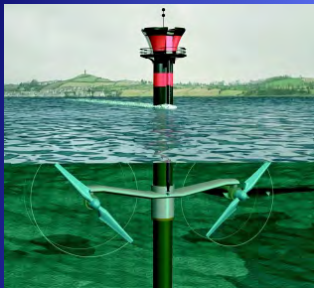


Angel Gutman

TECNOLOGÍAS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

EXPLICADAS PARA NO ESPECIALISTAS



TECNOLOGÍAS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES
EXPLICADAS PARA NO ESPECIALISTAS

Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina

Rector: **Ing. Héctor Aiassa**

Vicerrector: **Ing. Haroldo Avetta**

Secretaria Académica: **Mgr. Liliana Raquel Cuenca Pletsch**

edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional

Responsable Coordinación General: **Fernando H. Cejas**

Responsable Área de Publicaciones y edición: **Carlos Busqued**

Responsable serie Energía y Ambiente: **Dr. Jaime Moragues.**



www.edutecne.utn.edu.ar



Prohibida la reproducción total o parcial de este material
sin permiso expreso de edUTecNe



**TECNOLOGÍAS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES
EXPLICADAS PARA NO ESPECIALISTAS**

Angel Gutman

edUTecNe

Buenos Aires, 2019

Gutman, Ángel

Tecnologías de las energías renovables : explicadas para no especialistas / Ángel Gutman.- 1a ed.- Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Tercero en Discordia, 2023.
Libro digital, EPUB

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-987-8971-59-9

1. Energía Renovable. 2. Energía Hidráulica. 3. Energía Eólica. I. Título.
CDD 621.042

Diseño de tapa, diagramación: Carlos Busqued

Queda hecho el depósito que marca la ley Nro 11.273
Copyright edUTecNe, 2019
Sarmiento 440, piso 6
(C1041AAJ) Buenos Aires, República Argentina

Introducción

Desde hace ya algún tiempo, las energías renovables están ganando terreno en los medios de comunicación y en las agendas políticas de muchos países del mundo. Pero, ¿Qué son? ¿Sobre qué principios físicos se basan? ¿Qué tecnologías usan?

Durante décadas la relación entre energía y medio ambiente se trató exclusivamente en círculos reducidos de expertos y en reuniones políticas de alto nivel, hasta que en 1992 las Naciones Unidas convocaron a la “Cumbre de la Tierra” en Río de Janeiro. Allí, ciento ocho jefes de gobierno discutieron las formas de armonizar el desarrollo económico con el cuidado ecológico del planeta. La cumbre de Río llevó a la firma de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y luego, en 1997, a la firma del Protocolo de Kioto, que estableció metas vinculantes para los países industrializados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, principales responsables del cambio climático.

Las negociaciones internacionales continuaron con avances y retrocesos hasta que en 2015 se adoptó el Acuerdo de París, el cual estableció como objetivo “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C” (Artículo 2a).

A pesar de los conflictos de intereses que aún suscita, el Acuerdo de París significa un punto de quiebre en cuanto a darle visibilidad a la discusión de una economía global ecológica y socialmente sostenible. Ahora comienza la etapa de implementación del Acuerdo, lo que requerirá que los gobiernos introduzcan políticas y medidas para cumplir con los compromisos medioambientales asumidos y que las empresas privadas implementen estrategias para cumplir con las nuevas normas que impondrán los gobiernos como así también satisfacer a consumidores cada vez más exigentes en materia ambiental.

Dos tercios de las emisiones mundiales de gases del efecto invernadero provienen del sector energético, específicamente de la producción y uso de combustibles fósiles y procesos industriales. Por lo tanto, la transformación del sector de la energía es clave si se quieren cumplir los objetivos del Acuerdo de París.

Hoy en día, el 86 % de la energía eléctrica en el mundo es suministrada por centrales eléctricas que consumen petróleo, carbón mineral o gas natural, recursos naturales no renovables que, al quemarse, liberan a la atmósfera miles de millones de toneladas de dióxido de carbono cada año. Es por esto que la problemática de la energía, la degradación del medio ambiente y el desarrollo económico están fuertemente vinculados.

El mundo está en la búsqueda de un nuevo modelo de desarrollo que sea sustentable económica, social y ambientalmente y esto conduce inevitablemente al reemplazo de la actual matriz energética por otra que esté libre, o con un contenido muy bajo, de carbono. Inevitablemente tenemos que modificar las formas de obtener y consumir energía.

