



**COMPENDIO DE
CONTENIDOS
ESENCIALES SOBRE
ENERGÍAS
RENOVABLES
PARA LA CONTEXTUALIZACIÓN
CURRICULAR CON ENFOQUE DE
SOSTENIBILIDAD PARA
GALÁPAGOS**

Créditos

CONTENIDOS

Pritpal Singh – Universidad de Villanova
Javier Urquizo

REVISIÓN DE TEXTOS

Ana María Loose
Martín Narváez
Ulf Hardter
Max Martin

VALIDACIÓN TÉCNICA-CIENTÍFICA

ELECGALAPAGOS S.A.
Universidad de Villanova
Island Conservation
Mentefactura
Orcatec

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Xavier Castro

COORDINACIÓN GENERAL

Ana María Loose Barboza
EPI-Ecuador

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA

Para citar este documento:

EPI-Ecuador (2022).
“Compendio de Contenidos Esenciales
sobre Energías Renovables para la Con-
textualización Curricular con enfoque de
Sostenibilidad para Galápagos”.
Puerto Ayora, Galápagos



Tabla de contenido

I. Presentación.....	6
II. Introducción a la energía	7
a. Definición de energía, formas de energía y unidades de medida	7
¿De dónde viene la energía que mueve casi todo en la tierra?	8
Unidades de energía	8
b. Definición de potencia y unidades de medida	9
c. Conversión de energía	10
d. Uso de energía	10
Uso histórico de la energía	10
Combustibles fósiles.....	13
Ejemplos de uso de combustibles fósiles	13
e. Impacto del uso de energía.....	16
Impactos Ambientales.....	16
Gases de efecto invernadero	17
Cambio climático.....	20
III. Sostenibilidad	22
a. ¿Qué es la sostenibilidad?.....	22
b. Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas	22
c. ODS #7 - Energía limpia y asequible para todos	23
IV. Energías Renovables	26
a. Definición de energías renovables	26
b. Fuentes de energía renovables	26
Solar (eléctrico y térmico)	26
Viento	30
Biomasa.....	32
Hidroelectricidad.....	35
Olas.....	37
Geotermia	40
c. Almacenamiento de energía	43
d. Uso eficiente de la energía.....	45
e. Consumo de energía de dispositivos y electrodomésticos	46
<i>Electrodomésticos en la cocina.....</i>	<i>47</i>
<i>Electrodomésticos de casa</i>	<i>47</i>
<i>Electrónica de consumo (Activo/Modo de espera).....</i>	<i>47</i>
<i>Fuera de casa</i>	<i>48</i>

f. Impactos técnicos, económicos y sociales	48
Problemas técnicos:	48
<i>Naturaleza intermitente de las energías renovables</i>	48
<i>Falta de infraestructura de la red eléctrica</i>	49
Problemas sociales:	50
<i>Aumento de la población</i>	50
<i>Impacto visual</i>	51
Problemas económicos:	51
<i>Alta inversión de capital</i>	51
Problemas políticos:	52
<i>Escasez de recursos fósiles</i>	52
<i>Falta de políticas y subsidios</i>	53
V. El estado actual de la generación y consumo de energía eléctrica en las Islas Galápagos	55
a. Matriz Energética Actual de las Islas Galápagos.....	55
b. Realidad y proyección futura de demanda energética de las Islas Galápagos	57
VI. Referencias	58

**COMPENDIO DE
CONTENIDOS
ESENCIALES
SOBRE ENERGÍAS
RENOVABLES EN
GALÁPAGOS**

I. Presentación

La “Contextualización Curricular con enfoque de Sostenibilidad para Galápagos” fue expedida el 30 de marzo de 2021 mediante Acuerdo Ministerial MINEDUC-MINEDUC-2021-00016-A, para todo el sistema educativo nacional de las islas Galápagos, y es de aplicación obligatoria en todas las instituciones educativas públicas, fiscomisionales y particulares de la provincia a partir del año lectivo 2021- 2022.

El currículo de Galápagos alinea las destrezas de aprendizaje del currículo nacional a catorce temas y problemáticas de sostenibilidad para Galápagos, organizados en categorías transversales, sobre las nociones generales de: economía, ambiente y sociedad, junto a una articulación de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU.

El tema Energías Renovables consta en el currículo como un subtema dentro del Eje “Interdependencia y co-existencia armónica en la Naturaleza” y del tema esencial No. 7: “Agua, saneamiento y energía renovable”. (Figura 1)

Ecology Project International (EPI Ecuador) suma esfuerzos al Ministerio de Educación y el Programa de Formación Docente implementado por Galapagos Conservancy y Fundación Scalesia, para apoyar a los 400+ docentes de toda la provincia, en el desarrollo de recursos educativos sobre los temas de sostenibilidad para la implementación del Currículo Contextualizado.

El “Compendio de Contenidos Esenciales sobre Energía Renovable”, es parte de un conjunto de recursos educativos sobre este sub-tema del Currículo de gran importancia para la sostenibilidad de Galápagos y ha sido desarrollado como un recurso de consulta para docentes que deseen diseñar actividades pedagógicas con sus estudiantes para cualquier subnivel de educación formal y también puede ser usado como un documento de consulta para el ámbito de la educación no formal y para padres de familia y público en general.

Se realizó un trabajo colaborativo con la academia, instituciones y organizaciones tanto de Galápagos como internacionales, vinculadas al manejo y estudio de energías renovables. Se llevó a cabo una validación estratégica de las temáticas esenciales con varias instituciones en el territorio a través de reuniones de trabajo.

Este compendio lo integran las siguientes secciones: (1) Introducción a la Energía; (2) Sostenibilidad; (3) Energías Renovables; y (4) Estado actual de la energía en las Islas Galápagos.

II. Introducción a la energía

a. Definición de energía, formas de energía y unidades de medida

La energía es la capacidad de hacer el trabajo. Podemos considerar la energía en varias formas. La energía de un objeto en movimiento se llama energía cinética. La energía de un objeto que se encuentra en un nivel particular se llama energía potencial. La energía no puede ser creada o destruida. Sólo se puede transformar de una forma a otra. Considere una pelota sentada en una colina. Tiene una gran energía potencial. A medida que la pelota rueda cuesta abajo, gana velocidad, o más energía cinética y pierde energía potencial a medida que pasa a un nivel más bajo. La energía cinética no se ha creado y la energía potencial no se ha destruido. Hemos convertido parte de la energía potencial en energía cinética a medida que la bola rueda de una elevación más alta a una elevación más baja.

La energía también se puede almacenar. Por ejemplo, los alimentos contienen energía que se almacena. Cuando comemos alimentos, la energía química almacenada en los alimentos nutre nuestros cuerpos para poder hacer un trabajo. Dentro de los músculos de nuestro cuerpo, la comida se transforma en energía que nos permite caminar, levantar objetos y realizar otro tipo de movimientos. Estamos realizando trabajos con la energía que se está transformando a partir de la energía química que se almacena en los alimentos. La energía química en los alimentos también proporciona el combustible a nuestros cerebros para que podamos pensar y controlar nuestros movimientos. Los mensajes del cerebro van a nuestros músculos para instruirlos a levantar un objeto o caminar. Sin comer alimentos, nuestros cerebros no podrían funcionar.

Una forma importante de energía que observamos en la naturaleza es la energía solar, la energía que proviene del sol. Dentro del sol hay un reactor químico que hace que el sol se queme intensamente al convertir el hidrógeno en helio, un proceso llamado fusión. El sol está continuamente realizando esta conversión de energía y hace que se genere luz y calor. Imagine si el sol no estuviera allí.



Sería muy frío, no tendríamos luz del día, la vida no existiría en la tierra. Así que la energía del sol es muy importante para la vida en la tierra.

¿De dónde viene la energía que mueve casi todo en la tierra?

La energía del sol se transfiere a la tierra en rayos electromagnéticos, principalmente luz. Sin embargo, las regiones de la tierra reciben diferentes cantidades de energía solar durante el día y el año y dependiendo de la región. Eso crea regiones calientes y frías. Este calor se transfiere en parte a la atmósfera y crea regiones con alta o baja presión.

Otra forma natural de energía es el viento. El viento es creado por la diferencia de presión en la atmósfera. La presión es la fuerza ejercida por el aire sobre un área. El viento es el resultado de una diferencia en la presión del aire. El viento sopla de una región de alta presión a una región de baja presión. La energía del viento se puede utilizar para mover un velero. En este caso, la energía eólica se convierte en la energía cinética del barco.

Otra forma de energía que utilizamos todos los días es la energía eléctrica. Una forma natural de energía eléctrica es el rayo. Los rayos se crean por movimiento rápido de moléculas del aire (viento) y vapor de agua. Un rayo transporta una tremenda cantidad de energía eléctrica, pero solo está allí por un corto tiempo. Una vez que la electricidad del rayo se descarga hacia la tierra, la energía eléctrica se convierte en calor.

También podemos generar electricidad convirtiendo la energía química de los combustibles fósiles a través de los generadores eléctricos en electricidad.

También podemos convertir la energía del sol o del viento en energía eléctrica. En una batería, podemos almacenar energía eléctrica en forma de energía química. Luego podemos recurrir a esta energía eléctrica almacenada para alimentar dispositivos.

Unidades de energía

La energía se mide en varias unidades diferentes. La energía química almacenada en los alimentos suele estar indicada por kilocalorías de energía. Una kilocaloría

es la energía de calor que se requiere para aumentar la temperatura de un litro de agua por un grado Celsius.

La energía cinética se mide típicamente en julios (o Joules pronunciación en inglés). La energía eléctrica suele estar dada por kilovatios hora. Podemos convertir entre estas energías usando las siguientes conversiones unitarias:

1 kilocaloría = 4,1855 kilo Joules (donde el kilo es 1.000)

1 kilovatio-hora = 3.600 kilo Julios = 859,6 kilocalorías

El número de kilocalorías en los alimentos generalmente se indica en la etiqueta de los alimentos. Una barra de chocolate puede contener 500 kilocalorías, por ejemplo. Por lo general, uno quema 100 kilocalorías por milla de caminar o correr. Para perder 1 kg de peso, ¡es necesario quemar más de 6.000 kilocalorías más de lo que uno consume!

La cantidad de energía que el sol transfiere a la tierra en una hora son:
430.000.000.000.000.000 Joules

La cantidad de energía que consume la humanidad en un año son:

410.000.000.000.000.000 Joules

Es decir, ¡el sol transfiere mas energía a la tierra en una sola hora que toda la humanidad esta consumiendo en todo un año!

b. Definición de potencia y unidades de medida

La potencia es la velocidad a la que se utiliza la energía. Si alimentamos un foco, por ejemplo, podemos usar 10 julios de energía cada segundo. Las unidades de potencia son vatios y 1 vatio = 1 julio por segundo ($1W = 1J/1s$). Un dispositivo pequeño, como un foco, solo puede consumir unos pocos vatios de potencia. Sin embargo, un televisor puede consumir cientos de vatios de potencia, mientras que el elemento calefactor de una estufa eléctrica o una unidad de aire acondicionado puede consumir miles de vatios de potencia.



c. Conversión de energía

Como se mencionó anteriormente, la energía no se puede crear o destruir, sino que se puede convertir de una forma a otra. Dimos los ejemplos anteriores de una bola rodando por una colina con su energía potencial que se convierte en energía cinética a medida que gana velocidad rodando por la colina. Un velero puede convertir la energía del viento en energía cinética para moverse. El motor de un carro puede convertir la energía química almacenada en un combustible, como el diésel o gasolina, en la energía cinética de un automóvil en movimiento. La energía se puede convertir de varias formas a otras formas para realizar un trabajo útil.

d. Uso de energía

Uso histórico de la energía

Durante miles de años, los seres humanos han utilizado la energía principalmente para fines de calefacción e iluminación. Las dos principales fuentes de energía para estas aplicaciones han sido la energía solar y la madera. Hemos estado utilizando energía solar, tanto directa como indirectamente para suministrar iluminación y calefacción (ver Figura 1 a continuación).



Figura 1. A la izquierda, hay una casa del siglo 19 con remodelaciones solares para permitir más luz solar. A la derecha, hay un invernadero del siglo 19.

La madera, producida a partir del proceso de fotosíntesis impulsada por energía solar, se quemaba tradicionalmente para proporcionar calefacción e iluminación (ver Figura 2).



Figura 2. La madera se utiliza como fuente de iluminación, calefacción y para cocinar.

El mayor cambio en el uso de la energía llegó con la revolución industrial que comenzó en el siglo XVIII. Hasta este punto, la mayor parte de la energía mecánica para la fabricación era suministrada por agua, principalmente las mareas y molinos de viento. Los animales, el viento y la energía hidráulica se han utilizado durante siglos para proporcionar energía mecánica. Incluso hoy en día, el uso de energía en muchas regiones del mundo, particularmente en aplicaciones agrícolas, se basa en la energía solar, la madera, el viento, el agua y los animales (ver Figura 3).



Figura 3. A la izquierda, vemos cómo se utiliza la energía animal para el transporte. En el centro, vemos un ejemplo de agua que se utiliza para el riego. A la derecha, vemos un molino de viento del siglo 18 utilizado para la molienda en la agricultura.



El siglo XVIII vio una mayor mecanización de industrias como los textiles y la cerámica, pero en realidad fue la invención de James Watt de la máquina de vapor recíproca que, junto con los abundantes suministros de carbón que es un combustible fósil, impulsaron la rápida industrialización del siglo XIX (ver Figura 4).

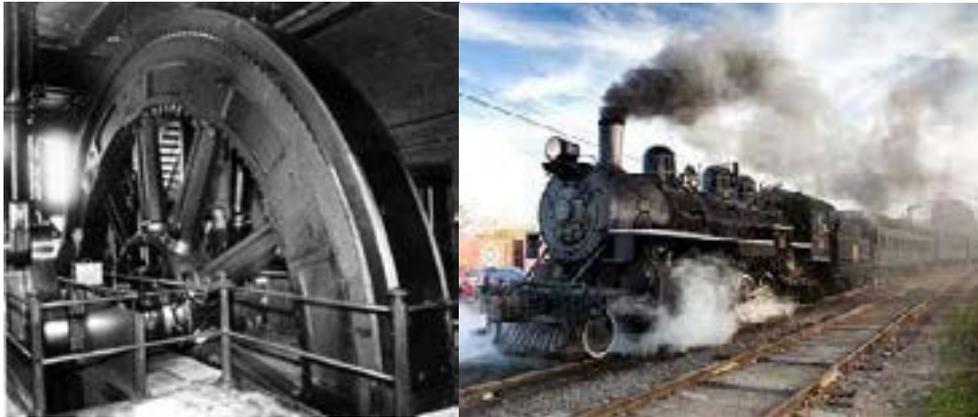


Figura 4. A la izquierda, hay una imagen de un molino a vapor. A la derecha, hay una locomotora de vapor.

