

RECURSOS ENERGÈTICS

El concepte d'**energia** és difícil d'entendre, ja que aquesta no ocupa espai ni la podem tocar. Amb tot, la podem definir com la **capacitat de produir treball**. El 99% de l'energia utilitzada a la Terra prové de forma directa o indirecta del **Sol**, per la qual cosa podem considerar al Sol com el veritable motor del nostre planeta. L'energia pot aparèixer de moltes maneres: calorífica, electromagnètica, mecànica, potencial, química, nuclear, etc., i té un paper molt important, ja que tot funciona gràcies a ella i als seus intercanvis. La nostra societat funciona gràcies a una contínua injecció d'energia que proporciona electricitat a les nostres llars, dóna impuls als nostres vehicles, mou les nostres fàbriques, etc. Per a satisfer el consum d'energia, exponencialment creixent, per part de la societat actual és evident que cal emprendre investigacions tècniques i inversions econòmiques destinades al desenvolupament de noves fonts d'energia, per poder substituir les fonts actuals, les quals, atesa la seva manca de renovació, tendeixen a esgotar-se.

Classificació dels tipus d'energies

L'energia es pot classificar considerant diferents criteris:

a) Segons la seva disponibilitat:

- **Energies no renovables.** Són les energies les fonts de les quals s'han format a escales de temps geològic i que, prenent l'escala humana del temps, no són renovables; per tant, la seva disponibilitat és limitada. És el cas dels combustibles fòssils, com el carbó o el petroli.

- **Energies renovables.** Es caracteritzen perquè procedeixen de fonts d'energia que, de manera natural i contínua, es van renovant i es troben sempre a disposició de l'ésser humà. És el cas de l'energia solar, l'energia eòlica, l'energia hidràulica, l'energia geotèrmica i la bioenergia.

b) Segons el seu impacte en el medi:

- **Energies brutes.** Són aquelles l'ús de les quals està associat a l'emissió de substàncies contaminants o a altres impactes ambientals. Per exemple, l'ús del petroli, que genera emissions de CO₂ a l'atmosfera, és una de les causes de l'efecte d'hivernacle i del canvi climàtic.

- **Energies netes.** Són energies respectuoses amb el medi natural i garanteixen un desenvolupament sostenible sense danyar l'entorn local o global. N'és un exemple l'energia eòlica, capaç de produir electricitat a partir de la força del vent sense emissions contaminants.

c) En un intent d'enllaçar aquests dos conceptes, **la disponibilitat i l'impacte**, apareix un tercer tipus de classificació:

- **Energies convencionals.** Són les energies no renovables i renovables utilitzades tradicionalment, caracteritzades pel seu alt impacte en el medi (energies brutes).

- **Energies alternatives.** Són les energies renovables que es caracteritzen pel seu baix impacte en el medi (energies netes).

Si bé la classificació sembla senzilla, es plantegen problemes a l'hora de classificar l'energia hidràulica. Efectivament, es tracta d'una energia renovable, però no pot ser inclosa dins el grup de les energies alternatives, ja que és una energia tradicional i causa impactes en el medi.

Així mateix, la biomassa (formada per residus orgànics) és una font d'energia renovable, però la seva combustió genera gasos. Alguns experts consideren la bioenergia una energia alternativa, ja que, si bé és cert que deixa anar CO_2 a l'atmosfera, també ho és que els vegetals, mitjançant la fotosíntesi, tornen a fixar el compost, que d'aquesta manera completa el cicle plantes-biomassa-atmosfera-plantas.

L'energia hidràulica és una energia renovable que genera impactes.



Energies no renovables: el carbó

Com es pot deduir d'[aquest vídeo](#), el carbó ha estat durant molts anys una de les principals fonts d'energia del desenvolupament al nostre país i de fet a tot el món. En l'actualitat, encara és la principal font d'energia de països en ràpid creixement com Xina i la Índia. Històricament, va ser el carbó la font d'energia que va impulsar a nivell mundial la primera fase de la industrialització, però amb el canvi de segle de mica en mica el petroli va anar substituint el carbó als Estats Units i posteriorment als països europeus més industrialitzats. Les principals raons d'aquest canvi són l'encariment dels preus del carbó, influït notablement per la mà d'obra necessària per a la seva explotació i el constant augment dels salaris dels miners, l'aparició d'una àmplia gamma de consum de derivats del petroli a causa de la creixent motorització i la facilitat de manipulació d'aquests productes davant els problemes relacionats amb la neteja i incomoditat de l'ús dels carbons.

A més, el contingut energètic dels combustibles derivats del petroli és més gran que el del carbó. No obstant això, a llarg termini i comparat amb el petroli i el gas natural, el carbó ha millorat la seva posició com a font d'energia fòssil més disponible en tot el món, ja que hi ha reserves suficients per a més de 200 anys encara que la producció augmenti. Les utilitzacions més habituals del carbó són la producció d'electricitat, la siderúrgia i la calefacció en els sectors residencial, de comerç i serveis.

En la història més recent, el consum mundial de carbó va augmentar en el període 1973-1985, coincidint amb el període de crisis petrolieres. El problema més difícil de resoldre amb el carbó és l'alta taxa de generació de CO₂, que provoca l'efecte hivernacle, encara que hi ha tecnologies modernes de combustió de carbó que permeten millorar no sols les emissions de CO₂, sinó també les d'altres components dels fums, com són els sulfurs i els òxids de nitrogen, que podem produir la pluja àcida, i les cendres, mitjançant processos combinats i tractaments previs a l'alliberament dels fums que estan millorant contínuament. En aquest [document](#) s'explica com es forma el carbó a la natura.

Els diferents tipus de carbó que hi ha són els següents:

- **Torba.** És el carbó més jove i el menys apreciat. El seu contingut de carboni no arriba al 60 %, de manera que té un poder calorífic baix (menys de 4.000 kcal/kg).
- **Lignit.** Té entre el 60 % i el 75 % de carboni, i un poder calorífic de fins a 6.000 kcal/kg. Data del mesozoic i el cenozoic.
- **Hulla.** És el carbó més abundant. Conté el 90 % de carboni i té un poder calorífic que pot arribar a 9.000 kcal/kg. Data del paleozoic.
- **Antracita.** Conté més del 95 % de carboni i té un elevat poder calorífic. És el carbó més ric i, sovint, el més difícil d'extreure. Data del paleozoic.