En este escenario, las energías renovables surgen como una alternativa viable para alcanzar un mundo más sustentable, morigerando la emisión de dióxido de carbono y fomentando la llamada “industria verde” de bienes y servicios.

Dentro de este contexto, el libro fue concebido con el objetivo de iniciar al lector no especialista en la comprensión de las tecnologías de las energías renovables, de forma amena y entendible. Para eso, el primer capítulo define, clasifica y enumera las energías renovables.

El comienzo para entender el funcionamiento de estas complejas y novedosas tecnologías es conocer algunos fundamentos de la física y la electricidad. Es por esto que el Capítulo 2 expone el concepto de energía, la estructura de la materia, las magnitudes eléctricas fundamentales y los principios físicos básicos que sustentan la generación eléctrica.

Los Capítulos 3 a 9 explican detalladamente la utilización, las ventajas y los inconvenientes de la energía fotovoltaica, termosolar, eólica, de biomasa, hidroeléctrica, mareomotriz, undomotriz y geotérmica.

Finalmente, en el Capítulo 10 compilamos las últimas investigaciones y desarrollos sobre energías renovables y los adelantos tecnológicos en almacenamiento de energía.

Todos los capítulos están enfocados en el tratamiento de estas fuentes de energía aplicadas fundamentalmente a las redes eléctricas públicas, sin detallar la autogeneración domiciliaria de la misma.

A lo largo del libro se transmiten conceptos básicos de física y electricidad, evitando siempre el uso de fórmulas matemáticas.

Para la redacción de los capítulos se utilizó como bibliografía textos de física moderna, de tecnología aplicada a energías renovables y documentación técnica de los fabricantes más relevantes de equipamiento energético.

Con el fin de facilitar la comprensión lectora, al final del libro se recopilaron algunas definiciones en un glosario. Así mismo, se resumió en una página las principales unidades eléctricas de medición con los múltiplos y submúltiplos más utilizados en este texto.

¿Qué son las energías renovables?

En una primera aproximación a las energías renovables, relatamos en este capítulo el contexto en el cual se desarrollan. Para ello, describimos primero la composición de la matriz energética mundial y los riesgos que conlleva el cambio climático y luego catalogamos las fuentes primarias de energía de las que se extraen las renovables.

1.1 La humanidad está en riesgo

La Tierra es un sistema energético activo que continuamente recibe, transforma y emite energía en diferentes formas. La naturaleza nos provee recursos y energía para la vida, pero también es el único reservorio de los desechos de todo tipo que produce la humanidad.

Como muestra la Figura 1.1, el 85,9 % de la energía consumida en el mundo tiene como fuente primaria combustibles fósiles.

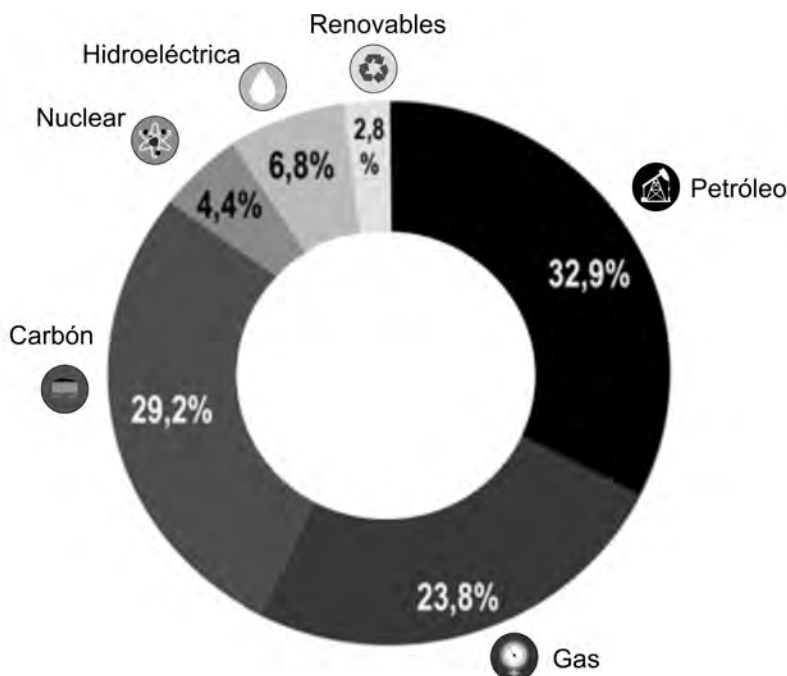


Fig. 1.1: Matriz energética mundial (Statistical Review of World Energy 2016)

Los tres combustibles fósiles utilizados en las centrales de generación eléctrica térmica (petróleo, carbón mineral y gas natural) son el resultado de procesos biológicos de descomposición y fosilización de materia orgánica durante millones de años.

