

# TRABAJO Y ENERGÍA

## 0.- INTRODUCCIÓN: FUENTES DE ENERGÍA

### FUENTES NO RENOVABLES DE ENERGÍA

Se denominan **fuentes no renovables** de energía aquellas cuyas reservas se consumen a un ritmo mayor del que se renuevan por la naturaleza. Es el caso de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y de los minerales de uranio.

#### CARBÓN

El carbón es una roca sedimentaria formada, durante millones de años, a partir de residuos vegetales. A lo largo del siglo XIX fue sustituyendo a la madera como combustible más utilizado, debido a su mayor poder energético (30000 kJ/kg frente a 14000 kJ/kg). La primera revolución industrial se basó en el uso del carbón.

Según su contenido en carbono, se distinguen varios tipos de carbón: antracita (más del 90 %), hulla (del 75 al 90 %), lignito (del 60 al 75 %) y turba (menos del 60 %). La antracita y la hulla se utilizan en la industria siderúrgica, y el lignito y la turba, como combustibles en las centrales térmicas.

#### PETRÓLEO

El petróleo es un aceite mineral producido por la naturaleza, a largo de millones de años, a partir de restos de organismos.

Desde principios del siglo XX desplazó al carbón como primer combustible, debido a su mayor poder energético (alrededor de 40000 kJ/kg), a la mayor facilidad de extracción, a la ausencia de residuos sólidos y a su uso en los motores de explosión.

El petróleo crudo es una mezcla de diversas sustancias; su destilación permite obtener combustibles como propano, butano, gasolinas etc. Es, además, la base de la industria petroquímica: sus derivados se utilizan en la producción de plásticos, pinturas, detergentes, cauchos, fibras, fertilizantes, perfumes etc.

#### GAS NATURAL

El gas natural es una mezcla de metano, como componente mayoritario, y otros hidrocarburos gaseosos.

Tiene un elevado poder energético (1 m<sup>3</sup> de gas proporciona, aproximadamente, la misma energía que 0,9 kg de petróleo) y es menos contaminante, ya que su combustión sólo genera como residuos dióxido de carbono y agua.

Actualmente, su utilización va en aumento, y en España se ha construido una amplia red de canalización para hacer llegar el gas natural a las industrias y a los domicilios particulares.

Para expresar grandes cantidades de energía se emplean como unidades la tonelada equivalente de petróleo (tep) y la tonelada equivalente de carbón (tec). Sus equivalencias son las siguientes:

$$1 \text{ tep} = 4,19 \cdot 10^{10} \text{ J} \quad 1 \text{ tec} = 2,93 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

El barril de petróleo es una unidad de capacidad muy utilizada en el crudo. Equivale a 758,98 L.

#### LA ENERGÍA NUCLEAR

La fuente de energía es el uranio 235, utilizado en los reactores nucleares de fisión actualmente en funcionamiento, aunque algunos usan como elemento fisionable el plutonio, un elemento que se obtiene a partir del uranio en el propio reactor. La desintegración de un gramo de uranio 235 genera  $7,2 \cdot 10^{10}$  J de energía, equivalentes a 1,7 toneladas de petróleo.

El uranio natural no puede usarse directamente como combustible nuclear porque es, básicamente, uranio 238, con una proporción muy pequeña del isótopo 235. Por esta razón, es necesario enriquecerlo hasta alcanzar una mayor concentración de núcleos de uranio 235; se requieren ocho kilogramos de uranio

empobrecido para obtener un kilogramo de uranio enriquecido al 3 %, que ya puede utilizarse en los reactores nucleares.

Al ritmo actual de consumo, las reservas mundiales conocidas de uranio son suficientes para varios cientos de años.

Una central nuclear de 1 GW consume 30 toneladas de uranio al año, equivalentes a un millón de toneladas de fuel.

## **FUSIÓN NUCLEAR**

El fenómeno de la fusión nuclear proporciona mayor energía que la fisión nuclear para una misma masa de combustible.

La generación por fusión de un gramo de helio, a partir del deuterio, proporciona más de  $3,1 \cdot 10^{11}$  J, energía equivalente a 7,4 toneladas de petróleo.

Pero se necesitan temperaturas de millones de grados para que los núcleos atómicos se fusionen, y es muy difícil conseguirlo en condiciones controladas.

Aun no existen centrales nucleares de fusión; en caso de desarrollarse, la fusión podría ser una fuente de energía prácticamente inagotable y poco contaminante que resolvería los problemas energéticos de la humanidad.

La fusión nuclear es un proceso muy común en la naturaleza; las estrellas, incluida el Sol, generan así su energía.