A finales del siglo XIX y principios del XX se produjo la electrificación de muchos países industrializados. El mismo período también vio el desarrollo de las industrias del petróleo, el gas y la química y la invención del motor de combustión interna que cambió radicalmente el transporte (ver Figura 5).

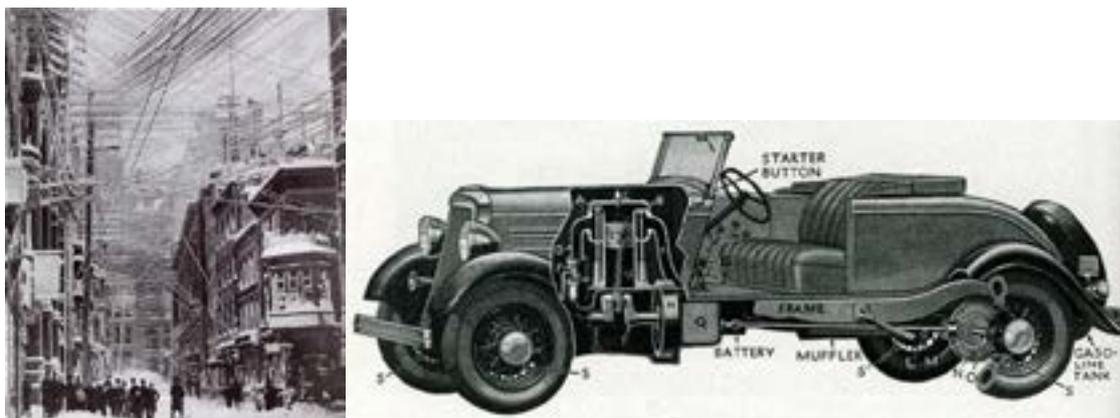
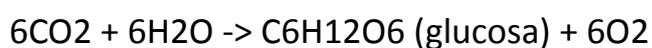


Figura 5. A la izquierda, hay una imagen que muestra cables telefónicos y de alimentación en la ciudad de Nueva York en 1888. A la derecha un coche de la década de 1930 que trabaja con un motor de combustión.

Combustibles fósiles

Un combustible fósil como su nombre indica se crea a partir de la descomposición de materia orgánica de animales y vegetación durante millones de años. La presión de la corteza terrestre hizo que estos materiales naturales se desintegraran con el tiempo, lo que resultó en la creación de petróleo, carbón y gas. Estos combustibles creados naturalmente deben extraerse (en el caso del carbón) o bombearse fuera del suelo (en el caso del petróleo y el gas). Estos combustibles son ricos en carbono e hidrógeno y a veces se llaman combustibles de hidrocarburos. Cuando se queman combustibles de hidrocarburos, las moléculas de carbono en el combustible reaccionan con el oxígeno de la atmósfera y producen entre otros el gas dióxido de carbono. Dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero.

A través del proceso de fotosíntesis, las plantas son capaces de utilizar la luz incidente en la clorofila en las hojas de los árboles, y absorber dióxido de carbono y vapor de agua de la atmósfera y convertirla en glucosa y oxígeno, tal como se describe en la siguiente ecuación:



La glucosa sirve como alimento para la planta y el oxígeno generado es producto de la reacción de fotosíntesis. Debido a esto, plantar y no talar árboles, particularmente aquellos en bosques densos como el Amazonas, ayuda a reducir el CO₂ en la atmósfera.

Ejemplos de uso de combustibles fósiles

Carbón para generar energía eléctrica

La primera forma de generación de electricidad fue a través de la quema de carbón. El carbón se colocaba en un horno y se calentaba a altas temperaturas. El agua pasaba a través de las tuberías y se calentaba por el calor de un horno hirviendo el agua para producir vapor. Este vapor se utilizó para impulsar una turbina que se utilizó para impulsar un generador eléctrico. El vapor se envía a un condensador donde se enfría y se envía de vuelta a través de tuberías al horno y el ciclo comienza de nuevo. Un diagrama de una central eléctrica de carbón se muestra en la Figura 6 a continuación. Esta forma de generación de



energía sigue siendo un gran contribuyente a la generación de energía en todo el mundo, principalmente porque el costo de la minería del carbón puede ser relativamente barato.

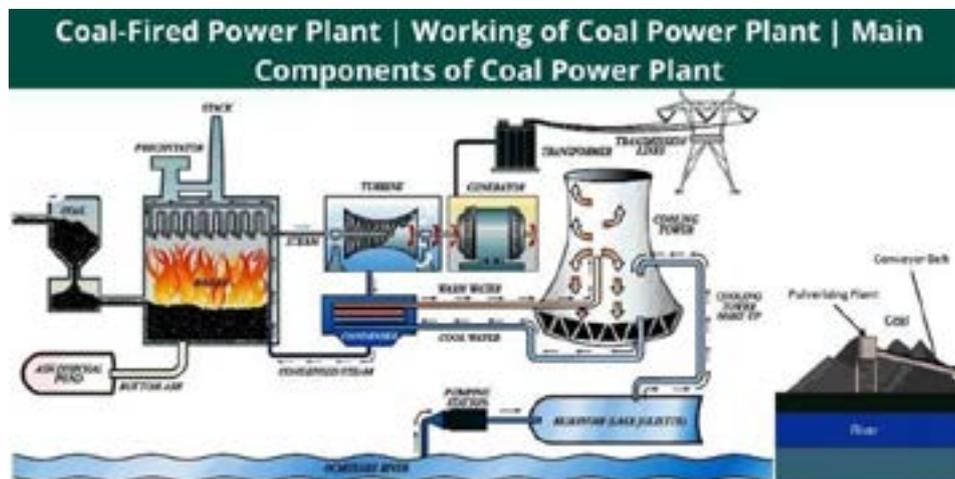


Figura 6. Diagrama de una central eléctrica de carbón (Fuente: <https://mechanicaljungle.com/working-of-coal-power-plant/>)

Carbón para transporte

El carbón también se utilizó para alimentar las máquinas de vapor en los primeros trenes: locomotoras de vapor. El carbón se puso en un horno en el tren y se utilizó para generar vapor que luego impulsó un motor para mover las ruedas del tren. El término “Ingeniero” describía a una persona que conducía un tren, muy diferente a la forma en que pensamos en los ingenieros ahora.

Petróleo para transporte y generación eléctrica

El petróleo se bombea desde un pozo que se perfora en el suelo donde hay un depósito de petróleo. Estas bombas llevan el petróleo del pozo a la superficie de la Tierra, donde el petróleo se bombea a través de tuberías a diferentes lugares donde el petróleo se pueda refinar. Cuando el petróleo se bombea desde el suelo, no es muy útil. Esta forma de petróleo se llama petróleo crudo y necesita ser refinada en formas más útiles como diésel, gasolina, combustible de aviación, combustible para calefacción, etc. Estas diversas formas de petróleo se producen a través de un proceso llamado destilación fraccionada.

Las diversas formas de petróleo pueden almacenarse en tanques de almacenamiento en las ciudades portuarias antes de ser enviados a otros lugares donde no se dispone de combustibles a base de petróleo. Hay diferentes grados de combustibles a base de petróleo.

El diésel se puede quemar en generadores diésel para producir energía eléctrica. El combustible diésel se quema en un motor de combustión, al igual que en un carro o camión. El combustible se inyecta en las cámaras de los pistones en el motor donde se comprimen, lo que conduce a mini explosiones en las cámaras. Esto impulsa los pistones hacia arriba y hacia abajo. El movimiento hacia arriba y hacia abajo de los pistones en las cámaras se convierte en un movimiento circular a través de un cigüeñal (ver figura 7 donde se muestra uno de los pistones con las válvulas para dejar entrar el combustible en la cámara, así como el acoplamiento del pistón al cigüeñal). Esta salida circular del motor se acopla a un generador eléctrico donde la energía cinética del cigüeñal giratorio se convierte en energía eléctrica para generar energía eléctrica. El grado de combustible diésel utilizado para la generación de energía generalmente no es tan limpio como el utilizado para automóviles y camiones diésel.

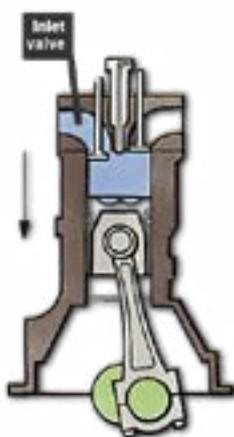


Figura 7. Figura que muestra un pistón acoplado al cigüeñal de un motor diésel (Cortesía: Howcarswork.com)



La mayor parte de la energía eléctrica generada en las Islas Galápagos es a través de generadores diésel en las cuatro islas habitadas: San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela y Floreana. Cada isla tiene sus propios generadores diésel. La mayoría de los camiones en las Islas Galápagos son alimentados por combustible diésel. Dado que las Islas Galápagos no tienen su propio suministro de petróleo, el combustible diésel debe enviarse en barcos desde Guayaquil.

e. Impacto del uso de energía

Impactos Ambientales

Minería de Carbón

La minería de carbón es una ocupación muy poco saludable, ya que el polvo de la minería del carbón puede entrar en los pulmones de los mineros. Con el tiempo, este polvo puede acumularse en los pulmones de los mineros, lo que resulta en la enfermedad del “pulmón negro” que dificulta la respiración y, eventualmente, conduce a que el minero muera de esta enfermedad. Si bien los respiradores se pueden usar para filtrar el polvo, a menudo son incómodos de usar y, por lo tanto, los mineros no siempre los usan. A veces, las compañías mineras no proporcionan a los mineros este equipo de protección.

La minería tradicional implicaba cavar pozos en el suelo. Los mineros bajaban a las minas a través de ascensores ubicados en pozos y cargaban camiones de carbón que luego se transportaban a través de líneas ferroviarias a la superficie. Sin embargo, recientemente, se ha desarrollado una forma más destructiva de minería conocida como “minería a cielo abierto”. Esta técnica consiste en volar la ladera de una montaña en la que hay una veta de carbón y luego extraer el carbón de la veta de carbón expuesta. Esto crea mucho daño ambiental al área y estropea el paisaje en la región.

Extracción y transporte de petróleo

La perforación en busca de petróleo se puede hacer por tierra o en el mar (en alta mar). A medida que el petróleo se perfora en alta mar o a medida que el petróleo o sus subproductos (como el diésel) se transportan desde una refinería a su destino, el petróleo puede filtrarse del pozo o derramarse de los barcos

que transportan el petróleo. Un gran derrame de petróleo de un pozo de British Petroleum (el pozo Deep Water Horizon) ocurrió en el Golfo de México en 2010. Este derrame de petróleo provocó un tremendo daño ambiental, particularmente a las aves marinas como se muestra en la imagen de abajo (esta imagen fue tomada diez años después del derrame de petróleo!)



Efecto del derrame de petróleo de Deep Water Horizon en las aves (Cortesía de National Geographic)

En enero de 2001 se produjo un importante derrame de combustible diésel en las Islas Galápagos. El barco Jessica derramó más de 150.000 galones de combustible cuando encalló una bahía en la isla de San Cristóbal. En 2019, una barcaza volcó cuando un generador diésel fue cargado en la barcaza en la isla de San Cristóbal. Esto también provocó un derrame de combustible en la bahía frente a Puerto Baquerizo Moreno. Estos derrames de combustible pueden causar un daño tremendo a los animales y aves, especialmente a las criaturas marinas, que habitan en las Islas Galápagos.

Gases de efecto invernadero

A medida que se queman los combustibles fósiles, éstos liberan dióxido de carbono. En los últimos 300 años, desde el comienzo de la revolución industrial, la cantidad de dióxido de carbono que se pone en la atmósfera ha crecido de manera constante. Sin embargo, en los últimos 50 años, con un crecimiento industrial acelerado, la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera ha crecido muy rápidamente. El efecto de esta acumulación de dióxido de



carbono en la atmósfera ha sido atrapar el calor del sol a la superficie de la tierra. Esto crea un efecto invernadero. En un invernadero, el calor del sol entra en el invernadero y queda atrapado allí creando un ambiente cálido. Esto es útil para cultivar en regiones donde la temperatura es fría (ver figura 8 a continuación).



Figura 8. Los invernaderos atrapan el calor del sol en un recinto de vidrio que mantiene el invernadero caliente. (Fuente: <https://climatekids.nasa.gov/greenhouse-effect/>)

De manera similar, el dióxido de carbono que se acumula en la atmósfera de la Tierra atrapa el calor del sol como se muestra en la figura 9 a continuación:

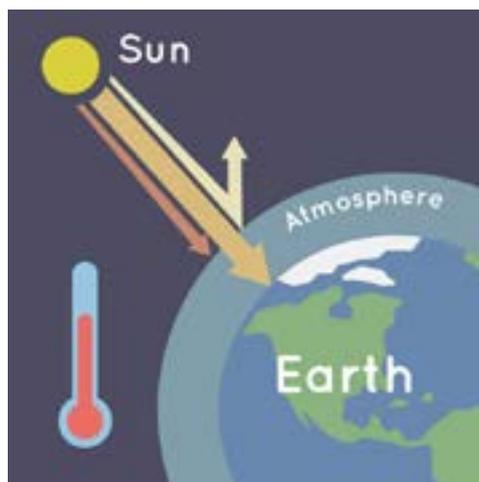


Figura 9: El efecto invernadero en la atmósfera de la Tierra. (Fuente: <https://climatekids.nasa.gov/greenhouse-effect/>)

La acumulación de dióxido de carbono ha resultado en un aumento de las temperaturas en la superficie de la Tierra. La Figura 10 a continuación muestra la concentración de dióxido de carbono (en partes por millón) en los últimos 400.000 años.

