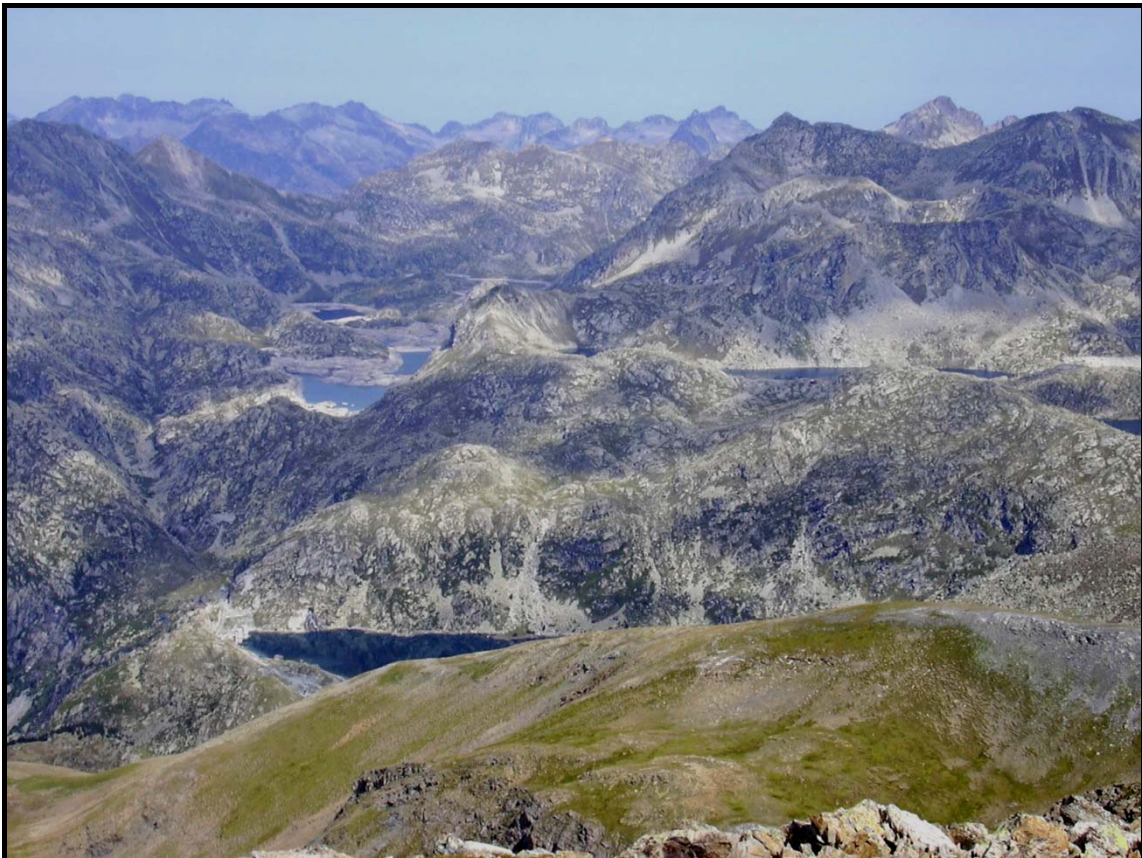


# Energia hidroelèctrica...energia renovable



## Dossier del professor



# Aigua, font d'energia renovable

**Nivell:** Cicle inicial, mig i superior de primària, ESO

**Durada:** 3 hores

**Contingut:** Què és una energia renovable (neta), tipus d'energies renovables. Avantatges i inconvenients. Energia hidràulica: tipus d'aprofitament. Cas de la central hidroelèctrica de Capdella.

**Objectius:**

- Assumir el concepte d'energia renovable.
- Saber quins son els principals inconvenients i avantatges d'aquestes energies en front les convencionals.
- Quin és el procés de generació d'electricitat a través de l'aigua: central hidroelèctrica de Capdella.
- Generar electricitat a través d'una turbina Pelton.
- Fer participar tots els alumnes presents en totes les fases de l'activitat.