Mina de carbó a cel obert

Energies no renovables: el petroli

En aquesta [animació](#) podem veure com es forma el petroli a la natura. I en [aquest vídeo](#), veiem també com la descomposició de la matèria orgànica en un medi anaeròbic, és a

dir, sense oxigen, i sota pressions i temperatures elevades dóna lloc a un líquid viscos format per milers d'hidrocarburs diferents: el petroli. Existeixen diferents menes d'hidrocarburs, amb fórmules químiques diverses. El poder calorífic aproximat és de 10.000 kcal/kg. Els elements químics bàsics dels hidrocarburs són el carboni (C) i l'hidrogen (H), al igual que molts dels compostos elementals dels organismes com, per exemple, els [glúcids](#) o els àcids grassos, fet que explica el seu origen orgànic.



Plataforma Casablanca, pou d'extracció de petroli, davant la costa tarragonina

Els [jaciments de petroli](#) són constituïts sempre per una roca impermeable que forma [una barrera que el petroli no pot travessar](#), la qual té damunt una roca magatzem, on el petroli es troba impregnant la pròpia roca. Una propietat característica del petroli és la miscibilitat de totes les seves fraccions, per la qual cosa forma una fase orgànica contínua. En canvi, els hidrocarburs són poc miscibles en aigua, sent més lleugers que aquesta, fet que permet que el petroli formi sempre una capa damunt la seva superfície. El petroli no forma en general grans llacs subterranis, sinó que omple els porus i els forats de les roques d'origen sedimentari, d'igual manera com succeeix amb l'aigua en els aqüífers o en una esponja. La seva [naturalesa líquida](#) fa que tingui tendència a emigrar verticalment o horitzontalment tot aprofitant la permeabilitat de les capes rocoses que troba al seu pas.



Refineria

El procés industrial mitjançant el qual es produeixen els productes energètics derivats del petroli cru es coneix com a refinatge i es realitza a les refineries. El refinatge del petroli es porta a terme mitjançant una columna de destil·lació i amb el procediment de

“destil·lació fraccionada”, en el qual contínuament entra el petroli cru i surten els diferents productes destil·lats segons els seus punts d’ebullició.

Posteriorment, els compostos obtinguts són refinats novament en altres unitats de procés on és modificada la seva composició molecular o eliminats els compostos no desitjats - com per exemple el sofre. D’aquesta manera, s’obtinran els productes desitjats d’acord amb les exigències tècniques i ambientals que els cal per a la seva utilització comercial.

- **Productes gasosos:** gasos de refinaria (hidrogen, metà i età) i gasos liquats de petroli (propà i butà), també anomenats GLP, amb una temperatura d’ebullició màxima de 0°C.
- **Productes lleugers:** dins d’aquesta categoria es troben les gasolines i naftes, compostes per una barreja d’hidrocarburs de quatre i dotze àtoms de carboni principalment, amb un punt d’ebullició entre els 30 i els 200° C.
- **Productes intermedis:** dins d’aquesta categoria es troben el querosè i el gasoil.
 - El *querosè*, amb un punt d’ebullició entre 150 i 300° C és compost principalment per cadenes d’entre dotze i setze àtoms de carboni. El querosè s’utilitza com a combustible d’avions reactors principalment, encara que també com a combustible domèstic i per a il·luminació.
 - El *gasoil* és un compost format per cadenes de quinze a divuit carbonis amb una temperatura d’ebullició de 175 a 400° C destinat principalment a combustible per a motors dièsel i per a calefacció.
- **Productes pesants:** es troben en aquesta categoria productes com el fueloil, olis, ceres, asfalts i coc de petroli.
 - *Fueloil:* producte pesant obtinguts com a residu de la destil·lació atmosfèrica. Es fan servir com a combustibles de grans instal·lacions com les centrals tèrmiques.
 - *Olis lubricants:* fracció que conté entre setze i trenta carbonis. La seva densitat, viscositat, resistència a l’oxidació i baix punt de congelació el fan útil com a lubricant en el món de la mecànica.
 - *Ceres:* fracció que bull a uns 350° C i que és sòlida a temperatura ambient.
 - *Asfalts:* sòlid de color negre conegut des de l’antiguitat que s’utilitza per pavimentar les vies de comunicació.
 - *Coc de petroli:* compost sòlid derivat del petroli obtingut de les fraccions més pesades del cru, de semblança similar al carbó.

Energies no renovables: el gas natural

El **gas natural** és una font d’energia fòssil que, com el carbó o el petroli, està constituïda per una barreja d’hidrocarburs, unes molècules formades per àtoms de carboni i hidrogen. És un compost no tòxic, incolor i inodor, en el qual el seu principal component és el **metà** (CH₄), una molècula senzilla formada per 1 àtom de carboni i 4 àtoms d’hidrogen, per bé que conté també altres hidrocarburs lleugers com l’**età** (C₂H₆), el **propà** (C₃H₈), el **butà** (C₄H₁₀) o el **pentà** (C₅H₁₂) en molta menor proporció. La seva composició química varia sensiblement segons la seva procedència, ja que acostuma a anar associat a altres molècules o elements com l’àcid sulfhídric (H₂S), el diòxid d’oxigen (CO₂), el nitrogen (N₂) o l’heli (He) que cal extreure quan el gas natural és destinat a usos industrials i domèstics.

Per extreure l'energia continguda en els enllaços químics C-H, s'ha de produir el procés de combustió. La combustió és una reacció d'oxidació exotèrmica d'un cos combustible (en aquest cas, gas natural) amb un altre cos oxidant (aire), anomenat comburent. Aquesta transformació va acompanyada de desprendiment de calor i el fenomen acostuma a ser perceptible per la presència d'una flama que constitueix una font de llum i calor. La utilització del gas natural, com succeeix amb qualsevol altra font d'energia, ve determinada per la capacitat humana d'enginyar màquines i estris que aprofitin el seu potencial energètic. Tots els sectors de l'activitat humana en treuen profit actualment, principalment en el sector domèstic i en el comercial i l'industrial, atès que la seva versatilitat i comoditat d'ús ha afavorit el desenvolupament d'un ampli ventall de tecnologies adaptades a cada ús.



Dipòsits de gas natural

A la llar: A nivell domèstic, el gas natural es pot fer servir tant com per obtenir calefacció o aigua calenta sanitària, com també per cuinar, rentar, eixugar o obtenir refrigeració a l'estiu. El gas natural permet escalfar les llars mitjançant les calderes de calefacció o calderes mixtes, les quals, mitjançant un sistema de distribució es connecten a una xarxa de radiadors situats en punts estratègics de l'habitatge. Si les calderes tenen la doble funció de produir aigua calenta sanitària i calefacció aleshores aquestes es denominen calderes mixtes. Per una altra banda, les calderes poden ser individuals —quan donen servei a un sol habitatge- o col·lectives —quan ho fan per a tot un edifici o urbanització. Els aparells de la llar que funcionen amb gas natural es coneixen amb el nom de gasodomèstics per diferenciar-los dels que funcionen amb electricitat o electrodomèstics. El



fogons, el forn, la rentadora, el rentaplats, la nevera o l'assecadora de roba en són alguns exemples.

