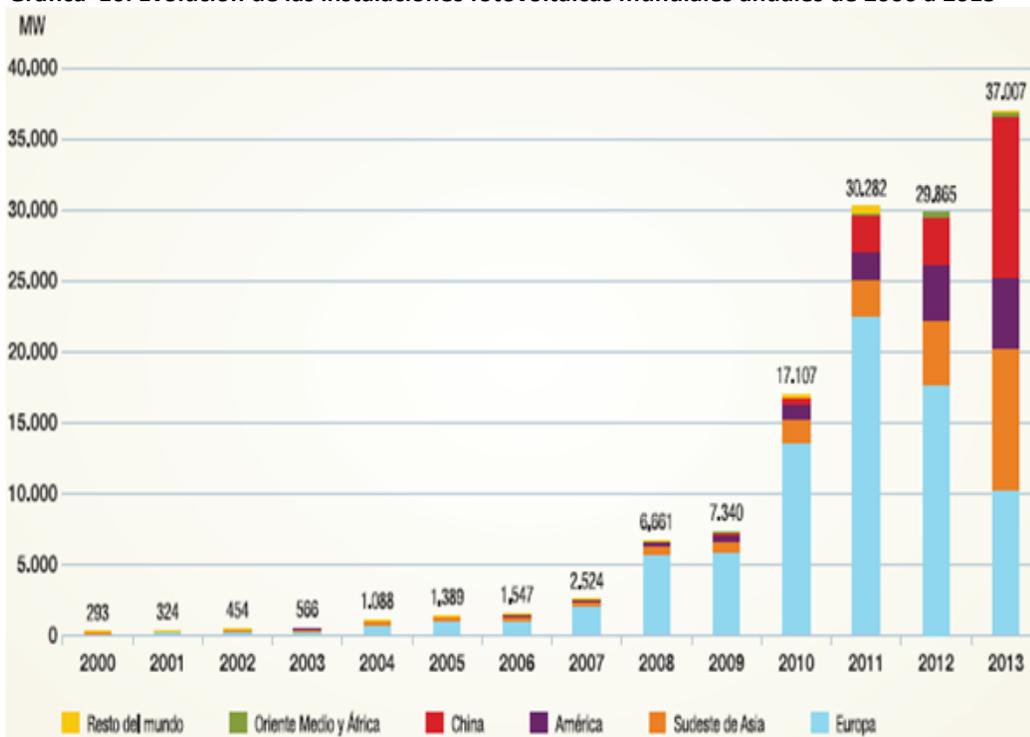
A continuación se muestra la gráfica 10 en donde se expone la evolución de las instalaciones fotovoltaicas mundiales, de la cual se puede extraer que hasta el 2011 Europa era el líder en implementarla y a partir del 2012 se evidencia la reducción que experimento, dado además, por la aparición en el mercado de China, el sudeste Asiático y América.

¹⁵⁰ *Ibíd.* p. 66

¹⁵¹ *Ibíd.* p. 8

¹⁵² *Ibíd.* p. 7

Gráfica 10. Evolución de las instalaciones fotovoltaicas mundiales anuales de 2000 a 2013



Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. [Sitio web]. s.f. p. 11. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

En consecuencia, el ingreso de otros actores a la industria fotovoltaica ha permitido que haya un crecimiento consistente y sostenido a nivel mundial. Esto es posible gracias a la rápida reducción de costos y la competitividad del conjunto de la industria fotovoltaica internacional¹⁵³, pues “muchos de los esfuerzos en los últimos años se ha centrado en el desarrollo de tecnología de célula fotovoltaica siguiendo los dos pilares coincidentes con toda tecnología, alta eficiencia y bajos costos”¹⁵⁴. Lo que ha generado que los países hagan una economía a escala de la tecnología fotovoltaica que incentiva el aumento del auge de la misma y que inviertan en esfuerzos para i+D de la industria.

¹⁵³ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica una alternativa real, informe anual 2015. [Sitio web]. s.f. p. 7. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

¹⁵⁴ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. Op. Cit., p. 71

6.1 REDUCCION DE COSTOS

Para fomentar la tecnología fotovoltaica y hacerla cada vez más competitiva con respecto a la demás energía renovables, se invirtieron esfuerzos en investigación y desarrollo en toda la cadena de valor, estimando materiales, eficiencias, tecnologías que permitieran abaratar los costos de los mismos. Lo que hace que la industria fotovoltaica sea más atractiva para inversión, instalación y producción.

Esto permite que haya en la industria fotovoltaica una dinámica con respecto a los precios, pues

Los módulos y otros componentes básicos de las instalaciones ha seguido una tendencia descendiente desde el año 2010, y ha continuado la misma hasta 2015. Esto es debido principalmente a que las empresas de fabricación de módulos y otros componentes básicos de los sistemas fotovoltaicos han adoptado economías de escala y la tecnología ha pasado el periodo de aprendizaje y puede considerarse madura¹⁵⁵

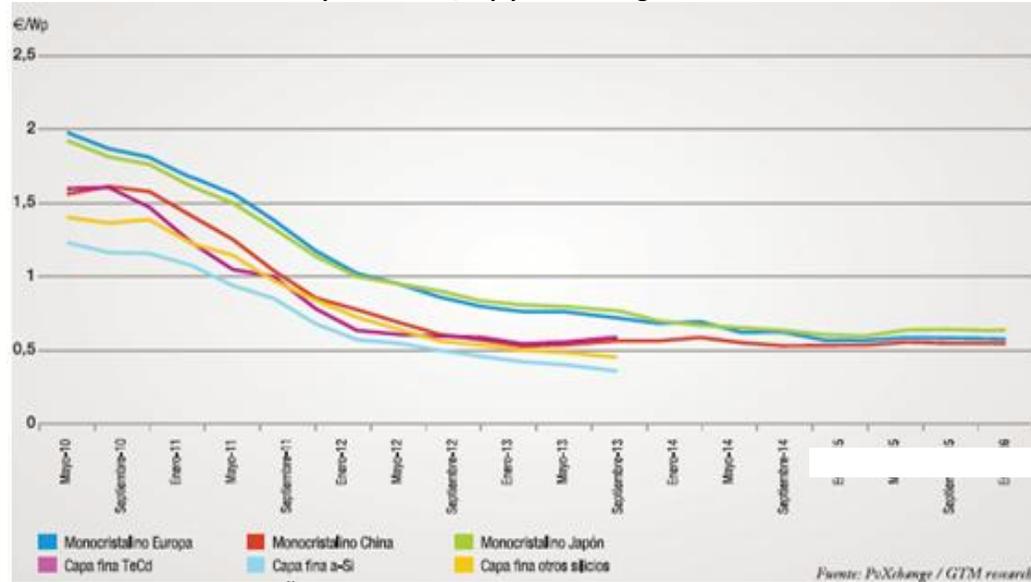
Lo anterior, se traduce en tener un nivel óptimo de producción a menor costo, es decir que, permite tener ventajas en los costos cuando se expande el mercado y según Brown¹⁵⁶ a medida que la producción global crece para satisfacer la demanda, el precio automáticamente baja y dicha demanda aumenta aún más.

En la siguiente gráfica 11 se muestra la evolución de los precios de energía en euros por vatio pico (€/Wp) de producción de acuerdo a cada tecnología utilizada en el sistema fotovoltaico del 2010 al 2016, donde se extrae además que la tecnología con menor costo hasta el 2013 era la de capa fina a-Silicio, pero al aparecer la industria China, con menores costos y mayores eficiencias se encontró la tecnología Monocristalina China, quien hasta 2016 es la tecnología que oferta bajo costos. De igual forma, la tecnología Monocristalina de Japón ha registrado en ese periodo de tiempo los precios más altos.

¹⁵⁵ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. p. 26. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

¹⁵⁶ BROWN, *et al.* Op., Cit., p. 73

Gráfica 11. Evolución de los precios en €/Wp por tecnología 2010-2016



Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. p. 26. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

En síntesis la gráfica 9 concluye que en “el año 2015 estas economías de escala produjeron una estabilización de los precios de todos los módulos procedentes de las regiones productoras”¹⁵⁷.

Así mismo, la reducción de los costos “se refleja en la disminución de LCOE (€/kWh) (Levelized Costo of Energy: Costo nivelado de Energía) que es el parámetro que permite comparar diferentes tecnologías de producción de energías, tanto convencionales como renovables”¹⁵⁸ y a continuación se presenta la ecuación 1 que se describe para la energía solar fotovoltaica:

Ecuación 1. Fórmula del costos nivelado de energía

$$LCOE = \frac{CAPEX + FV (O\&M)}{FV (EP)}$$

Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. p. 26. [Consultado 20, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

¹⁵⁷ *Ibíd.*, p. 26

¹⁵⁸ *Ibíd.*, p. 27

Los términos que compone la ecuación 1 son:

- CAPEX: Capital invertido
- O&M: Operación y mantenimiento
- EP: Energía generada a lo largo de la vida útil
- FV: fotovoltaica

Por consiguiente,

La investigación y desarrollo en fotovoltaica va dirigida a mejorar la reducción del LCOE, a través de:

- Reducción de costos (CAPEX) de células, módulos y BOS.
- O&M (operación y mantenimiento) para mejorar el rendimiento energético de la instalación (O&M puede incrementar el costo pero el efecto total ha de ser positivo)
- Mejora del PR (Performance Ratio): eficiencia, disponibilidad fotovoltaica, durabilidad (degradación)¹⁵⁹

Lo que producirá que esta tecnología éste llamada a tener mayores descensos en sus costos, otra razón que atribuye que la energía solar fotovoltaica sea más atractiva y lidere la producción e instalación en fuentes renovables.

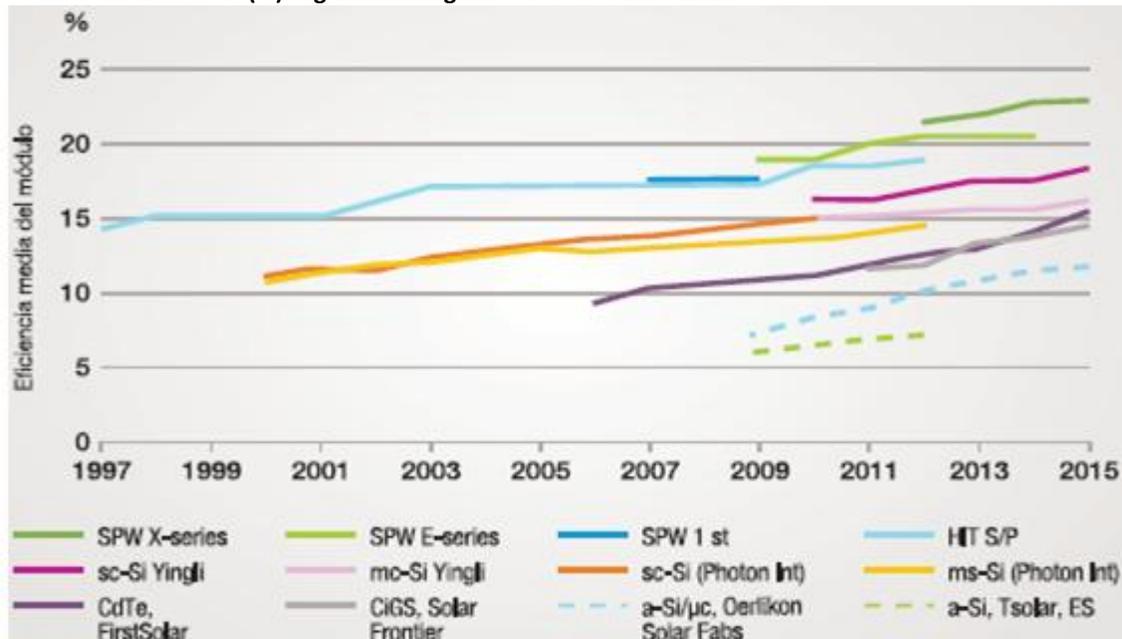
6.2 AUMENTO DE EFICIENCIA

Un común denominador en este tipo de tecnología es que al reducir costos, se aumenta la eficiencia de la tecnología puesto que es el reflejo del incremento de la investigación y desarrollo que se ha dado para todo nivel de la cadena de valor. Actualmente según la Unión Española Fotovoltaica¹⁶⁰ ha alcanzado eficiencias alrededor del 22,5%. La gráfica 12 exhibe la evolución que ha tenido la eficiencia según cada tecnología fotovoltaica desde 1995 a 2015, en donde la tecnología que ha alcanzado mayores eficiencias alrededor del 20- 25% es SPW X-Series, apareciendo a partir del 2012, esto demuestra que el avance en i+D permite introducir en el mercado internacional, tecnologías con mejores rendimientos. Esto quiere decir que a medida que madura la industria en i+D se crean mejores tecnologías.

¹⁵⁹ Ibid., p. 27

¹⁶⁰ Ibid., p. 30

Gráfica 12. Eficiencia (%) según tecnología fotovoltaica 1995-2015



Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. p. 26. [Consultado 21, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

Y se prevé que la industria alcance óptimas eficiencias en las diferentes aplicaciones en las que puede ser usada, evolucionando en materiales, productos, formas de conexión, control y operación. Esa evolución viene dada además, por los aportes que cada gobierno da, para que se promueva el crecimiento en las metas que se proponen, pues “a medida que los gobiernos toman conciencia de lo rápido que se puede instalar la energía solar se dan cuenta de que sus metas oficiales son demasiado modestas”¹⁶¹, facultado que la industria fotovoltaica “venga creciendo en los últimos años en torno a un 20-25%”¹⁶².

Consecuentemente, “la industria, aplicaciones y mercado han hecho que a finales de 2015 la tecnología alcance el hito de instalar 50 GW de capacidad fotovoltaica adicional en todo el mundo, un 25% por encima de 2014 y el aumento de la capacidad acumulativa instalada de 230 GW”¹⁶³, logrado gracias a la evolución que tuvieron los mercados asiáticos, americanos y los mismos europeos en la industria.

¹⁶¹ BROWN, *et al.* Op., Cit., p. 75

¹⁶² UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. Op. Cit., p. 7

¹⁶³ *Ibíd.*, p. 7

6.3 EVOLUCIÓN DE MERCADOS EUROPEOS

La evolución se sigue presentando pero de manera más modesta y el reporte que da la Unión Española Fotovoltaica¹⁶⁴ es que Italia instala entre 1,1 GW (GigaWats) y 1,4 GW, Reino Unido entre 1 GW y 1,2 GW, Rumania 1,1 GW y Grecia 1,04 GW, sin embargo un incentivo para hacer crecer la evolución del mercado es que países como Hungría, Polonia o Turquía que tienen potencial casi sin explotar ahonden en la tecnología y que España y Francia aumenten considerablemente su capacidad. Además presenta que las líneas prioritarias de investigación y desarrollo en Europa deben ser:

- No toda la cadena de valor ha desaparecido en Europa: España sigue siendo fuerte en la fabricación de componentes del BOS, especialmente inversores fotovoltaicos, líneas de producción llave en mano y equipamiento para la producción de componentes fotovoltaicos.
- Europa no solo tiene que intentar generar industria fotovoltaica, sino que tiene que intentar que los beneficios de la fotovoltaica recaigan también sobre los ciudadanos en términos de menores costos eléctricos y menos impactos medioambientales¹⁶⁵

Y en España deberían ser:

- Sistema inteligente para consumidores residenciales que realiza una gestión de la demanda eléctrica local y de la generación fotovoltaica para optimizar el autoconsumo (Gestión activa de la demanda eléctrica).
- Procedimiento para la determinación de la producción eléctrica esperable de sistemas fotovoltaicos distribuidos en entornos complejos (sombras estáticas y dinámicas).
- Varias patentes en la temática de los algoritmos de seguimiento del punto de máxima potencia y algoritmos de detección de fallos para sistemas con estrategias de seguimiento distribuido.
- Relacionado con la anterior, desarrollo de arquitecturas distribuidas (optimizadores) para su aplicación en sistemas fotovoltaicos heterogéneos.
- Procedimiento para la predicción a corto plazo (24 horas) de la producción eléctrica de sistemas fotovoltaicos con independencia de la provisión de datos externa, rápido aprendizaje y ajuste a los condicionantes locales.
- Metodología para la caracterización energética integral de elementos BIPV en condiciones reales de funcionamiento que incluye aspectos térmicos, lumínicos y eléctricos.