**Espai:** Auditori, sala d'exposició, central hidroelèctrica

**Recursos:** Power Point, dossier alumne, dossier monitor, maquetes turbines Pelton, turbines Pelton de la Central

**Organització:**

- Presentació: Power Point a l'auditori
- Esmorzar
- Generació d'electricitat a través de les maquetes de les turbines Pelton
- Visita a l'interior de la central per explicar les turbines Pelton "reals"
- Conclusions

## **L'energia hidràulica: generació d'electricitat a partir de la força de l'aigua**

L'**energia hidràulica** és aquella que s'obté de l'aprofitament de les energies cinètica i potencial dels corrents dels rius i salts d'aigua.

L'origen de l'energia hidràulica està en el cicle hidrològic de les pluges, i per tant, en l'evaporació solar i la climatologia, que remunten grans quantitats d'aigua a zones de muntanya alimentant rius en forma de precipitació (pluja o neu). Per tan aquest procés està generat per la radiació solar.

Aquesta naturalesa de l'aigua provoca que la localització de regions on es pugui explotar siguin on existeixi una combinació adequada de pluja, desnivells geològics i una orografia favorable per a la construcció de preses o algun altre tipus d'aprofitament favorable.

### **Història**

L'aigua, conjuntament amb el vent, és la primera font energètica de la natura que l'home usà en l'antiguitat. Ja els egipcis, aprengueren com aprofitar la força del Nil per a transportar persones i materials, així com preveure i usar les inundacions anuals per a l'agricultura i l'ús del sòl. Ja les civilitzacions mesopotàmiques, les més antigues que es té constància, aprengueren a usar el recursos hídrics que oferien els riu Tigris i Èufrates, així com el drenatge de zones pantanoses.

Un dels primers invents que va permetre usar la força de l'aigua per realitzar treballs que requerien un esforç o energia, va ser el molí d'aigua (hidràulic) el qual ja usaren els grecs i romans per a moldre blat. Se sap però que aquest és originari de Pèrsia i s'usava ja al segle 5 aC. Aquest molí consistia en un eix de fusta vertical, on el qual girava, en posició horitzontal una roda amb pales submergida en el corrent d'un riu, el qual havia de tenir un important caudal per a fer girar la roda del molí i així moldre el gra.

El molí de roda vertical i eix horitzontal, com el coneixem avui en dia, es va començar a construir en el segle I aC. per l'enginyer militar Marc Viturvi Pol·lió, inspirat en la roda persa (saqíya), que servia per pujar aigua a nivells superiors, però era impulsat per energia de sang (animals). El molí inventat per Viturvi, l'aigua passava per sota. Posteriorment, s'observà que el molí era molt més efectiu si era impulsat per dalt, a l'aprofitar la diferència de pes entre les pales; això comportà que es construïssin preses per a tenir reserves d'aigua, i així, aquesta era conduïda per canals fins el molí, tenint un flux regularitzat i continu quan fos necessari. Aquest tipus de molí no fou popularitzat i construït a l'Imperi romà fins el segle IV dC, possiblement perquè l'economia romana estava basada en l'esclavisme i per tan, la mà d'obra disponible a un cost molt baix, cosa que no era així la construcció d'un molí d'aigua, que requeria una inversió gran de capital.

A l'Edat mitjana, el molí hidràulic era usat a tot Europa ja no només per a moldre gra, també era usat per a diferents relacions amb la metal·lúrgia.

Aquesta font d'energia, quedà apartada a l'inici de la Revolució Industrial degut a l'aparició de la màquina de vapor, la qual funcionava amb energia tèrmica, provinent de la crema de fusta o carbó. Hem de considerar que a finals del segle XVIII, principis del XIX, encara no es podien construir grans embassaments per a tenir disponible suficient aigua per a generar energia mecànica per a la indústria, a més del caudal discontinu durant les estacions climàtiques.

El renaixement de l'energia hidràulica no va ser fins creat el **generador elèctric**; el generador elèctric és una màquina que transforma qualsevol tipus d'energia en elèctrica. En el cas de l'energia mecànica, la generada per la roda hidràulica, el generador elèctric que la transforma en energia elèctrica es diu **alternador**. Aquest renaixement també fou donat per un perfeccionament de la turbina hidràulica (roda) i a més a més per una demanda d'energia elèctrica necessària per a la indústria a principis del segle XX (com és en el cas de Catalunya).