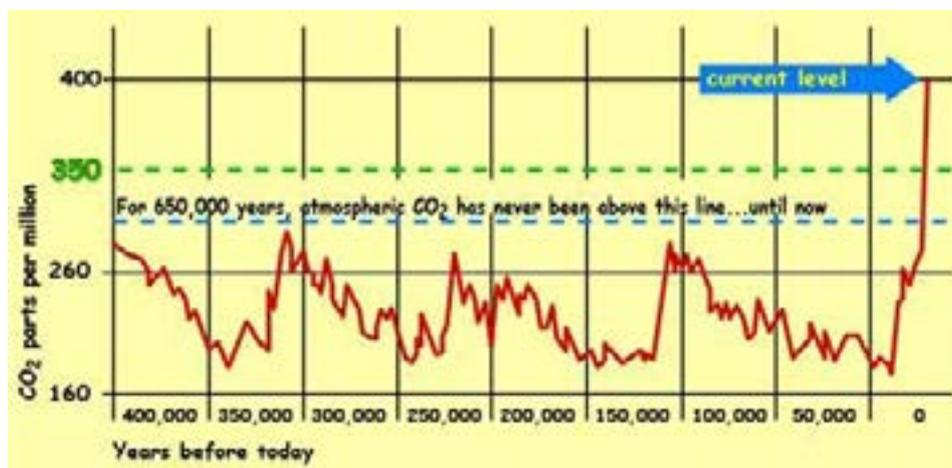


Figura 10. Concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono en partes por millón.
(Fuente: <https://climatekids.nasa.gov/health-report-air/>).

Tenga en cuenta que una parte por millón significa una molécula de dióxido de carbono en un millón de moléculas de aire. Desde el comienzo de los tiempos industriales (en el siglo 18), las actividades humanas han aumentado el CO₂ atmosférico en un 50% en comparación con el tiempo pre industrial, lo que significa que la cantidad de CO₂ es ahora el 150% de su valor en 1750. Esto es mayor que lo que sucedió naturalmente al final de la última edad de hielo hace 20.000 años. ¡El nivel actual es de 417 ppm, que es el nivel más alto jamás registrado! La temperatura de la superficie de la Tierra también ha aumentado correspondientemente como se muestra en la figura 11.



Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

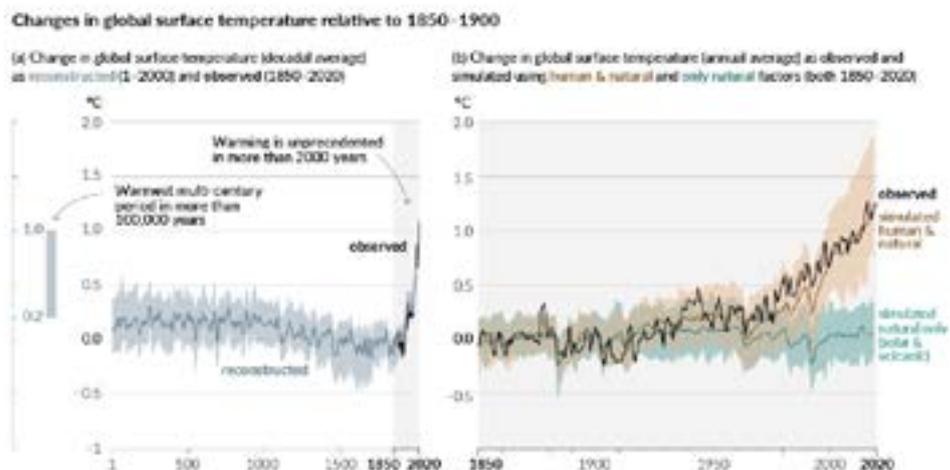


Figura 11. Cambios en la temperatura de la superficie de la Tierra a lo largo del tiempo. (Fuente: Informe AR6 del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático)

Como se ve en la figura derecha, los modeladores climáticos que han modelado estos datos experimentales han demostrado que la influencia de los seres humanos a través de la quema de combustibles fósiles es la única forma de explicar el aumento de la temperatura.

Otros gases como el gas metano que se emiten cuando las vacas y las ovejas no digieren completamente sus alimentos también es un importante gas de efecto invernadero. Sin embargo, las emisiones de dióxido de carbono se consideran las que requieren la atención más urgente para limitar el aumento de la temperatura de la superficie de la Tierra.

Cambio climático

A medida que la Tierra se calienta debido a los gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles, hay muchos otros impactos en el clima de la Tierra que resultan. A medida que aumentan las temperaturas del océano, las tormentas ganan más energía y se vuelven más severas y frecuentes. Sobre la tierra, los vientos alisios cambian, lo que resulta en más sequías en algunas áreas y más inundaciones en otras áreas.

Un ejemplo de tales inundaciones extremas se muestra en el recorte de periódicos del New York Times que se muestra en la Figura 12 a continuación de una región inundada en Alemania en 2021.

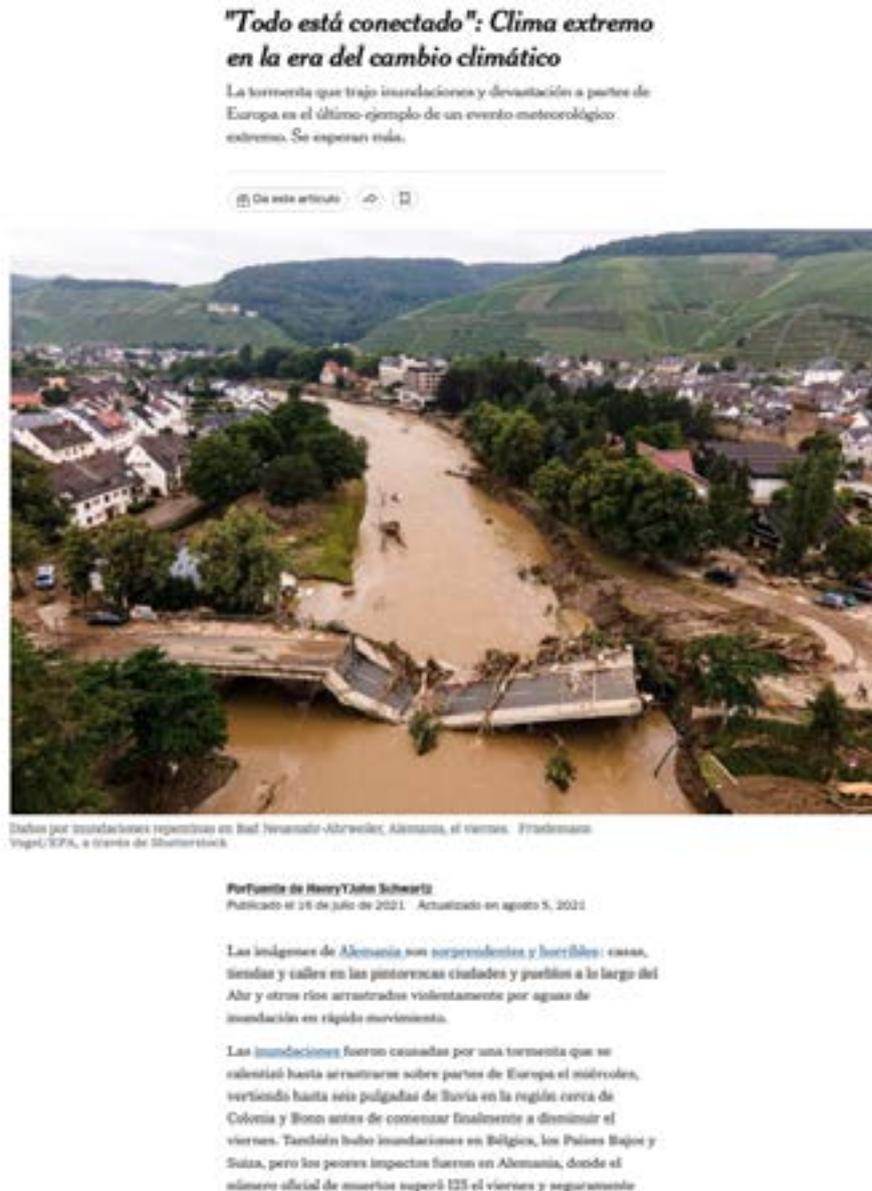


Figura 12. Inundaciones en Alemania en 2021 (Cortesía: New York Times)

Además, los casquetes polares, particularmente en el hemisferio norte, se derriten, lo que resulta en un aumento del nivel del mar y la pérdida de áreas terrestres costeras. Hay una reducción en el derretimiento de la nieve y, por lo tanto, los ríos alimentados por el derretimiento de la nieve reducen sus niveles, lo que resulta en menos agua dulce disponible para las comunidades que dependen de estas fuentes de agua.



Por lo tanto, hay muchos impactos en el clima en todo el mundo que resulta del calentamiento del planeta. Por lo tanto, este es un desafío global que debe resolverse a través de acuerdos globales y la cooperación de todos los países del mundo.

III. Sostenibilidad

a. ¿Qué es la sostenibilidad?

La sostenibilidad se definió por primera vez en 1987 en el Informe de la Comisión Bruntland de las Naciones Unidas como: “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Esta definición significa que debemos utilizar los recursos de la Tierra de tal manera que nos aseguremos de que no los estamos consumiendo a un ritmo tal que las generaciones futuras no tendrán recursos disponibles para ellos. En la actualidad, estamos utilizando los recursos de la Tierra a un ritmo mucho mayor de lo que están siendo reemplazados, por lo que esto significa que nuestros enfoques de desarrollo actuales no son sostenibles.

b. Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas

En el cambio de milenio, en el año 2000, las Naciones Unidas establecieron varios objetivos ambiciosos para reducir la pobreza. Estos llamados Objetivos de Desarrollo del Milenio establecen metas que deben alcanzarse para 2015. Si bien estos objetivos eran muy ambiciosos, se lograron algunos. En particular, se logró la reducción de la pobreza extrema, principalmente a través del desarrollo económico de China.

A medida que llegaba 2015, las Naciones Unidas prepararon un nuevo conjunto de objetivos de desarrollo para alcanzarlos en 2030. Estos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas comprenden 17 objetivos y 169 metas. La Figura 18 muestra estos 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

Estos objetivos incluyen la erradicación de la pobreza, la erradicación del hambre, la buena salud y el bienestar, la educación de calidad, etc. El ODS número 7 de la ONU se centra en garantizar el acceso a la energía asequible y limpia para todos en el mundo. Exploraremos este ODS de la ONU con más detalle en la siguiente sección.



Figura 18. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. (Fuente: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>)

c. ODS #7 - Energía limpia y asequible para todos

El ODS número 7 de la ONU se titula Energía limpia y asequible para todos. Hay cuatro metas para el ODS no. 7 de la ONU de la siguiente manera:

- 7.1.** Para 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos
- 7.2.** Para 2030, aumentar sustancialmente la proporción de energías renovables en la matriz energética mundial
- 7.3.** Para 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética



7.A Para 2030, mejorar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología en materia de energía limpia, incluidas las energías renovables, la eficiencia energética y la tecnología avanzada y menos contaminante de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnología de energía limpia

7.B Para 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para el suministro de servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, de conformidad con sus respectivos programas de apoyo

En 2020, el consumo mundial de energía estuvo dominado por los combustibles fósiles. La energía renovable solo representó alrededor del 15% del consumo mundial de energía. Sin embargo, se proyecta que la participación en la energía renovable crecerá a casi el 30% para 2050, como se muestra en Figure 19. Todavía se espera que las fuentes basadas en el petróleo dominen el consumo mundial de energía, principalmente debido a su uso en el sector del transporte.

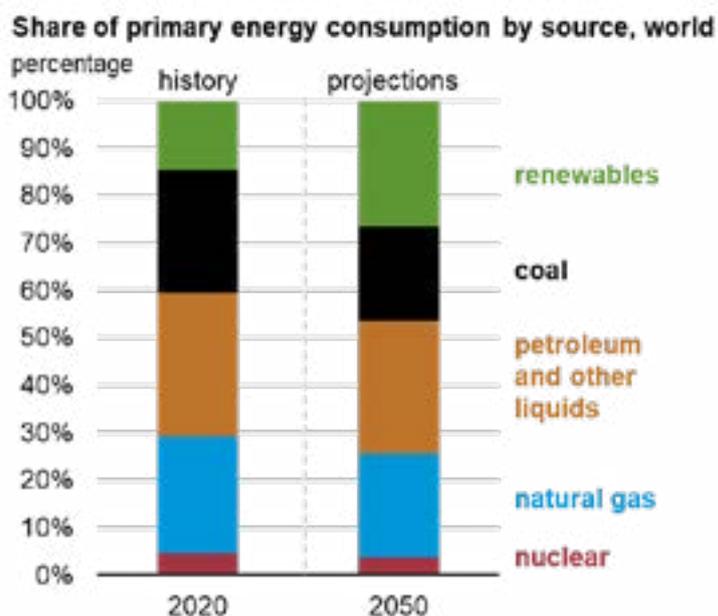


Figura 19. Porcentaje del consumo mundial de energía primaria por fuente. (Fuente: www.eia.gov/ieo)

En el sector de la generación de energía, se espera que la proporción de energías renovables crezca para convertirse en la fuente dominante de electricidad en el mundo para 2050, como se muestra en la Figura 20 a continuación.

