

# Capítulo 1

## Introducción

### 1. La energía.

La energía se puede estudiar desde múltiples puntos de vista (científica, tecnológica, económica, social, ambiental, ético, salud y seguridad).

#### 1.1. Definición Termodinámica.

La energía es la capacidad de un sistema para realizar un trabajo.

**Primer principio de la termodinámica.**

$$\Delta E = Q - W \quad (1.1)$$

La energía de un sistema se convierte en calor ( $Q$ ) y trabajo ( $W$ ) en un proceso termodinámico.

**Segundo principio de la termodinámica.**

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} \quad (1.2)$$

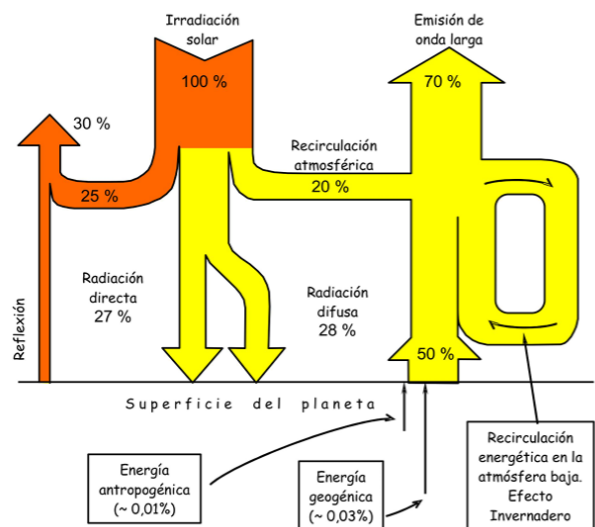
Determina el sentido de un proceso termodinámico y clasifica la energía según su calidad.

#### 1.2. Flujos de energía terrestres.

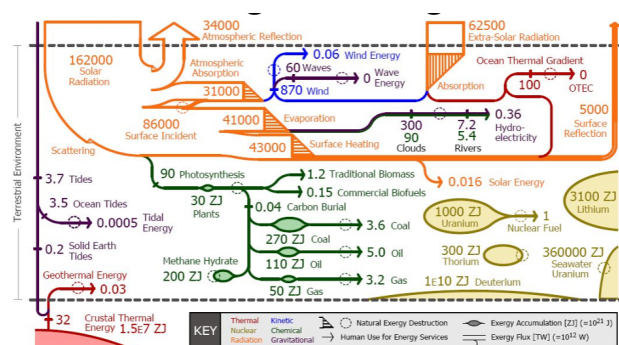
La potencia total media recibida de la irradiación solar es de  $175,000TW$ . La potencia antropogénica es de  $18TW$  (aprox.  $2,5kW/persona$ ).

#### 1.3. Exergía.

La exergía es la parte útil de la energía con la que somos capaces de realizar algún trabajo y obtener servicios basados en la energía. La exergía proviene de sustancias naturales que contienen energía. Mientras



que la energía se conserva, la exergía puede destruirse cuando se realiza alguna conversión de energía.



#### 1.4. Otros puntos de vista de la energía.

La energía está ahí cuando el mundo cambia, siempre tiene un papel cuando algo se transforma. La energía no es otra cosa que la unidad de transformar el mundo que nos rodea.

### 1.5. Relación con la calidad de vida.

El ser humano tiene necesidades que desea cubrir. Nuestra sociedad crea o inventa nuevas necesidades continuamente. Parte de estas necesidades se colman con bienes y servicios.

La producción de estos bienes y servicios necesita tomar los medios necesarios de nuestro entorno, transformarlos para hacerlos útiles a nuestras necesidades y acercarlos a las áreas donde serán utilizados. Y para realizar todo esto necesitamos energía.

Por tanto existe una relación entre la calidad de vida y la facilidad del acceso de la energía.