Així doncs la primera central hidroelèctrica que es construï va ser el 1880 a Northumberland, a Gran Bretanya. A Catalunya la primera central hidroelèctrica fou el 1907 amb el funcionament de la central de Daió a Queralbs, la qual subministrava electricitat a la ciutat de Vic.

Cap el 1920, aquestes centrals ja generaven una part important de la producció total d'electricitat.

### **Aprofitament de l'energia hidràulica: el funcionament de la central hidroelèctrica**

La central hidroelèctrica, no deixa de ser una evolució de l'antic molí d'aigua. Aquesta central, genera electricitat a partir de l'energia hidràulica.

El funcionament és senzill, consisteix en convertir l'energia potencial que té una massa d'aigua com a conseqüència d'un desnivell. L'aigua, en la caiguda entre els dos nivells, va a parar a una turbina hidràulica, transformant així l'energia potencial, en mecànica pel moviment de la turbina, i aquesta és transformada en energia elèctrica per uns alternador.

La capacitat de generació d'electricitat d'una central hidroelèctrica depèn de:

- Un **mínim d'energia generada garantida per un any**, en funció de les reserves d'aigua aprofitables de les que pot disposar la central. També depèn de la potència instal·lada, que depèn del tipus i nombre de grups elèctrics construïts
- La **potència** existent que depèn del salt d'aigua entre les reserves d'aigua i la central., del cabal màxim que hi pot circular i de les característiques de la turbina i del generador.

No totes les centrals hidroelèctriques son iguals, algunes son construïdes a l'aire lliure i d'altres a sota terra; n'hi ha de diferents mides que van des de les centrals minihidràuliques per a subministrament local o privat, fins a grans centrals com la de Itaipú. Aquesta central, propietat de Brasil i Paraguai, aprofita a través d'una presa l'aigua del riu Paranà, i es calcula que el 2008 va generar prou electricitat per subministrar el món sencer durant 2 dies, o tot un any per països com Argentina, o en el cas de Paraguai durant 11 anys. *(Fer referència apagada de Brasil i Paraguai en el novembre del 2009)*

Segons el tipus d'aprofitament que fan de l'aigua, les podem classificar en:

- **Centrals de fil d'aigua o aigua fluent:** utilitzen el flux d'un riu per generar electricitat. Per tan, operen de forma continua ja que no poden emmagatzemar aigua, aprofiten l'aigua disponible, limitant així la seva capacitat de generació. Poden tenir la turbina vertical o horitzontal segons el pendent del curs d'aigua.
- **Centrals d'embassament:** són les més freqüents; usen un embassament per a reservar aigua, podent generar així electricitat tot l'any graduant les reserves d'aigües que es fa circular per les turbines.
- **Centrals d'acumulació por bombeig:** també conegudes com a centrals reversibles. Són aquelles en que disposen sempre d'una mateixa quantitat d'aigua entre dos estanys o embassaments, les quals generen electricitat en hores de més demanda i bombegen l'aigua en hores de poca demanda.
- Hem de considerar també les **centrals hidroelèctriques mareomotrius** que aprofiten el flux i reflux de les mareas així com les que aprofiten el moviment d'aigua de les onades.

## Avantatges

- Font d'energia renovable, i fins a certa escala verda.
- No genera substàncies contaminants.
- La no necessitat d'importar combustibles d'altres països per generar electricitat.
- El seu cost d'explotació és baix i per tan una font d'energia rentable econòmicament.
- És una font energètica més deslocalitzada que les convencionals.
- La construcció de certs embassaments tenen un aspecte positiu com ser un hàbitat per a algunes aus migra aquàtiques que havien perdut els seus llocs de cria a la costa per a la destrucció de zones humides.
- Actualment s'estan construint centrals minihidroelèctriques molt més respectuoses amb el medi ambient, i amb un rendiment rentable tan energèticament com econòmicament.

## Inconvenients

- La construcció d'una gran central hidroelèctrica representa un impacte paisatgístic.
- Quan es requereix la construcció d'un embassament, aquest altera greument l'ecosistema fluvial, canviant el caudal del riu, modificant la temperatura de l'aigua així com la quantitat de nutrients que aporta com el grau d'oxigenació. La construcció de grans embassaments pot provocar el trasllat de poblacions per ocupar el seu hàbitat.
- La retenció de sediments per part de les preses dels embassaments, la qual afecta a tot el curs fluvial, des de les terrasses, fins els deltes.
- La seva maduració d'explotació en certes regions, com a Europa, fa que en prou feines no quedin localitzacions per a la ubicació de noves centrals.