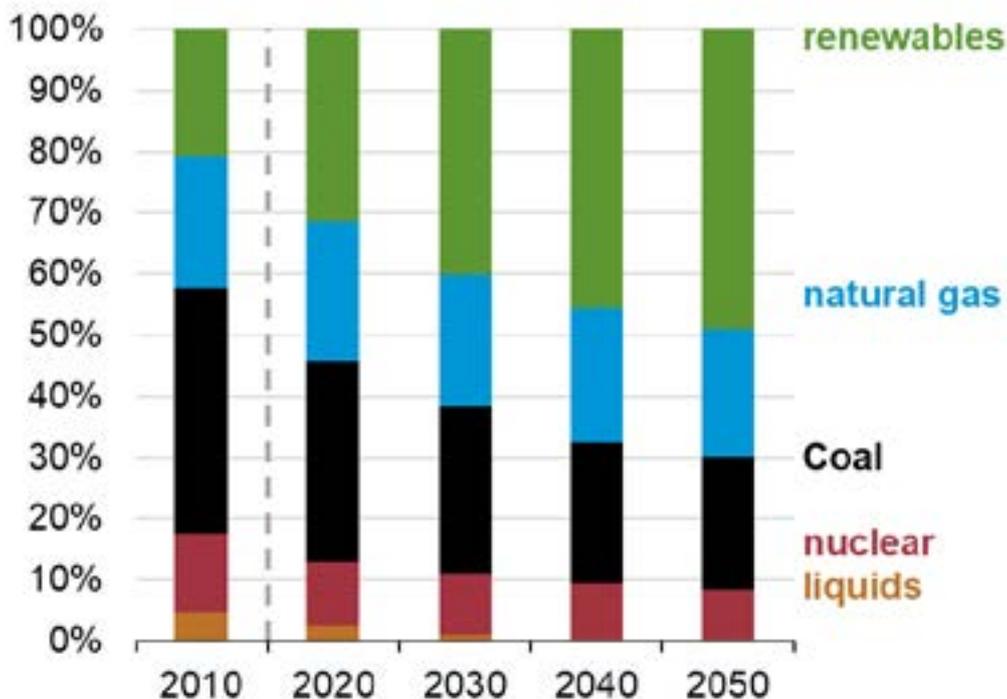


Figura 20. Porcentaje de generación mundial de electricidad por fuente. (Fuente: www.eia.gov/ieo)



IV. Energías Renovables

a. Definición de energías renovables

La energía renovable es el tipo de energía que se puede utilizar a una tasa comparable a la velocidad a la que se repone. La energía solar y la energía eólica se pueden utilizar en el momento en que están disponibles (o en momentos en que no están disponibles a través del almacenamiento de energía). La energía de biomasa comprende energía química de plantas y árboles que se puede reponer en el tiempo que las mismas plantas necesitan para crecer (hasta unos pocos años). Sin embargo, la energía de los combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas, tarda millones de años en reponerse y, por lo tanto, no se consideran fuentes de energía renovables.

b. Fuentes de energía renovables

Solar (eléctrico y térmico)

La energía solar es la energía que obtenemos del sol. La energía del sol nos llega en dos formas: calor (también llamado energía solar térmica) y luz. La energía térmica del sol se puede utilizar para calentar agua para proporcionarle agua caliente con la cual se puede tomar una ducha. Un sistema de energía solar térmico generalmente consiste en paneles de vidrio en la parte superior de una placa de metal de color negro para al que se une un tubo que transporta agua. Estas unidades se llaman paneles (o colectores) solares térmicos. Como el calor del sol es absorbido por las placas negras, el agua que fluye a través de los tubos unidos a estas placas se calienta. El agua se puede usar directamente o se puede almacenar en un tanque de almacenamiento que está integrado en el panel solar térmico. Una imagen de dos sistemas solares térmicos instalados por Orcatec en Santa Cruz se muestran en la Figura 21 a continuación. El logo de Orcatec se encuentra en los tanques de almacenamiento y los paneles negros con los tubos a través de los cuales fluye el agua están unidos a los tanques.



Figura 21. Imagen de dos sistemas solares térmicos Orcatec para el suministro de agua caliente. (Cortesía: Orcatec.ec)

Otra forma de utilizar la energía solar es convertir la luz del sol en electricidad. Esto se puede hacer en utilizando un dispositivo llamado celda (o celda) solar. Las celdas solares generalmente están hechas de silicio, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno. Una celda solar de silicio tiene contactos eléctricos en la parte delantera y trasera. En la parte frontal, el contacto eléctrico es en forma de rejilla metálica para que la luz pueda entrar en la parte activa de la celda solar mientras la salida de corriente de la celda solar puede dirigirse a la carga eléctrica. Esto es análogo a las venas de una hoja que transportan agua desde el tallo hasta las diferentes partes de la hoja. Una imagen de la parte frontal de una celda solar se muestra en la Figura 22.

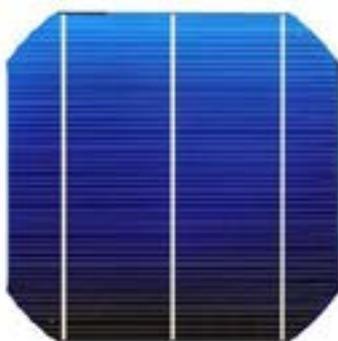


Figura 22. Imagen de la parte frontal de una celda solar. (Cortesía: Wikimedia Commons)



Cuando la luz solar cae sobre una celda solar, se convierte directamente en electricidad, por lo que no hay partes móviles que se desgasten. La salida de voltaje de una sola celda solar es muy pequeña, solo aproximadamente 0.5V. Esto es demasiado bajo para ser útil para alimentar dispositivos y, por lo tanto, necesitamos conectar varias celdas solares juntas para obtener una salida eléctrica útil. En un panel solar, normalmente se tienen 36 celdas solares conectadas entre sí. Estos paneles solares eléctricos también se llaman paneles fotovoltaicos o paneles FV para abreviar. Estos paneles solares son construidos por medio de laminación de las celdas solares entre dos láminas de material polimérico blando llamado etileno de acetato de vinilo (EVA para abreviar), son como el interior de los zapatos deportivos. Luego se protegen con una lámina de vidrio en la parte superior y una lámina trasera de plástico en la parte posterior. ¡Dado que los paneles solares no tienen partes móviles, y las celdas solares están bien protegidas, los paneles solares son muy duraderos y a menudo vienen con garantías de 25 años o más! Una imagen que muestra las diversas capas de un panel solar se muestra en la Figura 23 a continuación:

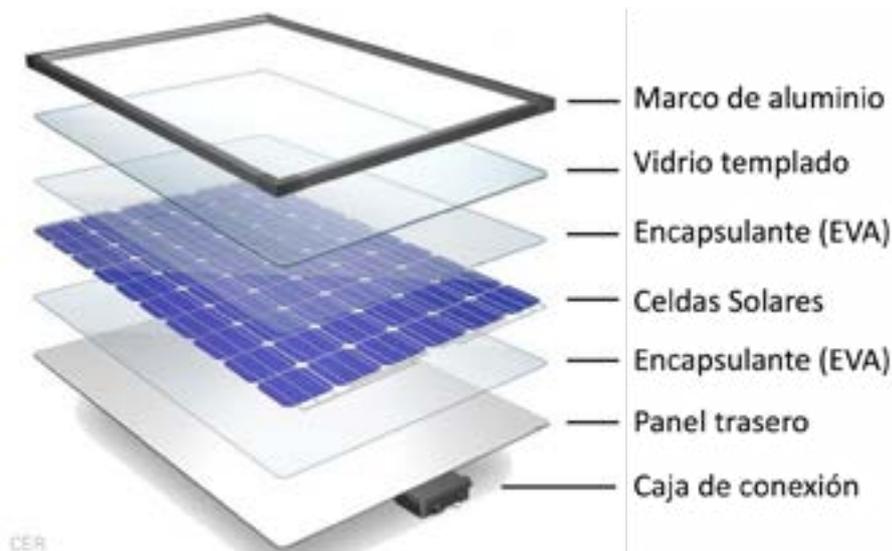


Figura 23. Estructura de un panel solar. (Fuente: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-panel-components-construction>)

Los paneles solares producen voltaje y corriente de corriente continua (CC) (similar a una batería). La cantidad de potencia (P) que generan es simplemente el producto de la corriente (I) por voltaje (V) y es medido en vatios ($P=V \times I$). La potencia de salida depende de dos factores: la intensidad de la luz brillando en el panel y la temperatura del panel. La potencia de salida aumenta directamente con el aumento de la intensidad de la luz. Para paneles solares de silicio, la potencia de salida disminuye en aproximadamente un 0,5% por grados Celsius de aumento de la temperatura. La salida de un panel solar en un día nublado será aproximadamente la mitad de su potencia de salida en un día brillante y soleado. Si las celdas solares están muy calientes, la potencia de salida del panel puede caer hasta en un 15-20% de la producción lograda a temperatura ambiente.

Los paneles solares se pueden unir para producir más potencia de salida que un solo panel. Un grupo de paneles solares interconectados se llama arreglo solar. Estos paneles solares pueden ser montados en los techos de los edificios o en terrenos donde se pueden montar en marcos en el suelo. Una imagen de un arreglo solar en el techo de un edificio en el Colegio Nacional Galápagos en Santa Cruz se muestra en la Figura 24 a continuación:



Figura 24. Solar Array en el techo del Colegio Nacional Galápagos en Santa Cruz



Un arreglo solar montado en tierra en la escuela Humboldt en San Cristóbal se muestra a continuación en la Figura 25:



Figura 25. Arreglo solar en la Escuela Humboldt en San Cristóbal

Para convertir la potencia de salida de CC de los paneles solares a la energía de corriente alterna (CA) utilizada por la mayoría de nuestros electrodomésticos, necesitamos usar un convertidor llamado inversor. Además, ya que no tenemos luz solar por la noche, necesitamos almacenar la energía generada por los paneles solares durante el día en baterías si queremos alimentar electrodomésticos (como luces) por la noche. Más información sobre el almacenamiento de energía se proporcionará en una sección posterior.

Viento

A medida que sopla el viento, la energía transportada por el viento se puede transformar en electricidad con una turbina eólica. Una turbina eólica comprende torres altas sobre las que se montan aspas. La forma de las aspas es tal que a medida que el viento golpea las aspas, giran. Esto sigue un principio llamado principio de Bernoulli y es la forma en que funcionan las alas de los aviones. Tienen una forma tal que el lado superior del aspa es más largo que el lado inferior. A medida que el aire se mueve sobre el aspa, debe recorrer una distancia adicional sobre la parte superior del aspa en comparación con la parte inferior (vea la Figura 26 a continuación).

Esto significa que el aire sobre la parte superior del aspa debe viajar una distancia mayor que el aire que fluye sobre la parte inferior del aspa. Esto significa que el aire que pasa sobre la parte superior del aspa tiene que viajar con más velocidad que el aire que fluye sobre la parte inferior del aspa para que se encuentren al mismo tiempo detrás del aspa. El aire más rápido da como resultado una presión más baja en la parte superior del aspa que en la parte inferior, lo que resulta en que el aspa se levante.

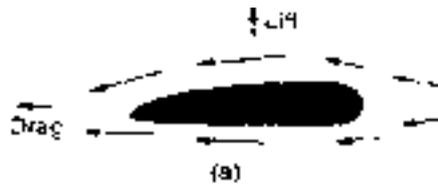


Figura 26. La forma del aspa da como resultado la elevación a medida que el aire fluye sobre ella. (Fuente: Sistemas de energía renovable y eficiente por Gilbert Masters)

Las turbinas eólicas suelen tener tres aspas. Cuanto mayor sea la longitud de las aspas, mayor será el área barrida de las mismas. Esta área barrida más grande da como resultado que se genere más energía. Por lo tanto, se necesitan torres altas para acomodar tamaños de aspas más grandes. Las aspas están unidas a una carcasa llamada góndola. Dentro de esta carcasa hay engranajes y un generador eléctrico. El generador eléctrico toma el movimiento giratorio del eje al que están montadas las aspas y lo convierte en energía eléctrica. Esta electricidad se alimenta a la red eléctrica para alimentar hogares, edificios, etc. Una imagen de tres turbinas eólicas ubicadas cerca del aeropuerto en la isla de Baltra se muestra en la Figura 27.



Figura 27. Turbinas eólicas en la isla de Baltra. (Fuente: <https://www.elecgalapagos.com.ec/generacion-renovable/>)



Cada uno de estos aerogeneradores tiene una capacidad de 750kW de potencia lo que significa que la potencia total de salida que potencialmente pueden producir estas tres unidades es de 2,25MW.

Biomasa

La energía química que se almacena en plantas y animales en forma de moléculas de carbono (azúcares, celulosa, aceites) se llama biomasa. La fuente de biomasa más utilizada es la madera. Cuando la madera se quema, emite calor que se puede utilizar para cocinar y calentar. Otra fuente de biomasa comúnmente utilizada son los desechos animales (como el estiércol de vaca). Esto es mucho menos eficiente que la madera. Una fuente de calefacción más eficiente es el carbón vegetal que está hecho de madera que se calienta y carboniza lentamente. La quema de madera, carbón o desechos animales resulta en contaminación del aire que puede causar problemas respiratorios, especialmente en niños pequeños.

Antes de que la biomasa pueda quemarse de manera eficiente, debe secarse. La biomasa seca se puede formar en briquetas. Una imagen de briquetas hechas de desechos de madera en Nairobi, Kenia, se muestra a continuación en la Figura 28.



Figura 28. Briquetas hechas de residuos de madera. (Fuente: National Geographic Education. <https://education.nationalgeographic.org/resource/biomass-energy>)

Sin embargo, hay mejores formas de obtener energía de la biomasa que son más respetuosas con el medio ambiente. Cuando la biomasa se pudre, las bacterias que están degradando la biomasa crean gas metano. Este proceso se llama digestión anaeróbica. Este gas metano puede ser capturado y luego quemado para cocinar o puede ser utilizado como combustible en un generador para generar electricidad. Las vacas y otros animales también liberan gas metano como subproducto de su digestión de los alimentos. Este gas puede ser capturado y utilizado para cocinar o generar electricidad. Una imagen de un biodigestor se muestra en la Figura 29 a continuación:

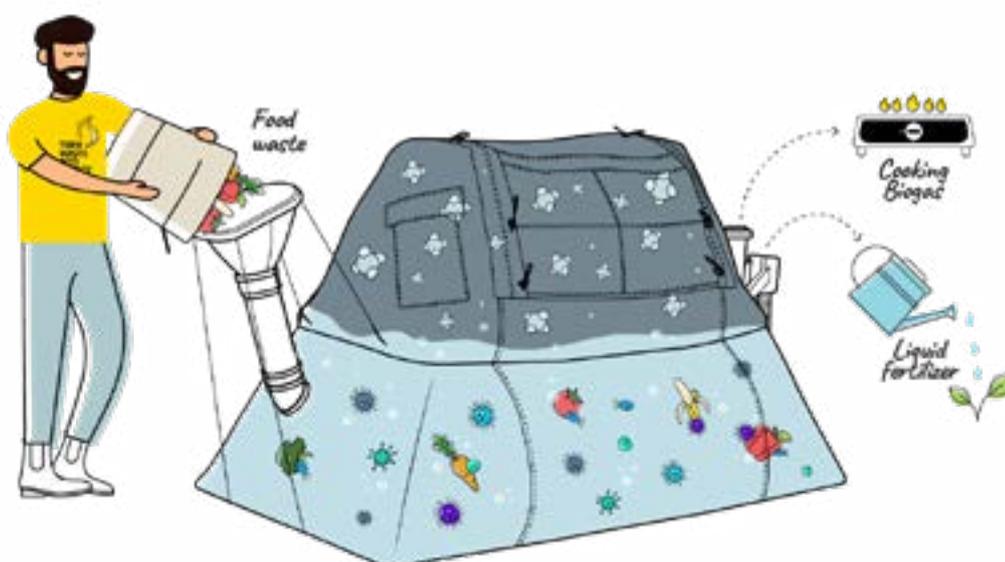


Figura 29. Imagen de un biodigestor comercial. (Fuente: <https://landing.homebiogas.com/digester/>)