Al comerç i a la indústria: El gas natural es pot fer servir en qualsevol procés de generació de calor o fred, tant en aplicacions comercials com en aplicacions industrials. S'entén per ús comercial el consum domèstic referit a espais col·lectius com hospitals, escoles o hotels, el consum del petit comerç com el dels forns de pa o el consum d'altres tipus de serveis com les bugaderies, les piscines climatitzades, les pistes de patinatge, etc.

En la indústria, l'absència d'impureses —de cendres o sofre- i l'elevat poder calorífic del gas natural fa que en treguin profit nombrosos sectors. Així, s'ha convertit en pràcticament imprescindible en sectors com el de la ceràmica, el vidre, la porcellana, la metal·lúrgia, l'alimentari, el tèxtil o el del paper. En la indústria química, el gas natural té un doble paper, ja que, a més de servir de font de calor, és una matèria primera per a l'obtenció de diversos productes com el metà, que constitueix el producte base en la producció d'hidrogen, metanol, amoníac o acetilè.



Caldera industrial de gas

Tant en el sector domèstic i de serveis com en l'industrial, s'està introduint una nova generació d'equips d'alt rendiment que augmenten el seu rendiment energètic global fins a un 90%. La caldera de condensació n'és un exemple. Aquesta caldera permet recuperar la calor latent de condensació del vapor d'aigua present en els gasos de combustió que no s'aprofita en els sistemes convencionals de calefacció a gas, de manera que el consum d'energia es redueix fins a un 40%. Combinant la tecnologia de condensació amb cremadors de baixa emissió de NO_x , ($x = 2$ o 3) s'aconsegueix reduir el nivell d'emissions contaminants en els processos de combustió industrial.

Les polítiques d'estalvi i racionalització del consum d'energia dels estats i la voluntat internacional de reduir la contaminació atmosfèrica estan afavorint la recerca de noves tecnologies que permetin un ús més intensiu del gas. Algunes de les línies en què estan treballant les empreses gasistes se centren en l'optimització dels processos de producció d'energia elèctrica, en el desenvolupament de nous equips de climatització i en l'aprofitament del gas com a carburant en el sector del transport.

Energies no renovables: la fissió nuclear

De tot l'urani que es pot trobar a la natura, només un 0,7% és format per l'isòtop Urani-235, que és l'element més adient per ser utilitzat com a combustible en les [centrals](#)

nuclears de fissió productores d'electricitat (imatge inferior), però com que la seva presència en l'urani natural és tan petita, cal sotmetre'l primer a una sèrie de processos que s'anomenen d'enriquiment i que aconseguen que la presència d'aquest isòtop d'Urani-235 en el combustible nuclear sigui al voltant del 3 al 5%.

La fissió nuclear és una reacció per la qual certs nuclis d'elements químics pesants se "separen" en dos fragments per l'impacte d'una altra partícula, un neutró, tot alliberant-se en el procés altres neutrons, i al mateix temps una gran quantitat d'energia que es manifesta en forma de calor. Els neutrons que són emesos o alliberats en la reacció de fissió poden provocar, en determinades

circumstàncies, noves fissions d'altres nuclis. Es diu aleshores que s'ha produït una reacció nuclear en cadena.

L'urani enriquit que s'utilitza com a combustible en les centrals generalment s'encapsula



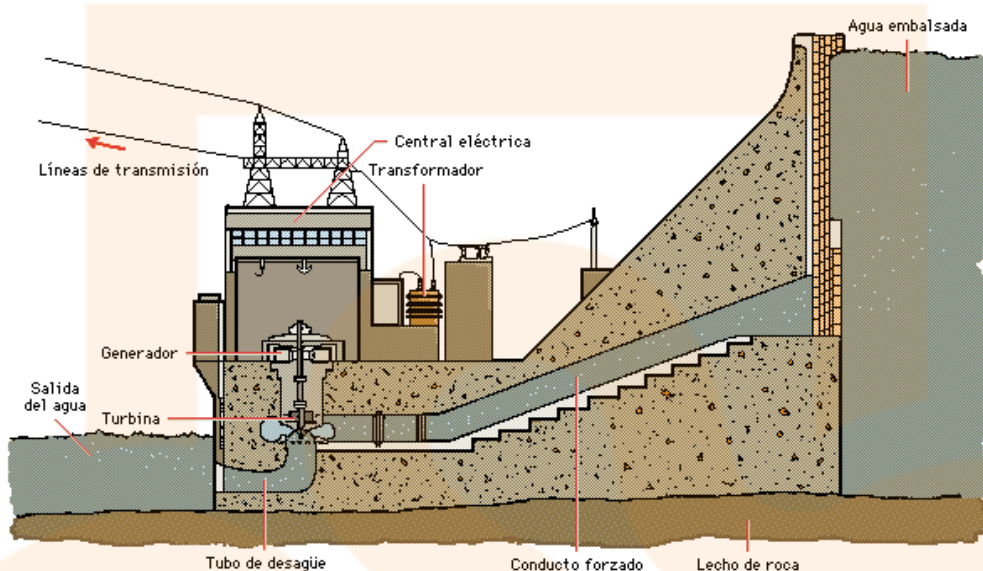
dins unes pastilles fetes amb material ceràmic que al mateix temps s'introdueixen en unes beines, de 4 o 5 metres de llargada i un centímetre d'amplada, d'acer inoxidable o d'un aliatge de zirconi que s'anomena [zircaloy](#). Aquestes beines s'agrupen en paquets que reben el nom d'elements de combustible. A mesura que es van produint reaccions de fissió, la presència d'urani enriquit en els elements de combustible és cada cop menor i al cap d'un temps s'han de canviar els elements de combustible. Aquest procés de canvi s'anomena procés de càrrega. Les centrals nuclears tenen una vida mitja variable, més o menys llarga, però passat un cert nombre d'anys cal desmantellar-les. Fa pocs anys, es va produir el primer cas a Espanya. Quan s'extreuen els elements de combustible, aquests romanen uns 10 anys aproximadament submergits en aigua fins que la seva activitat radioactiva disminueix prou com perquè no hi hagi perill quan es transporta.