En el dia d'avui, l'energia hidràulica constitueix pràcticament la quarta part de producció total d'electricitat a nivell mundial, i malgrat que en els països occidentals cada cop costa més la localització de nous punts d'explotació, cada any va en augment. El 99% de l'electricitat que consumeix Noruega és d'aquesta font energètica, i això que és el productor de petroli europeu més important.

## **L'energia hidràulica a la vall Fosca: la central hidroelèctrica de Capdella**

### **Contextualització**

La vall Fosca es situa al Nord de la comarca del Pallars Jussà. Aquesta és travessada pel riu Flamisell, curs principal de la vall que desemboca en el Noguera Pallaresa, a l'alçada de la Poble de Segur.

A la vall Fosca hi vivien, a principis del segle XX, 1400 persones aproximadament; actualment són uns 840 habitants distribuïts en 19 pobles els quals estan situats entre els 800 i 1400 metres d'alçada, sent el poble de Capdella el que es troba a més alçada. Altres pobles de la Vall: Estavill, Capdella, la Torre de Capdella, Montrós, La Pobleta de Bellveí, etc.

Podem diferenciar 3 parts en la Vall Fosca tan per la seva geomorfologia com pel seu clima, de Nord a Sud:

- La capçalera de la vall formada per **la zona lacustre**
- els pobles del Nord de clima atlàntic
- els pobles Sud de clima mediterrani

### **La zona lacustre de la vall Fosca: les grans reserves d'aigua**

A la capçalera de la vall, just en el cor dels Pirineus (zona axial) trobem la zona lacustre composta per una trentena de llacs d'origen glacial, excavats en roques pissarroses i granítiques, les quals son de les més velles que podem localitzar a Catalunya.

Aquests es formaren donada la última glaciació, quan la Vall estava tota ocupada per una glacera ja desapareguda; per això, la vall Fosca, si la talléssim d'Est a Oest, veuríem que té forma de la lletra U.

Aquesta zona està per sobre dels 2000 metres, sent el Peguera la muntanya mes alta amb 2984 metres sobre el nivell del mar.

Cal destacar, que és una de les zones més fredes de Catalunya. De fet, és el punt de la península ibèrica en que s'ha enregistrat la temperatura més baixa, 32°C sota 0 en el Febrer de l'any 1956.

## El projecte de la construcció de la central de Capdella

Als països industrialitzats, i per tan, Catalunya, tenien a principis de l'any 1900, una mancança energètica per a cobrir la necessitat de la indústria.

La font energètica majoritària era el carbó, molt car al ser importat de Gran Bretanya, ja que el carbó peninsular és de mala qualitat. Amb aquesta matèria prima no renovable es produïa vapor (energia tèrmica), la qual no complia amb l'exigència de la nova indústria que es volia implementar. Aquest requeriment va poder ser satisfet per la implantació de l'electricitat de Catalunya, sent la central de Capdella, la primera gran central hidroelèctrica de Catalunya (i d'Espanya) que es posà en funcionament.

Emili Riu i Periquet, polític i empresari fill de Sort, nascut el 1871 en una família humil, fou diputat i representant de la zona del Pirineu lleidatà en el congrés a Madrid. Era un senyor inquiet, viatger i visionari; fruit de la visita a diferents exposicions internacionals, en les quals s'exposava l'energia hidroelèctrica (en ús especialment als països centreeuropeus) trobà que aquesta era la solució energètica per a Catalunya ja que és una regió rica en recursos hídrics; però ell especialment pensà en la zona lacustre de la vall Fosca, zona que coneixia a fons. Projectà una central hidroelèctrica per a l'aprofitament de la zona lacustre de Capdella. Per a realitzar tal empresa, molt cara, necessità el finançament de banquers i empresaris d'origen francès i suís, ja que els banquers catalans li negaren el finançament. Per tan fruit del finançament francossuís, l'Emili Riu fundà el novembre del 1911 l'empresa **Energía Eléctrica de Cataluña**, la qual construiria la central hidroelèctrica de Capdella.