¹⁶⁴ Ibid., p. 9

¹⁶⁵ Ibid., p. 36

- Metodologías y herramientas de diseño propio para identificar el potencial solar urbano a distintas escalas, desde el edificio/manzana hasta el distrito/ciudad completa. Más en concreto, evaluación del recurso solar y cálculo de producción de instalaciones fotovoltaicas en emplazamientos de Europa, Asia, África y América.
- Desarrollo avanzado de dispositivos electrónicos, por ejemplo, el de un inversor fotovoltaico para las futuras redes de generación distribuida con un diseño específico para la integración de fotovoltaica en edificación, con algoritmos de seguimiento de la región de máxima potencia para optimizadores (patente española), algoritmos de predicción y detección de fallos para mejora de la operación y mantenimiento, nuevos servicios de red (lazo de seguimiento de fase, anti-isla, control de frecuencia, control potencia reactiva, etc.) y protocolo IEC 61850.
- Asesoramiento técnico y anteproyecto para la construcción de instalaciones fotovoltaicas fuera de España (un ejemplo, instalación de 100 MW en Uzbekistán), complementado con el asesoramiento a instituciones financieras sobre alternativas para reducción de los costes de financiación de plantas fotovoltaicas (como se hace en Sudáfrica para plantas inferiores a 5 MW)¹⁶⁶

6.4 EVOLUCIÓN DE MERCADOS ASIÁTICOS

Esta si ha sido la verdadera evolución en la industria fotovoltaica ya que “el auge de la industria fotovoltaica china se expandió masivamente y disminuyó aún más los precios globales. Esa expansión se dio, por la creciente preocupación del gobierno y los ciudadanos Chinos, del deterioro en el medio ambiente que presentaba el país, pues debido a la producción de energía eléctrica a partir de carbón, se evidenciaron altas cargas de material particulado, lo cual produjo serios problemas en la salud pública, de modo que los habitantes no podían transitar sin tener elementos de protección respiratoria y visual.

Lo anterior, resucito una preocupación colectiva, que se combatió con la creación de políticas que promulgaron y financiaron actividades para relegar a los combustibles fósiles, por energías limpias que ayudaran a mitigar el daño causado. Debido a la madurez presentada por Europa en la energía solar fotovoltaica, muchas empresas Chinas concentraron sus esfuerzos en producir i+D que permitieron producir a gran escala módulos fotovoltaicos, ofertando el mercado internacional los costos más bajos en las tecnologías fotovoltaicas

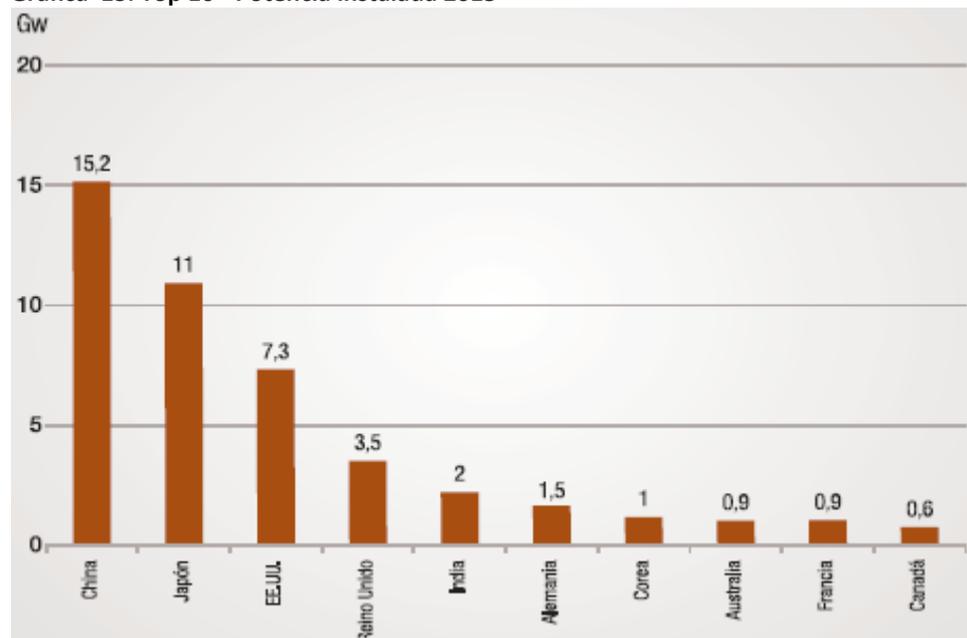
Hoy en día su producción de energía solar es enorme: es responsable de las dos terceras partes de la fabricación fotovoltaica del mundo, más que Estado Unidos,

¹⁶⁶ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. Op. Cit., p. 74

Japón y Alemania juntos”¹⁶⁷. Puesto que según la Unión Española Fotovoltaica¹⁶⁸, China obtuvo en capacidad fotovoltaica instalada 11,3GW, Japón 6,9 GW siendo estos los líderes en el mercado fotovoltaico asiático, y teniendo una aparición considerable de países como India con 1,1 GW, Corea con 442 MW (megaWats) y Tailandia con 317 MW.

Lo anterior se evidencia en la gráfica 13 donde se presenta el ranking de potencia instalada en el 2015, liderado por China con un 15,2 %, emergido como un grande en el sector, y seguido por Japón. Este orden debido a que el “75% del mercado de células y módulos esta hoy en Asia”¹⁶⁹. Además a través de la gráfica 14, se puede evidenciar la evolución en porcentaje (%) de la fabricación de células, en donde China a 2014, posee el 70% de la fabricación fotovoltaica.

Gráfica 13. Top 10 - Potencia instalada 2015



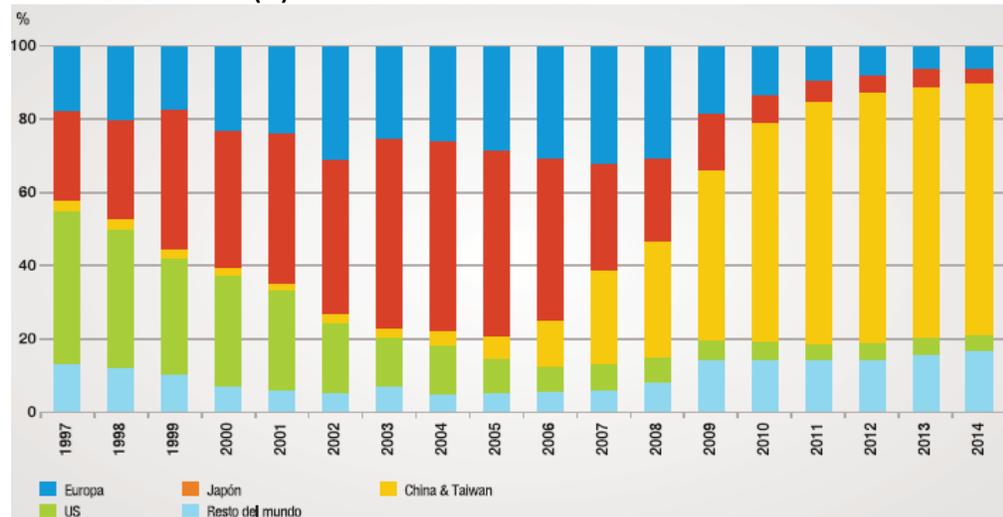
Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica. Informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. p. 9. [Consultado 21, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

¹⁶⁷ BROWN, *et al.* Op., Cit., p. 75

¹⁶⁸ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. Op. Cit., p. 11

¹⁶⁹ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. Op. Cit., p. 35

Gráfica 14. Evolución (%) de la fabricación de células



Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica. Informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. p. 36. [Consultado 21, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

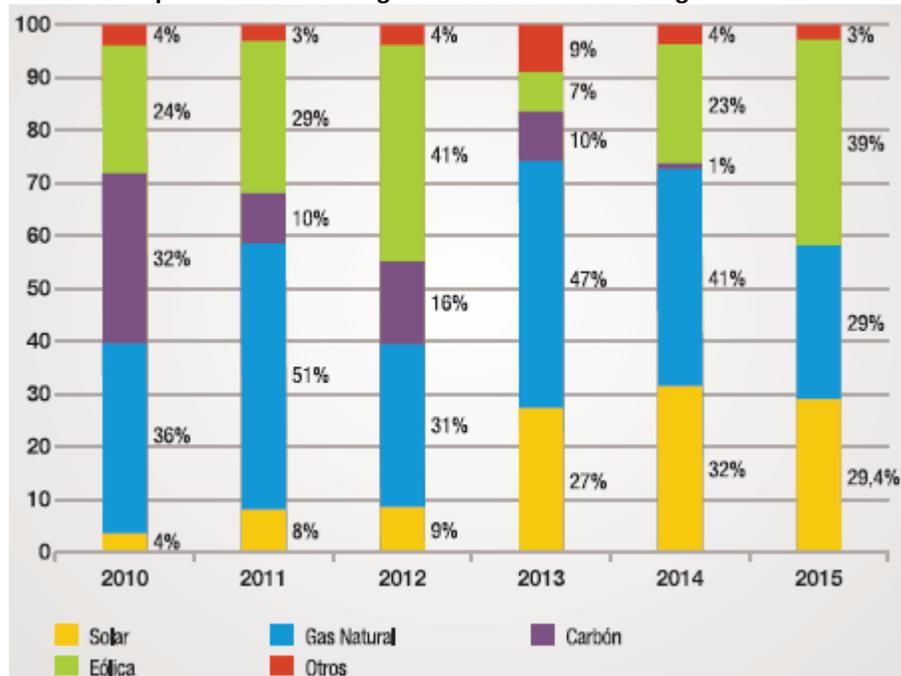
6.5 EVOLUCIÓN DE MERCADOS AMERICANOS

El aumento de la instalación fotovoltaica viene encabezado por Estados Unidos, el cual ocupa el tercer puesto en el escalafón mundial, pues ha alcanzado “37,4 GW acumulados, que generan electricidad para 5,4 millones de hogares”¹⁷⁰, además logro obtener en el 2015, un mayor desarrollo, que el gas en el mix eléctrico del país, la energía eólica. Sin embargo, “estos datos auguran nuevas perspectivas futuras muy esperanzadoras en las que las energías renovables, teniendo la energía fotovoltaica un gran peso, aportarán gran parte de la energía requerida en uno de los países con mayor demanda del planeta”¹⁷¹. Este análisis se expone en la gráfica 15 donde se muestra la aportación de la energía fotovoltaica al mix energético de Estado Unidos.

¹⁷⁰ *Ibíd.*, p. 14

¹⁷¹ *Ibíd.*, p. 15

Gráfica 15. Aportación de la energía fotovoltaica al mix energético de EE.UU.



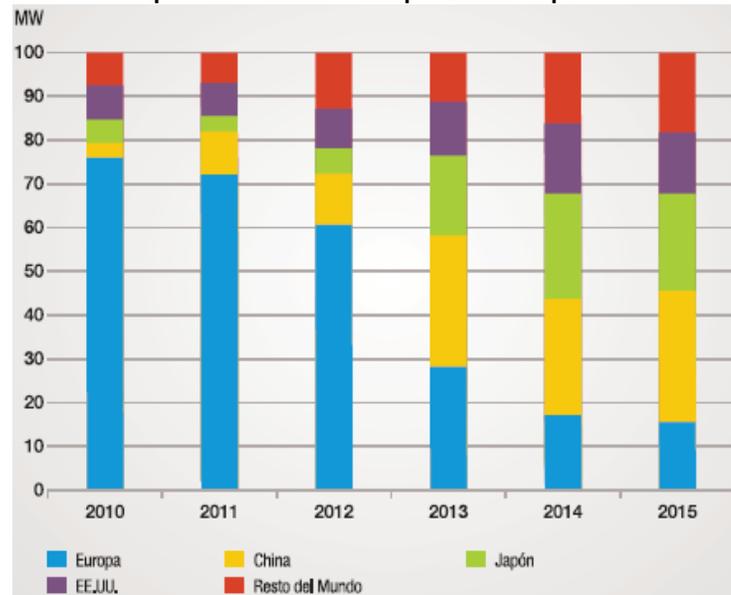
Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica. Informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. p.15. [Consultado 22, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

Otro aspecto importante es que el continente ha tenido un ascenso en la instalación fotovoltaica pero no la que se esperaba para el 2015, no obstante se rescata el gran crecimiento que ha tenido Canadá instalando a 2015, (235 MW).

Como resultado a la evolución del mercado fotovoltaico en el contexto global, la gráfica 16 muestra el aporte fotovoltaico por zona a la potencia instalada global, la cual expone que la potencia instalada total de Europa sigue en descenso en donde “en el 2015 representó el 16% de la energía fotovoltaica mundial, cuando en el 2013, era prácticamente el doble que en la actualidad, el 29%”¹⁷², también muestra el evidente crecimiento de China, y Japón con el 40% y el 23% del total del aporte en la industria, respectivamente, demuestran que juntos alcanzaron añadir más energía fotovoltaica que todo el continente Europeo (12%).

¹⁷² Ibid., p. 10

Gráfica 16. Aportación fotovoltaica por zona a la potencia instalada global



Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica. Informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. p. 11. [Consultado 22, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

En razón a lo expuesto, se puede evidenciar que la energía solar fotovoltaica es una tecnología muy versátil, y que sumado a la reducción en costos, hacen que “el sector fotovoltaico sea un sector competitivo que demuestra, una vez más, que se adapta a las condiciones particulares de cualquier país”¹⁷³.

6.6 SECTOR DEL SILICIO CRISTALINO

Es importante conocer que la reducción de costos en la tecnología fotovoltaica viene dada en gran parte por los avances que ha tenido el silicio cristalino, que es el material semiconductor con mayor uso en las células y módulos fotovoltaicos, pues “continúan dominando el mercado con una cuota del 90%”¹⁷⁴.

Esa reducción se da, según la Unión Española Fotovoltaica¹⁷⁵ por la producción a gran escala de la tecnología y por ahondar en la industria conceptos como

¹⁷³ *Ibid.*, p. 8

¹⁷⁴ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica una alternativa real, informe anual 2015. [Sitio web]. s.f. p. 17. [Consultado 22, Febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

¹⁷⁵ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. Op. Cit., p. 67

emisores más resistivos y selectivos, contactos más estrechos y superficie posterior pasivada mediante dieléctricos, lo cuales ya habían sido revisados experimentalmente en el laboratorio, para visualizar las mejoras tecnológicas que propicien la fiabilidad de la misma.

A través de los estudios, según lo relata la Unión Española Fotovoltaica¹⁷⁶ la eficiencia de las células solares en el laboratorio han sido del 25%, sin embargo a mediados de los 90 estas no superaban el 15%, pero a través de los constantes estudios en la tecnología han logrado para la célula de silicio multicristalino que ahora tenga una eficiencia entre el 17% y 18%, para la célula de silicio monocristalino un eficiencia cerca al 20% y para la célula que pasiva el silicio mediante heterouniones con silicio amorfo supera el 23%.

De la misma forma que se ha dado un salto en eficiencia del rango del 15% al 20% en los últimos años, hay que trabajar para alcanzar el rango del 25%. Algunas tecnologías están ya muy cerca, como se ha comentado, pero las estructuras más convencionales pueden conseguirlo con mejoras en la pasivación de superficies, uso de tecnologías de metalización alternativas a la serigrafía, maximización del atrapamiento de luz, etc¹⁷⁷.

Esas mejoras reflejan, como se ha dicho anteriormente, en la reducción de costos que a su vez, de dan por las “mejoras sustanciales en el resto de eslabones de la cadena de valor del silicio cristalino, como purificación del silicio, crecimiento de lingotes y corte en obleas, y también el modulo fotovoltaico”¹⁷⁸.

La evolución en investigación y desarrollo del silicio cristalino aún tiene bastantes retos como:

- Abrir también una vía de superación del límite de eficiencia del silicio cristalino si se combina con otras tecnologías, formando células tándem, por ejemplo con capas delgadas de CdTe (Telurio de Cadmio) o CIGS (Compuesto químico de Cobre, Indio, Galio y Selenio), o con semiconductores III-V de la familia del GaAs (Arseniuro de Galio).
- Estas mejoras en el proceso de las células solares se beneficiarán del uso de obleas mucho más delgadas, si se afrontan los retos que implica manejar espesores por debajo de 100 micrómetros, y

¹⁷⁶ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. Op. Cit., p. 67

¹⁷⁷ *Ibíd.*, p. 67

¹⁷⁸ *Ibíd.*, p. 67

de la obtención de silicio purificado por vías que conjuguen alta calidad del material con bajo coste.