La consecuencia más nociva asociada a la quema intensiva de combustibles fósiles es la emisión a la atmósfera de dióxido de carbono (CO_2), el principal gas causante del “efecto invernadero aumentado” que genera, de acuerdo al consenso científico, el cambio climático.

El Protocolo de Kioto contempla otros cinco gases de efecto invernadero (GEI) además del CO_2 : metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

La capacidad de aportar al efecto invernadero de cada uno de estos gases se mide en función de su potencial de calentamiento global (índice GWP - *Global Warming Potential*). Este índice indica la cantidad de calor que puede “atrapar” un gas en la atmósfera y toma como referencia el CO_2 (es decir, el índice GWP del CO_2 es 1 y contra éste se comparan los otros GEI).

El CO_2 es el gas de efecto invernadero de menor índice GWP, pero es el más abundante, ya que aporta el 85 % de la emisión total de los gases que provocan el calentamiento planetario. Este gas se encuentra presente en la naturaleza (los seres humanos y los animales inhalamos oxígeno y exhalamos CO_2), pero también se produce en grandes cantidades al quemar combustible de origen fósil durante la generación de electricidad y en los vehículos de transporte público y privado que utilizan como combustible productos derivados del petróleo.

El metano es el principal componente del gas natural, pero también se produce a causa de procesos de descomposición anaeróbica en los pantanos, por la fermentación entérica que ocurre durante la digestión de los rumiantes y en los basurales a cielo abierto. El potencial de calentamiento global del metano es treinta y cuatro veces mayor que el del dióxido de carbono y conforma el 8 % del total de los gases de efecto invernadero.

El óxido nitroso es un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global de alrededor de trescientas veces mayor que el dióxido de carbono. Se produce por el uso en la agricultura de fertilizantes nitrogenados, la quema de biomasa (materia orgánica de origen vegetal o animal) en los procesos de deforestación, como subproducto no deseado en algunos procesos industriales y está presente en los gases emitidos por los motores de combustión interna usados en automóviles y camiones.

Los hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre son gases sintéticos producidos por la industria química para abastecer diversos procesos industriales. Si bien se liberan a la atmósfera en pequeñas cantidades, tienen un potencial de calentamiento global varios miles de veces superior al dióxido de carbono.

Los altos niveles de emisión de gases de efecto invernadero producidos en las últimas décadas han generado en el siglo XX un aumento global promedio de la temperatura sobre la superficie de la Tierra de aproximadamente $0,60^\circ\text{C}$ con respecto al siglo XIX (Figura 1.2).