- Abundante
- Barata
- Bien repartida
- Moderna
- Saludable

### 1.6. Relación con la economía.

La energía es un bien escaso (bien económico), y la economía es la ciencia que estudia los bienes económicos, su producción, reparto e intercambio y la generación de riqueza a partir de unos recursos escasos para satisfacer las necesidades humanas local o globalmente.

La energía está ligada a cualquier proceso de transformación y producción de bienes y servicios que cubran las necesidades humanas por lo que es un bien estratégico.

El crecimiento económico de un país está condicionado a su acceso a fuentes de energía.

El precio de la energía tiene un alto contenido “político” (déficit de tarifa en el Sector Eléctrico).

### 1.7. Relación con el medio ambiente.

La Tierra es un sistema en equilibrio, por lo que toda la energía que entra por la atmósfera (principalmente radiación solar) es reflejada o transformada y finalmente es emitida espacio exterior como radiación infrarroja.

- Balance de energía: El uso de combustibles fósiles produce un desequilibrio en el balance energético.
- Balance de masa: Las propiedades ópticas de la atmósfera son las que determinan en última instancia la temperatura de equilibrio. Estas propiedades dependen de la composición de la atmósfera.

La obtención de energía de las fuentes naturales siempre produce un impacto sobre el entorno.

### 1.8. Ciclo del CO<sub>2</sub>.

El balance del CO<sub>2</sub> es muy sensible a las actividades humanas. Las propiedades ópticas (reflectividad, transmitancia) de la atmósfera varían de manera muy sensible frente a pequeñas variaciones de su composición (emisiones de Gases Efecto Invernadero).

### 1.9. Calentamiento global por CO<sub>2</sub> equivalente.

### 1.10. Efectos del calentamiento global.

### 1.11. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

#### Energía sostenible y no contaminante.

¿Por qué “Energía sostenible y no contaminante” es un ODS?. El 13 % de la población mundial aún no tiene acceso a servicios modernos de electricidad. 3000 millones de personas dependen de la madera, el carbón, el carbón vegetal o los desechos de origen animal para cocinar y calentar la comida. La energía es el factor que contribuye principalmente al cambio climático y representa alrededor del 60 % de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. La contaminación del aire en locales cerrados debido al uso de combustibles para energía doméstica causó 4,3 millones de muertes en 2012, 6 de cada 10 de estas fueron mujeres y niñas. En 2015, el 17,5 % del consumo final de energía fue de energías renovables.

Los modelos no sostenibles de producción y consumo de energía amenazan la salud y la calidad de vida, al tiempo que afectan los ecosistemas y contribuyen al cambio climático. Por lo tanto, la energía sostenible puede ser un motor en la reducción de la pobreza, progreso social, equidad, resiliencia, crecimiento económico y sostenibilidad medioambiental. Es necesario apoyar y promover una transformación del mercado del sector de la energía a través de una serie de intervenciones políticas, finanzas, creación de capacidades y concientización. Promoviendo las inversiones que ayudan a obtener productos y servicios de energía sostenible, y reduciendo el riesgo del entorno político y financiero, ayudamos a crear el contexto socio-económico por el cual la energía sostenible es posible y viable.

- 7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
- 7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
- 7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
- 7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
- 7.b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar 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, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

## ODS11 y ODS13

**ODS11.** Las ciudades del mundo ocupan solo el 3 % de la tierra, pero representan entre el 60 % y el 80 % del consumo de energía y el 75 % de las emisiones de carbono.

**ODS13.** Entre 1880 y 2012, la temperatura media mundial aumentó 0,85 grados centígrados. Los océanos se han calentado, la cantidad de nieve y de hielo ha disminuido, y ha subido el nivel del mar. Dada la actual concentración y las continuas emisiones de gases de efecto invernadero, es probable que a finales del siglo el incremento de la temperatura mundial supere los 1,5 grados centígrados en comparación con el período comprendido entre 1850 y 1900 en todos los escenarios menos en uno. Si se adopta una amplia gama de medidas tecnológicas y cambios en el comportamiento, aún es posible limitar el aumento de la temperatura media mundial a 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales.