La digestión anaeróbica de la biomasa también se puede utilizar para generar gas hidrógeno que se puede utilizar en una pila de combustible para generar electricidad. Un diagrama que muestra el proceso de conversión de residuos vegetales en gas hidrógeno se muestra en la Figura 30 a continuación:



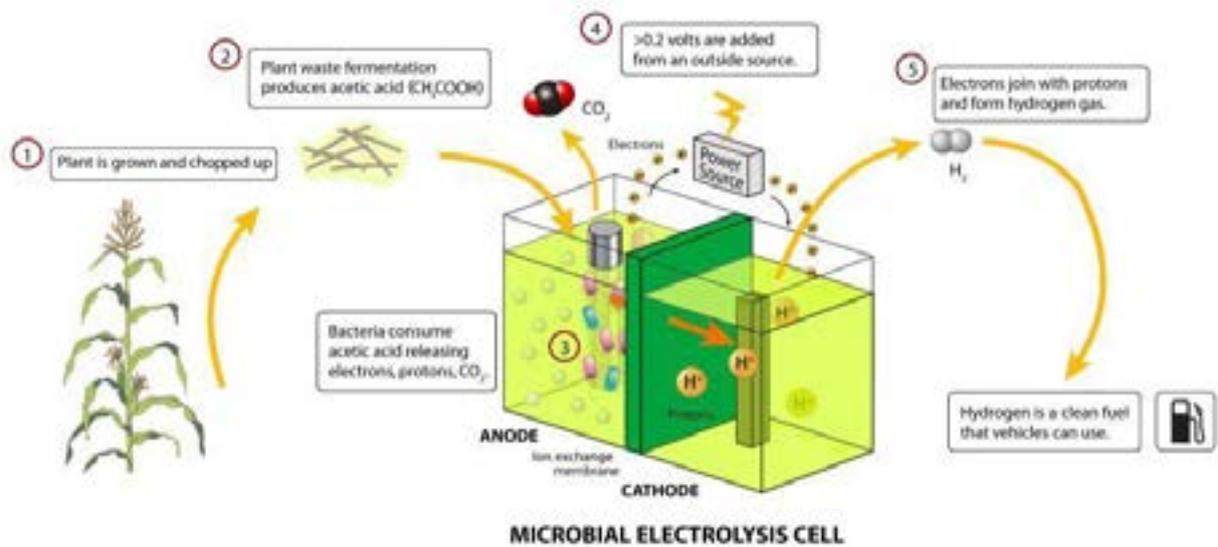


Figura 30. Conversión de residuos vegetales en gas hidrógeno. (Fuente: National Geographic Education)

Los biocombustibles son combustibles o aceites vegetales que son cultivados a partir de plantas y materiales vegetales. Una planta en particular que es muy importante en Ecuador es la *Jatropha*. Esta planta es una planta perenne y tolerante a la sequía que crece en suelos pobres y produce una gran cantidad de combustible por hectárea. Es fácil de cultivar, tiene una rápida tasa de crecimiento y puede generar semillas por hasta 50 años. La *Jatropha* es una materia prima de bajo costo con buenas propiedades de combustible y más combustible que otras especies. Es una materia prima oleaginosa no comestible y, por lo tanto, no compite con los cultivos alimentarios como el ethanol derivado del maíz, que se utiliza como aditivo de combustible en el invierno en los Estados Unidos y como biocombustible común en Brazil. La *Jatropha* se cultiva en Manabí y es usada en generadores en Floreana capaces de ser alimentados con biodiésel o diesel convencional con un rendimiento equivalente. El combustible de biodiesel derivado de *Jatropha* emite menos contaminantes que el diesel convencional. A continuación se muestra una foto de la planta a diésel en Floreana.



Figure 31. Planta generadora de diésel en Floreana (cortesía ELECGALÁPAGOS)

Hidroelectricidad

La energía en el agua en movimiento también se puede convertir en electricidad. Esta forma de energía se llama energía hidroeléctrica. Se han construido represas en grandes ríos para proporcionar mucha electricidad en todo el mundo. Representa más del 15% del suministro mundial de electricidad y es la forma más utilizada de energía renovable. Además de los ríos, las cascadas, como las Cataratas del Niágara en los Estados Unidos y Canadá, se han utilizado como fuente de energía hidroeléctrica. El agua en movimiento fluye sobre y gira las aspas de una turbina. La turbina giratoria está conectada al eje de un generador eléctrico que produce electricidad. Esta electricidad se alimenta a la red para su distribución a los clientes. Un diagrama que muestra la forma en que funciona una planta hidroeléctrica se muestra en la Figura 32 a continuación:



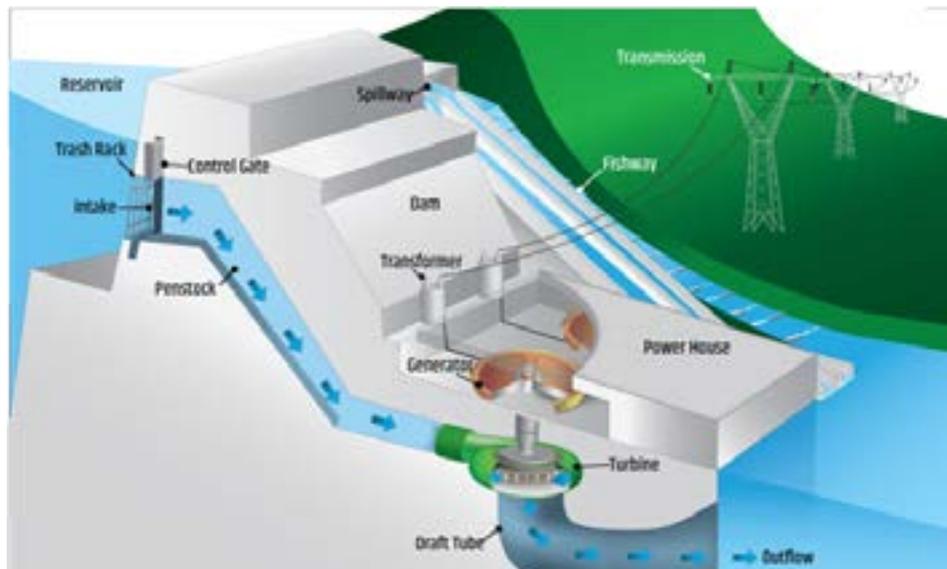


Figura 32. Diagrama que muestra cómo funciona una central hidroeléctrica. (Fuente: <https://www.energy.gov/eere/water/types-hydropower-plants>)

¡En un año, la represa Grand Coulee en el estado de Washington en los Estados Unidos crea suficiente electricidad para alimentar a 4,2 millones de hogares durante un año!

La mayor parte de la electricidad generada en Ecuador proviene de la energía hidroeléctrica. Según la Administración de Información de Energía, el 79% de la electricidad generada en 2020 provino de energía hidroeléctrica (ver el cuadro a continuación en la Figura 33).

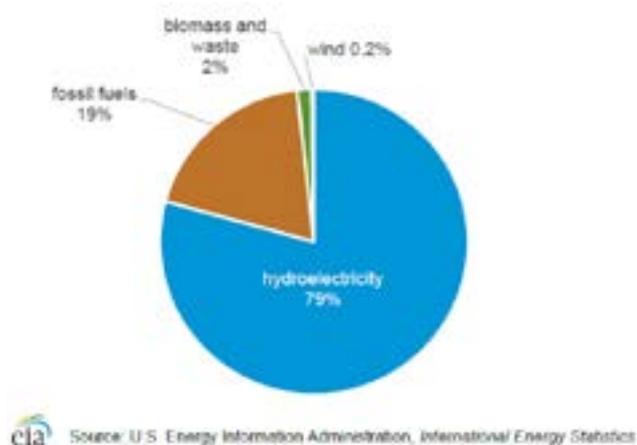


Figura 33. Porcentaje de suministro de generación de energía por fuente para Ecuador en 2020

La mayor parte de la energía hidroeléctrica se genera a partir de centrales eléctricas ubicadas en el Azuay provincia en las tierras altas del centro-sur de Ecuador. En los últimos años, se han instalado varias nuevas centrales hidroeléctricas. Las imágenes de la central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair se muestran en la Figura 34 a continuación:

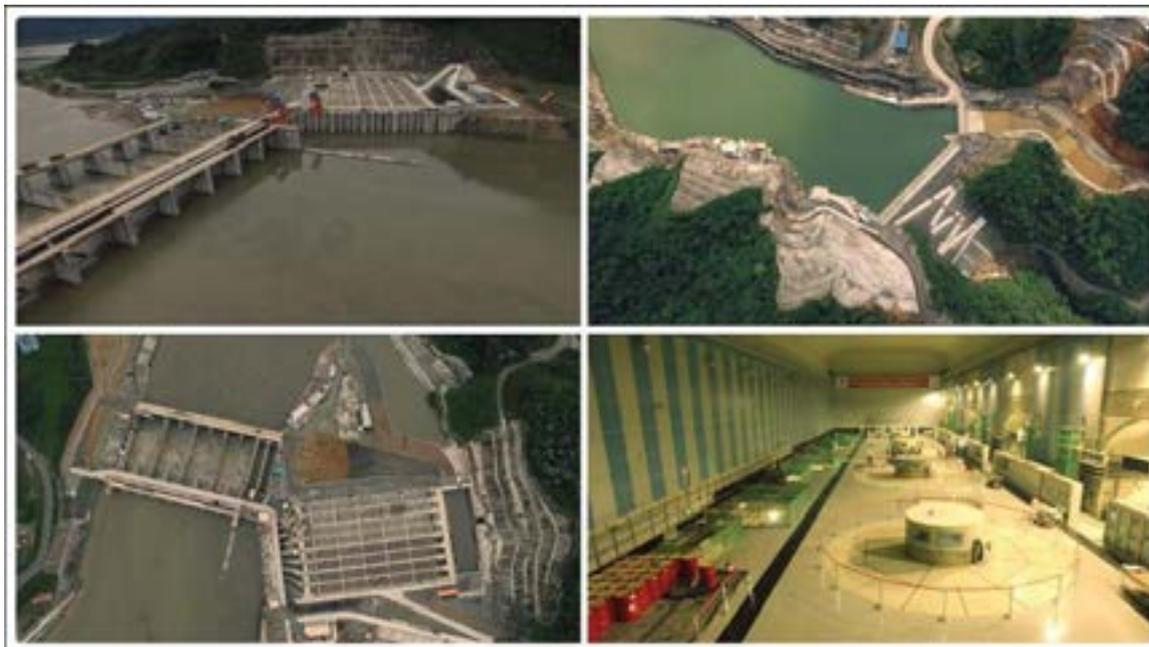


Figura 34. Imágenes de Coca Codo Sinclair Hidroeléctrica Plant. (Fuente: central hidroeléctrica <https://www.bnamericas.com/en/news/timeline-ecuadors-coca-codo-sinclair>)

Olas

Hay mucha energía en las olas. El movimiento hacia arriba y hacia abajo de las olas del océano se puede transformar en energía eléctrica utilizando varios tipos de dispositivos. Hay cuatro enfoques diferentes para capturar la energía en olas y transformarlas en energía eléctrica como se muestra en la Figura 35. La columna de onda oscilante (OWC) tiene una cámara de aire que es empujada y tirada por las olas entrantes y descendentes, respectivamente. El aire en movimiento pasa sobre un generador de turbina que convierte el movimiento del aire en electricidad. Esta electricidad se puede conducir a la red eléctrica para alimentar los hogares. Se ha instalado un dispositivo de columna de agua oscilante en la Isla de Islay en Escocia y ha estado generando 500kW de potencia desde el año 2000.



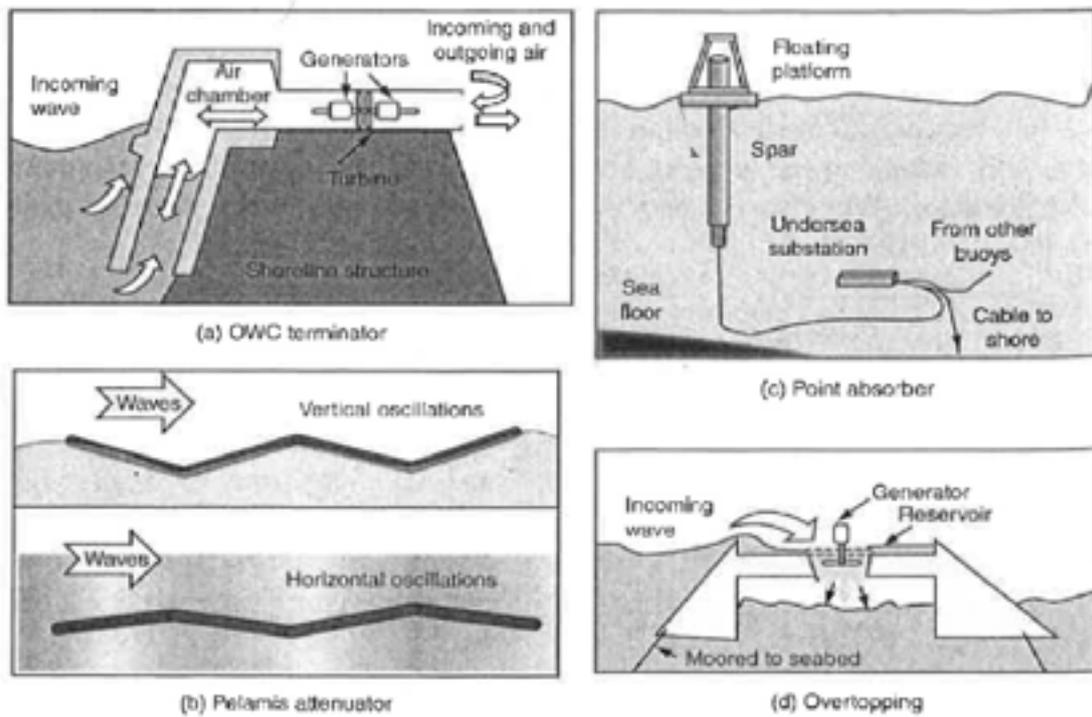


Figura 35. Cuatro tipos diferentes de convertidores de energía undimotriz (Fuente: Efficient and Renewable Energy Systems, Gilbert Masters)

Una imagen del sistema se muestra a continuación en la Figura 36 y un video de Youtube de su funcionamiento está disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=kXfSrCWA7qA>.