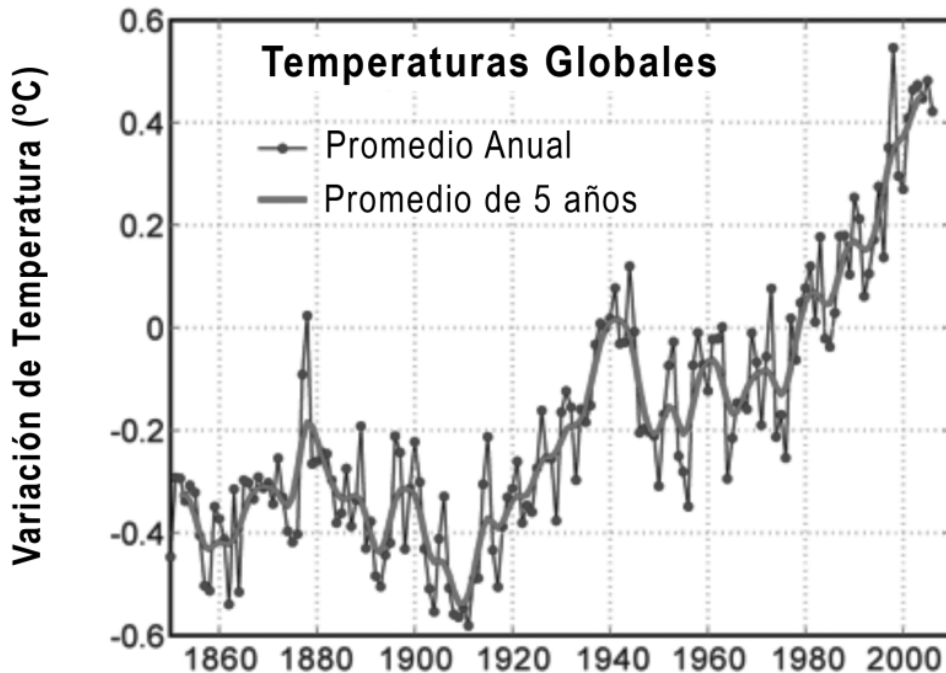


Fig. 1.2: Temperaturas globales en los siglos XIX y XX (www.nasa.gov)

El aumento promedio de la temperatura está generando una disminución en la extensión de los hielos y de las capas de nieve, un acrecentamiento del nivel de los mares y, en algunas regiones del planeta, un aumento en la frecuencia de las sequías. La mayoría de los informes científicos alertan que un incremento mayor a 2 °C en la temperatura media de la superficie del globo pone en situación de riesgo irreversible a los ecosistemas esenciales para la vida en el planeta.

A efectos de mitigar los devastadores efectos del cambio climático, la mayoría de los países del mundo están realizando esfuerzos para “descarbonizar” la producción de energía eléctrica y de los combustibles utilizados en el transporte de pasajeros y carga. Un paso intermedio para morigerar la emisión de CO₂, podría ser el paulatino reemplazo de centrales de electricidad que funcionan con carbón mineral o petróleo por centrales de electricidad térmicas que utilicen gas natural y como objetivo final plantas generadoras de electricidad que funcionen con energías renovables.

El gas natural se está utilizando como combustible de transición entre las energías fósiles y las energías renovables porque emite menos dióxido de carbono por unidad de energía que el petróleo y el carbón mineral. Una planta térmica de generación eléctrica que utiliza como combustible gas natural emite entre un 40 % a un 50 % menos CO₂ que una planta que consume carbón mineral y un 25 % a 30 % menos en referencia a las plantas que funcionan con combustibles derivados del petróleo.

El combustible nuclear por excelencia es el uranio y, con las tecnologías conocidas de explotación y al ritmo actual de consumo, sus reservas se estiman en alrededor de cien años. La energía nuclear es una energía descarbonizante, ya que una central de electricidad nuclear no emite dióxido de carbono. Sin embargo, el combustible nuclear, además de ser un recurso no renovable, es fuertemente cuestionado por vastos sectores de la sociedad debido a la posibilidad de accidentes y por el riesgo que implica la disposición final de los desechos nucleares cuando el combustible llega al fin de su vida útil (el combustible “gastado” sigue siendo radioactivo durante cientos de años).

Según la “Escala Internacional de Eventos Nucleares” del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), los accidentes más graves en centrales de electricidad nucleares han sido los producidos en las centrales de: Three Mile Island (Pensilvania- E.E.U.U. en 1979); Chernóbil (Ucrania-ex URSS en 1986) y Fukushima (Japón en 2011).

1.2 Fuentes primarias de energía eléctrica

Se entiende por “fuente primaria de energía” a aquella disponible en la naturaleza antes de ser transformada en alguna otra forma de energía. La transformación de la energía primaria no solo se usa para generar electricidad, sino también para el transporte y la calefacción.

El siguiente listado clasifica las centrales de generación eléctrica según la fuente primaria de energía que utilizan:

- Centrales de electricidad térmicas: la energía de combustibles fósiles (carbón mineral, petróleo o gas natural)
- Centrales de electricidad nucleares: la energía del combustible nuclear (isótopos de uranio o plutonio)
- Centrales de electricidad fotovoltaicas y termosolares: la energía del sol
- Centrales de electricidad eólicas: la energía de los vientos en la tierra o en el mar
- Centrales de electricidad de biomasa: la energía de los desechos de origen animal o vegetal
- Centrales hidroeléctricas: la energía de los saltos de agua
- Centrales de electricidad mareomotrices: la energía de las mareas
- Centrales de electricidad undimotrices: la energía de las olas
- Centrales de electricidad geotérmicas: la energía del interior de la Tierra

Cada fuente de energía primaria se transforma en energía eléctrica, calorífica o mecánica aplicando la tecnología adecuada a cada aplicación particular (Figura 1.3).