## **VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS FUENTES NO RENOVABLES**

- En general, la energía procedente de las fuentes no renovables es relativamente barata y fácil de extraer, ya que la tecnología requerida está muy desarrollada.
- El problema es que las reservas de combustibles fósiles son limitadas.
- Además, el carbón y el petróleo son combustibles muy contaminantes que contribuyen a la lluvia ácida y al efecto invernadero.
- Por otra parte, los reactores nucleares de fisión producen residuos radiactivos de larga duración que hay que almacenar en condiciones seguras.

## **FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA**

Se denominan **fuentes renovables** de energía a aquellas cuyas reservas se consumen a un ritmo menor del que se renuevan por la naturaleza. Las más importantes son la biomasa, el Sol, la hidráulica y la eólica.

### **BIOMASA**

A biomasa es materia orgánica de origen vegetal o animal. La energía que contiene fue la primera en ser utilizada por el hombre. Hay diversos modos de aprovechar energéticamente la biomasa:

- El uso directo como combustible de los residuos agrícolas, ganaderos y forestales.
- La transformación de residuos animales en el combustible biogás, mediante fermentaciones producidas por microorganismos.
- La obtención de biocarburantes mediante cultivos de plantas idóneas. Como por ejemplo, el bioetanol y el biodiésel pueden sustituir la gasolina y el gasóleo nos motores de explosión. España es el mayor productor europeo de bioetanol. En cambio, su aplicación es aún muy baja debido a la escasez de modelos de vehículos que admiten ese combustible y de estaciones de servicio que lo distribuyen.
- El aprovechamiento térmico de residuos urbanos en incineradoras, lo que, como por ejemplo, permite calentar agua.

### **ORIGEN DE LA BIOMASA:**

Vegetal: Madera, paja, restos agrícolas, residuos urbanos

Animal: Abono, residuos animales, residuos urbanos

### **SOL**

Produce energía radiante denominada energía solar. Cada año, la Tierra recibe una cantidad de energía 4000 veces mayor que la consumida por la humanidad en ese tiempo. Pero es una energía difícil de aprovechar porque es discontinua y dispersa.

1. El **aprovechamiento térmico de la energía solar** se puede hacer de dos maneras diferentes:

- La energía solar térmica de baja temperatura. Se basa en el calentamiento de un fluido en un colector solar. Se aprovecha para tener agua caliente en edificios pequeños.
- La energía solar térmica de alta temperatura. Se basa en la concentración de la radiación solar para calentar un fluido a alta temperatura; se utiliza en las centrales solares termoeléctricas para producir electricidad.

2. La **energía solar fotovoltaica** aprovecha el efecto fotovoltaico: cuando la luz incide sobre un material semiconductor se genera un flujo de electrones. Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica.

### **ENERGÍA HIDRÁULICA**

La energía hidráulica es la energía potencial gravitatoria de una masa de agua embalsada en una presa natural o artificial. Antiguamente, esta energía era utilizada para mover las ruedas hidráulicas de molinos y forjas. Hoy en día se aprovecha en las centrales hidroeléctricas para producir energía eléctrica.

### **ENERGÍA EÓLICA**

La energía eólica es la energía cinética del viento. Se utilizó, tradicionalmente, en los molinos de viento y en la navegación a vela. Actualmente se utiliza en los aerogeneradores para producir energía eléctrica.

### **ENERGÍA GEOTÉRMICA**

La energía térmica acumulada en el subsuelo se denomina energía geotérmica. Se aprovecha inyectando agua fría en el subsuelo que se transforma en agua caliente o en vapor.

### **ENERGÍA MAREOMOTRIZ**

La energía potencial que adquiere el agua marina al subir su nivel por efecto de las mareas se denomina energía mareomotriz. Se aprovecha mediante un dique que se cierra cuando la marea está llena y que dispone de turbinas movidas por el agua cuando la marea está baja.

### **VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS FUENTES RENOVABLES**

Las ventajas fundamentales de las energías renovables son las siguientes:

- Sus reservas son prácticamente inagotables.
- Su impacto sobre el ambiente es, en general, más reducido que el de las fuentes no renovables.
- Tienen carácter autóctono, es decir, se producen cerca de donde se consumen, por lo que disminuye la dependencia energética de unos países respecto de otros.
- Su uso favorece el desarrollo de la tecnología necesaria para su aprovechamiento, lo que, por su vez, sirve de motor para el desarrollo tecnológico en otras áreas.

Su desventaja principal es que los conocimientos y la tecnología necesarios para su uso están poco desarrollados, por lo que su contribución al consumo total de energía es aún reducida. No obstante, se avanzó mucho en las tecnologías solar y eólica.

### **PROBLEMAS QUE PROVOCA EL ELEVADO CONSUMO DE ENERGÍA**

Los principales problemas que provoca el elevado consumo energético son:

- Agotamiento de ciertas fuentes de energía (no renovables).
- Contaminación atmosférica y residual.
- Desigualdad económica y social.