- El módulo fotovoltaico ha de evolucionar en la misma dirección, tanto en lo que se refiere a los materiales que lo integran como a la filosofía de conexión de las células (por ejemplo, integrando en el plástico encapsulador pistas metálicas a las que soldar o pegar las células)¹⁷⁹

6.7 FABRICACIÓN DE LÁMINAS

El desarrollo de la tecnología fotovoltaica ha llevado a que este tipo de energía tenga un liderazgo de las demás energías renovables, entre otras razones porque ha demostrado versatilidad para su aplicación. Dicha versatilidad se ha posibilitado gracias a la reducción en el tamaño de la lámina fotovoltaica, la cual ha permitido que sea posible la creación de perspectivas comerciales como es la integración fotovoltaica en edificios. Pues el avance en investigación y desarrollo que ha experimentado, posibilita la que los módulos sean flexibles, semitransparentes y de un aspecto estético que disimule su presencia en diversos proyectos, ventaja que posee esta tecnología, pues al contrastar con las demás energías renovables, ninguna ha tenido un desenlace en el diseño que posibilite su variabilidad.

Por ello, la hoja de ruta en la variabilidad de la energía fotovoltaica vendrá dada por las mejoras en el tamaño de la lámina además, es importante tener en cuenta que los

Principales retos con los que se enfrentan las diferentes tecnologías de lámina delgada, y que no son comunes a todas ellas, son: la necesidad de aumentar los ritmos de crecimiento para mejorar las tasas de producción, la mejora de los mecanismos de atrapamiento de luz, la fotoestabilidad, la disponibilidad de materia prima (Te, In, Ga...), el reciclado de módulos en cuya fabricación se usan elementos tóxicos y la extrapolación de procesos de laboratorio hasta la escala industrial¹⁸⁰.

6.8 PERSPECTIVAS COMERCIALES

A través de la evolución en i+D de la energía fotovoltaica se generan diversos campos de aplicación, que promueve ahondar en retos asociados a instalar sistemas fotovoltaicos sin ningún tipo de impedimento. Estos retos se visualizan en generar versatilidad, aumento en el potencial del sistema fotovoltaico y uso de estrategias amigables con el ambiente. Algunos de los retos desarrollados son:

¹⁷⁹ *Ibíd.*, p. 67

¹⁸⁰ *Ibíd.*, p. 76

6.8.1 BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS, BIPV

Es la aplicación de la tecnología fotovoltaica en edificios, es una apuesta a lograr incorporar la tecnología en cascos urbanos con interferencias mínimas en la parte visual y físicamente del espacio donde se instala, de forma que se logre tener edificios con consumo energético casi nulos y se promueva ciudades inteligentes en tópicos energéticos y ambientales.

Cabe resaltar, que “aunque los requisitos técnicos para una buena integración no son excesivos, esta aplicación es más complicada que los tradicionales sistemas en suelo, porque hay que poner de acuerdo a muchos actores, el primero el arquitecto del edificio, pero también el usuario, los diseñadores, y hay que demostrar la versatilidad, la multifuncionalidad y la rentabilidad económica”¹⁸¹.

6.8.2 TECNOLOGÍA ORGÁNICA

En este tipo de tecnologías se utilizan materiales orgánicos, con el interés de hacer prácticas ambientalmente amigables. Estos dispositivos fotovoltaicos radican en cuatro pilares que son:

- 1) El uso de materiales abundantes en la corteza terrestre
- 2) La escasa o nula, en algunos casos, de toxicidad
- 3) El bajo consumo de energía en su fabricación, puesto que solo en uno de los casos se necesitan temperaturas cercanas a 500°C
- 4) El “tiempo de recuperación de energía” relativamente corto en comparación con otras tecnologías si se tiene en cuenta el análisis del ciclo de vida y reciclaje de los componentes¹⁸²

Sin embargo, “en muchos de los casos, los dispositivos fotovoltaicos orgánicos están una fase preliminar de estudio a nivel de laboratorio y en un caso particular, las células solares conocidas como células de colorante o células de Gratzel (en honor a su inventor), ya han dado el salto a la fase pre-industrial”¹⁸³

6.8.3 CONCENTRACIÓN FOTOVOLTAICA

“La idea fundamental de esta tecnología consiste en utilizar un elemento óptico para la captación de la radiación solar, que concentra la luz en un área muy pequeña donde se sitúa la célula solar”¹⁸⁴, posibilitando que se pueda extender la energía captada a través de la célula fotovoltaica. La “tecnología fotovoltaica de

¹⁸¹ *Ibíd.*, p. 72

¹⁸² *Ibíd.*, p. 78

¹⁸³ *Ibíd.*, p. 78

¹⁸⁴ *Ibíd.*, p. 7

concentración ha entrado en el mercado de generación eléctrica en los últimos años, con un crecimiento sostenido que ha dado lugar a una capacidad acumulada superior a los 300 MWp actualmente y una previsión de alcanzar 1 GW antes de 2020”¹⁸⁵.

Según la Unión Española Fotovoltaica¹⁸⁶ el nivel de concentración se determina por la relación que hay entre el área de captación del sistema óptico, denominado (S) y el área de la célula solar, denominada (S’) cuando la relación es menor o igual a 10 se habla de baja concentración, hasta 50 de media concentración y cuando la relación es mayor a 100 se tiene alta concentración.

6.9 TENDENCIAS DEL MERCADO FOTOVOLTAICO

Al conocer la evolución que ha tenido la energía fotovoltaica en el contexto global, se puede vislumbrar que “tiene el potencial de convertirse en un suministrador importante de energía eléctrica, reduciendo las tensiones ambientales, permitiendo el desarrollo humano y asegurando la fuente de electricidad”¹⁸⁷ ya que “distintas fuentes prevén una penetración del mercado de hasta 20-25% de la electricidad mundial en 2050, eso representa que se debe producir 200 GW al año”¹⁸⁸.

En cuanto al desarrollo de todo el sistema fotovoltaico según la Unión Española Fotovoltaica¹⁸⁹ es importante que la investigación y desarrollo se haga de manera interactiva con los diferentes componentes que constituyen el sistema con el objetivo de lograr una mejora completa de la industria. La ruta de investigación además debe ahondar en “nuevos componentes (optimizadores, micro inversores, nuevas tecnologías de almacenamiento desarrolladas para fotovoltaica, componentes para aumentar la seguridad, etc.) para mejorar las prestaciones y fiabilidad y reducir el costo”¹⁹⁰.

En contraste con lo anterior, se fijan unas metas trazables para desarrollar en los próximos años y tener una apropiación en los posibles vacíos que tiene la

¹⁸⁵ *Ibíd.*, p. 80

¹⁸⁶ *Ibíd.*, p. 79

¹⁸⁷ GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES (NAP). *Op. Cit.*, p. 7

¹⁸⁸ *Ibíd.*, p. 20

¹⁸⁹ UNIÓN ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). *La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. Op. Cit.*, p. 71

¹⁹⁰ *Ibíd.*, p. 71

industria, además de generar una integración del sistema fotovoltaico en investigación y desarrollo. Dichas metas son:

- Incrementar la eficiencia de los módulos en al menos un 20% comparado con los niveles de 2015 y al menos 15% para 2030
- Reducir el costo de los proyectos fotovoltaicos en un 20% para 2020 y en 50% para 2030
- Incrementar la vida de los módulos a 30 años para 2035
- Minimizar el impacto ambiental del ciclo de vida de la cadena de valor de los componentes de los módulos
- Promover la realización en masa de edificios de consumo energético casi cero, estableciendo estructuras entre el sector fotovoltaico y los sectores claves de la industria de la construcción
- Desarrollar elementos de integración fotovoltaico en edificios, con aislamiento termal e impermeabilización, que reduzca sus costos adicionales en un 50% para 2020 y en 75% para 2030
- Mejorar los conceptos de producción a gran escala para conseguir capacidades de producción de 20 m²/min para 2020
- Mejorar la automatización de las plantas de producción¹⁹¹

Pues estas metas asegurarán que “la i+D serán siempre más efectivas si se realizan de forma conjunta, consiguiendo suficiente masa crítica en temas bien seleccionados, concretos que supongan grandes avances para el posicionamiento y competitividad del sector”¹⁹².

¹⁹¹ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. Op. Cit., p. 42

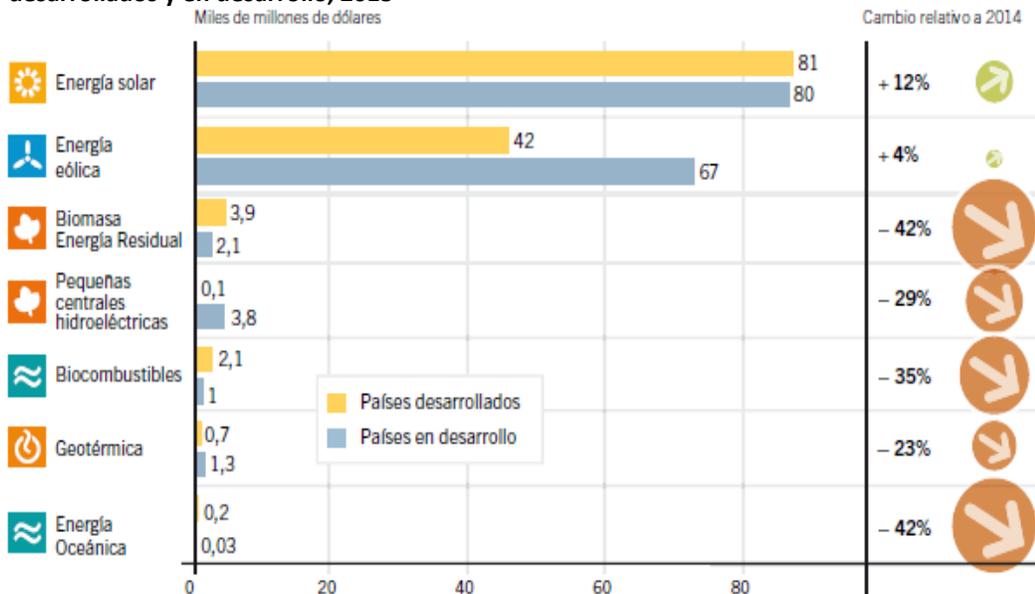
¹⁹² UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. Op. Cit., p. 65

7 BENEFICIOS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

El avance en investigación y desarrollo de la energía solar fotovoltaica, como se demuestra en el capítulo anterior, ha venido experimentado un crecimiento que manifiesta el interés de particulares y gobiernos a invertir, aplicar e incentivar esta tecnología para propiciar mejoras en el ambiente y la sociedad a través de los avances tecnológicos que ésta puede presentar.

Dicho crecimiento de la energía fotovoltaica, ha repercutido de forma positiva en distintos ámbitos (social, económico, ambiental, y tecnológico), haciendo que se genere en cada uno de estos, beneficios que la hacen sostenible y atractiva de inversión. La gráfica 17 muestra las nuevas inversiones mundiales de energía renovable, de la que se extrae que la energía fotovoltaica es la tecnología que roba la atención para los inversionistas, puesto que vislumbra un futuro prometedor por la versatilidad que representa.

Gráfica 17. Nuevas inversiones mundiales de energía renovable por tecnología, en países desarrollados y en desarrollo, 2015



Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST. CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report [Sitio Web]. s.f. [Consultado 6, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

Para la Renewable Energy Policy Network for 21st century¹⁹³, hay una relación estrecha entre el cuidado medioambiental, la reducción de la pobreza, el ascenso

¹⁹³ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST. CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report [Sitio web]. p. 16. [Consultado 6, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

económico y el incremento de la tecnología que no pueden ser tratados por separado pues cada una genera beneficios mancomunados para el planeta Tierra.

7.1 BENEFICIOS AMBIENTALES

Los beneficios que se asocian al ambiente cuando se usa la energía fotovoltaica, son la mitigación del cambio climático, reduciendo emisiones de CO₂, ya que esta energía “al no generar combustión, no se genera contaminantes atmosféricos en el punto de utilización ni se producen efectos como la lluvia ácida o efecto invernadero por CO₂”¹⁹⁴.

En consecuencia para cumplir los objetivos que acordaron los países participantes en la cumbre, según Renewable Energy Policy Network for 21st century¹⁹⁵ es necesario incentivar las energías renovables en distintos países, propiciando diálogos para conocer los enfoques que tienen, como la energía fotovoltaica, y generar proyectos educativos, que al estar interrelacionados cada uno, ocasionarán que se “limite el aumento de la temperatura global a 2 grados centígrados por encima de los niveles pre-industriales”¹⁹⁶.

Pues de no ser así, se generarán mayores incidencias negativas al planeta, porque “la forma en que se produce y se usa la energía hoy en día no es sostenible”¹⁹⁷ y es el factor de riesgo que se presenta actualmente, por ello, se hace necesario impulsar la eficiencia energética para tener la seguridad energética del mundo y mejorar la salud pública, que a su vez “contriuyen considerablemente a reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno y de dióxido de azufre”¹⁹⁸ y combatir el cambio climático.

La energía solar fotovoltaica es la energía llamada a propiciar la transición energética que viene experimentado el mundo, ya que esta energía es la que menos efectos negativos genera y además porque su versatilidad en la instalación permite que pueda estar presente en diferentes escenarios y satisfacer las múltiples necesidades que se presentan alrededor de éste fenómeno. Por lo que

¹⁹⁴ BAYOD. Op. Cit., p. 16

¹⁹⁵ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST. CENTURY (REN 21). Op. cit., p. 16

¹⁹⁶ *Ibíd.*, p. 16

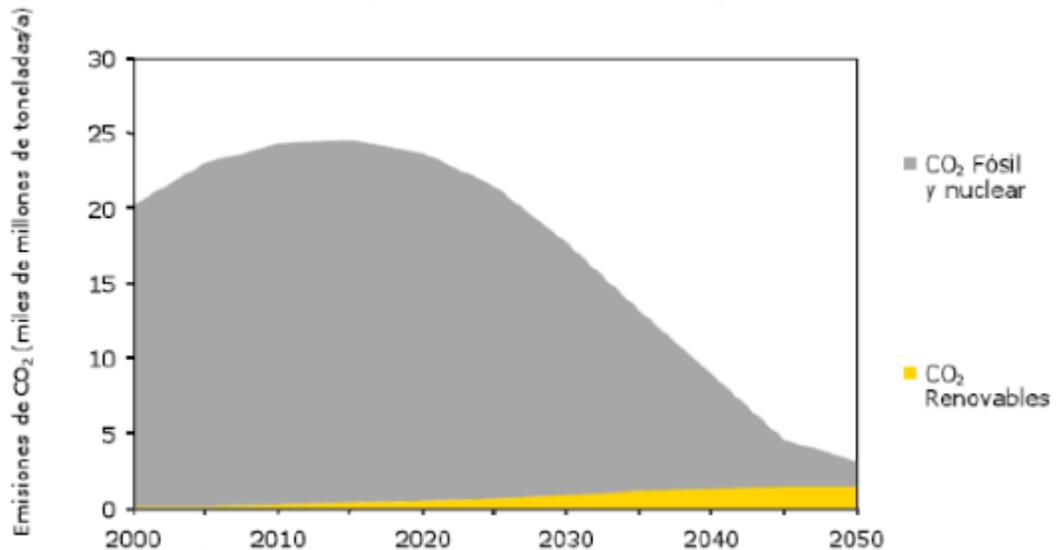
¹⁹⁷ MARTÍNEZ, Alberto. Energía solar fotovoltaica integrada en la edificación: modelizado y análisis del efecto de sombreado en la captación de radiación. [En línea]. Tesis doctoral en innovación en ingeniería de producto y procesos industriales. España: Universidad de la Rioja. Departamento de ingeniería mecánica, 2016. 56 p. [Consultado 6, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=11361607>

¹⁹⁸ *Ibíd.*, p. 56

su aplicación llevaría al 2050 a una “disminución de un 80% de las emisiones relacionadas con el uso de energía respecto a los niveles de 1990”¹⁹⁹.

Lo anterior, se muestra en la gráfica 18 la cual expone la evolución total de las emisiones por energía, tanto en el escenario energético en CO₂ equivalente como en un escenario de evolución a una energía 100% renovable en 2050.