Transcorregut aquest temps, l'urani present en el combustible pot ser reprocessat, s'enriqueix de nou, o bé s'emmagatzema en els anomenats [cementiris nuclears](#), que en el cas d'Espanya s'està construint a la població de Villar de Cañas (Cuenca), atès que fins ara s'enviaven els residus d'alta radioactivitat a França amb un cost econòmic desorbitat. Les centrals nuclears aprofiten la calor alliberada en les múltiples reaccions nuclears que es produeixen en el nucli del reactor de la central per convertir en vapor a alta temperatura un líquid que circula per un conjunt de conductes, vapor que s'utilitza posteriorment per produir energia elèctrica. L'energia nuclear sempre ha suscitat un gran debat social a tots els països. El principal risc és que els accidents nuclears poden ser extraordinàriament greus, sobretot si hi ha fuga radioactiva. En el passar recent ja hi ha hagut 3 accidents molt greus: [Harrisburg](#), [Txernòbil](#) i més recentment [Fukushima](#). El gran problema associat a l'energia nuclear és la generació de residus radioactius molt perillosos i d'emmagatzematge car i complex.

Energies renovables: Energia hidràulica

L'energia hidràulica s'obté a partir de l'aigua en moviment en les anomenades centrals hidroelèctriques que aprofiten mitjançant un salt existent en un curs d'aigua, l'energia

potencial continguda en la massa d'aigua per convertir-la en energia elèctrica, emprant turbines acoblades a alternadors. En [aquest vídeo](#), fet a Guatemala, s'explica molt bé com funciona una central hidroelèctrica. L'aprofitament de l'energia hidràulica es realitza mitjançant la captació (amb embassament o sense) del cabal del riu que és conduït cap a la central (canonada forçada) on, utilitzant el desnivell d'alçada per adquirir energia cinètica, és turbinat i retornat, finalment, al riu mitjançant el canal d'aforament. Trobar un lloc on situar les centrals hidroelèctriques depèn dels nivells pluviomètrics de la zona, i també de les seves característiques topogràfiques.



Secció esquemàtica d'una central hidroelèctrica.

Entre els diversos tipus d'instal·lacions hidroelèctriques, es poden distingir els dos següents:

- **Centrals de regulació:** Les centrals de regulació solen realitzar-se en aprofitaments hidràulics que tenen la possibilitat d'emmagatzemar les aportacions d'un riu mitjançant la construcció d'un embassament. En aquestes centrals destaca la capacitat d'emmagatzemar grans quantitats d'aigua que poden ser turbinades en el moment en que es requereixi. Així la regulació d'aquestes centrals pot ser diària, multi-estacional o fins i tot plurianual. En general, aquesta capacitat de regulació s'utilitza per a proporcionar energia durant les hores punta de consum. Aquest tipus d'instal·lacions són pròpies de grans centrals hidràuliques.
- **Centrals fluents:** Les centrals fluents normalment són centrals de petita potència (minicentrals). Les centrals fluents consisteixen en aprofitaments hidroelèctrics que capten una part del cabal circulant pel riu, el condueixen cap a la central per a ser turbinat i posteriorment, aquest cabal es retorna al riu. Aquestes centrals es caracteritzen per tenir un salt pràcticament constant i un cabal turbinat molt variable, dependent de la hidrologia. Les minicentrals hidràuliques solen tenir períodes de regulació diaris i responen, en la gran majoria, a esquemes de centrals fluents.

Energies renovables alternatives

Com introducció a les energies renovables podem veure [aquest vídeo](#). L'**energia solar tèrmica** consisteix en l'aprofitament directe, en forma d'escalfament o energia

calorífica, de la radiació solar incident. Una instal·lació solar tèrmica està formada bàsicament per un camp de col·lectors solars, un conjunt de canonades aïllades tèrmicament i un dispositiu acumulador d'aigua.



Central solar de torre

Els sistemes de captació solar es poden classificar bàsicament en:

- **Sistemes de captació passius.** Corresponen a les accions de disseny en l'arquitectura que permeten que els edificis utilitzin millor els recursos energètics, tant per augmentar la temperatura interior a l'hivern com per refrigerar-se a l'estiu. Un sistema solar passiu és aquell en el que l'energia es difon de forma natural. En la majoria dels casos els sistemes passius s'integren en l'arquitectura, de forma que els materials constructius serveixen per a una doble funció, estructural i energètica. En la concepció d'un edifici solar passiu juga un paper clau el disseny dels seus components per garantir que aquests permetin:
 1. Captar l'energia solar mitjançant l'orientació i distribució de les finestres, que són col·lectors solars passius.
 2. Emmagatzemar la calor recollida. La densitat i conductivitat dels materials exposats al sol permetran que la calor que entra per les finestres de dia es pugui emmagatzemar i utilitzar per la nit.
 3. Distribuir la calor a les estances de l'habitatge de forma natural o mitjançant ventiladors.

4. Conservar la calor mitjançant l'aïllament de les parets i finestres.

- **Sistemes de captació actius:** són sistemes basats en la captura de la radiació solar per part d'uns col·lectors, mitjançant un fluid, que després transfereixen l'escalfor generada a un sistema d'utilització o d'emmagatzematge.
- **Sistemes solars d'alta temperatura:** aquest és el cas de les centrals solars de torre com la de la fotografia de la pàgina anterior. Aquestes centrals estan formades per un camp d'heliòstats o miralls que concentra la radiació solar sobre un receptor instal·lat sobre una torre central que actua com a bescanviador de la calor. Aquestes centrals incorporen un sistema de seguiment sobre dos eixos, Amb les centrals de torre es poden assolir temperatures de fins a 1.000°C. Normalment s'utilitzen per escalfar aigua, oli tèrmic o aire que s'utilitza directament per a usos tèrmics o per produir electricitat, mitjançant una turbina.
- **Sistemes solars de temperatura mitjana:** centrals de col·lector cilíndric parabòlic. Estan formades per un camp de col·lectors on un mirall, de forma cilíndric-parabòlica, concentra la radiació solar en un tub absorbent. Aquestes centrals incorporen un sistema de seguiment en un eix. Amb aquestes instal·lacions es poden assolir temperatures de fins a 400°C.
- **Sistemes solars de baixa temperatura:** estan formats per un camp de captadors solars plans fixos (vegeu fotografia inferior). Amb aquestes instal·lacions es genera calor a baixa temperatura, inferior a 100°C. Són els sistemes més emprats i s'utilitzen per a l'obtenció d'aigua calenta per a usos sanitaris (dutxes, cuina, etc), calefacció o climatització de piscines. Aquestes instal·lacions es componen bàsicament per:
 - Un sistema de captació de la radiació que prové del Sol, el captador solar,
 - Un sistema d'emmagatzematge de l'energia tèrmica obtinguda, el dipòsit acumulador, i
 - Un sistema de distribució de la calor i de consum.