## 2. El hombre y la energía.

## 3. Fuentes de energía.

### 3.1. Definiciones

En función de su aprovechamiento distinguimos:

- Energía primaria: Magnitud de energía contenida en las fuentes.
- Energía secundaria: Energía que ha sufrido un proceso de transformación para ser utilizada (insumo).
- Energía final: La Energía utilizada finalmente por el usuario (consumo).

Procesos del Aprovechamiento energético:

- Conversión
- Transporte
- Almacenamiento
- Sistema del que hacemos uso

Importancia de la eficiencia energética:

- Eficiencia del proceso
- Mejora de rendimientos
- Disminución de pérdidas

### Indicadores

- Intensidad energética: Mide los requerimientos energéticos de la actividad económica.

$$IE = \frac{\text{Consumo de energía}(tep)}{PIB(M)} \quad (1.3)$$

- Intensidad de CO<sub>2</sub>: Dependencia de combustibles fósiles. También puede interpretarse como medida de la diversidad de fuentes de energéticas de una región.

$$ICO_2 = \frac{tonCO_2}{\text{Consumo de energía}(tep)} \quad (1.4)$$

- tonCO<sub>2</sub>/PIB(M€): combinación de los dos anteriores, mide las emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto al crecimiento económico.
  - PIB per cápita: indicador de la “salud” económica de un país.
  - CO<sub>2</sub> per cápita: indicador de la “salud” medioambiental del país.

**Características de una fuente de energía.**

- Renovable / No renovable
- Recurso / Reserva
- Tipo de energía
- Localización
- Gestionabilidad
- Operación y explotación
- Maduración tecnológica.

Fuente de energía no renovable: la energía almacenada de cualquier forma que se pueda convertir en calor y que finalmente se pierde hacia el espacio.

Fuente de energía renovable: la energía que utilizada con una tasa determinada, ésta se reemplaza con la misma velocidad.

Recurso: Cantidad de energía cuantificada, con perspectiva de estudio. Todos los recursos no están en el mercado, sin rentabilidad económica.

Reserva: Es la cantidad de recurso evaluado en magnitud y económicamente rentables.

**Consumo de energía en España**

## 4. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.

**4.1. Objetivos.**

El PNIEC es la hoja de ruta que ha de conducir al siguiente escenario en 2030:

- 21 % de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 42 % de renovables sobre el consumo total de energía final, para toda la UE.
- 39,6 % de mejora de la eficiencia energética.
- 74 % renovable en la generación eléctrica.

En 2050 el objetivo es alcanzar la neutralidad climática con la reducción de al menos un 90 % de nuestras emisiones de GEI y en coherencia con la Estrategia Europea. Además de alcanzar un sistema eléctrico 100 % renovable en 2050.

**4.2. Pilares**

El PNIEC de España identifica los retos y oportunidades a lo largo de las cinco dimensiones de la Unión de la Energía:

1. La descarbonización, incluidas las energías renovables;
2. La eficiencia energética;
3. La seguridad energética;
4. El mercado interior de la energía y
5. La investigación, innovación y competitividad.

## 5. Tecnología energética.

### 5.1. Tecnologías, Políticas y Medidas para Mitigar el C.C.

Medidas Potenciales:

- Programas basados en el mercado:
  - Impuestos sobre el carbono o la energía
  - Precios en función de la totalidad de los costos
  - Reducción de subvenciones
  - Cuotas negociables sobre las emisiones
- Acuerdos voluntarios:
  - Uso de la energía y normas sobre las emisiones de carbono
  - Fomento de programas de uso eficiente de la energía
- Medidas reglamentarias:
  - Equipo obligatorio, normas sobre construcción
  - Prohibiciones de productos o prácticas
- Investigación - Desarrollo y Demostración de nuevas tecnologías

### 5.2. Tecnologías para reducir las emisiones de GEI

- Conversión más eficiente de combustibles fósiles
- Cambio a combustibles fósiles con bajo contenido en carbono
- Descarbonización de gases de escape y combustibles

- Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>
- Cambio a energías no emisoras de GEI:
  - Energía nuclear
  - Fuentes renovables

Factores:

- Rentabilidad económica
- Aceptación social
- Aprobación política



## Capítulo 2

# Energías Renovables: Eólica





# Capítulo 3

## Energías renovables: Solar

### 1. Introducción.

Del Sol llega a la superficie terrestre una potencia equivalente a la producida por  $\sim 100$  millones de centrales nucleares. La cuestión es ¿cómo aprovecharla?