Nos centraremos en la contaminación atmosférica.

### **LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA: CAUSAS Y EFECTOS**

La **contaminación atmosférica** es la presencia en el aire de sustancias gaseosas, líquidas o sólidas perjudiciales para las personas, los restantes seres vivos y el medio. También es contaminación atmosférica la presencia en el aire de radiaciones (como la radiación  $\alpha$  o los rayos ultravioleta), ruidos (contaminación acústica) etc.

## ORIGEN DE LAS SUBSTANCIAS CONTAMINANTES

Las sustancias contaminantes pueden tener un origen natural, como la actividad de los volcanes, o un origen artificial, debido a la actividad humana.

La quema de combustibles fósiles en las centrales termoeléctricas, en los vehículos de motor, en las industrias y en las calefacciones domésticas echa a la atmósfera gases contaminantes: óxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y otros (monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )). También se emiten partículas sólidas en suspensión.

- Los óxidos de azufre y nitrógeno producen irritación en los ojos y en la nariz, afecciones del aparato respiratorio, retraso en el crecimiento de las plantas y corrosión de los metales: además, contribuyen a la lluvia ácida. El monóxido de carbono es muy tóxico y en altas concentraciones puede producir la muerte.
- El dióxido de carbono no produce daños a la salud, pero contribuye al efecto invernadero.

Los gases procedentes del uso de combustibles fósiles originan graves repercusiones ambientales.

Los principales efectos de la contaminación atmosférica son la **lluvia ácida**, el **efecto invernadero** y el **deterioro de la capa de ozono**, así como daños directos en la salud.

### LA LLUVIA ÁCIDA

Los óxidos de azufre reaccionan con vapor de agua en las capas altas de la atmósfera y producen ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

De igual forma, los óxidos de nitrógeno producen ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Estos ácidos mezclados con el vapor de agua precipitan en forma de lluvia.

La lluvia ácida altera el crecimiento de las plantas, incrementa la acidez del suelo y de las aguas, disuelve metales tóxicos que después pasan a la cadena alimentaria, y deteriora los monumentos arquitectónicos.

### EFECTO INVERNADERO

La vida en la Tierra depende de la energía que recibe del Sol según un delicado equilibrio.

- Casi un tercio de esta energía es devuelta directamente al espacio exterior porque es reflejada por la atmósfera, las nubes, el polvo en suspensión y la superficie terrestre.
- Otra parte de la energía recibida es absorbida por los océanos y los continentes, y posteriormente radiada al espacio. Una pequeña fracción de esta energía es absorbida por los gases de efecto invernadero (GEI) presentes en la atmósfera, que se denominan así porque actúan como el vidrio de un invernadero.

Los principales GEI son el dióxido de carbono y, en menor medida, el metano originado en pantanos, abono, escapes de gas natural etc.

- Origen de las emisiones de  $\text{CH}_4$ : Petróleo (17 %), carbón (9 %), ganadería (30 %), zonas pantanosas (22 %), residuos (11 %), volcanes e incendios (11 %).
- Origen de las emisiones de  $\text{CO}_2$ : ciudades (14 %), industrias (19 %), transportes (24 %), combustibles (43 %).

El actual equilibrio entre energía absorbida y radiada mantiene la temperatura media de la Tierra alrededor de los  $15^\circ\text{C}$ .

La concentración de los GEI se mantuvo prácticamente constante en los últimos dos mil años. Con todo, desde hay unos doscientos años, la humanidad incrementó la emisión de estos gases a la atmósfera, lo que está produciendo un aumento de la temperatura media de la Tierra al romper el equilibrio entre energía absorbida y radiada al espacio.

El incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero causa un aumento de la temperatura media de la Tierra o **calentamiento global**, que parece estar produciendo un **cambio climático**. Este calentamiento global puede causar un aumento de precipitaciones en las zonas húmedas, un aumento de la aridez en las zonas secas y la fusión de los hielos polares, con la consiguiente inundación de zonas costeras.

## EL DETERIORO DE LA CAPA DE OZONO

El ozono (O<sub>3</sub>) de la alta atmósfera absorbe el 90 % de la radiación ultravioleta que llega a la Tierra procedente del Sol y que protege los seres vivos de sus efectos perjudiciales.

Los gases CFC (clorofluorocarbonos) empleados en aerosoles y en circuitos de refrigeración, reaccionan con el ozono y destruyen su molécula. La merma de la capa de ozono origina un aumento de la nociva radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre.

## SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS: ENERGÍA, DESARROLLO Y SOSTENIBILIDAD

La **sociedad necesita la energía** para todas sus actividades. El avance de la calidad de vida y el incremento del desarrollo económico requieren un consumo energético creciente. Por ejemplo, Estados Unidos tiene un consumo energético por habitante mil veces mayor que Nepal.

En un país industrializado, el consumo global de energía se distribuye, aproximadamente, de la siguiente manera:

- El 35 % en el transporte.
- El 30 % en la industria.
- El 20 % en usos domésticos (iluminación, calefacción, electrodomésticos).
- El 12 % en el sector servicios.
- El 3 % en la agricultura.

El consumo energético mundial está aumentando debido en gran parte a la industrialización de países como China, India y Brasil.

Disponer de energía es necesario para el desarrollo económico y el avance de la calidad de vida.

### **ENERGÍA Y MEDIO NATURAL:**

El actual modelo de desarrollo económico, basado en el uso de los combustibles fósiles y de la energía nuclear, tuvo efectos ambientales negativos. Entre ellos hay que destacar la contaminación atmosférica, la lluvia ácida, el efecto invernadero y el almacenaje de residuos radiactivos de larga duración.

Por esta razón, el uso de la energía debe compatibilizarse con hábitos de consumo que reduzcan el impacto ambiental, como el reciclaje de los residuos, y con el aprovechamiento de fuentes de energía menos contaminantes. La utilización de la energía debe respetar el medio natural.

El nacimiento de los movimientos ecologistas, en el último tercio del siglo XX, fue una consecuencia de la preocupación social por el deterioro ambiental.

En 2005 entró en vigor el Protocolo de Quioto, que obliga a los países firmantes a reducir en un 5 % las emisiones conjuntas de gases de efecto invernadero antes de 2012. Entre los firmantes están España y toda la Unión Europea, pero no países como Estados Unidos o Australia. En 2007, la Unión Europea en conjunto fue reduciendo sus emisiones conforme al objetivo marcado. Con todo, España está aún muy lejos de él.

### **AHORRO ENERGÉTICO Y DIVERSIFICACIÓN DE LA ENERGÍA**

Las reservas de combustibles fósiles son limitadas: el petróleo y el gas se agotarán en pocas décadas al ritmo actual de consumo, y el carbón, en pocos siglos. Además, esas reservas están concentradas en pocos países, por lo que los precios de la energía están muy influenciados por diversos factores sociopolíticos.

El aumento de la demanda de energía, las variaciones de precio de los productos energéticos y determinados acontecimientos políticos provocaron importantes crisis energéticas con repercusiones considerables en la economía de todos los países.

Los países que carecen de reservas significativas de petróleo o uranio tienen una gran dependencia energética respecto de los países que sí las poseen. Esta dependencia, incluso en ausencia de conflictos sociopolíticos, implica pérdida de divisas y vulnerabilidad de la economía frente a las fluctuaciones externas del mercado energético.

La energía es cara y escasa. Hace falta, por tanto adoptar medidas de ahorro energético tanto colectivas

como individuales. Estudios de la Agencia Internacional de la Energía consideran que un uso racional de esta permitiría ahorrar entre lo 25 % y el 35 % de la energía consumida en el mundo. El desarrollo sustentable exige adoptar medidas de ahorro energético y de diversificación de las fuentes de energía.

Una fuente de energía se denomina **alternativa** cuando su contribución a la producción energética de un país es aún pequeña, pero tiene la posibilidad de llegar a ser significativa, y causa un impacto ambiental pequeño. La energía geotérmica es una energía alternativa en España, pero es una energía tradicional en Islandia.

La diversificación energética consiste en ir limitando el uso de las fuentes tradicionales de energía para potenciar otras fuentes de energía alternativas menos contaminantes.

## 1- TIPOS DE ENERGÍAS. TRANSFERENCIA DE ENERGÍA

En la naturaleza se observan continuos cambios y cualquiera de ellos necesita energía: el movimiento de un automóvil, las actividades vitales de un ser vivo, el funcionamiento de una máquina, el calentamiento de un objeto, el encendido de una lámpara etc.

La **energía** es una propiedad de los sistemas materiales que les permite experimentar y producir cambios.

### Tipos de energía:

**Química** (como por ejemplo, la energía de los alimentos y de los combustibles)

**Eléctrica** (como la energía suministrada por una pila)

**Nuclear** (como la energía liberada en la fisión de los átomos de uranio)

**Térmica** (como la energía del agua caliente)

**Cinética** o asociada al movimiento (como la energía de un coche que se encuentra en movimiento o la energía de las partículas en movimiento de un gas).

**Potencial** o asociada a la posición (como la energía del agua encajonada en una presa, la energía almacenada en un resorte o la energía de las cargas eléctricas).