Gráfica 18. Emisiones de CO₂ equivalente en un escenario energético 100% renovable



Fuente: MARTÍNEZ, Alberto. Energía solar fotovoltaica integrada en la edificación: modelizado y análisis del efecto de sombreado en la captación de radiación. [En línea]. Tesis doctoral en innovación en ingeniería de producto y procesos industriales. España: Universidad de la Rioja. Departamento de ingeniería mecánica, 2016. 56 p. [Consultado 6, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=11361607>

Otra estrategia importante para mitigar el cambio climático a través de la energía fotovoltaica es hacer uso de las “cuñas de estabilización” que “muestran cómo podrían controlarse las emisiones de CO₂”²⁰⁰ a través de 15 medidas que al combinar siete de estas (sin importar cuales) se podría reducir una Giga Tonelada de carbono y conservar la cantidad actual de CO₂ hasta el 2054. El cuadro 12 lista las cuñas de carbono y las estrategias que deben ser realizadas para conseguir la estabilización y/o reducción de las emisiones de CO₂.

¹⁹⁹ *Ibíd.*, p. 56

²⁰⁰ ANSARIZADEH MEHDI, *et al.* El dióxido de Carbono: Desafíos y oportunidades. [En la web]. Oilfield review 27, No. 2: Schlumberger. Septiembre de 2015. p. 46. [Consultado 6, Marzo, 2017]. Disponible en: http://www.slb.com/resources/publications/industry_articles/oilfield_review/2015/or2015_sp_sept04-co2.aspx

Cuadro 12. Cuñas de estabilización del carbono y estrategias para reducir las emisiones de CO₂ en la atmosfera terrestre

Cuña de carbono	Estrategia
Eficiencia	Duplicar la eficiencia de los combustibles de 2 000 millones de automóviles, para que pase de 13 a 25 km/l [30 a 60 mi/galón US].
	Reducir a la mitad la distancia recorrida por los automóviles que utilizan combustibles fósiles.
	Utilizar las mejores prácticas de eficiencia energética en todos los edificios residenciales y comerciales.
	Producir electricidad a base de carbón que duplique la eficiencia actual.
Sustitución de combustibles	Reemplazar las 1 400 centrales eléctricas operadas a carbón por plantas operadas a gas natural.
Captación y almacenamiento de carbono	Captar y almacenar las emisiones para 800 centrales eléctricas operadas a carbón.
	Producir hidrógeno a partir del carbón con una tasa seis veces superior a la tasa actual y almacenar el CO ₂ captado.
	Captar el carbono de 180 plantas de conversión de carbón a combustible sintético y almacenar el CO ₂ captado.
Energía nuclear	Duplicar la capacidad nuclear global actual para reemplazar la electricidad a base de carbón.
Energía eólica	Incrementar la electricidad generada por el viento para que sea 10 veces superior a la tasa actual, lo que ha de lograrse con un total de 2 millones de molinos.
Energía solar	Incrementar la electricidad generada a partir de la radiación solar para aumentar 100 veces su capacidad actual.
	Utilizar 40 000 km ² [15 000 mi ²] de paneles solares para producir hidrógeno para automóviles que utilicen celdas de combustible.
Biomasa	Incrementar la producción de etanol a partir de biomasa en un factor de 12 utilizando granjas con una superficie equivalente a una sexta parte de las tierras agrícolas de todo el mundo.
Sumideros naturales	Eliminar la deforestación tropical.
	Adoptar la práctica de la labranza de conservación en todos los suelos agrícolas del mundo.

Fuente: ANSARIZADEH MEHDI, *et al.* El dióxido de Carbono: Desafíos y oportunidades. [En la web]. Oilfield review 27, No. 2: Schlumberger. Septiembre de 2015. p. 46. [Consultado 6, Marzo, 2017]. Disponible en: http://www.slb.com/resources/publications/industry_articles/oilfield_review/2015/or2015_sp_sept04-co2.aspx

7.2 BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS

Gracias al incremento de las inversiones en la industria fotovoltaica que para el 2015, según la Unión Española Fotovoltaica²⁰¹ era de 161 millones de dólares, se han generado puestos de empleo que benefician a la sociedad. Pues “la energía

²⁰¹ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica una alternativa real, informe anual 2015. Op. Cit., p. 24

fotovoltaica por su naturaleza, es la tecnología que más empleos generó a nivel global²⁰², como se puede observar en la tabla 2 que representa el estimado de empleos directos e indirectos de las energías renovables a nivel mundial, la cual constata lo anterior. Además muestra que los empleos fotovoltaicos están liderados en China, con 1652 empleos, es decir genera el 59,6% de los empleos mundiales de la industria fotovoltaica, generado en gran parte por el crecimiento en investigación y desarrollo que ha experimentado en los últimos años.

Tabla 2. Estimado de empleos directos e indirectos en energía renovable a nivel mundial, por industria

	Mundo	China	Brasil	Estados Unidos	India	Japón	Bangladesh	Unión Europea ¹		
								Alemania	Francia	Resto de UE
MILES DE TRABAJOS										
 Energía solar fotovoltaica	2.772	1.652	4	194	103	377	127	38	21	84
 Biocombustibles líquidos	1.678	71	821 ^e	277 ^f	35	3		23	35	47
 Energía eólica	1.081	507	41	88	48	5	0,1	149	20	162
 Calentamiento y enfriamiento solar	939	743	41 ^d	10	75	0,7		10	6	19
 Biomasa sólida ^{a,g}	822	241		152 ^e	58			49	48	214
 Biogás	382	209			85		9	48	4	14
 Energía hidráulica (pequeñas) ^h	204	100	12	8	12		5	12	4	31
 Energía geotérmica ^h	160			35		2		17	31	55
 CSP	14			4				0,7		5
Total	8.079^h	3.523	918	769	416	388	141	355ⁱ	170	644^k

Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST. CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report [Sitio Web]. s.f. p. 30. [Consultado 7, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

Al mismo tiempo “una de las bondades de la tecnología fotovoltaica es la creación de empleo de alta cualificación”²⁰³ debido a que se han creado empresas que abarcan los diferentes eslabones de la cadena de valor de la industria, que permiten acceder al crecimiento de la tecnología, y a aumentar la mano de obra calificada, la cual debe estar con disposición a la capacitación constante que vaya a la vanguardia de las necesidades que exige el mercado.

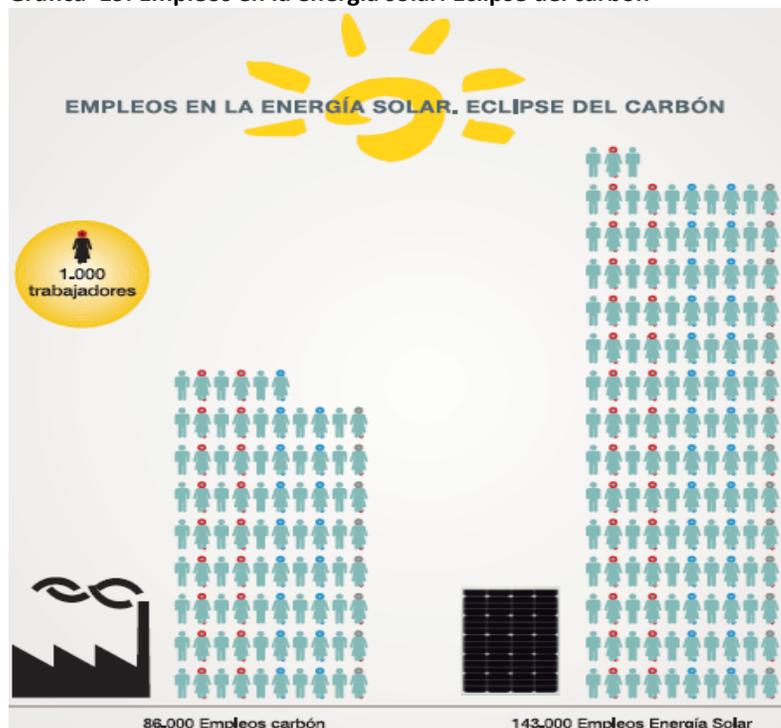
Unos datos adicionales relevantes son, que en el “2014 se crearon en el mercado norteamericano alrededor de 160.000 empleos relacionados con la tecnología fotovoltaica. Más de dos tercios estuvieron relacionados con la construcción de nuevas instalaciones, pero también fueron destacados los crecimientos de empleo

²⁰² UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica una alternativa real, informe anual 2015. Op. Cit., p. 14

²⁰³ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. Op. Cit., p. 25

en manufactura de placas fotovoltaicas y equipos”²⁰⁴. Además que se empleó más gente en la energía fotovoltaica que en el carbón. Esta transición experimentada en el empleo se puede ver en la gráfica 19, que describe gráficamente los empleos en la energía fotovoltaica (143.000 empleos), es decir el 62,44%; versus los empleos en el carbón (86.000) que representa el 37,56%. Y mediante la gráfica 20 se puede observar el liderazgo de la energía solar fotovoltaica sobre los combustibles líquidos (convencionales petróleo, carbón y gas), con 2495 empleos.

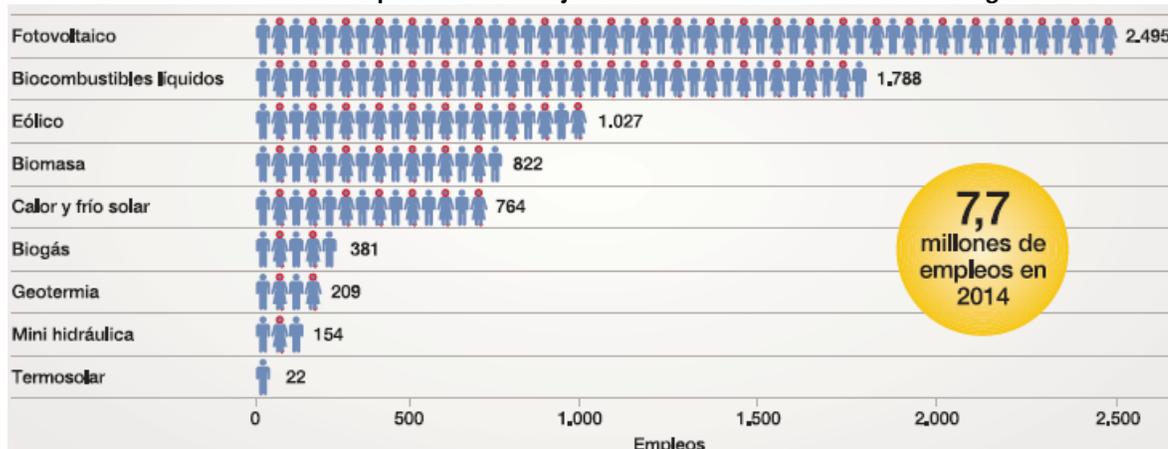
Gráfica 19. Empleos en la energía solar. Eclipse del carbón



Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica una alternativa real, informe anual 2015. [Sitio web]. s.f. p. 17. [Consultado 7, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

²⁰⁴ UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica una alternativa real, informe anual 2015. Op. Cit., p. 14

Gráfica 20. Número estimado de puestos de trabajo relacionados con las diferentes energías renovables



Fuente: UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica una alternativa real, informe anual 2015. [Sitio web]. s.f. p. 17. [Consultado 7, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

“A nivel global, los próximos años auguran un gran crecimiento del empleo fotovoltaico, sobre todo en áreas relacionadas con la actividad de satisfacción del cliente como son el servicio postventa. Un crecimiento que se dará no sólo gracias a la construcción de grandes plantas fotovoltaicas en todo el mundo, sino especialmente al desarrollo de instalaciones de generación distribuida”²⁰⁵.

7.3 BENEFICIOS TECNOLÓGICOS

A través de la energía solar fotovoltaica se han beneficiado millones de personas gracias a los avances tecnológicos que se adelantan en la industria, pues un atractivo de esta tecnología es que es una herramienta adecuada para que los gobiernos puedan generar acciones que incidan en el cumplimiento del objetivo de “limitar el aumento de la temperatura global a 2 grados centígrados al tiempo que se aumenta el acceso a la energía”²⁰⁶, debido a que es una tecnología que se adecua a diferentes ambientes climatológicos, estructurales y geográficos lo que facilita su incorporación.

Por medio de esta tecnología se ha posibilitado que se atienda a la prioridad internacional, la cual es que los “1400 millones de personas que no tienen acceso a una fuente de electricidad fiable”²⁰⁷ la tengan y además, que la “quinta parte de la población mundial que aún no tienen acceso a una fuente de electricidad

²⁰⁵ *Ibíd.*, p. 15

²⁰⁶ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST. CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report. Op. Cit., p. 16

²⁰⁷ MARTÍNEZ., Op. Cit., p. 58

fiable”²⁰⁸ pueda tener el acceso que se requiere y necesitan. Además es importante conocer que “en los países en desarrollo, principalmente, el uso de las energías renovables distribuidas es una herramienta que permite intensificar el acceso a la energía, especialmente en zonas rurales; en el caso de los países desarrollados, este uso se da en respuesta a la demanda de autosuficiencia al deseo de contar con electricidad más confiable para aquellos conectados a la red”²⁰⁹.

Lo anterior, describe otra razón que se atribuye a la tecnología fotovoltaica para ser la energía renovable líder que propicia un desarrollo sostenible para el planeta Tierra, de modo que esta tecnología relega a los combustibles fósiles e incentiva la transición energética de forma que los “combustibles fósiles tendrán que ser resguardadas en el suelo, y tanto la energía renovable como la eficiencia energética tendrán que replicarse drásticamente”²¹⁰.

Al mismo tiempo, otro beneficio es que muchos países pueden “reducir el costo de la importación de la energía, adoptando tecnologías de la energía renovable en pequeña escala que sean ya competitivas”²¹¹. Como respuesta a ello, se ha desarrollado una integración de la energía solar fotovoltaica a las edificaciones, donde se desprende dos grandes ramas:

BAPV: Building Attached Photovoltaics, que “consiste en añadir productos tradicionales fotovoltaicos en los edificios, en la mayoría de los casos se trata de soluciones tipo paneles sobre estructura fija anclada en cubierta de edificio o en fachada”²¹².

BIPV: Building Integrated Photovoltaics, “proporciona una solución técnica (generación de energía) en armonía con el edificio existente; puede ser mediante la sustitución de materiales de la envolvente por superposición”²¹³.

Haciendo lo anterior, que los edificios sean autosuficientes energéticamente y sostenibles con el medio ambiente, logrando verter energía a la red eléctrica nacional y ganar retribuciones económicas al adoptar estas medidas.

²⁰⁸ *Ibíd.*, p. 58

²⁰⁹ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST. CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report. Op. Cit., p. 17

²¹⁰ *Ibíd.*, p. 16

²¹¹ MARTÍNEZ., Op. Cit., p. 58

²¹² *Ibíd.*, p. 44

²¹³ *Ibíd.*, p. 44

Se debe agregar que otra medida que beneficia el planeta a través de la energía solar fotovoltaica, es la apuesta tecnológica en los automóviles, pues aunque actualmente no haya un desarrollo masivo, por falta de i+D, se espera que haya un “sistema de transporte potencializado de electricidad” encaminado a que el vehículo “adquiera la electricidad de paneles solares para hacerlo libre de carbono”²¹⁴, fomentando que más industrias encaminen sus esfuerzos en propiciar acciones sostenibles con el medio ambiente.

Según Xataka²¹⁵ en su página web anuncia que Tesla, ha empezado a desarrollar un prototipo para utilizar la tecnología fotovoltaica en sus modelos automovilísticos eléctricos, de tal forma que los automóviles adquieran su electricidad a través de paneles solares que pondrán en el techo del mismo. Sin embargo esta afirmación no ha sido confirmada por los representantes de Tesla.

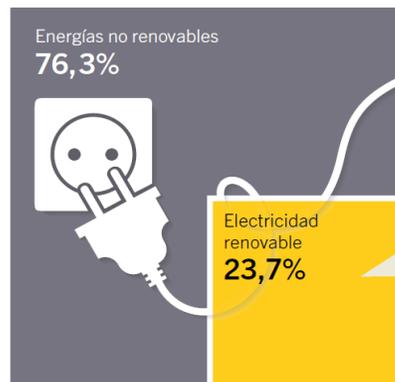
²¹⁴ BROWN. Op. Cit., p. 37

²¹⁵ Tesla también utilizara el cristal especial de sus techos solares en los coches Model 3. [Página web]. Xataka, 2, Noviembre, 2016. [Consultado 8, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/energia/tesla-tambien-utilizara-el-cristal-especial-de-sus-techos-solares-en-los-coches-model-3>

8 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA A TARVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES

La generación de electricidad viene encabezado por las fuentes no renovables de energía, como se puede visualizar en la figura 17 la cual expone que los combustibles fósiles representan el 76,3% de la participación en la producción de electricidad a nivel mundial y el restante a las energías renovables con un 23,7%.