### 2. Recurso Solar

Se define la constante solar como la energía procedente del Sol, recibida por unidad de tiempo sobre la unidad de área de una superficie perpendicular a la radiación extraterrestre (que no ha sufrido ninguna atenuación atmosférica) en una distancia media anual Tierra-Sol.

Teniendo en cuenta la variación de la distancia Tierra-Sol, la irradiancia se corrige como:

$$G_{ON} = G_{SC} \cdot (1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365}) \quad (3.1)$$

Donde  $G_{SC} = 1353 \text{ W/m}^2$

Cuanto mayor sea la distancia recorrida por la radiación en la atmósfera mayor será la probabilidad de que se produzca procesos de absorción y dispersión.

Formas de aprovechamiento de la energía solar que llega a la superficie de la Tierra:

- Heliotérmica: aprovecha la radiación térmica tal cual, para generar focos caloríficos.
  - Solar Térmica: uso directo del calor generado por la radiación solar
  - Solar Termoelectrica: generación de electricidad a partir del calor generado por la radiación solar
- Fotovoltaica: aprovecha algunos fotones suficientemente energéticos para crear pares electrón/hueco en un semiconductor y generar de esta forma una corriente eléctrica.

### 3. Energía Solar Térmica

Consiste en la transformación de la energía solar en energía térmica:

- Transformación en baja temperatura ( $35 - 90^\circ\text{C}$ ): Paneles solares. Uso doméstico:
  - Instalaciones de A.C.S.
  - Instalaciones de calefacción
  - Instalaciones de refrigeración
- Transformación en media temperatura ( $90 - 400^\circ\text{C}$ ): Uso industrial. Bajo-medio índice de concentración.
  - Colectores cilindro-parabólico
  - Colectores lineales Fresnel
- Transformación en alta temperatura ( $> 400^\circ\text{C}$ ). Centrales termoelectricas. Alto índice de concentración.
  - Heliostatos de alta concentración
  - Discos parabólicos

Características:

- Aplicaciones de baja temperatura
- Aprovecha radiación directa y difusa
- No requiere seguimiento de la trayectoria solar
- Escaso mantenimiento
- Más sencillas que las instalaciones con colector de concentración

El Código Técnico de la Edificación obliga desde 2007 a que toda vivienda de nueva construcción conste de aporte de energías renovables, siendo el más habitual Energía Solar de apoyo a ACS.

La importancia del producto “transmitancia-absortancia” estriba en la posibilidad de recoger en un factor unificado los efectos



# Capítulo 4

## Combustibles fósiles

### 1. Introducción

Podemos observar que el porcentaje de derivados de petróleo se ha disminuido. En España podemos decir que utilizamos poco carbón, hemos sustituido el carbón de las calderas de las casas por gas natural. Sigue siendo la principal fuente de energía de nuestra sociedad.

### 2. Petróleo

En el crudo podemos encontrar hidrocarburos (alcanos, cicloalcanos, hidrocarburos aromáticos...), compuestos orgánicos con nitrógeno, oxígeno, azufre..., trazas de metales: hierro, vanadio...