**Luminosa, eólica, solar, sonora ...**

Todo proceso de cambio implica una transformación energética. Como por ejemplo:

- La energía eléctrica se transforma en energía cinética en un motor eléctrico.
- La energía química se transforma en energía eléctrica en una pila.
- La energía potencial elástica de la pértiga se transforma en la energía cinética del saltador que lo hace subir y alcanzar el punto más alto, donde sólo tiene energía potencial.

⇒ La energía adopta formas diversas y puede transformarse de unas en otras.

La unidad energética en el S.I. es el **Joule (Julio → J)**, que es la energía necesaria para elevar un peso de 1 newton (N) hasta 1 metro (m) sobre la superficie terrestre.

Con frecuencia se utiliza una unidad de energía denominada Kilowatio - hora (kW h), cuya equivalencia es la siguiente:  $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

### CONSERVACIÓN Y DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA

En cualquiera cambio, la cantidad total de energía se mantiene constante: la suma de todas las formas de energía presentes antes del cambio es igual a la suma de las energías que aparecen después del cambio. Este principio físico se denomina **principio de conservación de la energía**.

**La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma.** Por lo tanto, la energía total del universo se mantiene constante.

**Degradación de la energía:** Aunque en cualquier proceso la cantidad de energía se conserva, no se conserva su "calidad", porque tiende a transformarse en formas de energía menos útiles.

En las transformaciones energéticas, una parte de la energía inicial se disipa caloríficamente y no puede ser íntegramente convertida de nuevo en la forma que tenía la energía inicial. Esta energía transferida como calor es el resultado final de toda transformación energética.

La energía se conserva en los cambios, pero tiende a transformarse en formas de energía menos aprovechables.

Toda la energía que intercambia un sistema se transforma en otras formas de energía sin variar su valor, de acuerdo con el principio de conservación de la energía.

Este principio no pone ninguna restricción sobre el sentido en el que ocurren los procesos físicos, pero una simple observación de los fenómenos naturales muestra que se producen espontáneamente en un sentido determinado y no en el opuesto.

Este es el origen del problema energético: es posible que un sistema que reciba cualquier forma de energía pueda cederla íntegramente mediante calor; pero no es posible que un sistema que reciba energía mediante calor pueda transferirla íntegramente como otra forma de energía.

La energía transferida mediante calor no puede transformarse íntegramente en otras formas de energía.

### **TRANSFERENCIA DE LA ENERGÍA ENTRE SISTEMAS FÍSICOS**

Los sistemas físicos tienen energía aunque no estén produciendo ninguna transformación. Como por ejemplo, el agua embalsada en una presa, una pila eléctrica, un resorte comprimido o un muelle, todos estos sistemas poseen energía que puede utilizarse en algún momento.

La energía se transfiere de unos sistemas físicos a otros. Esta transferencia produce cambios en los sistemas físicos implicados.

El trabajo y el calor no son formas de energía, sino métodos o procedimientos para transferir energía entre sistemas; por lo tanto, no puede hablarse del trabajo o del calor contenido en un cuerpo.

La energía se transfiere entre sistemas físicos por dos métodos: mediante trabajo o mediante calor.

Un sistema físico es cualquier cuerpo, una parte de este o una colección de objetos que puede ser estudiado de forma individualizada.

Un sistema físico permanece aislado cuando no intercambia energía con el medio.

También se puede transferir energía mediante radiación (**energía radiante**), que se propaga mediante ondas electromagnéticas. Un caso concreto es la energía de la luz.

## **2.- ENERGÍA POTENCIAL**

Se llama **energía potencial** a la forma de energía asociada a la posición o a los cambios de esta.

Para que un cuerpo adquiriera energía potencial, hay que transferirle energía para llevarlo desde la posición inicial incluso la final. Esta energía se almacena como energía potencial y, posteriormente, puede dar lugar a transformaciones o cambios.

Las formas más comunes de energía potencial son:

- **Energía potencial elástica.** La que posee un muelle o un resorte por el hecho de tener una longitud distinta de la que tiene en situación de equilibrio. Está presente en un resorte comprimido, en una vara metálica flexionada o en un arco tensado.
- **Energía potencial gravitatoria.** Es la energía que posee un cuerpo debido su altura sobre el nivel del mar, con respecto al centro de la tierra. Se encuentra en el agua de un pantano o en un cuerpo ubicado a una cierta altura.

## ENERGÍA POTENCIAL GRAVITATORIA

Los cuerpos poseen energía potencial gravitatoria cuando están situados a una cierta altura del suelo. Esta energía puede ser transferida a otros sistemas, y producir cambios y transformaciones en ellos.

La energía potencial gravitatoria de un cuerpo depende de la masa de este y de la altura a la que se encuentre.