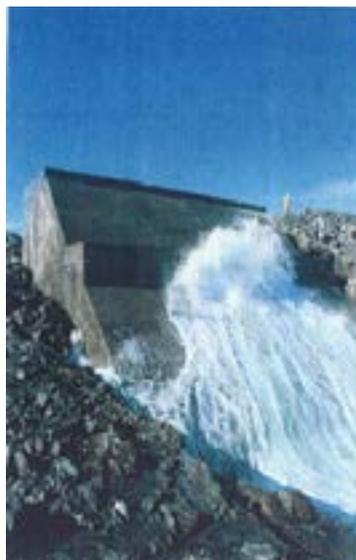


Figura 36. Imagen del Generador de Olas Oceánicas de la Isla de Islay

Un segundo enfoque es el uso de una unidad atenuadora Pelamis. En este dispositivo, una serie de columnas se mueven hacia arriba y hacia abajo en respuesta a las olas del océano (ver figura (35-b) arriba). Estas columnas tienen compresores de aire en las juntas que están acoplados a generadores que convierten el movimiento hacia arriba y hacia abajo en las juntas en energía eléctrica. Una imagen de una unidad prototipo que se utilizó en Portugal para generar energía se muestra en la figura 37 a continuación. Un dispositivo de 750 kW tenía 150 m de largo, 3,5 m de diámetro y comprendía cinco secciones.



Figura 37. Prototipo de un generador de ondas Pelamis. (Fuente: “Renovable Energy – Power for a Sustainable Future”, Godfrey Boyle, 2ª Edn.)

Se entregó la primera fase (PM2-001) de una planta de 22,5MW que se ubicará frente a la costa de Portugal (Aguçadoura). También se entregaron las primeras 3 unidades de 750 kW (para una capacidad total de la primera fase de 2,25 MW) (PM2-002), y las máquinas estaban alimentando energía a la red portuguesa. Un video de YouTube que muestra este convertidor de energía en acción está disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=slawyq4PXxE>



Desafortunadamente, la compañía que desarrolló este prototipo, Pelamis Wave Power Ltd., quebró en 2014 y ninguna otra empresa comercial está fabricando este tipo de generador ahora. El problema con este tipo de generador es que es caro, requiere mucho mantenimiento debido a todas las partes móviles y, por lo tanto, no es comercialmente viable actualmente.

Otros dispositivos, incluidos el generador de absorción puntual y el generador superpuesto, aún están en desarrollo y aún no se han comercializado.

Geotermia

La tierra comprende tres capas: corteza, manto y núcleo (ver Figura 38 a continuación):

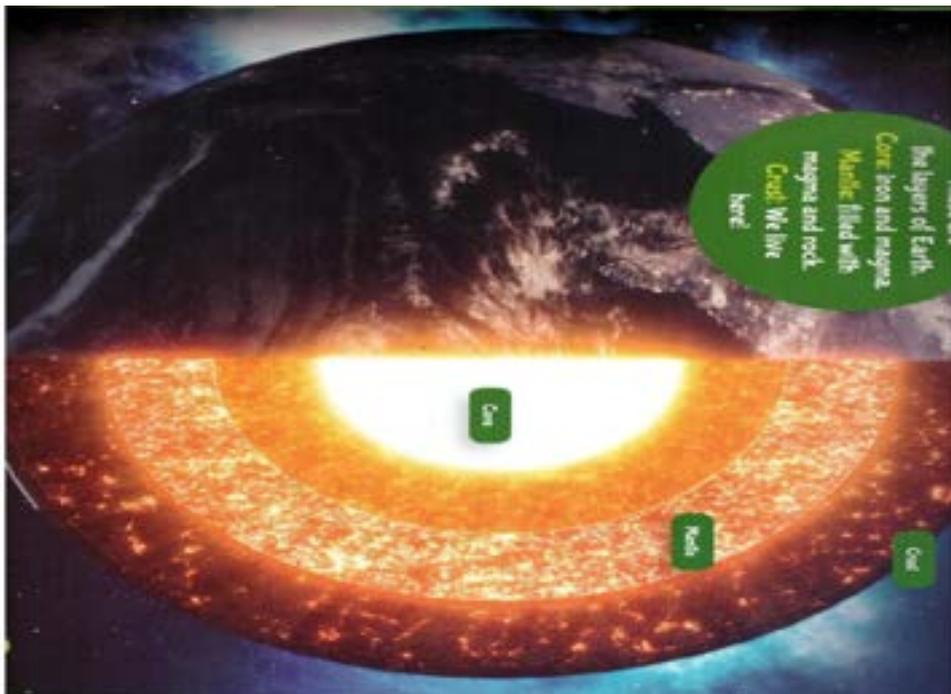


Figura 38. Las capas de la tierra (Fuente: Energía Verde)

En su centro está el núcleo de la Tierra. Este núcleo es extremadamente caliente: >10,000 grados centígrados. La siguiente capa es el manto. El manto está lleno de roca (sólida y fundida). La roca fundida también se llama magma. La capa más externa es la corteza terrestre, que es donde vivimos.

El calor del núcleo se eleva al manto e incluso a la corteza terrestre. Este calor en la corteza terrestre se llama energía geotérmica. Cuando un volcán entra en erupción, la roca fundida se mueve a la superficie y sale de la cima del volcán. Esta roca fundida de un volcán se llama lava. Las Islas Galápagos se han formado a partir de erupciones volcánicas. A medida que la lava de los volcanes golpea el océano, se enfría y agrega masa de tierra.

El calor de la tierra se puede utilizar para calentar el agua al vapor. Este vapor puede ser utilizado para impulsar turbinas, que cuando se acoplan a los generadores, se pueden utilizar para generar energía. Esto es como en una planta de energía típica de combustibles fósiles, pero en su lugar utiliza el calor de la tierra para hervir el agua al vapor en lugar de usar carbón o petróleo. Un diagrama que muestra la configuración de una planta de energía geotérmica se muestra en la Figura 39 a continuación:

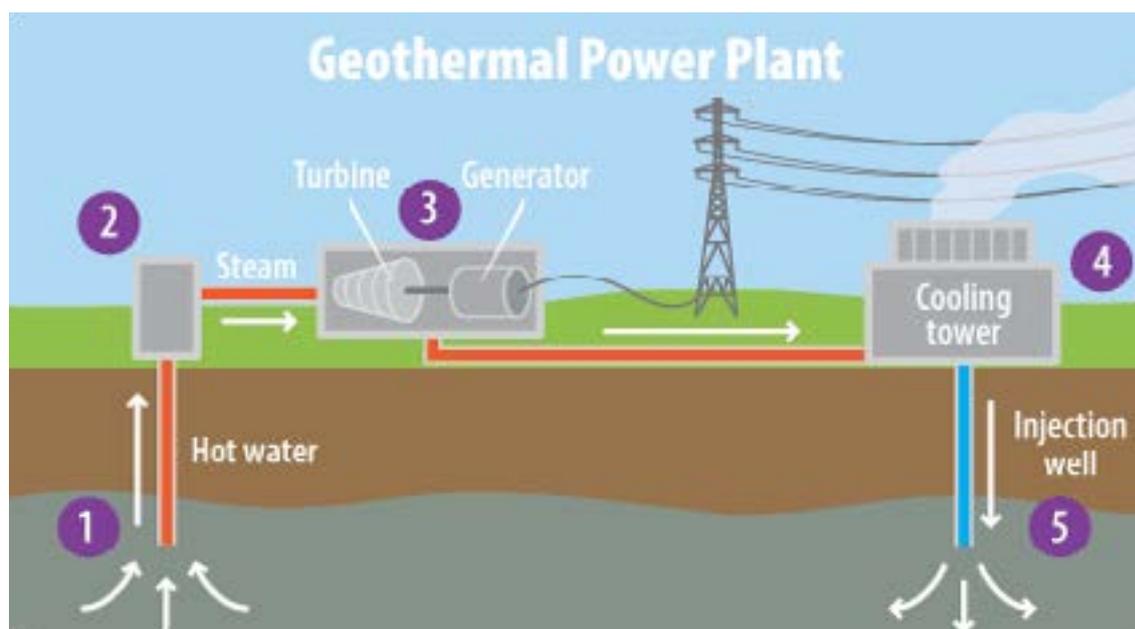


Figura 39. Diagrama que muestra el funcionamiento de una planta de energía geotérmica. (Fuente: <https://archive.epa.gov/climatechange/kids/solutions/technologies/geothermal.html>)

Isabela tiene un potencial significativo para la energía geotérmica dado que hay mucha actividad geotérmica en la isla. La Figura 40 muestra varios volcanes en la isla.



Figura 40. Vista de la isla Isabela desde el espacio. (Fuente: Informe de la Universidad de las Naciones Unidas)

En particular, hay una actividad geotérmica significativa alrededor de tres de estos volcanes: Alcedo, Sierra Negra y Cerro Azul (ver Figura 41 abajo).

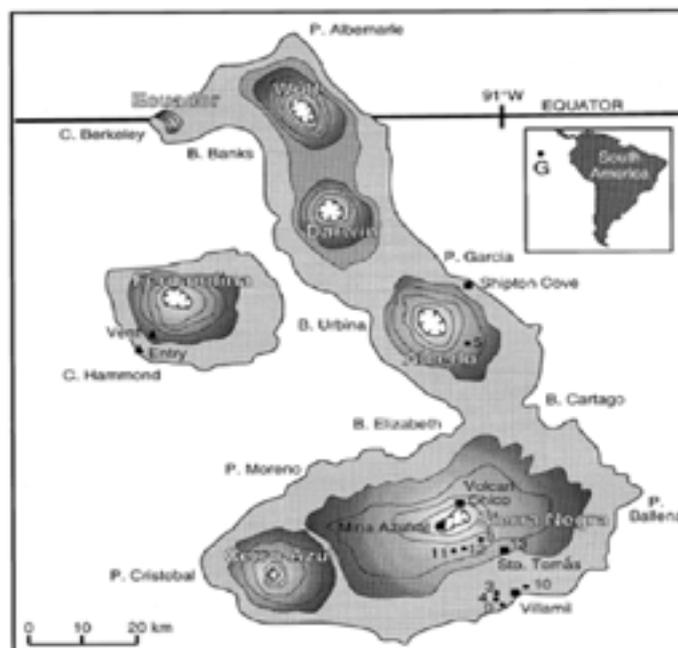


Figura 41. Mapa de ubicación de volcanes en escudo en las islas Isabela y Fernandina. (Fuente: Informe de la Universidad de las Naciones Unidas)

c. Almacenamiento de energía

Las fuentes de energía renovables como la energía eólica y solar se consideran fuentes intermitentes. Eso significa que no son fuentes confiables, sino que fluctúan con el tiempo. Además, la energía solar no está disponible por la noche y, por lo tanto, si queremos usar energía solar para alimentar la iluminación o hacer funcionar un televisor por las noches, debemos tener alguna forma de almacenar la energía para su uso por la noche. El almacenamiento de energía proporciona un medio para tomar el exceso de energía generada cuando la fuente de energía renovable está disponible y almacenarla para su uso en un momento en que la fuente de energía renovable no está disponible. La forma más común de almacenamiento de energía son las baterías. Las baterías son ampliamente utilizadas en computadoras portátiles, teléfonos celulares y otros dispositivos para almacenar energía para su uso cuando los dispositivos no están conectados a una toma de corriente.

Hay muchos tipos diferentes de baterías. Las dos categorías generales son las baterías primarias y las baterías recargables. Las baterías primarias son aquellas que solo se pueden usar una vez y luego deben desecharse. Ejemplos de este tipo de baterías son las pilas alcalinas que se utilizan en una linterna. Una imagen de una celda primaria se muestra en la Figura 42 a continuación:



Figura 42. Celda alcalina primaria

Las baterías secundarias, o recargables, se pueden recargar muchas veces antes de que ya no sean útiles. Hay dos tipos de baterías recargables que son muy comunes: las de plomo ácido y las de iones de litio. Las baterías de plomo ácido se utilizan en los automóviles para arrancar el vehículo, así como para hacer funcionar los dispositivos eléctricos en el automóvil, como faros, señales de giro, radio, etc. Las baterías de iones de litio se utilizan en teléfonos celulares, computadoras portátiles y tabletas para almacenar energía para usar los dispositivos cuando no están conectados a la red eléctrica.



Ambos tipos de baterías también se utilizan para el almacenamiento de energía en sistemas de energía renovable. Las baterías de plomo ácido suelen ser más baratas, pero no ofrecen tantos ciclos de carga-descarga como las baterías de iones de litio. Las baterías de iones de litio también se utilizan comúnmente para el almacenamiento de energía en sistemas de energía renovable más grandes (generalmente sistemas de >10 kW). Las imágenes de las baterías de plomo ácido y de iones de litio se muestran en las Figuras 43 y 44 a continuación.



Figura 43. Batería de plomo ácido para automóviles. (Fuente: https://shop.advanceautoparts.com/p/diehard-gold-battery-34-group-size-800-cca-1000-ca-110-minute-reserve-capacity-maximum-starting-power-34ft-2/11017956-p?product_channel=local&store=8592&adtype=pla&product_channel=local&store_code=8592&gclid=CjwKCAjwpqCZBhAbEiwAa7pXeW2Cey su6TZ8CA8OW4n1X4eqffU0lwG0lNo5PxJSID_44rjV5sPElBoC5UIQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)



Figura 44. Batería de teléfono celular de iones de litio. (Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery#/media/File:Nokia_Battery.jpg)

Otra forma común de almacenamiento de electricidad para las compañías de energía eléctrica es el almacenamiento hidroeléctrico por bombeo. En este sistema, el agua se bombea a un depósito a un nivel elevado cuando se produce un exceso de energía. Cuando hay escasez de energía, el agua se libera del depósito superior a un depósito inferior y fluye sobre una turbina conectada a un generador (como en una central hidroeléctrica convencional). Este tipo de almacenamiento de energía requiere un reservorio superior e inferior y, si bien es ampliamente utilizado en todo el mundo en lugares geográficamente favorables, no es adecuado para las Islas Galápagos debido a la falta de lluvias.

d. Uso eficiente de la energía

Es importante utilizar la energía de manera eficiente. Necesitamos minimizar la energía que se desperdicia debido a su uso ineficiente. Un motor de automóvil o un generador diésel generalmente tienen eficiencias de solo el 30%. Eso significa que alrededor del 70% de la energía almacenada en el combustible se destina al calor y se desperdicia. En las centrales eléctricas avanzadas de ciclo combinado (generación de energía eléctrica y uso del calor), la eficiencia de la conversión de combustible puede ser tan alta como el 60%.