1.3 Energías Renovables

La clasificación de la energía en las categorías de “renovables” y “no renovables” se debe al origen de su producción primaria.

Se denomina como “recursos naturales renovables” a aquellos que la naturaleza produce o regenera a mayor velocidad que los que la humanidad consume, por ejemplo, la radiación solar, los vientos, las mareas, las corrientes de agua, la temperatura del interior de la tierra o los desechos vegetales y

animales. La clasificación de “convencionales” o “no convencionales” refiere a lo innovador de la tecnología utilizada para la transformación de energía primaria en energía eléctrica. El usufructo económico de la energía está ligado a los procesos de innovación tecnológica. En el siglo XXI, la dupla energía-tecnología es indisoluble.

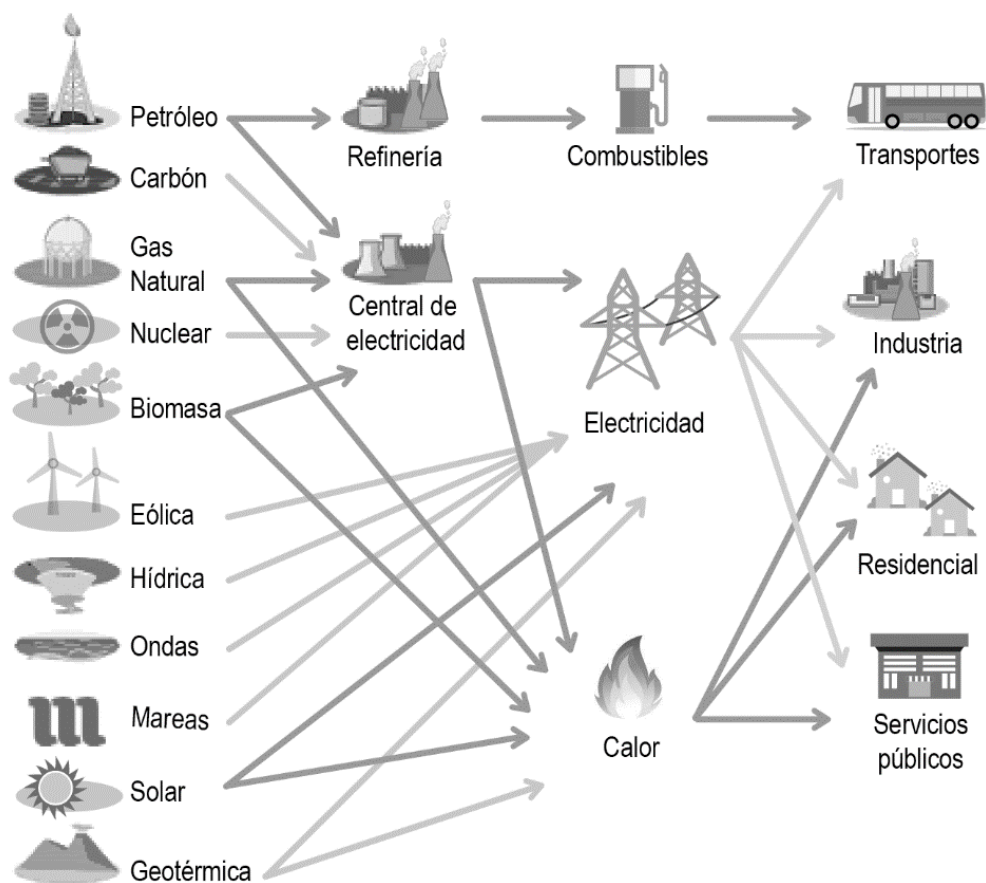


Fig. 1.3: Fuentes primarias de energía

Con el conocimiento científico y tecnológico actual, las centrales de electricidad con energías renovables en operación son: solares, eólicas, de biomasa, hidroeléctricas, mareomotrices, undimotrices y geotérmicas. Describiremos cada una de ellas en los próximos capítulos.