### Explotació dels estanys

Es calculà que les reserves d'aigua que contenien els estanys de la vall Fosca, equivalien a 50 milions de m<sup>3</sup> d'aigua, equivalen a 50 Camps Nous plens fins a dalt.

Per aprofitar aquestes grans reserves d'aigua es van haver de fer un seguit de connexions:

1. **Canalització i repeses** (per augmentar la capacitat d'emmagatzematge) de 15 dels 30 estanys per portar l'aigua a l'Estany Gento, estany col·lector.
2. Des de l'estany Gento portar l'aigua a través d'un **canal fins a la cambra d'aigües**, que és on s'emmagatzema per últim cop l'aigua abans d'enviar-la a la central. El canal soterrat fa gairebé 5 quilòmetres i té un pendent mitjà de 3,1 %.
3. **Dues canonades forçades** d'acer des de la cambra d'aigües fins a la central de Capdella, les quals tenen un salt de 836 metres d'alçada, que és el que dóna l'energia potencial a l'aigua. L'aigua, a l'arribar a la central, té una pressió de 83 quilos.

Per tan, aquesta central hidroelèctrica, dins la classificació que hem fet anteriorment, seria de la categoria de central d'embassament, pel tipus de funcionament, però no va caldre fer un embassament ja que es disposava de reserves d'aigua estancades. Per tan, la central de Capdella, no té certs inconvenients derivats de la construcció d'una presa en un curs fluvial, com és l'alteració de l'ecosistema fluvial o la retenció de sediments.

Un cop utilitzada l'aigua, aquesta no anava a parar a un riu, com en les centrals d'embassament, aquesta aigua, era bombejada cap a una altra central hidroelèctrica de la Vall, construïda posteriorment, la central de Molinos.

### **La central: els grups elèctrics**

Per generar electricitat s'utilitzava l'energia potencial de l'aigua que era transformada pel grup elèctric en electricitat (corrent alterna). Aquest consisteix en dos parts diferenciades:

- **Turbina:** la roda de molí d'aigua però en la versió del segle XX. L'aigua pica a la pales de la turbina, la força de la qual la fa girar a gran velocitat generant energia mecànica. Aquest gir és transmès per l'eix de la turbina a l'alternador.
- **Alternador:** generador elèctric que transforma l'energia mecànica generada per la turbina en energia elèctrica.

A la central de Capdella es van muntar 5 grups elèctrics amb turbines de tipus Pelton .

Aquestes peces no es fabricaven a Catalunya, sinó a Alemanya; per tant, després de transportar-les d'Alemanya fins a la vall Fosca, les muntaven també operaris alemanys, ja que al país no hi havia gent qualificada. No hem d'oblidar que aquesta tecnologia, a principis del segle XX, era tecnologia punta.

### **La construcció**

Les obres de la central hidroelèctrica de Capdella hi van participar més de 4000 treballadors, els quals provenien principalment de Múrcia, Andalusia, Itàlia i fins i tot n'hi havia de Turquia, així com autòctons de la vall. Aquests eren dirigits per enginyers suïssos ja que no hi havia personal qualificat per a la direcció d'aquests tipus d'obres a Espanya.

La primera fase de construcció consistí en les obres de la carretera de La Pobla de Segur fins a Capdella, ja que aquesta no existia, la qual s'inicià a la tardor del 1911 i s'acabà tot just 3 mesos més tard. És destacable el poc temps de durada d'aquesta obra ja que, tenint en compte els medis de construcció (pic i pala) i els més de 30 quilòmetres de la carretera és un temps record.

La segona fase d'obres s'inicià a l'abril del 1912; consistí en la construcció de la central, les connexions de transport a la zona dels estanys, les connexions de l'aigua i la xarxa de transport de l'electricitat. Es van fer diferents grups de treballadors, per anar construint-ho tot alhora, els quals treballaven tots els mesos de l'any, suportant el fred intens en els mesos d'hivern, a la zona dels estanys, els quals hi vivien en barracons i tendes durant les obres.

Cal destacar, que al cap de només 27 mesos, el 27 de gener del 1914 s'engegà la central per primer cop.