Del mismo modo, algunos electrodomésticos son muy ineficientes. Por ejemplo, una bombilla incandescente de tungsteno es solo un 10% eficiente. Eso significa que el 90% de la electricidad proporcionada a la bombilla se destina al calor desperdiciado en lugar de a la luz. Una lámpara fluorescente utiliza aproximadamente un 70% menos de energía que una lámpara incandescente, mientras que una bombilla LED utiliza aproximadamente un 75-80% menos de electricidad que una bombilla incandescente para generar la misma cantidad de luz. Además, una bombilla LED puede durar >20 veces más que una bombilla incandescente. Por lo tanto, la electricidad ahorrada en un edificio utilizando bombillas LED en lugar de bombillas incandescentes o fluorescentes puede ser sustancial.

Dado que la iluminación generalmente representa aproximadamente 1/3 de la carga de energía de un edificio, pueden producirse ahorros sustanciales de energía al reemplazar las luces incandescentes y fluorescentes con luces LED. Esto significa que se debe producir menos electricidad para alimentar las luces de un edificio, lo que resulta en un menor uso de combustible y contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero si la energía proviene de una planta de energía de combustible fósil (como un generador diésel).

e. Consumo de energía de dispositivos y electrodomésticos

Los dispositivos utilizan una amplia gama de energías. Un teléfono celular consume relativamente poca energía (unos pocos Wh) mientras que una unidad de aire acondicionado consume mucho más (>1,000 Wh). La Tabla 1 a continuación muestra cuánta energía / energía es utilizada por diferentes dispositivos / aparatos. Para calcular cuánta energía consume un dispositivo/ aparato, necesitamos multiplicar el número de horas que el dispositivo está siendo utilizado por su consumo de potencia. Por ejemplo, supongamos que usamos un horno tostador durante 15 minutos.

El consumo de potencia de la tostadora de la siguiente tabla es de 750W. Para obtener el consumo total de energía, necesitamos multiplicar esta potencia, 750W por el tiempo (0,25 horas) y que nos da 187,5 Wh. Si hacemos esto para todas las cargas que utilizamos durante el día, podemos calcular el consumo total de energía que utilizamos durante el día. En el caso de un refrigerador, este tipo de cálculo no funciona.

Un refrigerador tiene un compresor que hace que un fluido refrigerante fluya a través de las tuberías en el refrigerador para enfriarlo. Una vez que el refrigerador se ha enfriado a una temperatura preestablecida, el compresor se apaga. Por lo tanto, el compresor que consume la energía eléctrica en el refrigerador se enciende y apaga. Es por eso que, en la siguiente tabla, la potencia del refrigerador (la potencia extraída por el compresor) y la energía consumida (suponiendo un porcentaje del tiempo que el compresor está extrayendo energía) se proporcionan como entradas separadas.

Nótese que en la tabla 1, se tienen las características de diferentes electrodomésticos. Considere las diferencias entre las refrigeradoras. Se puede observar que aunque se aumente el tamaño de la refrigeradora, la potencia del compresor no variara mucho, por lo que la potencia se mantiene sin cambios $P=300\text{W}$. Por el contrario la energía consumida es muy diferente al resto de sistemas, pues un espacio mayor en la refrigeradora causará que el compresor actúe por más tiempo.

Electrodomésticos en la cocina	
Refrigerador/congelador: Energy Star 14 pies cúbicos	300 W, 950 Wh/d
Refrigerador/congelador: Energy Star 19 pies cúbicos	300 W, 1080 Wh/d
Refrigerador/congelador: Energy Star 22 pies cúbicos	300 W, 1150 Wh/d
Congelador: Energy Star 22 pies cúbicos	300 W, 1300 Wh/d
Lavaplatos	1400 W, 1.5 kWh/carga
Hornilla	1200/2000 W
Horno Tostador	750 W
Horno Microondas	1200 W
Electrodomésticos de casa	
Secadora (gas/eléctrica, 1400 W)	250 W; 0.3/3 kWh/lavada
Calentador	875 W
Ventilador de techo	100 W
Aire Acondicionado (10.000 BTU)	1200 W
Calentador portable	1200 - 1875 W
Lámparas fluorescentes compactas	25 W
Plancha	1100 W
Secador de cabello	1500 W
Electrónica de consumo (Activo/Modo de espera)	
TV: 30-36 pulgadas en Tubo	120/3.5 W
TV: 40-49 pulgadas en Plasma	400/2 W
TV: 40-49 pulgadas en LCD	200/2 W
Satelital o cable con memoria	44/43 W
Caja de cable digital (sin memoria)	24/18 W
Reproductor DVD	15/5 W
Consola de juegos (Xbox, PS)	150/1 W
Estéreo	50/3 W



Modem	5/1 W
Impresora inkjet	9/5 W
Impresora laser	130/2 W
Radio	10/1 W
Computador de escritorio (encendido, dormido, apagado)	74/21/3 W
Computador portátil (en uso, dormido)	30/16 W
Monitor de computador	40/2 W
Fuera de casa	
Herramientas eléctricas, inalámbricas	30 W
Sierra circular, 7 ¼ pulgadas	900 W
Sierra de meza, 10 pulgadas	1800 W
Bomba de agua centrífuga: 50 pies a 10 gal/min	450 W
Bomba de agua sumergible: 300 pies a 1.5 gal/min	180 W

Tabla 1. Requisitos de energía/energía para cargas domésticas típicas. (Fuente: Sistemas de energía eléctrica renovable y eficiente por Gilbert Masters)

f. Impactos técnicos, económicos y sociales

Problemas técnicos:

Naturaleza intermitente de las energías renovables

Las fuentes de energía renovables generan la mayor parte de su energía en ciertos momentos del día. Las redes eléctricas se utilizan para hacer coincidir la electricidad que se necesita (demanda) con una combinación de diferentes fuentes de energía (generación). Las redes eléctricas convencionales dependen de la generación de combustibles fósiles que generalmente se pueden activar en cualquier momento. La generación de energía a partir de energías renovables generalmente no se alinea con las horas pico de demanda. Además, la intermitencia de la luz solar no permite que se genere energía por la noche. Del mismo modo, la energía generada por el viento es impredecible y depende de las estaciones y los patrones climáticos, como se ve en la Figura 13.

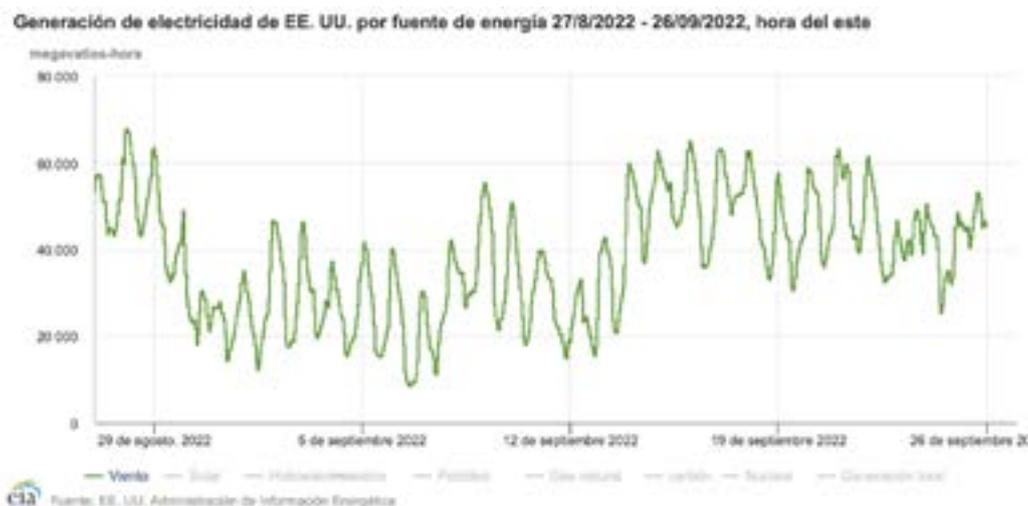


Figura 13. Ejemplo de variabilidad de la energía eólica.
(Fuente: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46617>)

Para abordar este problema, se han desarrollado sistemas de almacenamiento de energía para almacenar el excedente de energía y utilizarla en un momento de necesidad. Los avances tecnológicos en las tecnologías de baterías han reducido sus costos y los han hecho más rentables para los sistemas renovables.

Falta de infraestructura de la red eléctrica

En la mayoría de los lugares del mundo, la infraestructura actual de la red eléctrica se construye principalmente para plantas de combustibles fósiles. Sin embargo, hay muchas áreas en el mundo que carecen de acceso a una red eléctrica. Las energías renovables, en particular los sistemas eléctricos solares, se pueden utilizar en áreas donde no hay red eléctrica. Ha habido un crecimiento significativo en los últimos años de microrredes / minirredes en regiones del mundo donde no hay infraestructura de red eléctrica. Es necesario tener almacenamiento de energía incluido en estos sistemas para garantizar el acceso a la electricidad cuando la fuente de energía renovable no está disponible (por ejemplo, por la noche en el caso de los sistemas eléctricos solares).



Problemas sociales:

Aumento de la población

Un factor importante en el aumento de la demanda de energía es el crecimiento de la población en todo el mundo, en particular en los países en desarrollo. Desde la década de 1800, la población mundial ha crecido a un ritmo exponencial, como se muestra en la Figura 14. Otro factor importante es la esperanza de vida global, que se ha más que duplicado de 30 años en la década de 1800 a unos 73 años en 2019.

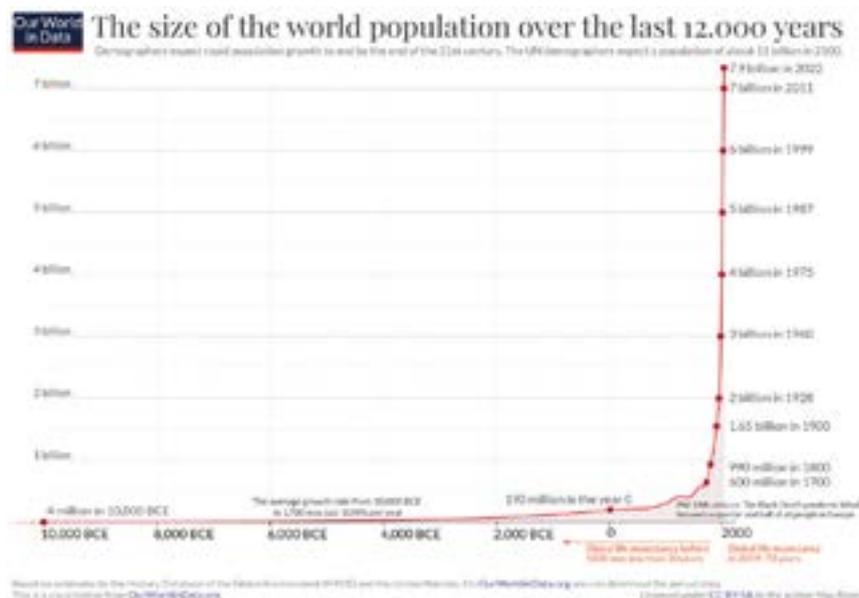


Figura 14. Crecimiento de la población mundial en los últimos 10.000 años.
(Fuente: <https://ourworldindata.org/world-population-growth>)

La disponibilidad de suministros de energía afecta factores como la educación, la salud, el empleo y el estilo de vida dentro de una comunidad. Los países con mayor consumo de energía per cápita en el mundo son Qatar, Islandia, Singapur y Emiratos Árabes Unidos, con los Estados Unidos en el puesto 11 y Ecuador en el puesto 78. Países de África y del sur de Asia como Bangladesh y Pakistán están al final de la lista. Como referencia, el consumo de energía primaria per cápita de Ecuador en 2021 es de 11836,15 kWh / persona, mientras que el de Chile (el más alto de Latinoamérica) es de 24056,12 kWh / persona, y el de los Estados Unidos (el más alto del continente) es de 77573,72 kWh / persona. Esta información se puede ver en el mapa de la Figura 15.

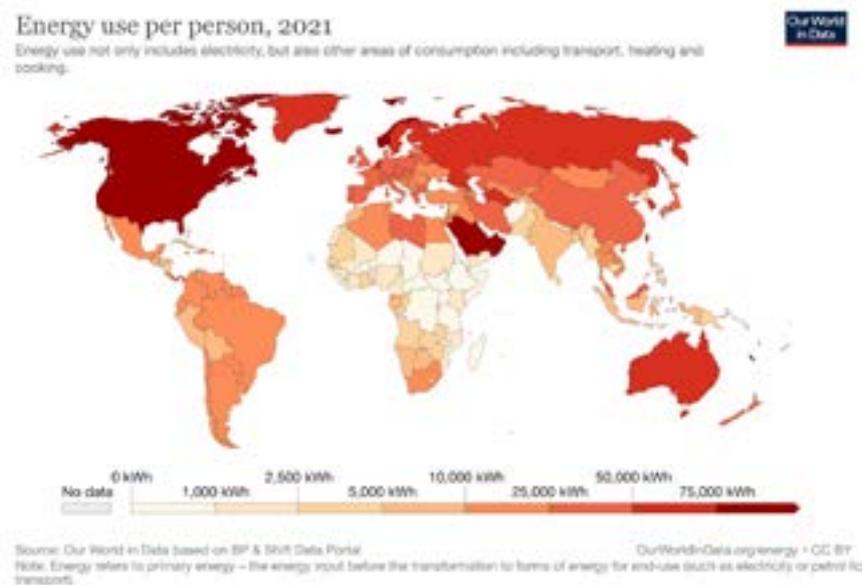


Figura 15. Usos de energía primaria per cápita en 2021. (Fuente: <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use>)

Impacto visual

Ha habido cierta oposición a la instalación de sistemas de energía renovable, aunque no en la escala de la que enfrenta la industria nuclear. Las objeciones se han dirigido especialmente a las turbinas eólicas debido a su impacto visual, generalmente en las zonas rurales. También ha habido oposición, por motivos estéticos, a la instalación de paneles solares térmicos y fotovoltaicos montados en el techo. Esto puede ser una consideración importante para los sitios y comunidades donde el paisaje natural es de gran atractivo para las comunidades locales o los turistas.

Problemas económicos:

Alta inversión de capital

La mayoría de los sistemas de energía renovable requieren una inversión de capital inicial relativamente alta para los equipos. Esta inversión se recupera a lo largo de varios años. A menudo es deseable que las estimaciones económicas para un proyecto muestren períodos cortos de amortización con una alta tasa de retorno de la inversión de capital.