Figura 17. Participación estimada de energía renovable en la producción de electricidad a nivel mundial, finales de 2015

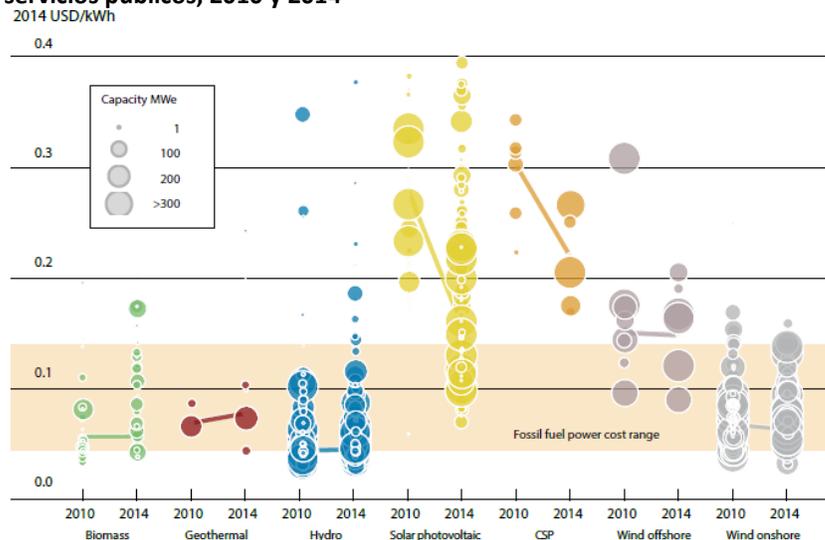


Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST. CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report [Sitio web]. p.18. [Consultado 10, Abril, 2017]. Disponible en: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

Además demuestra que la participación de las energías renovables es mayor con respecto a años anteriores, como estrategia adoptada en los países desarrollados a respaldar la seguridad energética y en los países en desarrollo a garantizar el acceso a la energía.

Dicha distribución, en el panorama actual, presenta cambios históricos con respecto a los precios que cada una estima en la comercialización de energía eléctrica. Pues las energías renovables como la Biomasa, Geotérmica, Eólica en tierra, y la hidroeléctrica, han llegado a tener precios menores que los presentados por los combustibles fósiles, lo que hace que sean energías competitivas. El gráfico 21 muestra los precios de generación de electricidad por cada tecnología en comparación con la franja a lo largo de la figura que evidencia el rango de precio de los combustibles fósiles, donde se hace evidente la competitividad de las tecnologías anteriormente descritas. Igualmente, expone que la energía fotovoltaica está cercana a experimentar precios más bajos que los convencionales, dado a que su LCOE (Costo nivelado de energía) se ha reducido a la mitad para el 2015.

Gráfica 21. Costo nivelado de electricidad de las tecnologías renovables a escala de servicios públicos, 2010 y 2014



Fuente: INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Renewable power generation costs in 2014. [Sitio web]. Enero, 2015. p. 12. [Consultado 10, Abril, 2017]. Disponible en: <http://www.irena.org/Publications/ReportsPaper2014New.aspx?mnu=cat&PriMenuID=36&CatID=141&type=all>

En razón a lo anterior, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático²¹⁶, expone en su informe, los comportamientos que han tenido los precios y las tendencias que se esperan de las energías renovables, como fuentes productoras de electricidad. Por esto, se narra el contexto de cada una, tomando la base conceptual que expone el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Además se debe tener en cuenta que la estimación de los precios se hace con base a un índice llamado Costo Nivelado de Energía (LCOE, por sus siglas en inglés) que ha sido explicado en otro capítulo.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

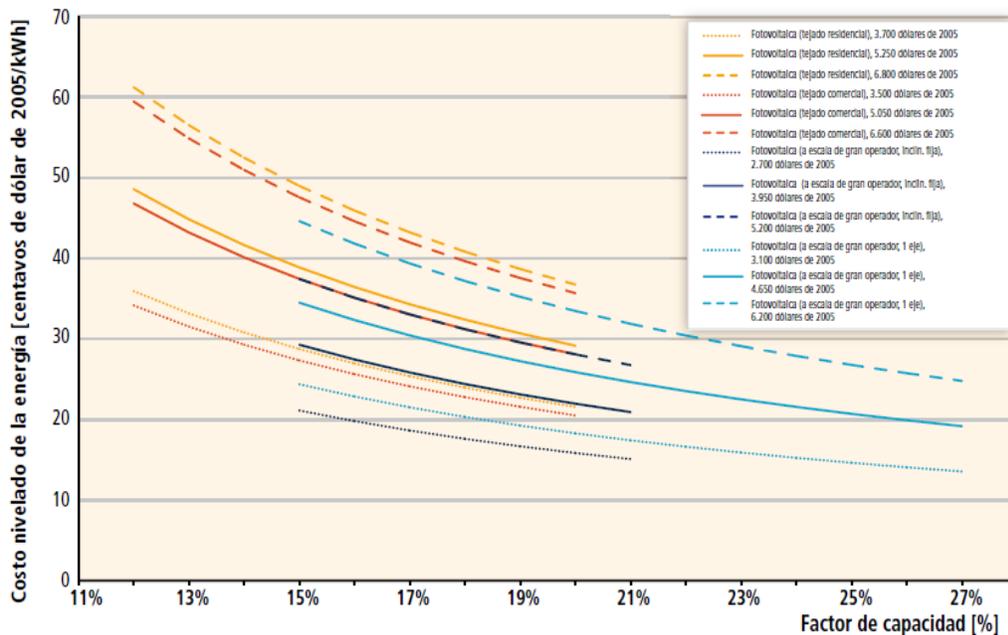
Esta tecnología ha disminuido en más de diez veces su precio en los últimos 30 años, asociado al aumento en investigación y desarrollo, políticas públicas y subvenciones que estimulan su implementación. Dicho precio, depende de la ubicación geográfica, para saber si se tiene en mayor o menor proporción el recurso (radiación solar) y de la ecuación del costo nivelado de energía (LCOE) que a su vez depende, de los costos de inversión, de cada componente del sistema, la mano obra en instalación, funcionamiento y mantenimiento, etc. A

²¹⁶ GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Informe especial de IPCC: Fuentes de energía renovables y mitigación de cambio climático. [Página web]. [Consultado 10, Abril, 2017]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

través de la gráfica 22 se evidencia el costo novelado de energía para las diferentes tecnologías fotovoltaicas, en función de su porcentaje de capacidad y de su inversión inicial, de donde se extrae que la tecnología fotovoltaica residencial en tejado con inversión de 6.800 dólares posee el mayor costo variando entre 62 a 37 centavos de dólar de 2005 por KWh, y además, que la tecnología fotovoltaica a escala de gran operador con una inversión de 2.700 dólares posee el costo más bajo entre 21 y 14 centavos de dólar de 2005 por KWh.

Además es importante conocer que el “LCOE de la energía fotovoltaica está en el rango de 0.074 y 0.92 centavos de dólar por KWh”²¹⁷.

Gráfica 22. Costo nivelado de energía por tecnología fotovoltaica



Fuente: GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Informe especial de IPCC: Fuentes de energía renovables y mitigación de cambio climático. [Página web]. p. 70 [Consultado 10, Abril, 2017]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

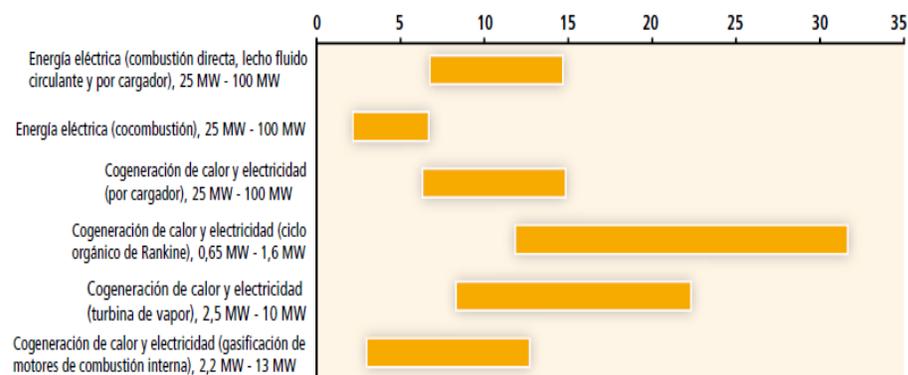
BIOMASA

Para esta tecnología se deben tener mejoras considerables en el rendimiento de las tecnologías, en la investigación y desarrollo que ésta demanda, debido al descenso que ha venido experimentando en gran parte por los impactos negativos que le proporciona al medio ambiente, haciendo a su vez, que se eliminen las subvenciones en su aplicación, los cuales generan un factor negativo ya que estas

²¹⁷ *Ibíd.*, p. 68

ayudas se hacen necesarias para su desarrollo económico, su LCOE, se data en un rango de 0.9 y 16 dólares por GJ (Giga Julios). La gráfica 23 muestra los costos nivelados de energía de la Biomasa para sus distintas tecnologías, donde se demuestra que la cogeneración de calor y electricidad en el ciclo orgánico de Rankine posee los costos más altos, y en el caso de la producción de energía eléctrica a partir de la cocombustión, posee los costos más bajos, de donde se puede inferir que producir energía eléctrica a partir de esta tecnología puede representar precios más bajos.

Gráfica 23. Costo nivelado de energía para diferentes tecnologías de la Biomasa
[Centavos de dólar de 2005/kWh]



Fuente: GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Informe especial de IPCC: Fuentes de energía renovables y mitigación de cambio climático. [Página web]. p. 55 [Consultado 11, Abril, 2017]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

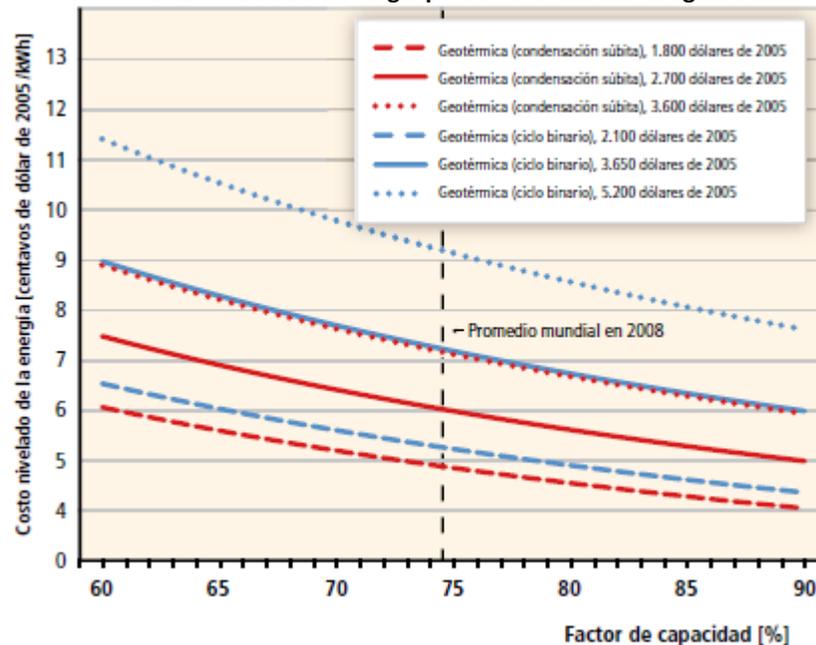
ENERGÍA GEOTÉRMICA

Establece que sus precios varían en función del proyecto a realizar, puesto que usualmente los proyectos requieren de gran inversión inicial, puesto que se debe hacer exploración para confirmar el recurso, perforar pozos de producción e inyección, configurar las instalaciones en superficie y la infraestructura requerida y asentar la central eléctrica, además porque esta tecnología carece de investigación y desarrollo y sobre todo la demostración que asevere la curva de aprendizaje.

Su LCOE a 2014, estaba entre 3.1 y 17 centavos de dolar por kWh y se espera que las estimaciones de las posibles reducciones en el precio se den gracias a cambios en el diseño y a los avances técnicos que se desarrollen en toda la cadena de valor. La gráfica 24 manifiesta el costo novelado de energía geotérmica en función del factor de capacidad y del costo de explotación y mantenimiento, teniendo como referente que “a nivel mundial, el factor de capacidad de las

plantas geotérmicas fue, en promedio, del 74,5%”²¹⁸. El costo menor lo posee la tecnología geotérmica de condensación súbita con costo de 1.800 dólares y el costo mayor se asocia a la tecnología geotérmica de ciclo binario con costo de 5.200 dólares.

Gráfica 24. Costo nivelado de energía para diferentes tecnologías Geotérmicas



Fuente: GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Informe especial de IPCC: Fuentes de energía renovables y mitigación de cambio climático. [Página web]. p. 78 [Consultado 11, Abril, 2017]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

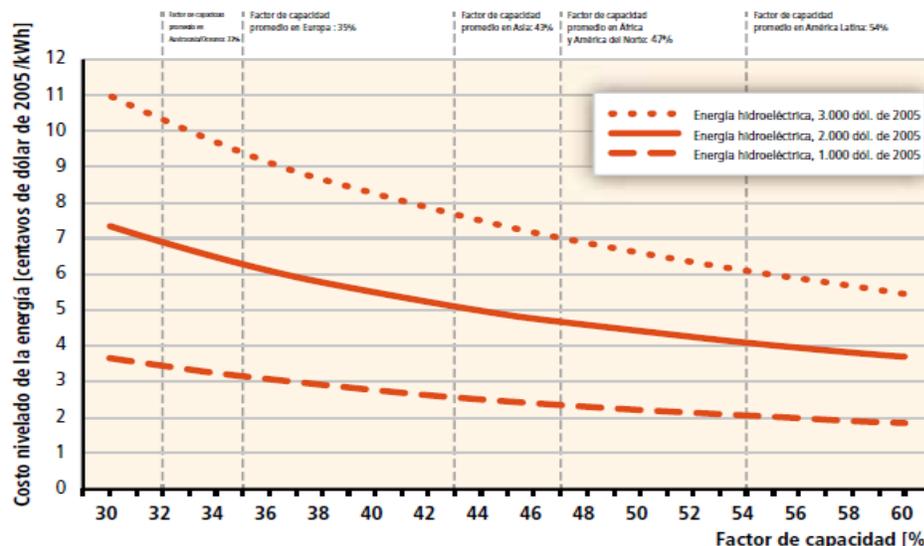
Su costo de producción de energía varía según el proyecto a realizar. Teniendo en cuenta que requiere de una acreciente inversión inicial, los costos de mantenimiento y funcionamiento son muy bajos y su ciclo de vida es largo, la hace una tecnología competitiva en términos económicos de los precios del mercado. Una limitación, que no impide su desarrollo, pero si incrementa costos por el tiempo, es que se debe obtener licencias para construir la planta, controlar la calidad del agua y desarrollar el montaje que requiere. También es importante conocer que ha venido experimentando descensos en su uso debido a los impactos medioambientales que produce, como por ejemplo el impacto negativo en “peces, fauna y flora silvestre, en los paisajes recreativos, históricos y arqueológicos”²¹⁹. Su LCOE está en un rango de 1,1 y 1,5 centavos de dólar por

²¹⁸ *Ibíd.*, p. 77.

²¹⁹ *Ibíd.*, p. 84.

KWh y se estima que en el futuro llegará a valores entre 3 y 5 centavos de dólar por KWh. Este aumento se asocia, a los impactos medioambientales que acarrea. La gráfica 25 muestra el costo nivelado de la energía Hidroeléctrica en función del factor de capacidad y del costo de inversión, además teniendo valores referentes promediados del factor de capacidad de Australia y Oceanía (32%), Europa (35%), Asia (43%), África y Norte América (47%) y América Latina (54%); de donde se evidencia que el costo mayor es para hidroeléctricas con costo de inversión de 3.000 dólares y el costo menor es para hidroeléctricas con costo de inversión de 1.000 dólares.