El valor de la energía potencial gravitatoria de un cuerpo se refiere a lo que esta energía aumenta o disminuye al pasar desde una altura inicial incluso otra final. La expresión matemática de esta variación en un cuerpo de masa  $m$  al pasar desde la altura  $h_0$  incluso la altura  $h_f$  es la siguiente:

$$\Delta E_p = E_{p_f} - E_{p_0} = mgh_f - mgh_0 = mg\Delta h$$

donde  $g$  es la aceleración de la gravedad, de valor  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

Por convenio, se suele igualar la cero la energía potencial gravitatoria de un cuerpo que permanece en el suelo ( $E_{p_0} = 0$  si  $h_0 = 0$ ). Con eso, la expresión de la energía potencial gravitatoria de un cuerpo de masa  $m$  que se encuentra a una altura  $h$  sobre el suelo es la que sigue:

$$E_p = mgh$$

Como todas las energías, se mide en Julios.

## 3.- ENERGÍA CINÉTICA

Para acelerar o frenar un cuerpo, es decir, para aumentar o disminuir su velocidad, hay que poner en juego una cierta cantidad de energía.

Un vehículo en movimiento, una piedra que cae, un proyectil dirigido hacia un objetivo o un meteorito que atraviesa la atmósfera poseen una energía debida a su movimiento. Esta energía se llama **energía cinética** y puede ser transferida a otros sistemas, y producir cambios y transformaciones en ellos.

La energía cinética es la forma de energía asociada a la velocidad de un cuerpo.

La energía cinética depende directamente del cuadrado de su velocidad.  
La energía cinética depende también de su masa.

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

## 4.- TRABAJO

En el lenguaje corriente, el término trabajo está asociado a esfuerzo muscular y al te conseguí cansancio. En física se dice que hay trabajo cuando el punto de aplicación de una fuerza se desplaza una distancia.

El valor del trabajo  $W$  realizado por la fuerza  $F$  que actúa sobre un cuerpo es igual al producto del módulo de la fuerza por el desplazamiento  $\Delta S$  de su punto de aplicación:

$$W = F \Delta S$$

Cuando la fuerza tiene la misma dirección que el desplazamiento, el trabajo se calcula con la anterior expresión.

Si el desplazamiento y la fuerza no tienen la misma dirección, el valor del trabajo es el producto del desplazamiento por la proyección  $F_x$  de la fuerza sobre la dirección del desplazamiento.

$$W = F_x \Delta S = F \Delta S \cos \alpha$$

El trabajo puede ser:

- **Positivo o trabajo motor.** Cuando incrementa la energía del cuerpo.
- **Nulo.** Cuando la fuerza es perpendicular a la dirección del desplazamiento, como la fuerza centrípeta en el movimiento circular uniforme. La energía del cuerpo no varía.
- **Negativo o trabajo resistente.** Cuando disminuye la energía del cuerpo. Las fuerzas de rozamiento, por ejemplo, realizan un trabajo negativo.

La unidad de trabajo en el Sistema Internacional de Unidades es el joule (Julio)  $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$   
La energía y el trabajo se miden en las mismas unidades.

No tiene sentido hablar del trabajo que tiene un sistema físico; el trabajo es siempre una medida de la energía que se transfiere.

### TRABAJO Y ENERGÍA POTENCIAL

Para elevar un cuerpo de masa  $m$  desde una altura inicial  $h_0$  hasta una altura final  $h_f$ , se precisa aplicar una fuerza  $mg$  que equilibre el peso del cuerpo y desplazar el punto de aplicación de la fuerza al largo de la distancia  $h_f - h_0$ . El trabajo realizado por el cuerpo será el siguiente.

$$W = F \Delta S = P \Delta h = mg(h_f - h_0) = mgh_f - mgh_0 = E_{p_f} - E_{p_0} = \Delta E_p$$

El valor del trabajo realizado al elevar un cuerpo es igual al incremento de su energía potencial gravitatoria.

### TRABAJO Y ENERGÍA CINÉTICA

Sobre un cuerpo que se mueve con una velocidad  $V_0$  se aplica una fuerza constante  $F$  a lo largo de una distancia  $\Delta S$ . La velocidad final del móvil viene expresada por:

$$V_f^2 = V_0^2 + 2 a \Delta S$$

donde  $a$  es la aceleración del cuerpo. Si se multiplica la expresión anterior por  $\frac{1}{2} m$  donde  $m$  y la masa del cuerpo, resulta:

$$\frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 = m a \Delta S$$

De acuerdo con el segundo principio de dinámica:  $F = ma$

$$\frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 = F \Delta S = W$$

O bien:

$$E_{c_f} - E_{c_0} = \Delta E_c = W$$

También se llega a la misma expresión:

$$W = F \Delta S = m a \Delta S = m \left( \frac{V_f^2 - V_0^2}{2 \Delta S} \right) \Delta S = m \left( \frac{V_f^2 - V_0^2}{2} \right) = \frac{m V_f^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2} = \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 = E_{c_f} - E_{c_0} = \Delta E_c = W$$

La expresión anterior, conocida como **teorema de la energía cinética o de las fuerzas vivas**, es válida siempre que  $F$  sea la fuerza resultante sobre el cuerpo.