Sin embargo, esto puede no reflejar los beneficios financieros a largo plazo de un plan de energía renovable, como los ahorros en las facturas de electricidad resultantes de la instalación de un sistema solar de calentamiento de agua.

Problemas políticos:

Escasez de recursos fósiles

El suministro mundial de combustibles fósiles es técnicamente limitado dado el tiempo que duran los procesos naturales para crear nuevos recursos de combustibles fósiles. Sin embargo, todavía hay una buena probabilidad de que las reservas de combustibles fósiles estén disponibles durante varios años, como se muestra en la Figura 16.

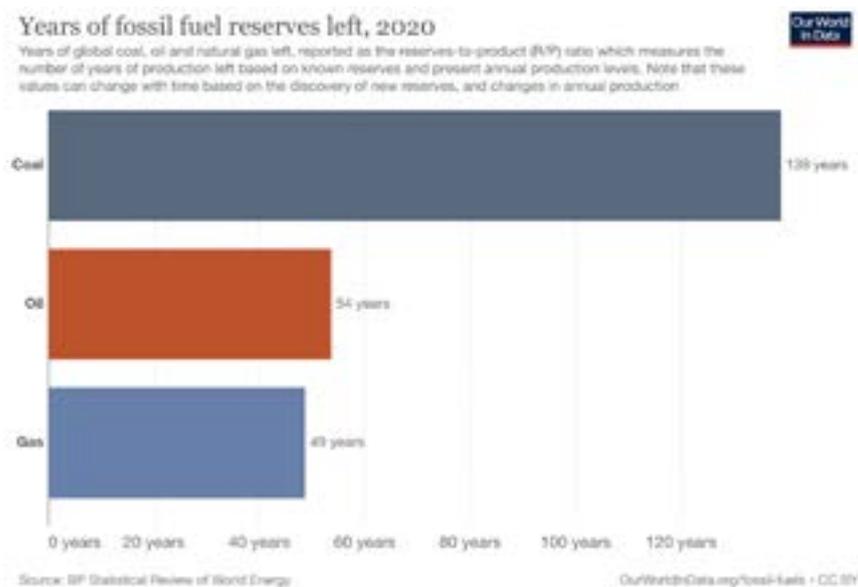


Figura 16. Estimación de los años restantes para las reservas de combustibles fósiles. (Fuente: <https://ourworldindata.org/grapher/years-of-fossil-fuel-reserves-left>)

Además, una consideración importante es la disponibilidad de reservas de combustibles fósiles para una comunidad en particular. Esto puede variar debido a varios factores, como alianzas políticas, variación económica de precios, guerras y conflictos, entre otros problemas globales.

No obstante, los combustibles fósiles siguen siendo importantes como generación de energía, mientras que se dispone de una transición a una solución energética más sostenible compuesta por una combinación de fuentes de energía renovables.

Falta de políticas y subsidios

La falta de políticas, subsidios, incentivos y regulaciones que favorezcan las tecnologías de energía renovable dificulta su amplia aceptación. Para atraer inversores, el mercado de las energías renovables necesita políticas y procedimientos legales claros. En otras palabras, los gobiernos deben introducir e implementar políticas de apoyo para fortalecer el mercado de energía renovable, para apoyar la adopción e implementación de más proyectos de energía renovable.

Este es un desafío para los países que dependen en gran medida de los combustibles fósiles. Los subsidios a los combustibles fósiles son una de las mayores barreras financieras y políticas para la adopción generalizada de energías renovables en la combinación energética, particularmente en Ecuador. Los subsidios pueden dar lugar a que los costos de generación de energía de combustibles fósiles parezcan más baratos de lo que son, lo que puede afectar la competitividad de la generación de energía renovable en un mercado competitivo.

La Figura 17 muestra la variación de los subsidios a los combustibles fósiles en Ecuador desde 2014. Vale recalcar que el presupuesto en salud para el 2022 es de 3.162,4 millones de dólares.



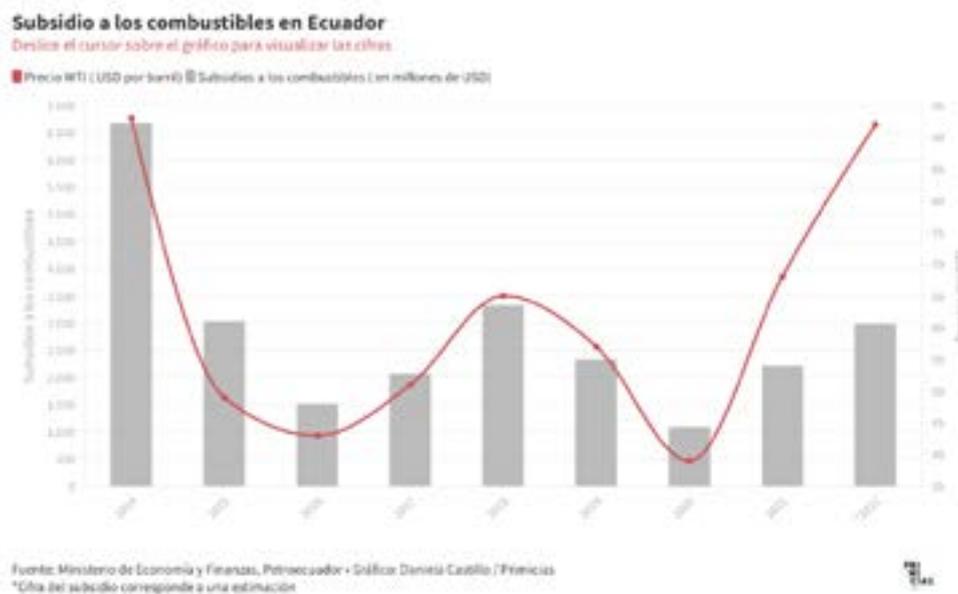


Figura 17. Subsidios a los combustibles fósiles.
 (Fuente: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/subsidio-combustibles-superara-gasto-salud/>)

Sin embargo, eliminar los subsidios a los combustibles fósiles demasiado rápido también puede desestabilizar una comunidad o un país, ya que los precios de los bienes de primera necesidad pueden variar mucho, causando inquietud en la población. A largo plazo, eliminar los subsidios para invertir en energías renovables podría ser una forma de acelerar y apoyar una transición a fuentes de energía más sostenibles.

V. El estado actual de la generación y consumo de energía eléctrica en las Islas Galápagos

a. Matriz Energética Actual de las Islas Galápagos

La producción de energía en las Islas Galápagos es proporcionada por sistemas de generación de energía individuales en cada isla. La Tabla 2 muestra la forma en que se produce la electricidad en cada una de las islas.

En la isla de Floreana, hay dos generadores diésel que proporcionan energía a la isla. Estos generadores son capaces de funcionar con un biocombustible hecho de aceite de *Jatropha*, por lo que ofrece una solución más sostenible que funcionar puramente con combustible diésel. Dado el bajo número de personas (~ menos de 150) que viven en esta isla, los generadores satisfacen sus necesidades.

La isla de Isabela también funciona con varios generadores diésel que no están configurados para el uso de biocombustibles.

San Cristóbal tiene un pequeño parque eólico y un parque solar que producen alrededor del 10% de la energía utilizada en la isla. Sin embargo, el otro 90% proviene de generadores diésel en la isla.

Finalmente, Santa Cruz tiene un parque eólico en la isla Baltra como se mencionó anteriormente y un parque solar que está cerca de Puerto Ayora. El porcentaje total de la producción de electricidad de la isla proveniente de energías renovables es de aproximadamente el 20%. El 80% restante de la producción de la energía proviene de generadores diésel. Un resumen de las contribuciones de la matriz de energía renovables en las Islas Galapagos se muestra en la Tabla 3.

En general, alrededor del 85% de la energía generada en las Islas Galápagos proviene de generadores diésel, mientras que solo alrededor del 15% proviene de energías renovables. No obstante, el impacto de la contribución de las energías renovables se observa en la cantidad de toneladas de CO₂ evitadas y los galones de diesel ahorrados como se muestra en la Tabla 4.



Type	Santa Cruz	San Cristóbal	Floreana	Isabela	Other	Total
Population	22,000	10,000	200	3,200		35,400
Wind	8.55%	2.24%	0%	0%		10.79%
Diesel	49.84%	25.36%	0.30%	9.39%		84.78%
Solar	4,04%	0,03%	0%	0%		4,07%
Biofuel	0%	0%	0,13%	0%	0,07%	0,13%
Other	0%	0%	0%	0,07%	0,07%	0,07%
Total	62,43%	27,63%	0,43%	9,39%	0,07%	99,95%

Tabla 2. Matriz de Generación de Energía por isla en el Archipiélago de Galápagos

Isla	Energía	Potencia Instalada
San Cristobal	Eólico	2.4 MW
San Cristobal	Solar PV	12.7 kWp
Baltra	Eólico	2.25 MW
Baltra	Solar PV/Almacenamiento	67 kWp/ 1MW
Santa Cruz	Solar PV	1.5 MWp
Floreana	Solar PV/Almacenamiento	20,6 kWp/ 72 kW

Tabla 3. Matriz de generación renovable para cada isla en las Galapagos. (Fuente: ELECGALÁPAGOS)

Isla/Proyecto	Energía Renovable Generada (GWh)	Toneladas de CO2 (tCO2) evitadas	Diesel ahorrado (galones)
San Cristobal	37,21	28.546,55	3,05 millones
Eólico Baltra	22,58	12.049,54	1,5 millones
Solar Baltra	0,55512	339,04	37.920
Solar Puerto Ayora	13,68	8.248	941.803
Solar Floreana	0,21845	149,49	20.235
Hibrido Isabela	2,03664	1.447,05	153.571,43

Tabla 4. Beneficios ambientales generados por los proyectos de Energías Renovables en Galapagos hasta 2021. (Fuente: ELECGALÁPAGOS).

b. Realidad y proyección futura de demanda energética de las Islas Galápagos

La Figura 45 muestra el crecimiento del uso de energía en MWh (1MWh = 1000kWh) a partir de 2016 y proyectándose hasta 2025. Tras el derrame de combustible diésel del barco Jessica en 2001, el gobierno ecuatoriano lanzó la “iniciativa de combustible fósil cero” en 2007 que originalmente planeaba descarbonizar el suministro de electricidad para las islas Galápagos para 2020. Este objetivo no se cumplió y ahora se ha desplazado hacia 2050, pero aún se está avanzando lentamente, ya que la generación por diésel sigue aumentando (Apolo et al. 2019).



Figura 45. Crecimiento de la demanda de electricidad de las Islas Galápagos

En 2018, los subsidios anuales a los combustibles para las islas Galápagos representaron 5,65 millones de dólares estadounidenses. Los costos de generación (sin tener en cuenta los subsidios) son bastante altos: el costo actual del ciclo de vida de la electricidad (LCOE) en las islas Galápagos se ha estimado en 32.06 centavos de dólar / kWh (Eras-Almeida et al. 2020). Sin embargo, debido a los subsidios, el costo de la electricidad para los residentes de las islas es relativamente barato, rondando los 10 centavos estadounidenses / kWh (Apolo et al. 2019).



Dado que el gobierno ecuatoriano no proporciona ningún subsidio para los sistemas de energía renovable, los subsidios de los combustibles fósiles proporcionan una barrera importante para la entrada en el mercado de más recursos de energía renovable. Sin embargo, mirando simplemente los costos de generación, se ha encontrado que los sistemas de energía 100% renovable podrían proporcionar LCOE de tan solo 18 centavos de dólar/ kWh (Eras-Almeida et al. 2020) y, por lo tanto, aún necesitarían subsidios para mantener el precio de la electricidad en su nivel actual.

A través de la promoción de Galapagueños, la línea de tiempo para llegar a generación de energía con cero combustibles fósiles en las islas podría acelerarse. Sin embargo, necesita que la población local en las Islas Galápagos presione por una legislación que promueva la mayor incorporación de fuentes renovables en la red eléctrica de las Islas Galápagos. Con suerte, esto sucederá, y las Islas Galápagos tendrán toda su energía proporcionada por la energía renovable en los próximos años.

VI. Referencias

“Green Energy”, Emma Carlson Berne and L.J. Tracosas, Starry Forrest Books

“Renewable and Efficient Electric Power Systems”, Gilbert M. Masters 2nd Edition John Wiley & Sons

“Atrapando el Sol”, Loonny Grafman and Joshua Pearce, 2022 The Press at Cal Poly Humboldt

“Aprender sobre la energía solar” by Matt Doeden

“Tu mundo”, Magdalena Andrade, Jeanne Egasse, Elías Miguel Muñoz, María Cabrera-Puche, 2nd edition 2019 McGraw Hill

“Energía solar autónoma - Off Grid Solar, Spanish Edition” available at

<https://offgridsolarbook.com/store/off-grid-solar-book-spanish>

Apolo, Hector; Arcentales-Bastidas, Danilo; Escobar-Segovia, Kenny (2019): Santa Cruz, Galapagos Electricity sector towards a zero fossil fuel island. In:

17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: DOI: 10.18687/LACCEI2019.1.1.170.

Eras-Almeida, Andrea; Egado-Aguilera, Miguel; Blechinger, Philipp; Berendes, Sarah; Caamaño, Estefanía; García-Alcalde, Enrique (2020): Decarbonizing the Galapagos Islands: Techno-Economic Perspectives for the Hybrid Renewable Mini-Grid Baltra–Santa Cruz. In: Sustainability 12 (6), S. 2282. DOI: 10.3390/su12062282.

<https://un.org/sustainabledevelopment>

<http://orcatec.ec/>

<https://education.nationalgeographic.org/resource/biomass-energy>

<https://mechanicaljungle.com/working-of-coal-power-plant>

<http://howcarswork.com/>

<https://landing.homebiogas.com/digester/>

<https://www.energy.gov/eere/water/types-hydropower-plants>

<https://climatekids.nasa.gov/greenhouse-effect/>

<https://climatekids.nasa.gov/health-report-air/>

<https://www.teachengineering.org/populartopics/energy>

<https://tryengineering.org/es/tag/solar/>

<https://www.ipcc.ch/>

<https://www.eia.gov>

<https://www.awea.org/resources>

<https://www.ren21.net>

<https://www.iea.org>

<https://irena.org>

<https://cleanpower.org/>



<https://www.energy.gov/eere/education/downloads/energy-education-resources-spanish>

<https://climate.nasa.gov/en-espanol/>

<https://www.nature.com/articles/d41586-021-02847-2>

<https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>

<https://ourworldindata.org/grapher/years-of-fossil-fuel-reserves-left>

<https://ourworldindata.org/future-population-growth>

<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46617>