El captador solar és l'element bàsic d'una instal·lació solar per a l'aprofitament tèrmic de la radiació solar. El captador és l'encarregat de capturar l'energia del sol i introduir-la en el sistema en forma de calor. El tipus d'utilització condicionarà el captador emprat en la instal·lació. Actualment podem diferenciar entre dos tipus principals de captadors en el mercat:

1.- Els captadors plans o de placa plana amb o sense coberta vidrada en funció de l'aplicació. Són els més emprats en els sistemes solars a baixa temperatura, es a dir per escalfar piscines i produir aigua calenta sanitària, i fins i tot per a subministrar calefacció amb temperatures de captació inferiors als 100°C, com els de la fotografia de la dreta.

2.- El captadors de concentració de la radiació poden ser cilíndrics o parabòlics.

Energia solar fotovoltaica: la conversió fotovoltaica es basa en l'efecte fotoelèctric, es a dir, la transformació directa de l'energia lumínica que prové del Sol en energia elèctrica. Quan un determinat material és il·luminat amb la part visible de l'espectre solar, part dels electrons que configuren els seus àtoms absorbeixen l'energia dels fotons de la llum, alliberant-se així



de les forces que els lliguen al nucli i adquirint llibertat de moviment. Aquest espai que ha deixat l'electró tendeix a atraure qualsevol altre electró que estigui lliure. Per a convertir aquest moviment d'electrons en corrent elèctric es necessari encaminar el moviment dels electrons creant un camp elèctric en el sí del material.



Cèl·lules solars de silici

Una cèl·lula solar es un [semiconductor](#) on artificialment s'ha creat un camp elèctric permanent, amb la qual cosa, quan s'exposa la cèl·lula solar a la llum del sol, es produeix la circulació d'electrons i l'aparició del camp elèctric entre les dues cares de la cèl·lula. Entre els diversos materials semiconductors utilitzats per a la fabricació de cèl·lules fotovoltaïques, el més emprat és el **silici**. La potència nominal de les cèl·lules es mesura normalment en vats pic (Wp), que és la potència que pot proporcionar la cèl·lula amb una intensitat de radiació constant de 1.000 W/m^2 a 25°C . Per obtenir potències utilitzables per als aparells elèctrics de mitja potència, cal unir un cert nombre de cèl·lules en el que s'anomena placa fotovoltaïca. Per optimitzar el rendiment de les instal·lacions solars fotovoltaïques cal orientar les plaques al sud i inclinar-les per aprofitar al màxim la radiació solar, això es dona quan la inclinació de la placa és igual a la de la latitud de l'emplaçament menys 10° .

Existeixen dos tipologies d'instal·lacions solars fotovoltaïques:

- **Instal·lacions autònomes o aïllades de la xarxa elèctrica:** permeten oferir un servei a corrent contínua o a corrent alterna (equivalent a la xarxa elèctrica) en emplaçament on la xarxa elèctrica no arriba.
- **Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica:** on tota l'electricitat generada s'aboca a la xarxa elèctrica.

Energia eòlica

Com introducció a la cada dia més important energia eòlica veiem aquest [vídeo](#). L'**energia eòlica** fa referència a aquella tecnologia i aplicacions que aprofita l'energia cinètica del vent per convertir-la en energia elèctrica o mecànica. Així, es poden distingir dos tipus d'instal·lacions:

- Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica: els **parcs eòlics**.
- Instal·lacions aïllades (no connectades a la xarxa elèctrica): bombejament d'aigua, subministrament elèctric a l'habitatge i altres centres de consum.

En l'aprofitament energètic del vent, les màquines eòliques permeten resoldre des d'aplicacions de petita potència per a bombejament d'aigua o electrificació rural (màquines de petita potència) fins a parcs eòlics (instal·lacions de gran potència) connectats a la xarxa elèctrica, amb aerogeneradors de potències nominals entre 150 kW i 1 MW.

En tots els casos, aquestes màquines estan constituïdes pels mateixos elements bàsics; un element mòbil de captació de l'energia cinètica del vent, anomenat rotor, que s'acobla a un eix que es connecta a una bomba o a un generador elèctric, segons l'ús que es faci de l'aparell. Els dispositius més usats en l'actualitat, els aerogeneradors, són màquines d'eix horitzontal que consten d'un rotor que capta l'energia del vent i un sistema de conversió d'energia que s'uneix al rotor. Mitjançant un generador elèctric transforma l'energia mecànica en energia elèctrica. El conjunt es completa amb un bastidor i una carcassa que allotja els mecanismes, i també una torre sobre la qual es fa el muntatge de tot el sistema i que també inclou els corresponents subsistemes hidràulics, electrònics de control i la infraestructura elèctrica.



Hi ha una àmplia gamma d'aerogeneradors:

- màquines d'eix horitzontal:
 - aerogeneradors tripala (com el de la fotografia superior), amb potències unitàries que poden oscil·lar entre els 600 kW i fins i tot més de 2.000 kW. Aquesta tipologia és la que presenta les millors característiques de funcionament i millor rendiment.
 - aerogeneradors multipala: de 12 a 24 pales al rotor, que permeten aprofitar vents de més baixa velocitat. Se solen usar per a bombejament d'aigua.
- màquines d'eix vertical: actualment estan en desús.

Components dels aerogeneradors: en [aquest vídeo](#) pots veure les diferents parts d'un aerogenerador; que són les següents:

- El **rotor**: és la part de la màquina que transforma l'energia del vent en energia mecànica. Augmentant el diàmetre de les pales es pot augmentar la superfície de captació de vent i la potència proporcionada per la màquina. La potència que subministra el vent per unitat de superfície escombrada es coneix com a densitat de potència del vent. Per sobre d'una densitat de potència de 200 W/m² ja pot ser rendible generar energia elèctrica a partir d'aerogeneradors.

- El **multiplicador**: és un conjunt d'engranatges que transformen la baixa velocitat a què gira l'eix del rotor (entre 20 i 30 voltes per minut) a una velocitat més elevada, que és comunicada a l'eix que fa girar el generador.
- El **generador**: l'objectiu del generador és transformar l'energia mecànica procedent del rotor de la màquina en energia elèctrica. Aquesta energia serà abocada a la xarxa elèctrica o utilitzada per algun centre de consum annex a la instal·lació.
- La **gòndola**: és el conjunt de bastidor i carcassa de l'aerogenerador. El bastidor és la peça sobre la qual s'acoblen els elements mecànics principals (el rotor, el multiplicador, el generador) de l'aerogenerador i està situat damunt la torre. Aquest bastidor està protegit per una carcassa, generalment de fibra de vidre i polièster, reforçada amb perfils d'acer inoxidable.
- Les **pales**: són els elements de l'aerogenerador encarregats de captar l'energia cinètica del vent. És un dels components més crítics de la màquina, ja que en pales de gran longitud, que permeten un millor aprofitament de l'energia, les altes velocitats que s'assoleixen als extrems porten al límit la resistència dels materials amb què estan fabricades, usualment fibra de vidre i polièster.