**Teorema de las fuerzas vivas:** el trabajo realizado por la fuerza resultante sobre un cuerpo es igual a la variación de su energía cinética.

Al aplicarle una fuerza a un cuerpo a lo largo de una distancia, varía su energía potencial, su energía cinética o las dos a la vez. El valor del trabajo es una medida de la energía transferida de un sistema a otro.

## 5- PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DA ENERGÍA MECÁNICA

Se llama **energía mecánica** a la energía que tiene un cuerpo debido a su velocidad (energía cinética) y a su posición (energía potencial elástica, energía potencial gravitatoria). La energía mecánica total ( $E_{m_t}$ ) de un cuerpo es la suma de su energía cinética y de su energía potencial.

$$E_{m_t} = E_c + E_p$$

Por ejemplo, si un cuerpo de masa  $m$  permanece a una altura  $h_1$  con una velocidad  $V_1$  dirigida hacia abajo, y al cabo de cierto tiempo se encuentra a una altura  $h_2$  con una velocidad  $V_2$  también hacia abajo, se cumple:

$$V_2^2 = V_1^2 + 2 g \Delta h = V_1^2 + 2 g (h_1 - h_2) \quad \text{Para que el trabajo sea positivo}$$

Donde  $g$  es el valor de la aceleración de la gravedad. Multiplicando por  $\frac{1}{2} m$  y reagrupando términos, resulta:

$$\begin{aligned} V_2^2 - V_1^2 = 2 g (h_1 - h_2) &\Rightarrow \frac{1}{2} m V_2^2 - \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} m 2 g h_1 - \frac{1}{2} m 2 g h_2 \Rightarrow \\ \frac{1}{2} m V_2^2 - \frac{1}{2} m V_1^2 = m g h_1 - m g h_2 &\Rightarrow \frac{1}{2} m V_2^2 + m g h_2 = \frac{1}{2} m V_1^2 + m g h_1 \Rightarrow \\ E_{c_2} + E_{p_2} = E_{c_1} + E_{p_1} = E_{m_t} = \text{constante} \end{aligned}$$

La energía mecánica del cuerpo se mantiene constante en todo momento.

Se llega a la misma expresión:

$$\begin{aligned} W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_p = E_{p_1} - E_{p_2} = m g h_1 - m g h_2 \quad \text{Para que el trabajo sea positivo} \\ W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_c = E_{c_2} - E_{c_1} = \frac{1}{2} m V_2^2 - \frac{1}{2} m V_1^2 \\ m g h_1 - m g h_2 = \frac{1}{2} m V_2^2 - \frac{1}{2} m V_1^2 \Rightarrow \frac{1}{2} m V_1^2 + m g h_1 = \frac{1}{2} m V_2^2 + m g h_2 \\ E_{c_1} + E_{p_1} = E_{c_2} + E_{p_2} = E_{m_t} = \text{constante} \end{aligned}$$

Cuando un cuerpo cae, lo que pierde en energía potencial lo gana en energía cinética, pero la suma de las energías cinética y potencial se mantiene constante.

**En ausencia de rozamiento (campo conservativo) la energía mecánica de un cuerpo se conserva.**

Si tenemos un **campo no conservativo** (hay pérdidas por rozamiento), se pierde energía:

$$E_{m_1} = E_{m_2} + E_{\text{perdida}} \quad E_{\text{perdida}} = W_{\text{rozamiento}} = F_{\text{roz}} S_{\text{roz}}$$

## 6- POTENCIA

En muchas ocasiones interesa más conocer la rapidez con que un sistema realiza un trabajo que la cantidad de trabajo realizado: si dos máquinas efectúan un mismo trabajo, es más eficaz la que lo hace en menos tiempo.

La magnitud que mide la rapidez con que se transfiere la energía mediante trabajo se denomina **potencia mecánica**.

La potencia mecánica  $P$  es el trabajo realizado por unidad de tiempo.

$$P = W / t$$

Dado que  $W = F \Delta S$  y teniendo en cuenta que  $V = \Delta S / t$ , obtenemos que:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \Delta S}{t} = F \cdot V$$

La unidad de potencia en el Sistema Internacional es el watio (W). Un sistema tiene la potencia de 1 watio cuando realiza un trabajo de 1 Julio en 1 segundo.