Podemos clasificar el crudo por:

- Localización
- Contenido de Azufre (Dulce ó Agrio)
- Gravedad API (liviano, mediano, pesado).

$$\text{gravedad API} = \frac{141,5}{GE(60^\circ F)} - 131,5 \quad (4.1)$$

Un crudo más denso que el agua tendrá una gravedad  $API > 10^\circ$  y

Una primera clasificación es de donde viene, su contenido de azufre

#### 2.1. Reservas

Llamamos reservas a yacimientos conocidos que son explotables. Estas cambian si se encuentran nuevos yacimientos o si se desarrollan nuevas tecnologías que hacen que yacimientos ya conocidos pasen a ser económicamente explotables. Las reservas de petróleo han aumentado en los últimos años porque se invierten muchos recursos en buscar nuevos yacimientos y en desarrollar nuevas tecnologías para la explotación. Los países con más reservas de petróleo son Venezuela y Arabia Saudí.

Gracias a la fracturación hidráulica, EEUU y Canadá, pasaron de depender de países de occidente a ser el mayor productor de petróleo. La fracturación hidráulica consiste en la inyección a alta presión de un fluido (agua, arena y agentes espesantes) para agrietar formaciones rocosas facilitando el flujo del crudo y gas natural.

Controvertida:

- Independencia energética
- Sustituir carbón por petróleo y gas natural
- Contaminación de aguas
- Puede provocar pequeños terremotos

#### 2.2. Crudo: producción y comercio

El principal productor de crudo es EEUU, el segundo Arabia Saudí y el tercero la federación Rusa. La principal región es Oriente Medio, Norte América (EEUU, Canadá y México), Europa (principalmente en Noruega y algo de Reino Unido).

#### 2.3. Productos derivados: capacidad de regino, producción y comercio

Una visión ingenua del regino de petróleo: destilación en productos con distinto punto de abullición (distinta longitud de las cadenas de hidrocarburos). Las más cortas tienen puntos de abullición más bajos. Otros procesos químico (cracking) permiten modificaar las proporciones.

- Destilados ligeros (GLP, gasolina, nafta)
- Destilados medios (keroseno, )
- Destilados pesados (fuel oil pesado)
- Residuo (parafinas, asfaltos)

EEUU a parte de tener mucha capacidad de producción de crudo, también la tiene de refinarlo. Hay muchísima capacidad de refino en Europa, España por ejemplos solo está detrás de Italia y Alemania. Donde más capacidad de refino hay es en Asia Pacífico (principalmente China).

### 2.4. Algunos datos (España)

En España tenemos una infraestructura bastante importante, tanto de puertos que pueden recibir, como de oleoductos para almacenar. Los principales países de donde se importa crudo en España son: EEUU, México, Brasil, Nigeria, Angola, Argelia. El mayor consumo de derivados del petróleo está en el transporte.

## 3. Gas

Al igual que el petróleo, el gas natural también es una mezcla de hidrocarburos, mayoritariamente metano.

### 3.1. Reservas

### 3.2. Gas naturales (e hidrógeno): producción y comercio

El mayor productor de Gas natural es EEUU (al igual que de petróleo). Países como la federación rusa también producen bastante (en torno a la mitad de EEUU), Arabia Saudí, China, Noruega.

La mayor producción de hidrógeno es a partir de gas natural. El hidrógeno no es una fuente de energía, es un vector energético, como la electricidad.

### GNL y gasoductos

La manera de distribuir un gas a cortas distancia es con tuberías (gasoductos). Para grandes distancias utilizamos Gas Natural Licuado.

### 3.3. Algunos datos (España)

En España tenemos una infraestructura bastante importante de gas natural, se optó por esto a principios de este siglo. El principal proveedor de Gas Natural es Argelia, luego EEUU y Rusia.

### 3.4. Emisiones de metano

## 4. Carbón

Podemos clasificar el carbón según su contenido de carbono, humedad y poder calorífico.

- Lignito tiene unos contenidos de carbono más bajo que el resto y más humedad
- Sub-bitu
- Hard Coal
  - Hulla
  - Antracita

Para generar energía eléctrica por ejemplo se utilizan los que tienen menor contenido de carbono.

## 5. Emisiones de $CO_2$ y mitigación