Parc eòlic

Energia geotèrmica

En [aquest vídeo](#) podem veure un resum sobre l'energia geotèrmica. L'**energia geotèrmica** consisteix en l'aprofitament de la calor interna de la Terra, que a nivell

global pot considerar-se contínua i inesgotable a escala humana. El recurs geotèrmic depèn de les condicions geològiques. Així doncs, podem dir que el recurs geotèrmic és aquella part de l'energia geotèrmica continguda a les roques del subsòl que pot ésser aprofitada per l'home. Quan una zona geogràfica es presenten les condicions geològiques i econòmiques necessàries per a poder explotar l'energia geotèrmica del subsòl, es diu que allà existeix un jaciment o magatzem geotèrmic. Segons la temperatura obtinguda, podem parlar de dos tipus d'aprofitaments de l'energia geotèrmica:

- **Energia geotèrmica de baixa entalpia:** aprofiten els recursos per a l'escalfament d'aigua sanitària o d'habitatges. Els aprofitaments a Catalunya es centren en els usos **d'aigües termals**, que es concentren als Pirineus i a la depressió terciària propera a la costa. Es considera que el potencial restant de la geotèrmia a Catalunya és insignificant. Es consideren indicadors de l'existència d'àrees geotèrmiques qualsevol fenomen que indiqui l'existència de calor a la terra: guèisers, manantials i fonts d'aigua calenta i tots els fenòmens, com terratrèmols i volcans, que ens indiquin els xocs de les plaques tectòniques. A Catalunya hi ha manifestacions d'energia geotèrmica a les comarques de la Selva, Vallès Oriental, la Noguera Ribagorçana,... a poblacions com Caldes de Montbui, Cànoves, Caldes de Malavella, a la Vall de Boi, etc.
- **Energia geotèrmica d'alta entalpia:** exploten recursos per produir electricitat mitjançant generadors i turbines de vapor. Els tipus de jaciments es troben localitzats en poques àrees geogràfiques, a l'igual que els pous de petroli o el carbó. Les possibilitats viables d'aprofitament viable d'energia geotèrmica d'alta entalpia a Catalunya són inexistentes.



Aigües
termals

Energia de l'hidrogen

En [aquest vídeo](#) podem veure en que consisteix l'energia de l'hidrogen. L'**hidrogen** és l'element més abundant, bàsic i lleuger de l'univers. En canvi, la seva presència en estat pur és excepcional, i per això es fa necessari l'ús de diferents tècniques per a obtenir-ne. Si volem arribar a la 'plenitud de l'hidrogen' com a energia del segle XXI, tal com l'ha denominat el World Watch Institute, prestigiosa organització independent d'investigació mediambiental, hem d'aprendre a generar l'hidrogen de forma neta i inesgotable. Segons l'informe d'aquesta organització, a hores d'ara el 99 % de l'hidrogen que es produeix al món s'obté mitjançant el consum d'altres combustibles fòssils com són el petroli o el gas natural. La utilització d'aquests elements per a aconseguir l'hidrogen contribueix a contaminar l'aire i, en darrera instància, provoca el canvi climàtic.

Hi ha nombrosos mètodes d'obtenció de l'hidrogen. En l'àmbit industrial, s'aconsegueix a partir de l'aigua, per electròlisi (un mètode de separació dels elements que formen un compost aplicant-hi electricitat). Si s'hi utilitza com a font el gas natural, aquest es comprimeix per separar els hidrocarburs lleugers, és sotmès a un procés de dessecació per eliminar-ne l'aigua i se'n separen el sofre i el nitrogen. La barreja resultant es refrigera amb nitrogen líquid i finalment es procedeix a la separació gasosa del monòxid de carboni i l'hidrogen.

A llarg termini, i a això s'estan dedicant les noves investigacions sobre la matèria, l'hidrogen procedirà de fonts d'energia renovables netes com el sol o el vent, que ajudaran a separar l'aigua en hidrogen i oxigen. La dificultat en la consecució de l'hidrogen de forma neta i massiva apareix com un dels obstacles principals en una carrera en què les corporacions automobilístiques estan invertint molts esforços econòmics i de Recerca i Desenvolupament. Diferents indústries del sector estan treballant en el desenvolupament de cèl·lules de combustible per als seus prototips de vehicles propulsats per hidrogen amb més o menys èxit.



Motor d'hidrogen



Cotxe que funciona amb motor d'hidrogen

Ara bé, segons els experts, la inversió necessària per a construir una economia basada en l'hidrogen i les piles de combustible s'estima en diversos centenars de milers de milions d'euros. I en posen un exemple: només la instal·lació d'assortidors d'hidrogen en el 30 % de les estacions de servei europees costaria entre 100.000 i 200.000 milions d'euros. Un estudi sobre la matèria assenyala també que, malgrat els esforços, la Unió Europea està per darrere dels Estats Units quant a finançament de projectes, on les despeses en aquest sector són entre cinc i sis vegades superiors a les que dedica la UE

en el seu programa marc d'investigació. El Japó és un altre dels països que està apostant fort pel desenvolupament d'aquesta nova font energètica.

On es troba l'hidrogen? L'hidrogen, tot i ser l'element més abundant a la Terra, apareix gairebé sempre acompanyat d'altres elements. Algunes vegades es troba en estat pur en els gasos volcànics i se n'han trobat indicis a les capes més altes de l'atmosfera. El més habitual és que es presenti en combinació amb altres elements. Així, en l'aigua està combinat amb l'oxigen, mentre que en el carbó i en el petroli es troba en forma d'hidrocarburs. En els minerals es detecten quantitats apreciables d'aquest element, generalment combinat amb l'oxigen i, finalment, tota la matèria animal i vegetal està constituïda per compostos químics d'hidrogen amb altres elements (oxigen, carboni, nitrogen, sofre, etc.).

Es poden trobar aplicacions de l'hidrogen en la indústria espacial: l'hidrogen líquid, juntament amb l'oxigen, s'utilitza per a la propulsió de coets. És capaç d'impulsar automòbils i de generar energia per a plantes industrials i pot substituir totes les fonts d'electricitat, des de bateries per a mòbils fins a motors d'autobusos. Ja al començament del segle XX, a causa de la seva lleugeresa, es va utilitzar per a omplir els dirigibles i els globus aerostàtics, però els múltiples accidents que va generar per la facilitat que tenia d'inflamar-se van interrompre'n l'ús.