## **La central reversible de Sallente-Estany Gento**

El procés d'hidroelectrificació de la vall Fosca, no acabà en la construcció de la central de Capdella; com hem vist anteriorment, es construí una altra central Flamisell avall, **la central de Molinos**, inaugurada el 1919 la qual aprofita l'aigua bombejada de la central de Capdella, per a posteriorment ser evacuada al riu Flamisell. A l'any 1937, es posà en funcionament una altra central hidroelèctrica a la Vall, la de **La Plana de Mont-Ros**, la qual s'acabà de construir el 1936, però a conseqüència de la guerra, els enginyers fugiren de la vall.

Però la construcció energètica més destacable, posteriorment a la central de Capdella, va ser la **central hidràulica reversible de Sallente-Estany Gento**. Aquesta es començà a construir el 1982 i es posà en funcionament el 22 de setembre del 1985.

És una central totalment diferent a la de Capdella, tan en funcionament com en la localització ja que s'allotja en una caverna excavada a l'interior de la muntanya. S'hi accedeix per un túnel de 592 m, amb una pendent del 10 %. A l'hivern la gran quantitat de neu i les allaus impossibiliten utilitzar l'últim tram de la carretera d'accés per això es va construir un túnel de 2.500 m. L'últim tram del túnel serveix alhora com a drenatge de la central.

El funcionament d'aquesta central consisteix en que a més de poder transformar l'energia potencial de l'aigua en electricitat, té la capacitat de fer-ho a la inversa, és a dir, augmentar l'energia potencial de l'aigua consumint energia elèctrica, fent-la pujar (bombejar) cap a un nivell superior (estany Gento). D'aquesta manera pot usar-se com un mètode d'emmagatzematge d'energia (una espècie de bateria gegant). Estan concebudes per a satisfer la demanda energètica en hores pic i emmagatzemar energia en hores de poca demanda. Quan es necessita generar electricitat, es baixa per una canonada forçada l'aigua de l'Estany Gento cap el de Sallente, on estan emplaçades les turbines. En hores de poca demanda, com pot ser a la nit, l'aigua de l'estany de Sallente és bombejada cap a l'estany Gento, usant energia elèctrica sobrant de les centrals nuclears, ja que aquestes, a diferència de les hidroelèctriques, no es poden parar de cop i deixar de produir electricitat, sinó que triguen més de 8 hores, per tan, aquest excedent d'electricitat s'usa pel bombeig, donant lloc a un cicle tancat energètic.

### ***Dades de la central reversible***

*Les dimensions de la planta són: 85 m de longitud, 20 m d'amplada, 37 m d'altura*

*Bombeig: 6 hores es buida l'estany Gento, per bombar l'aigua una altra es necessiten 8 hores*

*Potència 415.000 kw*

*Cada turbina consumeix 31.6 m<sup>3</sup>/s, hi ha 4 turbines*

## La Turbina hidràulica

La turbina hidràulica és una màquina motora hidràulica, que aprofita l'energia d'un fluid que passa a través d'ella, per produir un moviment de rotació (energia mecànica) que transferit mitjançant un eix, mou una màquina o a través d'un generador transforma l'energia de la seva rotació en energia elèctrica.

Les turbines més conegudes són:

- **Kaplan:** Aquestes turbines tenen com a tret característic que les pales poden variar el seu angle durant el seu funcionament. S'usen en centrals hidroelèctriques de salts petits d'aigua i amb grans caudals. S'assemblen a l'hèlix d'un vaixell.
- **Francis:** Son indicades per a centrals que tenen salts menors de 200 metres i caudals mitjans.
- **Pelton:** inventada el 1880, es podria dir que és l'evolució directa del l'antic molí d'aigua, però enlloc de tenir pales té una mena de culleretes on al picar l'aigua es separa en dos parts, d'aquesta manera, l'aigua al picar contra la cullereta es dispersa, no frenant així la següent pala de la turbina. Diuen que el seu inventor es va inspirar al veure com l'aigua salpicava fora de les fosses nassals d'una vaca mentre bevia d'un xorro d'aigua. Aquesta turbina s'usa en centrals que tenen un salt superior de 200 metres i petits caudals (no es necessita grans caudals ja que l'alçada del salt compensa la potència). Per tant, **és la turbina que s'utilitza a Capdella.**