El kilowatio - hora (kWh) es una unidad de energía y de trabajo.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ J/s} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Para expresar la potencia, se utilizan con mucha frecuencia el kilowatio (kW), el megawatio (MW) y el caballo de vapor:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

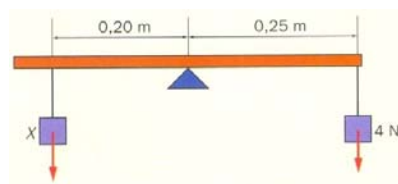
$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$$

$$1 \text{ CV} = 735 \text{ W}$$

## 7- INTERCAMBIO ENERGÉTICO EN LAS MÁQUINAS SIMPLES

### A) PALANCAS

Ley de la palanca:



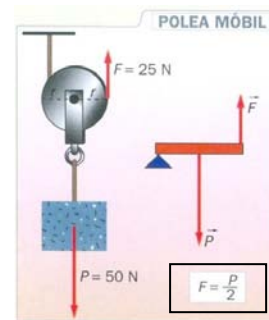
$$P \cdot d_P = R \cdot d_R$$

$$P \cdot d_P = R \cdot d_R \Rightarrow 4 \cdot 0,25 = x \cdot 0,2 \Rightarrow x = 5 \text{ N}$$

### B) POLEAS

#### Polea fija

Cuelga de un punto fijo y se comporta igual que una palanca de brazos iguales, en la que el fulcro se encuentra en el eje de giro.  $F = P$ . Por lo tanto, la fuerza a aplicar es igual, en módulo, a la que queremos vencer. Su ventaja radica en que podemos elegir la dirección en la que aplicamos esta fuerza, lo que nos facilita la tarea.



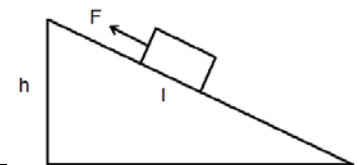
#### Polea móvil

Es una polea que se desplaza verticalmente. Se comporta como una palanca de segundo género, con el fulcro en uno de los extremos del diámetro; así  $F = P / 2$ .

### C) PLANOS INCLINADOS

Si levanto un peso, el trabajo será:  $W = F \Delta S = P \Delta h = mg \Delta h$

Si lo hago sobre un plano inclinado:  $W = F l \Rightarrow F l = mg \Delta h \Rightarrow F = mg \Delta h / l$



El trabajo realizado en un plano inclinado es el mismo que si lo levanto horizontalmente, pero la fuerza necesaria es menor que el peso.

### D) TORNO

Si el radio del cilindro del torno es r, en cada vuelta completa del cilindro el peso del cuerpo a levantar (mg) se desplaza  $2 \pi r$ :  $W = F \Delta S = P 2 \pi r = m g 2 \pi r$

Si la fuerza que hago en la manivela es F y la longitud de esta es l, por cada vuelta recorrerá  $2 \pi l$ :

$$W = F \Delta S = F 2 \pi l$$

$$F 2 \pi l = m g 2 \pi r \Rightarrow F l = m g r \Rightarrow F = m g r / l$$

Hago el mismo trabajo que levantando el peso verticalmente, pero la fuerza necesaria es menor que el peso.

## 8- RENDIMIENTO EN LAS MÁQUINAS

En una transformación energética, la energía inicial, o energía suministrada, es igual a la suma de la energía útil, o aprovechable, más la energía disipada caloríficamente.

Se denomina rendimiento energético,  $r$ , al cociente entre la energía útil y la energía suministrada. Se expresa en porcentaje.

$$r = (\text{ENERGÍA útil} / \text{ENERGÍA suministrada}) \cdot 100$$

Por ejemplo, si un motor tiene un rendimiento del 60 %, sólo realiza un trabajo de 60 J por cada 100 J de energía que consume. Ninguna máquina tiene un rendimiento del 100 %, porque siempre disipa caloríficamente parte de la energía que se le suministra.

### RENDIMIENTO DE LAS MÁQUINAS

Las máquinas no transforman íntegramente en trabajo útil toda la energía que se les suministra. Debido a los rozamientos, parte de la energía suministrada a la máquina se pierde mediante calor. Por lo tanto:

$$\text{Trabajo útil} < \text{Energía suministrada}$$

La energía disipada mediante calor no se aprovecha como trabajo útil. Cuando existen rozamientos, la energía mecánica no se conserva.

El rendimiento de una máquina  $r$  es el cociente entre el trabajo útil que proporciona y la energía que se le suministró.

$$r = (\text{TRABAJO útil} / \text{ENERGÍA suministrada})$$

El rendimiento de una máquina es siempre menor que 1 y suele expresarse en porcentaje (multiplicando la expresión anterior por 100).