Energia mareomotriu

El mar és una font d'energia inesgotable que avui en dia no està sent aprofitada, tot i que s'està treballant des de fa anys en trobar la tecnologia que permeti convertir el mar en una font d'abastament energètic viable tècnicament i econòmicament. Bàsicament, es poden distingir quatre tipus d'aprofitament diferent de l'energia continguda al mar:



Onada gegant

- L'**energia mareomotriu o energia de les mareas** aprofita la capacitat de les mareas per desplaçar grans masses d'aigua que s'emmagatzemen mitjançant discs, convertint així la seva energia potencial en energia elèctrica mitjançant una turbina, com en les central hidroelèctriques. És l'única que ha assolit un cert grau d'aplicació ja que existeixen centrals en funcionament des de fa dècades. La primera gran central mareomotriu per a la producció d'electricitat comercial es va construir el 1967 a França, amb una potència instal·lada de 240 MW.
- L'**energia maremotèrmica** del gradient tèrmic està basada en la diferència de temperatura entre les aigües superficials i les del fons marí, aprofitant aquest gradient tèrmic per generar electricitat.
- L'**energia dels corrents marins** consisteix en aprofitar la seva energia cinètica per fer girar una turbina que generarà energia elèctrica.
- L'**energia de les onades** aprofita l'energia mecànica de les onades.

Per les condicions climatològiques i oceanogràfiques del Mediterrani, el potencial d'aprofitament energètic del mar a Catalunya es centra en la generació d'energia a partir de les onades. L'energia d'una ona és proporcional al quadrat de la seva amplitud i al període, el temps que separa el pas de dues onades consecutives. Ones amb períodes llargs entre 7 i 10 segons i d'amplituds grans al voltant de 2 metres, tenen un contingut energètic superior als 40-50 kW per metre longitudinal d'ona. Com moltes fonts d'energia renovable, la distribució del potencial energètic de les onades no és homogeni, trobant-se el major potencial a latituds al voltant de 30 i 60 graus als dos hemisferis.

El potencial energètic a les costes espanyoles, avaluat l'any 1979 pel Ministeri d'Indústria i Energia, va ser d'una potència total dissipada d'uns 37.650 MW, amb valors mitjos de potència d'uns 25 kW/m a l'Oceà Atlàntic, i menys d'11 kW/m en el Mar Mediterrani. Un informe realitzat l'any 2002 amb el suport de la Comissió Europea donava valors semblants, avaluant el potencial energètic de les onades al Mediterrani entre 4 i 11 kW per metre lineal de cresta, trobant-se els valors més elevats a l'àrea del sud-oest de l'Adriàtic. Aquests valors són inferiors als d'altres costes europees, com els que s'estimen al Cantàbric, amb un potencial entre 44 i 50 kW/m, o a les costes del nord-est de l'Atlàntic amb valors que arriben fins als 76 kW/m. Aquesta infografia t'ajudarà a entendre millor com funciona l'energia del mar.

La producció d'energia marina, té diferents sistemes d'aprofitament, com són les columnes d'aigua oscil·lant, els "pelamis" i el "powerbuoy" que es poden veure en [aquest vídeo](#). Tots aquests sistemes es basen en el mateix, però el més utilitzat a la zona de Cantabria, és el "powerbuoy" que es pot veure en la fotografia de la dreta. Aquest sistema es basa en la producció d'energia provocada per la força oscil·lant vertical produïda per les onades, amb unes boies, que activen unes bombes hidràuliques. Aquestes amb l'ajuda de un generador crea energia elèctrica que és transmesa a la xarxa gràcies a un cable submarí i va a parar als habitatges.



La biomassa

El terme **biomassa** es refereix al conjunt de tota la matèria orgànica d'origen vegetal o animal, que inclou els materials que procedeixen de la transformació natural o artificial. L'energia que es pot obtenir de la biomassa prové de la llum solar, la qual, gràcies al procés de fotosíntesi, és aprofitada per les plantes verdes i transformada en energia que queda acumulada a l'interior de les seves cèl·lules. Aquesta energia pot ser traspassada per la cadena alimentària al regne animal. L'energia acumulada a la biomassa pot ser alliberada sotmetent-la a diversos processos d'aprofitament energètic.

L'aprofitament de l'energia de la biomassa contribueix notablement a la millora i conservació del medi, ja que no té un impacte mediambiental significatiu, atès que el CO₂ que s'allibera a l'atmosfera durant la combustió ha estat prèviament captat pels vegetals durant el seu creixement; per tant, el balanç final és nul.

L'ús de la bioenergia té efectes positius i negatius. D'una banda, la combustió de la biomassa produeix la mateixa quantitat de CO₂ que va consumir per formar-se i, per tant, deixa el sistema en equilibri; a més, s'utilitza com a substitut dels combustibles fòssils. Però, de l'altra, una potenciació excessiva de la bioenergia incrementaria la desforestació del planeta, i augmentaria la quantitat de CO₂. Un altre problema de l'ús de la biomassa és l'encariment de productes alimentaris bàsics, com els cereals, a causa de l'alta demanda: és més rendible vendre cereals per produir combustible que per menjar.

Segons estudis recents, per aconseguir estabilitzar les concentracions de gasos amb efecte d'hivernacle al nivell dels anys trenta del segle XX, caldria que el 40 % de l'energia elèctrica produïda al món s'obtingués a partir de la biomassa.

La biomassa com a font per produir energia renovable es pot classificar en:

- **Biomassa natural.** Es produeix de manera espontània en la natura, sense intervenció humana (llenya, fusta, etc.).
- **Cultius energètics.** Són cultius fets tant en terrenys agrícoles com forestals, destinats a la producció de biomassa amb finalitats no alimentàries.
- **Biomassa residual seca.** Prové de residus generats en les activitats agrícoles i forestals, en la indústria alimentària i en la indústria de transformació de la fusta.
- **Biomassa residual humida.** Prové dels residus biodegradables, siguin urbans, industrials o ramaders.

Per transformar la biomassa en energia hi ha diversos mètodes:

- Cremar biomassa i utilitzar la calor alliberada.
- Utilitzar microorganismes que degraden molècules orgàniques. Per exemple, la digestió anaeròbica per produir metà (**biogàs**) i la fermentació alcohòlica per produir metanol.

Els biocombustibles són combustibles produïts a base de matèria orgànica. Els dos més comuns són el bioetanol i el biodièsel, pensats com a substituïts de la gasolina i el gasoil,

respectivament. El **bioetanol** s'obté de plantes amb un elevat contingut de sucre o midó, com els cereals, i el **biodièsel** prové de plantes oleaginoses com el gira-sol o la colza. A més, la recerca actual s'orienta cap als anomenats combustibles de segona generació, provinents de la cel·lulosa (fusta, palla, etc.).