Gráfica 25. Costo nivelado de energía Hidroeléctrica con base al costo de inversión



Fuente: GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Informe especial de IPCC: Fuentes de energía renovables y mitigación de cambio climático. [Página web]. p. 86. [Consultado 12, Abril, 2017]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

ENERGÍA OCEÁNICA

Esta tecnología no ha alcanzado el grado de madurez que las anteriores han experimentado, debido a la ausencia de investigación y desarrollo con apoyo gubernamental y a incentivos mediante políticas nacionales, haciendo que los mercados comerciales no se interesen en impulsar el desarrollo de esta tecnología.

Lo anterior, dificulta evaluar la viabilidad económica que puede tener, ya que para hacer alguna estimación en la mayoría de los casos, los parámetros de costos y rendimiento están basados en datos dispersos, debido a que no se datan publicaciones revisadas.

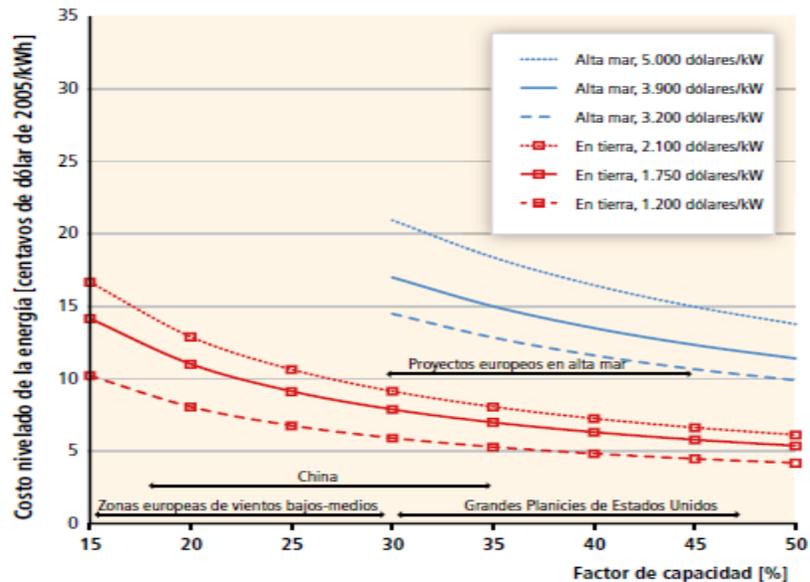
Teniendo en cuenta lo anterior, el LCOE que se ha estimado, aún con los vacíos que tiene la tecnología está entre 13 y 32 centavos de dólar por Kwh. Y se espera que costo disminuya con el tiempo a medida que progresen las actividades de investigación y desarrollo y la demostración e implementación de la misma.

ENERGÍA EÓLICA

El costo de ésta energía está en función del lugar donde se ubica la planta, ya que de acuerdo a la producción de energía anual que puede producir, se puede conocer el rendimiento de la planta y así estimar el LCOE para conocer el precio por KWh de energía. De acuerdo a la madurez de esta energía, ha logrado tener reducciones en los precios en los últimos años, pero se ha visto limitada por la falta de políticas que permitan la implementación en diferentes países que poseen buenas condiciones en cuanto al recurso principal (el viento).

En consecuencia, se estima que el costo nivelado de energía eólica en tierra para regímenes de viento entre favorables y excelentes representa en promedio entre 5 y 10 centavos de dólar por KWh y para regímenes con escasez de recurso se estima 15 centavos de dólar por KWh; Además el costo nivelado de energía eólica para aguas adentro se estima en una rango de 10 a más de 20 centavos de dólar por KWh, teniendo en cuenta que la estimación está hecha para centrales construidas en los últimos años y en agua someras (poco profundas). El comportamiento del LCOE para cada tecnología (en tierra y alta mar) se puede evidenciar en la gráfica 26, donde se expone el comportamiento del LCOE en función del factor de capacidad y del costo de inversión. A su vez, la figura ratifica que los costos en tierra son más bajos con respecto a las centrales en alta mar y que a mayor factor de capacidad se reducen los costos.

Gráfica 26. Costo nivelado de energía eólica



Fuente: GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Informe especial de IPCC: Fuentes de energía renovables y mitigación de cambio climático. [Página web]. p. 102. [Consultado 13, Abril, 2017]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

La proyección para esta energía en cuanto a su LCOE, con base a la investigación y desarrollo, pruebas técnicas y la experiencia obtenida de la misma, donde “se prevé que se reduzca para la tecnología en tierra en un 10% a 30% y para la tecnología aguas adentro en un 10% al 40% de aquí al 2020”²²⁰.

Finalmente es importante tener en cuenta que:

La electricidad procedente de instalaciones eólicas terrestres tiene un coste de 0,05 \$/KWh, mientras que para el caso de las instalaciones convencionales fósiles el intervalo es de 0,045 a 0,14 \$/KWh. Si se compara con la electricidad de instalaciones solares fotovoltaicas, el coste de generación es de 0,08 \$/KWh, teniendo todavía margen de reducción de dicho costo como consecuencia de los continuos avances producidos en eficiencia de los paneles.

Los sistemas que aprovechan la radiación solar para la generación eléctrica tienen un coste actualmente 70% por debajo de lo que lo tenían en el año 2008, de ahí que la generación eléctrica para autoconsumo está siendo una auténtica realidad en muchas zonas del planeta²²¹

²²⁰ *Ibíd.*, p. 101

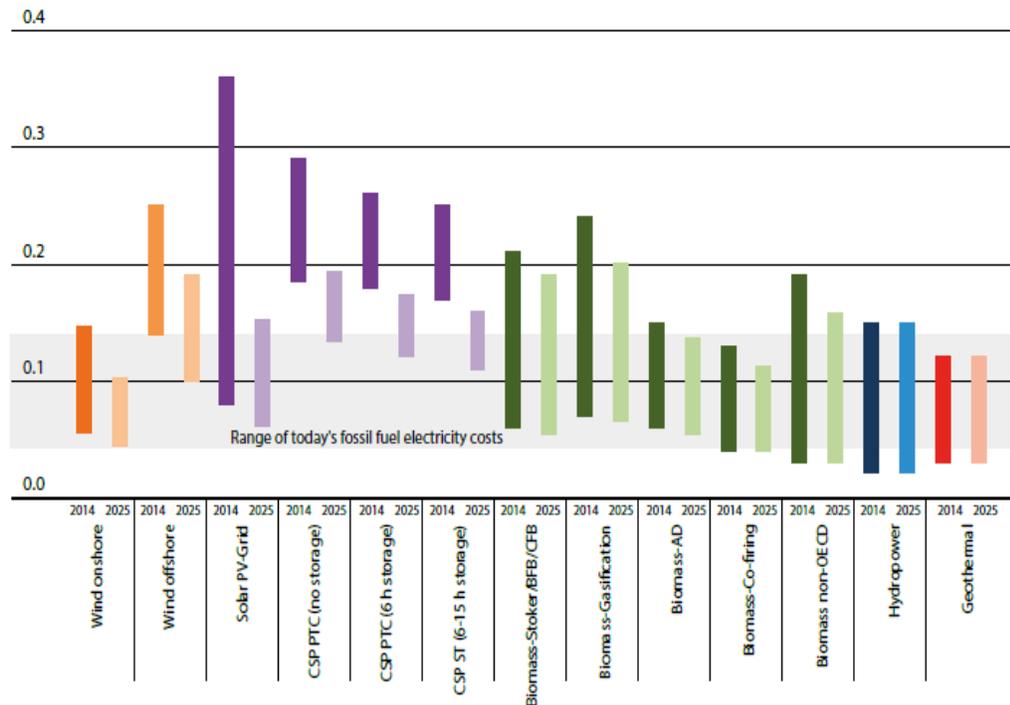
²²¹ IMF BUSINESS SCHOOL. Los costos de las energías renovables. [Página web]. s.f. [Consultado 13, Abril, 2017]. Disponible en: <http://www.imf-formacion.com/blog/energias-renovables/noticias/los-costes-de-las-energias-renovables/>

Además que la reducción de costos en las energías renovables las han hecho más competitivas incluso en aquellas zonas donde hay grandes reservas de combustibles fósiles como el Oriente Medio, en donde han invertido en investigación, desarrollo e implementación de energías renovables.

De igual forma para concluir, la gráfica 27 muestra los alcances del costo nivelado de energía por cada tecnología de energía renovable comparando el año 2014 y la proyección estimada para 2025, la cual presenta la gama de costos, de donde se extrae que el LCOE, según International Renewable Energy Agency²²², para la energía eólica en tierra no cambiará significativamente debido a que actualmente ya cuenta con costos muy competitivos en el mercado, sin embargo de acuerdo a donde se construyan centrales podrá reducir significativamente el LCOE; para la energía fotovoltaica el LCOE disminuirá de un rango del 0,08 – 0,36 dólares por KWh en 2014 al rango de 0,06 – 0,15 dólares por KWh en 2025, haciendo que esta tecnología sea cada día más competitiva alcanzando una gran escala de utilidades que abaraten los precios, además alcanzará estar dentro del rango de los precios de los combustibles fósiles demostrando que será una tecnología que fomentará la transición energética; y para las tecnologías de biomasa e hidroeléctricas los costos no tendrán cambios significativos, y podrán aumentar los costos, debido a que en el mercado aparecen alternativas más baratas, fáciles de implementar y con más beneficios ambientales.

²²² INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Renewable power generation costs in 2014. Traducido por el autor. [Sitio web]. Enero, 2015. [Consultado 13, Abril, 2017]. Disponible en: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf

Gráfica 27. Rango de LCOE por tecnología de generación de energía renovable 2014,2025
2014 USD/kWh



Fuente: INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Renewable power generation costs in 2014. Traducido por el autor. [Sitio web]. Enero, 2015. p. 146. [Consultado 13, Abril, 2017]. Disponible en: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf

9 MEGAPROYECTOS FOTOVOLTAICOS

Gracias a la investigación y desarrollo adelantado en la energía solar fotovoltaica, se ha logrado reducir precios y aumentar eficiencias en la aplicación de la tecnología. Estos factores propician un ambiente seguro para generar inversión que amplíen los campos de acción de esta industria, haciendo que se establezcan retos a la hora de promover proyectos que se abastezcan de la radiación solar para transformarla en electricidad, a través de los paneles solares. A continuación se mostrarán algunos de los megaproyectos fotovoltaicos alcanzados por entes gubernamentales y/o privados, que se han desarrollado a nivel mundial y que han tenido gran relevancia en su creación.

• ESTADIO SOLAR EN TAIWAN

Este proyecto se llevó a cabo por el arquitecto japonés Toyo Ito, en la ciudad de Kohsiung en Taiwan, para crear un escenario para los *World Games* de 2009, fue “el primer estadio en funcionar totalmente a través de energía solar, gracias a los miles de paneles solares que cubren el estadio”²²³, alrededor de unos “14.155 metros cuadrados”²²⁴. Su principal característica es “la sustentabilidad que logra gracias a la eficiencia energética con que cuenta”²²⁵ pues los “3.300 focos se enciende exclusivamente con energía solar, sin consumir un solo vatio externo”²²⁶.

Su diseño permite que el estadio pueda producir 1,4 GW de electricidad anualmente, esta energía si se conectara a la red, siempre y cuando el estadio no esté en funcionamiento, “podría surtir de electricidad al 80% de su área

²²³ Estadio Kaohsiung – Toyo Ito [Página web]. Latinoamérica: Arquinauta, 17 Marzo 2013. [Consultado 21, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.arquinauta.com/estadio-kaohsiung-toyo-ito/2013/03/>

²²⁴ El nuevo estadio de Taiwan: un dragón que se alimenta sólo del sol [Página web]. España: 20 minutos, 22 Mayo 2009. [Consultado 21, Marzo, 2017]: Disponible en: <http://www.20minutos.es/noticia/469938/0/estadio/taiwan/solar/>

²²⁵ El estadio solar con forma de dragón [Página web]. México: Abilia Inteligencia inmobiliaria conciencia sustentable, 31 Julio 2009. [Consultado 21, Marzo, 2017]: Disponible en: <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/el-estadio-solar-mas-grande-del-mundo-taiwan/>

²²⁶ El nuevo estadio de Taiwan: un dragón que se alimenta sólo del sol [Página web]. España: 20 minutos, 22 Mayo 2009. [Consultado 21, Marzo, 2017]: Disponible en: <http://www.20minutos.es/noticia/469938/0/estadio/taiwan/solar/>

circundante”²²⁷, adicionalmente está concebido para que deje de “emitir 660 toneladas anuales de dióxido de carbono a la atmosfera”²²⁸.

Este proyecto tiene un atractivo arquitectónico ya que su estructura “tiene forma y tamaño de dragón de proporciones míticas”²²⁹ y “sobresale por la manera en que la estructura parece emerger de la tierra, desde el lado derecho de la entrada principal, como si una serpiente o dragón ascendiera, y rodea a la cancha hasta alcanzar su mayor altura”²³⁰ y a las afueras del estadio hay una extensa área verde. La figura 18 muestra como es el estadio de Kohsiung en Taiwan:

Figura 18. Estadio fotovoltaico de Kohsiung en Taiwan



Fuente: La vuelta al mundo en 24 estadios [Página web]. España: 20 minutos, 25, Noviembre, 2013. [Consultado 21, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://listas.20minutos.es/deportes/la-vuelta-al-mundo-en-24-estadios-372836/>

²²⁷ El nuevo estadio de Taiwan: un dragón que se alimenta sólo del sol [Página web]. España: 20 minutos, 22 Mayo 2009. [Consultado 21, Marzo, 2017]: Disponible en: <http://www.20minutos.es/noticia/469938/0/estadio/taiwan/solar/>

²²⁸ El nuevo estadio de Taiwan: un dragón que se alimenta sólo del sol [Página web]. España: 20 minutos, 22 Mayo 2009. [Consultado 21, Marzo, 2017]: Disponible en: <http://www.20minutos.es/noticia/469938/0/estadio/taiwan/solar/>

²²⁹ El nuevo estadio de Taiwan: un dragón que se alimenta sólo del sol [Página web]. España: 20 minutos, 22 Mayo 2009. [Consultado 21, Marzo, 2017]: Disponible en: <http://www.20minutos.es/noticia/469938/0/estadio/taiwan/solar/>

²³⁰ El estadio solar con forma de dragón [Página web]. México: Abilia Inteligencia inmobiliaria conciencia sustentable, 31 Julio 2009. [Consultado 21, Marzo, 2017]: Disponible en: <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/el-estadio-solar-mas-grande-del-mundo-taiwan/>

- **“SOLAR ARK” ARCO SOLAR DE SANYO**

Esta construcción es toda una revolución en la tecnología fotovoltaica, pues además de ser un edificio, es en sí misma, una planta solar. Fue creada por la “empresa SANYO para la celebración de su quincuagésimo aniversario”²³¹ y construida “entre Tokio y Osaka en Japón”²³².

Esta construcción “combina ingeniería, diseño y tecnología ecológica”²³³, compuesto por 5.000 paneles solares dispuestos es una “estructura curva que obedece al máximo aprovechamiento de la luz solar, reflejando al mismo tiempo el recorrido del sol a lo largo de su trayectoria diurna”²³⁴. Su estructura mide “315 metros de largo por 37 m de alto, tiene una potencia de 0,63 MW”²³⁵, produce “500.000 KW al año”²³⁶ e incorpora “más de 75.000 leds multi-color colocados entre los paneles que podrán activarse para crear una variedad de formas y letras en ambos lados de la enorme estructura”²³⁷.

²³¹ Proyectos fotovoltaicos increíbles: El arco solar de sanyo [Página web]. España: Generators GenPower, 28 Abril 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.genpower.es/proyectos-fotovoltaicos-increibles-el-arco-solar-de-sanyo/>

²³² Las plantas de energía solar más impresionantes del mundo [Página web]. Chile: El Definido, 21 Octubre 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/3173/Las-plantas-de-energia-solar-mas-impresionantes-del-mundo/>

²³³ Las plantas de energía solar más impresionantes del mundo [Página web]. Chile: El Definido, 21 Octubre 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/3173/Las-plantas-de-energia-solar-mas-impresionantes-del-mundo/>

²³⁴ El Solar Ark de Sanyo, un edificio recubierto de paneles solares [Página web]. Esad, Energía solar al día, 2 Noviembre 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://energiasolaraldia.com/el-solar-ark-de-sanyo-un-edificio-recubierto-de-paneles-solares/>

²³⁵ Las plantas de energía solar más impresionantes del mundo [Página web]. Chile: El Definido, 21 Octubre 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/3173/Las-plantas-de-energia-solar-mas-impresionantes-del-mundo/>

²³⁶ El Solar Ark de Sanyo, un edificio recubierto de paneles solares [Página web]. Esad, Energía solar al día, 2 Noviembre 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://energiasolaraldia.com/el-solar-ark-de-sanyo-un-edificio-recubierto-de-paneles-solares/>

²³⁷ Proyectos fotovoltaicos increíbles: El arco solar de sanyo [Página web]. España: Generators GenPower, 28 Abril 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.genpower.es/proyectos-fotovoltaicos-increibles-el-arco-solar-de-sanyo/>

Con base a lo anterior, la estructura se volvió un icono en Japón. Siendo un atractivo turístico, no sólo por su apariencia física, sino porque la empresa decidió “instalar en su interior un museo dedicado a la energía solar para poner al alcance la información y el funcionamiento de esta tecnología que puede hacer mucho por la preservación del medio ambiente”²³⁸.