Actualment hi ha diverses experiències per aprofitar els residus agrícoles com a combustible en alguna indústria agroalimentària, i hi ha municipis que utilitzen per al seu transport públic biocarburants obtinguts a partir d'olis vegetals reciclats, barrejats amb gasoil al 50 %, l'objectiu del qual és que al segle XXI totes les flotes d'autobusos públics a Catalunya funcionin totalment o parcialment amb aquests biocombustibles.

Entre els diversos avantatges de l'ús de la biomassa com a combustible, hi ha la seva disponibilitat i el fet que es tracta d'un recurs renovable i de tecnologia barata. Un dels inconvenients, però, és que no és una font d'energia completament neta.



Autobús que usa biodiesel.



Estufa que funciona amb pel·lets de biomassa.

Energia nuclear de fusió

Obtenir energia pels mateixos usos que les altres fonts d'energia a partir de l'energia nuclear de fusió és actualment un projecte molt lluny de la realitat en el nostre planeta. En el millor dels casos i segons els científics que hi treballen falten molts anys per poder dominar aquesta energia. Es tracta de reproduir artificialment el que passa d'una manera natural en el Sol i en moltes estrelles.



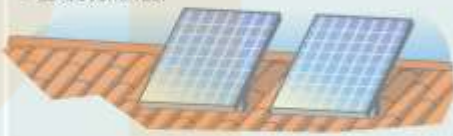
L'Institut Català d'Energia (ICAEN), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) i l'Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC), han signat un acord per la creació d'un **programa de recerca i desenvolupament tecnològic** en l'àmbit de les tecnologies energètiques de Fusió nuclear. Un dels principals objectius d'aquesta iniciativa es impulsar la participació del màxim nombre d'empreses catalanes en la licitació dels programes de subministrament d'equipaments i de serveis pel projecte ITER que s'està construint a Cadarache (França). En aquest sentit, la participació del teixit industrial català adquireix gran importància

donada la presència a Barcelona de l'Agència "**Fusion for Energy F4E**", de la Unió Europea, encarregada de gestionar la compra dels equips i serveis per aquest projecte.

Aquest acord contempla també establir un marc de col·laboració entre l'IREC i les universitats catalanes en matèria de fusió i permetrà cooperar amb les entitats europees de referència en aquesta matèria, de la mà de CIEMAT i en col·laboració i complementarietat a les seves activitats. Amb aquest nou programa de recerca, Catalunya fa un pas més per fer de l'energia un sector tractor de l'economia i per avançar en la transformació del model de competitivitat mitjançant l'impuls d'activitats relacionades amb la Recerca i el Desenvolupament, a més de donar compliment a les mesures incloses en el Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015. L'acord té una primera fase d'un any, en la que es definiran les estratègies i les primeres actuacions en recerca i tecnològiques a desenvolupar a llarg termini, i a la vegada, s'impulsarà al màxim la relació amb la Indústria per potenciar l'impacte econòmic sobre el teixit de Catalunya.

El [projecte ITER](#) es un projecte d'investigació per desenvolupar tecnologies energètiques de fusió, dissenyat per demostrar la viabilitat científica i tecnològica de l'energia de fusió. L'ITER és un projecte estratègic de col·laboració de primer ordre i d'abast internacional. La fusió es el procés que genera l'energia del sol i de les estrelles. Quan els nuclis atòmics lleugers es fusionen per formar-ne d'altres de més pesats, es genera una gran quantitat d'energia. La finalitat de la recerca sobre fusió és la de proporcionar una font d'energia que sigui respectuosa amb el medi ambient, il·limitada i segura. A la fotografia inferior podem veure una imatge del Sol.



	energia	avantatges	inconvenients
energies convencionals	dels combustibles fòssils (carbó, petroli i gas natural)	<ul style="list-style-type: none"> - Subministren molta energia. - Els sistemes actuals (transport, calefacció) treballen amb aquesta energia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Provoca contaminació atmosfèrica (efecte d'hivernacle, pluja àcida i contaminació local). - Disposa de reserves limitades. - La seva disponibilitat limitada genera especulació.
	hidràulica	<ul style="list-style-type: none"> - És renovable. - No genera contaminació. - Té altres usos diferents de l'energètic (reg, espais d'oci). - Regula les avingudes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modifica els ecosistemes. - Impedeix l'evolució dels deltes i de les platges. - Genera la desaparició de poblacions. - Comporta el risc de trencament de la presa.
	de fissió nuclear	<ul style="list-style-type: none"> - Aporta molta energia amb poc combustible. - No contamina l'aire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilitza tecnologia cara. - Genera residus molt perillosos. - Comporta el risc d'accident nuclear i genera alarma social. - Provoca contaminació tèrmica de l'aigua utilitzada com a refrigerant. - La vida de les centrals nuclears és limitada (40 anys), i el seu desmantellament, molt costós.
energies alternatives	geotèrmica	<ul style="list-style-type: none"> - No genera residus ni impactes. - És renovable. - No està sotmesa a l'especulació. - Requereix tecnologia barata. 	<ul style="list-style-type: none"> - Distribució molt localitzada. 
	eòlica	<ul style="list-style-type: none"> - Està a l'abast de tothom. - No genera residus. - És renovable. - Requereix tecnologia senzilla i fàcilment amortitzable. - No està sotmesa a l'especulació. 	<ul style="list-style-type: none"> - Provoca un impacte paisatgístic. - Les aus impacten sobre els molins. - Les instal·lacions interfereixen en les comunicacions. - Cal una velocitat de vent mínima (el vent no és constant). - Provoca un impacte acústic.
	solar	<ul style="list-style-type: none"> - Està a l'abast de tothom. - No genera residus ni impactes. - És renovable. - Utilitza tecnologia senzilla. - No està sotmesa a l'especulació. 	<ul style="list-style-type: none"> - La tecnologia és amortitzable només a llarg termini. - És discontinua. 
	de l'hidrogen	<ul style="list-style-type: none"> - No genera residus ni impactes. - Té una alta disponibilitat (s'obté de l'aigua). 	<ul style="list-style-type: none"> - La hidròlisi de l'aigua requereix energia.
	de fusió nuclear	<ul style="list-style-type: none"> - Fa falta poc combustible. - No genera residus radioactius de llarga vida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cal millorar la tecnologia (en fase experimental).
	mareomotriu	<ul style="list-style-type: none"> - No genera residus i l'impacte és mínim. - És renovable. - No està sotmesa a l'especulació. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necessita un mínim de desnivell entre mareas. - Genera un petit impacte a la zona litoral.
	bioenergia (a partir de la biomassa)	<ul style="list-style-type: none"> - És renovable. - Es troba disponible en països pobres. - Requereix tecnologia barata. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emet CO₂ a l'atmosfera, encara que es recupera per fotosíntesi.