Las descripciones nombradas se pueden evidenciar en la figura 19, la cual muestra como es la construcción del arco solar de Sanyo.

Figura 19. Arco solar de Sanyo



Fuente: Las plantas de energía solar más impresionantes del mundo [Página web]. Chile: El Definido, 21 Octubre 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/3173/Las-plantas-de-energia-solar-mas-impresionantes-del-mundo/>

- **PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE KAMUTHI EN LA INDIA “Kamuthi Power Project”**

La planta solar está ubicada en Kamuthi dentro del estado de Tamil Nadu al sur de la India y es la planta solar más grande del mundo, con una capacidad de “648 MW en una superficie de 10 kilómetros cuadrados”²³⁹, cuenta con 2,5 millones de módulos solares y es capaz de proporcionar energía a unas 150.000 viviendas de

²³⁸ El Solar Ark de Sanyo, un edificio recubierto de paneles solares [Página web]. Esad, Energía solar al día, 2 Noviembre 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://energiasolaraldia.com/el-solar-ark-de-sanyo-un-edificio-recubierto-de-paneles-solares/>

²³⁹ La planta fotovoltaica de mayor capacidad en el mundo está en la India y cuenta con 2,5 millones de módulos solares [Página web]. Xataka, 29 Noviembre 2016. [Consultado 23, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/energia/con-2-5-millones-de-modulos-solares-india-presenta-la-planta-fotovoltaica-de-mayor-capacidad-en-el-mundo>

la zona. Además “es limpiada diariamente por un sistema robótico alimentado también por sus propios paneles solares”²⁴⁰.

Esta planta, fue “realizada por Adani Green Energy, perteneciente a Adani Group”²⁴¹ y lo que la posiciona en el puesto número uno, es que la capacidad de generación eléctrica está constituida en una sola planta, en comparación con la planta “*Longyangxia Dam*” en China que a pesar de tener mayor capacidad de generación eléctrica (850 MW) son producidos por “dos parques solares, uno de 320 MW en 9 kilómetros cuadrados y otro de 530 MW en 14 kilómetros cuadrados”²⁴² además dicha capacidad es generada a través de un sistema híbrido (hidráulica – solar).

La novedad de la construcción de esta planta, incentivó a que “*National Geographic*” haya “dedicado a la nueva central fotovoltaica india, uno de sus más recientes reportajes de la serie Megaestructuras”²⁴³. A continuación se presenta la figura 20 donde se representa la planta solar de Kamuthi.

²⁴⁰ La planta fotovoltaica de mayor capacidad en el mundo está en la India y cuenta con 2,5 millones de módulos solares [Página web]. Xataka, 29 Noviembre 2016. [Consultado 23, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/energia/con-2-5-millones-de-modulos-solares-india-presenta-la-planta-fotovoltaica-de-mayor-capacidad-en-el-mundo>

²⁴¹ Las 10 mayores plantas fotovoltaicas del mundo: el proyecto indio de Kamuthi y el chino de Ningxia dan un vuelco al Top ten [Página web]. El periódico de la energía, 10 Octubre 2016. [Consultado 23, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-del-mundo/>

²⁴² La planta fotovoltaica de mayor capacidad en el mundo está en la India y cuenta con 2,5 millones de módulos solares [Página web]. Xataka, 29 Noviembre 2016. [Consultado 23, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/energia/con-2-5-millones-de-modulos-solares-india-presenta-la-planta-fotovoltaica-de-mayor-capacidad-en-el-mundo>

²⁴³ India estrena la segunda central fotovoltaica más potente del mundo [Página web]. La vanguardia, 23 Septiembre 2016. [Consultado 23, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.lavanguardia.com/natural/20160923/41526706072/india-central-fotovoltaica-kamuthi.html>

Figura 20. Planta solar de Kamuthi en la India



Fuente: La planta fotovoltaica de mayor capacidad en el mundo está en la India y cuenta con 2,5 millones de módulos solares [Página web]. Xataka, 29 Noviembre 2016. [Consultado 23, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/energia/con-2-5-millones-de-modulos-solares-india-presenta-la-planta-fotovoltaica-de-mayor-capacidad-en-el-mundo>

- **SMARTFLOWER SOLAR**

Es un dispositivo creado en Estados Unidos, por Alex Swatek de la empresa SmarthSolar Flower, para hacer más sostenibles ambientalmente a países, industrias, hogares e instituciones a través de la energía solar fotovoltaica. Cuenta con un diseño novedoso, inteligente y eficiente para generar electricidad, además que es de fácil instalación y mantenimiento.

La misión de los creadores es “generar tecnologías limpias agradables a la vista, de fácil instalación y uso y tener una optimización en la eficiencia”²⁴⁴. Es un panel solar inteligente que sigue al sol produciendo un 40% más de energía que los paneles solares regulares, genera 4.000 KWh por año, totalmente extendido mide 16 pies (5 m) de alto y se pliega en su base por la noche o en fuertes lluvias con un diseño en forma de flor.

Según Smarthflower solar²⁴⁵, en su página web referencia que su diseño está compuesto por un seguimiento inteligente, ya que los paneles están siempre dispuestos en un ángulo óptimo para el sol haciendo que genere un 40% más de

²⁴⁴ SMART FLOWER SOLAR. La energía solar simplemente más inteligente. [Sitio Web]. Estados Unidos. s.f. [Consultado 28, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://smartflowersolar.com>

²⁴⁵ SMART FLOWER SOLAR. Avanzado por diseño. [Sitio Web]. Estados Unidos. s.f. [Consultado 28, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://smartflowersolar.com>

energía que la producida tradicionalmente, debido que al amanecer el dispositivo “automáticamente se despliega, dirige su ventilador modular hacia el sol, y comienza a producir electricidad para el usuario”²⁴⁶; gracias “al seguimiento solar de dos ejes, el ventilador modular sigue al sol durante todo el día, haciendo que su estancia esté siempre en el ángulo óptimo que le permite que haya producción de energía incluso cuando está nublado”²⁴⁷ y en la noche “se pliega automáticamente de nuevo en una posición segura y espera la salida del sol”²⁴⁸.

Igualmente, cuenta con un sistema de enfriamiento a través de ventiladores puestos en la parte posterior, manteniendo hasta 18 grados Fahrenheit más fríos, para entregar un rendimiento de 5-10% más que en comparación con los módulos solares convencionales. Así mismo, tiene un sistema de limpieza inteligente ya que cada vez que se pliega y despliega realiza una limpieza automática a través de unos cepillos ubicados en la parte posterior de cada panel que eliminan cualquier contaminante, haciendo que aumente la eficiencia; posee un sistema de seguridad que lo hace resistente a la intemperie y monitorea constantemente las velocidades del viento, de forma que evita daños en el sistema a través de su plegamiento y tiene un panel de control integrado que envía datos sobre el consumo de energía a través de una aplicación móvil que posee el dispositivo que le ayuda a decidir cómo utilizar mejor la electricidad que posee. También, permite almacenar el exceso de energía para su uso posterior, eso significa que durante los tiempos de máxima demanda, o incluso cuando se corta la luz, el panel solar inteligente continuará proporcionando energía.

Además Smarthflower solar²⁴⁹, en su página web referencia que el dispositivo día a día permite hacer las siguientes actividades:

- Cargar completamente 2.424 teléfonos inteligentes
- Cargar un automóvil eléctrico y conducir hasta 62 millas
- Mantener las luces LED en funcionamiento 4.368 horas
- Ver 360 horas de televisión
- Mantener fresco en el verano con 3 aparatos de aire acondicionado funcionando todo el día

²⁴⁶ SMARTH FLOWER SOLAR. Solar de forma sencilla. [Sitio Web]. Estados Unidos. s.f. [Consultado 28, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://smartflowersolar.com>

²⁴⁷ SMARTH FLOWER SOLAR. Solar de forma sencilla. [Sitio Web]. Estados Unidos. s.f. [Consultado 28, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://smartflowersolar.com>

²⁴⁸ SMARTH FLOWER SOLAR. Solar de forma sencilla. [Sitio Web]. Estados Unidos. s.f. [Consultado 28, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://smartflowersolar.com>

²⁴⁹ SMARTH FLOWER SOLAR. Avanzado por diseño. [Sitio Web]. Estados Unidos. s.f. [Consultado 28, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://smartflowersolar.com>

- Lavar 17 cargas de ropa
- Secar 6 cargas de ropa en la secadora
- Mantener el ordenador de sobremesa para que funcione 44 horas
- Mantener el ventilador de techo funcionando 146 horas.
- Tomar 7 duchas con agua caliente

A continuación en la figura 21 se muestra las formas de movimientos que el panel solar inteligente hace para lograr su eficiente funcionamiento.

Figura 21. SmarthFlower Solar



Fuente: NEOZONE. Smarthflower, le panneau solaire biomimétique en forme de fleur. [Sitio Web]. 6 marzo 2017. [Consultado 28, Marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.neozone.org/ecologie-planete/smartflower-le-panneau-solaire-biomimetique-en-forme-de-fleur/>

10 CONCLUSIONES

- La energía solar fotovoltaica llega a una madurez como tecnología, gracias a su implementación en países como España, China, Estados Unidos, India y Japón que la adoptaron como estrategia de mitigación al cambio climático, tomando como ruta guía las metas de los objetivos de desarrollo sostenible para garantizar además, el acceso energético, el desarrollo social y económico y la seguridad del suministro energético.
- Las políticas gubernamentales juegan un papel muy importante en la aceleración de la implementación de la energía solar fotovoltaica, ya que en el periodo del 2005 y 2011, aumentó en un 11,5% la creación de políticas que permitieron que se aumentara en un 34% la potencia instalada de la energía solar fotovoltaica y en un 9,6% entre 2011 y 2015. Esto dado porque las políticas generan incentivos económicos como subvenciones, modelos de financiación en la aplicación y retribución monetaria al inyectar electricidad a la red nacional; y facilidades en la investigación y desarrollo para generar confiabilidad en la tecnología y reducción en los costos.
- La energía solar fotovoltaica ha demostrado que su implementación no es un problema netamente financiero, sino se le atribuye a la falta de voluntad y capacidad de políticas gubernamentales que la impulsen.
- La energía solar fotovoltaica es una energía sencilla, confiable, sostenible y efectiva, que permite ser instalada en diversos escenarios, es decir su aplicación es muy versátil. De esto se infiere que no requiere de un montaje robusto, que al incorporar entre su sistema un dispositivo para almacenar la energía excesiva que genera, crea la confiabilidad de tener siempre el acceso a la electricidad, que utiliza como materia prima un recurso renovable, lo cual muestra que no afectará los recursos de las generaciones futuras y a la vez que es amigable con el ambiente, pues no genera impactos negativos sobre él.
- La reducción de costos en la industria fotovoltaica, aproximadamente en un 80%, se da gracias al crecimiento en investigación y desarrollo que se difunde en toda la cadena de valor, pero en especial en los módulos fotovoltaicos, que experimentan aumento de eficiencias alrededor de un 22,5%, a la vez que se reduce el costo cerca del 75%; lo que permite que en la industria se haya dado una economía de escala, es decir, que se haya dado un nivel óptimo de producción, expandiendo el mercado y reduciendo costos. Esto incentivó que el costo nivelado de energía fotovoltaica se haya reducido sobre un 50% y en relación directa, se generó la reducción del precio por Watt hora, (de 2,54 USD en 2010 a 0,64 USD a 2017), haciendo que sea una industria competitiva en el mercado de las energías renovables, por el atractivo del precio que percibe.

- La versatilidad de la tecnología fotovoltaica promueve la instalación de estos en diversos escenarios, ya que se adecua a diferentes ambientes climatológicos, estructurales y geográficos. Pues al poseer un sistema pequeño y de fácil instalación y mantenimiento, posibilita que la industria tenga diversas perspectivas comerciales como la integración fotovoltaica en las construcciones civiles. Esta opción comercial, ha sido adoptada por el atractivo de no tener interferencias visuales y físicas, todo lo contrario ha sido interesante en el diseño arquitectónico para hacer estéticamente más cautivantes las construcciones.
- Los beneficios ambientales que origina la energía solar fotovoltaica es favorecer la mitigación del cambio climático a través de la reducción de emisiones de gases efecto invernadero ya que esta tecnología no genera ningún tipo de combustión.
- El desarrollo de la industria fotovoltaica ha demostrado beneficios socioeconómicos, pues en el mercado de las energías renovables, ha sido la industria que ha creado la mayor cantidad de puestos de trabajos directos e indirectos, alrededor de 2.772 puestos, ofertados en toda la cadena de valor. Entre los que se incluye, están los profesionales calificados que deben estar en constante capacitación debido a los cambios que presenta la industria, mano de obra en la instalación y mantenimiento, y en el futuro, se espera que con la creciente implementación de sistemas fotovoltaicos se requiera de mano de obra en atención al usuario (satisfacción del cliente) y servicio posventa.
- El beneficio tecnológico que la energía fotovoltaica ha brindado, es permitir que los 1400 millones de personas que no tienen acceso a la energía eléctrica confiable la tengan, gracias a la versatilidad que la industria posee, pues a través de diversos sistemas y diseños puede provisionar los hogares no conectados a la red con un montaje en techo, fachada y/o suelo.
- La energía Biomasa y las Hidroeléctricas, fueron relegadas del liderazgo, aun cuando tenían los precios más bajos del mercado, pero al acarrear grandes impactos negativos ambientales y sociales han generado que su costo nivelado de energía tienda al crecimiento. Esta razón impulso la energía fotovoltaica este liderando el mercado y sea cada día más competitiva.
- China ha demostrado ser el país que fomenta en mayor proporción la industria fotovoltaica, pues posee aproximadamente, 15,2 GW de potencia instalada y el 70% de la fabricación fotovoltaica del mundo. Esto se debe a que el país se dedicó a expandir masivamente la industria como estrategia gubernamental para combatir el deterioro medioambiental que presenta por el uso excesivo de recursos no renovables, como el carbón, para producir electricidad.

- El estadio Solar en Taiwan es el primer estadio que funciona a través de la energía solar fotovoltaica, pues aproximadamente los 3300 focos que tiene, se encienden únicamente por la energía fotovoltaica que produce los miles de paneles solares dispuestos en 14155 metros cuadrados de su estructura arquitectónica. No consume un solo vatio externo.
- Los megaproyectos han logrado romper barreras, ya que han podido realizar edificaciones ecoeficientes energéticamente, introducir en el mix energético nacional la energía fotovoltaica producida con los proyectos y facilitar la implementación de la energía solar fotovoltaica en las actividades cotidianas con el desarrollo de dispositivos tecnológicos que están al alcance de todos.

11 RECOMENDACIONES

A través de la monografía adelantada, se desprenden diversas líneas de investigación, por lo que se recomienda que se desarrollen en futuros estudios que permitan tener una cobertura global y una actualización a la industria fotovoltaica, estas líneas son:

- Analizar los cambios en la elaboración de políticas ambientales que respaldan las energías renovables, en Estados Unidos, con el cambio de gobernante, ya que hasta 2015, ese país incentivaba la elaboración de políticas que promulgaran diversos proyectos, subvenciones e inversiones para la energía solar fotovoltaica.
- Conocer la gestión ambiental que debe tener el silicio como material con el que se fabrica los módulos solares y el manejo adecuado de las baterías en su disposición final
- Evaluar el comportamiento del precio de la energía solar fotovoltaica para conocer si esta tecnología tiene la capacidad de seguir descendiendo.
- Determinar la evolución en investigación, desarrollo y diseño de materiales, productos, formas de conexión, control y operación de los módulos fotovoltaicos para evaluar si es posible seguir aumentando su eficiencia y reduciendo costos.
- Conocer las metodologías y estrategias existentes que reduzcan las emisiones de Dióxido de Carbono, que vislumbren un camino para mitigar el cambio climático.
- Analizar el Building Attached Photovoltaics y Building Integrated Photovoltaics como estrategias de integración de la energía solar fotovoltaica en las edificaciones.
- Establecer los avances en investigación y desarrollo de prototipos de automóviles con paneles solares y evidenciar si hay los modelos que ya están en el mercado.
- Compilar los megaproyectos que se han desarrollado a través de los módulos solares para conocer los casos de éxito y los beneficios que han incorporado con su construcción.
- Analizar la industrial solar fotovoltaica en Colombia, donde se evidencie que acciones ha hecho Colombia en materia fotovoltaica.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA INSULAR DE ENERGÍA DE TENERIFE (AITE). Energía solar fotovoltaica. [En línea]. p. 2. s.f. [Consultado 18, enero, 2017]. Disponible en: http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

ALEJANDRA de Vengoechea. Las cumbres de las naciones unidas sobre cambio climático. En Google Academic. [En línea]. Colombia: Proyecto energía y clima de la fundación Friedrich Ebert – FES, 2012. p. 4. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/la-energiayclima/09155.pdf>

ANSARIZADEH MEHDI, *et al.* El dióxido de Carbono: Desafíos y oportunidades. [En la web]. Oilfield review 27, No. 2: Schlumberger. Septiembre de 2015. p. 46. [Consultado 6, marzo, 2017]. Disponible en: http://www.slb.com/resources/publications/industry_articles/oilfield_review/2015/or2015_sp_sept04-co2.aspx

ARBULÚ Biaggio. Cambio climático global (calentamiento global): climate changes: global warming. En ProQuest ebrary. [En línea]. Córdoba: El Cid Editor apuntes, 2009. p. 10. [Consultado 11, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10316740>

ARENAS, Danny y ZAPATA Hodman. Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones. Proyecto de grado de Tecnólogo en electricidad. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Programa de tecnología eléctrica, 2011. p. 36.

ARIAS, Nelsón y TRICIO Verónica. Cartilla para la enseñanza de las energías renovables [En línea] Burgos, España: Editorial Servicio de publicaciones e imagen institucional Universidad de Burgos, 2013. [Consultado 16, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10721500> ISBN: 978-84-92681-59-4

BAYOD, Ángel. Energías renovables Sistemas fotovoltaicos. [En línea]. Zaragoza: Prensas universitarias de Zaragoza, Enero 2009. [Consultado 18, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11335458&p00=energ%C3%ADa+solar+fotovoltaica> ISBN 978-84-92521-94-4

BERRÍO Marco; ARANGO Mónica y BOTERO Sergio. Análisis de los indicadores de emisiones de gases efecto invernadero para valorar proyectos de energía renovable en sistemas eléctricos, caso de Colombia. Lámpsakos. [En línea], No. 13, enero – junio 2015. [Consultado 16, enero, 2017]. p. 25. Disponible en:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/1496> ISSN: 2145-4086

BROWN, Lester, *et al.* La gran transición de los combustibles fósiles a la energía solar y eólica. Traducido por: RINCÓN, Gilberto; ARBELÁEZ Carolina y LEDESMA Mateo. Bogotá, Colombia: Ecoe ediciones, 2015. p. 18. ISBN 978-958-771-272-8

CASTELLS, Xavier. Energía, agua, medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad [En línea]. Madrid, España. Enero 2012. [Consultado 12, enero, 2017] Capítulo V. Energías renovables. p. 596. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10592186> ISBN: 978-84-9969-125-1

CORTÉS, María. Los ODS y el acuerdo de París: Herramientas para coordinar globalmente el desarrollo sostenible. [En línea]. Tiempo de Paz primavera. 2016. p. 33. Consultado [12, enero, 2017]. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=891e99e5-7a3a-4d60-b945-ecff7ad4390d%40sessionmgr103&vid=10&hid=129>

DÍAZ, Tomás. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. España: McGraw-Hill, 2010. p. 216 [Consultado 27, octubre, 2016]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf> ISBN 978-84-48171-69-8

El cambio climático: Un problema de energía [En línea]: Vol 19: México, 2004. [Citado 27, octubre, 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10117448> ISSN 0186-1840

El estadio solar con forma de dragón [Página web]. México: Abilia Inteligencia inmobiliaria conciencia sustentable, 31, julio 2009. [Consultado 21, Marzo, 2017]: Disponible en: <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/el-estadio-solar-mas-grande-del-mundo-taiwan/>

El nuevo estadio de Taiwan: un dragón que se alimenta sólo del sol [Página web]. España: 20 minutos, 22 Mayo 2009. [Consultado 21, marzo, 2017]: Disponible en: <http://www.20minutos.es/noticia/469938/0/estadio/taiwan/solar/>

El Solar Ark de Sanyo, un edificio recubierto de paneles solares [Página web]. Esad, Energía solar al día, 2 noviembre 2014. [Consultado 22, Marzo, 2017]. Disponible en: <https://energiasolaraldia.com/el-solar-ark-de-sanyo-un-edificio-recubierto-de-paneles-solares/>

Energías renovables y conservación de energía [En línea]. Volumen 11. México. Abril 2016. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en:

<http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/detail/detail?sid=6cc81cee-1f42-4cf3-b33d-b60587c1774c%40sessionmgr101&vid=6&hid=124&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=116281297&db=fua> ISSN:1870-557X

Energías renovables, energías duraderas. [En línea]. No. 19 periodicidad anual. España, 2008. [Consultado 17, enero, 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2855437> ISSN: 1131-8953

ENERGIZA. Especial energías renovables. Edición Mensual Año II [Página web]. Madrid: Enero, 2012. [Citado 26 octubre 2016]. Disponible en: <http://www.energiza.org/enero12-energ-renovables-2>

ESCUADERO. José. Manual de energía eólica. [En línea]. Madrid, España. Ediciones Mundi – Prensa, 2003. p. 353. [Consultado 7, febrero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10228090> ISBN: 84-8476-765-7

ESPEJO, Cayetano. Las energías renovables en la producción de electricidad en España. [En línea]. España: Caja rural regional, 2006. p. 110. [Consultado 26, octubre, 2016]. Disponible en: <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/otrosdocs/docs/energias-renovables.pdf> ISBN 978-84-611-4903-2

Estadio Kaohsiung – Toyo Ito [Página web]. Latinoamérica: Arquinauta, 17 Marzo 2013. [Consultado 21, marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.arquinauta.com/estadio-kaohsiung-toyo-ito/2013/03/>

Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de montería, (córdoba, Colombia). [En línea]. Edición 009: Medellín, Colombia. 2006. [Consultado 11, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=10306927&p00=gases+efecto+invernadero>. ISSN 1692-3324

FONDEVILA, Miguel y SCARPELLINI, Sabina. Guía de mercados energéticos. [En línea]. Zaragoza, España: Prensas de la universidad de Zaragoza, 2013. p. 186. [Consultado 20, febrero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10853801> ISBN: 978-84-15770-27-5

GAMBOA, Gilberto. Los objetivos de Desarrollo Sostenible: Una perspectiva Bioética. Persona y Bioética. [En línea]. Volumen 19. No. 2. Julio – diciembre 2015. [Consultado 12, enero, 2017]. Bogotá, Colombia. p. 176. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=4f>

32b52a-edd5-43c9-89f0-e43ae6ff67e5%40sessionmgr104&vid=4&hid=129. ISSN 0123-3122

GARCÍA Carolina *et al.* Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático. En WWF – Colombia [En línea]. Santiago de Cali, Colombia: WWF – Colombia, 2016. p. 10. ISBN 978-958-8915-38-8. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: http://www.wwf.org.co/sala_redaccion/publicaciones_new/publicaciones_clima_y_energia/?266971/El-Acuerdo-de-Paris-Asi-actuara-Colombia-frente-al-cambio-climatico#

GOZÁLEZ Martha, *et al.* Cambio climático mundial: Origen y consecuencias. [En línea]. Red ciencia UANL: Monterrey, México. 2003. [Consultado 11, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10115067>

GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES (NAP). Energía solar fotovoltaica. [En línea]. Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación, Madrid: 2002. [Consultado 18, enero, 2017]. Disponible en: file:///C:/Users/home/Downloads/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf ISBN: 978-84-935049-6-0

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Informe especial de IPCC: Fuentes de energía renovables y mitigación de cambio climático. [Página web]. [Consultado 10, abril, 2017]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

GUERRERO, Ramón. Replanteo y funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas (UF0150). [En línea]. Málaga, España: IC editorial, 2011. p. 125. [Consultado 23, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=10693238> ISBN 978-84-8364-457-7

HUGHES, L. Biological Consequences of global warming: is the signal already apparent. 2000. Citado por GOZÁLEZ Martha, *et al.* Cambio climático mundial: Origen y consecuencias. [En línea]. Red ciencia UANL: Monterrey, México. 2003. [Consultado 11, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10115067>

IMF BUSINESS SCHOOL. Los costos de las energías renovables. [Página web]. s.f. [Consultado 13, abril, 2017]. Disponible en: <http://www.imf-formacion.com/blog/energias-renovables/noticias/los-costes-de-las-energias-renovables/>

India estrena la segunda central fotovoltaica más potente del mundo [Página web]. La vanguardia, 23 Septiembre 2016. [Consultado 23, marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.lavanguardia.com/natural/20160923/41526706072/india-central-fotovoltaica-kamuthi.html>

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPPC). Climate change 2007: Synthesis Report. [En línea]. 2007, citado por CARDENAS Pablo. Metodología para la estimación de emisiones de Dióxido de carbono en la industria vitivinícola. Opta al título de Ingeniero de ejecución en ambiente. Chile. Universidad de Santiago de Chile. 2008. p. 3. [Consultado, 11, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10552477>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, (IPCC). Informe especial Fuentes de energías renovables y mitigación del cambio climático: Resumen para responsables de políticas y resumen técnico [Sitio web]. s.f. [Consultado 16, enero, 2017]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Renewable power generation costs in 2014. Traducido por el autor. [Sitio web]. Enero, 2015. [Consultado 13, abril, 2017]. Disponible en: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf

ISAZA José y CAMPOS Diógenes. Cambio climático: glaciaciones y calentamiento global. En Google Books. [En línea]. Bogotá, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2007. p. 28. ISBN 978-958-9029-89-3. [Consultado 11, enero, 2017]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=pfQ2lhHM3D0C&printsec=frontcover&dq=que+es+el+cambio+climatico&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20el%20cambio%20climatico&f=false

JARAUTA, Laura. Las energías renovables [En línea] Barcelona: Editorial UOC, 2015. p. 8. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=11217032> ISBN: 978-84-9064-887-2

La planta fotovoltaica de mayor capacidad en el mundo está en la India y cuenta con 2,5 millones de módulos solares [Página web]. Xataka, 29, noviembre 2016. [Consultado 23, marzo, 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/energia/con-2-5-millones-de-modulos-solares-india-presenta-la-planta-fotovoltaica-de-mayor-capacidad-en-el-mundo>

Las 10 mayores plantas fotovoltaicas del mundo: el proyecto indio de Kamuthi y el chino de Ningxia dan un vuelco al Top ten [Página web]. El periódico de la energía, 10 octubre 2016. [Consultado 23, marzo, 2017]. Disponible en: <http://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-del-mundo/>

Las energías renovables [En línea]. Edición No. 10. Málaga, España. Diciembre 2012. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4187822> ISSN: 1889-7568

Las energías renovables en el ámbito internacional [En línea]. Cuadernos económicos de ICE No. 83. España, 2012. p. 11. [Consultado 16, enero, 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3955024> ISBN: 0210-2633

Las plantas de energía solar más impresionantes del mundo [Página web]. Chile: El Definido, 21, octubre 2014. [Consultado 22, marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/3173/Las-plantas-de-energia-solar-mas-impresionantes-del-mundo/>

Los primeros minutos del efecto invernadero. [En línea]. Volumen 11: España, 2013. [Consultado 11, Enero, 2017]. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=2838723b-d314-4b33-8eea-842eb41d3a1e%40sessionmgr103&vid=3&hid=118> ISSN:1697-011X

MARTÍNEZ, Alberto. Energía solar fotovoltaica integrada en la edificación: modelizado y análisis del efecto de sombreado en la captación de radiación. [En línea]. Tesis doctoral en innovación en ingeniería de producto y procesos industriales. España: Universidad de la Rioja. Departamento de ingeniería mecánica, 2016. 56 p. [Consultado 6, marzo, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=11361607>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio web]. s.f. [Consultado 27, octubre, 2016]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). Antecedentes de los objetivos de desarrollo sostenible. [En línea]. [Consultado 12, enero, 2017]. Disponible en: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background.html>

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio Web]. s.f. [Consultado 12, enero, 2017].

Disponible en: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Proyectos fotovoltaicos increíbles: El arco solar de sanyo [Página web]. España: Generators GenPower, 28 Abril 2014. [Consultado 22, marzo, 2017]. Disponible en: <http://www.genpower.es/proyectos-fotovoltaicos-increibles-el-arco-solar-de-sanyo/>

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2005: Global status report. [Sitio web]. s.f. [Consultado 17, enero, 2017]. Disponible en: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE2005_Global_Status_Report.pdf

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2011: Global status report. [Sitio web]. s.f. [Consultado 17, enero, 2017]. Disponible en: www.ren21.net. Citado por: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2005: Global status report. p. 12

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2015: Global status report, Key finding [Sitio web]. p. 18. [Consultado 17, enero, 2017]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/GSR2015_KeyFindings_lowres.pdf

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN 21). Renewables 2016: Global status report [Sitio web]. p. 6. [Consultado 17, enero, 2017]. Disponible en: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

SANS, Ramón y PULLA, Elisa. El colapso es evitable: la transición energética del siglo XXI (TE21). [Base de datos en línea]. Barcelona: ProQuest ebrary, 2014 [Citado 26 octubre 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10914651>

SCHALLENBERG, Julieta, et al. Energías renovables y eficiencia energética. España, Instituto Tecnológico de Canarias, 2008. 65 p. ISBN 978-84-69093-86-3

SCHEER, Herman. Estrategia solar. Para el acuerdo pacífico con la naturaleza. 1 ed. Barcelona, Plaza & Janés, 1993. 341 p. ISBN 9788401240669

SEVILLA, Martín; GOLF, Emilio y M. DRIHA, Oana. Las energías renovables en España. Estudios de economía aplicada. [En línea], Vol. 31-1, Abril 2013. [Consultado 17, enero, 2017]. p. 44 Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/detail/detail?vid=6&sid=0d1>

e8f1b-c274-4d98-b9ad-ee0936c58d01%40sessionmgr102&hid=128&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=89638789&db=bth ISSN: 1697-5731

SMARTH FLOWER SOLAR. La energía solar simplemente más inteligente. [Sitio Web]. Estados Unidos. s.f. [Consultado 28, marzo, 2017]. Disponible en: <http://smartflowersolar.com>

STERN. P., et al., Global Environment change. Understanding the human dimensions, citado por El cambio climático: Un problema de energía [En línea]: Vol 19: México, 2004 [Citado 27, Octubre, 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10117448> ISSN 0186-1840

T. Weimer, *et al.* Energy conversión and Management (1996), citado por Cuento Luisa y Sánchez Eduardo. Estudio de la reducción de Dióxido de Carbono. [En línea]. Volumen 11: México. 2008 [Consultado 11, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=10293444> ISSN 1405-9177

Tesla también utilizara el cristal especial de sus techos solares en los coches Model 3. [Página web]. Xataka, 2, Noviembre, 2016. [Consultado 8, marzo, 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/energia/tesla-tambien-utilizara-el-cristal-especial-de-sus-techos-solares-en-los-coches-model-3>

TOBAJAS, Manuel. Instalaciones solares fotovoltaicas. [En línea]. Cano pina – Ediciones Ceysa, 2012. p. 7. [Consultado 18, enero, 2017]. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=11002253> ISBN 978-84-15884-14-9

UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). El tiempo de la energía solar fotovoltaica, informe anual 2016. [Sitio web]. s.f. [Consultado 27, octubre, 2016]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica conquista el mercado, informe anual 2014. [Sitio web]. s.f. p. 13. [Consultado 20, febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

UNION ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA (UNEF). La energía fotovoltaica una alternativa real, informe anual 2015. [Sitio web]. s.f. p. 7. [Consultado 20, febrero, 2017]. Disponible en: <http://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>