

TRANSICIÓ HÍDRICA I TRANSICIÓ ENERGÈTICA

JOSEP MARIA FRANQUET BERNIS

DR. ENGINYER AGRÒNOM, EUR-ING.

DR. CIÈNCIES ECONÒMIQUES I EMPRESARIALS

ACADÈMIC NUMERARI DE LA REIAL ACADÈMIA EUROPEA DE DOCTORS

ÍNDEX

	<u>Pàg.</u>
Resum / Resumen / Summary	2
1. La transició hídrica	3
2. Concepte	3
3. Implicacions	3
4. Factors clau	4
5. Canvi climàtic	4
6. Transició hídrica vs transició energètica	6
6.1. Relació entre ambdues	6
6.2. Emmagatzematge i regulació de l'energia	7
6.2.1. Idea prèvia	7
6.2.2. Bombeig hidràulic	8
6.2.3. Bateries (BESS)	12
6.2.4. Volant d'inèrcia	12
6.2.5. Emmagatzematge tèrmic	13
7. Conclusions	13
Referències bibliogràfiques i fons documentals	15
Relació de figures	15

RESUM

Uns temes de gran importància i actualitat son els que es refereixen a les transicions hídrica i energètica que, sens dubte, encara assoliran més transcendència en el futur. S'analitza la concomitància i interrelació existents entre ambdós conceptes, on la primera s'enfoca en la gestió sostenible de l'aigua per a mantenir els seus beneficis a la societat i el medi ambient, i la segona es refereix al canvi dels combustibles fòssils a la producció d'energies netes per tal d'afrontar el canvi climàtic. Es posa una especial incidència en l'emmagatzematge i regulació de l'energia, que resulta imprescindible per emprendre amb èxit la transició ecològica, ja que dota el sistema elèctric de més flexibilitat, seguretat i li permet maximitzar la integració renovable i un aprofitament més gran dels enllaços entre sistemes.

Mots clau: transició hídrica, transició energètica, energia, emmagatzematge, regulació, central reversible, bombeig, renovable.

RESUMEN

Unos temas de gran importancia y actualidad son los referentes a las transiciones hídrica y energética que, sin duda, alcanzarán aún más trascendencia en el futuro. Se analiza la concomitancia e interrelación existentes entre ambos conceptos, donde la primera se enfoca en la gestión sostenible del agua para beneficiar a la sociedad y al medio ambiente, mientras que la segunda se refiere al cambio de los combustibles fósiles a energías limpias con el objetivo de afrontar el cambio climático. Se hace una especial incidencia en el almacenamiento y regulación de la energía, que resulta imprescindible para enfocar con éxito la transición ecológica, ya que dota al sistema eléctrico de mayor flexibilidad, seguridad y le permite maximizar la integración renovable y un mejor aprovechamiento de los enlaces entre sistemas.

Palabras clave: transición hídrica, transición energética, energía, almacenamiento, regulación, central reversible, bombeo, renovable.

SUMMARY / ABSTRACT

Some very important and topical issues are those related to the water and energy transitions, which will undoubtedly become even more important in the future. The concomitance and interrelationship between both concepts is analyzed. The former focuses on sustainable water management to benefit society and the environment, while the latter refers to the shift from fossil fuels to clean energy to address climate change. Particular emphasis is placed on energy storage and regulation, which is essential for successfully addressing the ecological transition, as it provides the electrical system with greater flexibility and security, and allows it to maximize renewable integration and better use of intersystem links.

Key words: water transition, energy transition, energy, storage, regulation, reversible plant, pumping, renewable.

1. LA TRANSICIÓ HÍDRICA

Pretenem aquí aportar una visió crítica però també propositiva sobre la problemàtica que envolta aquest fenomen així com els possibles efectes que puguin presentar-se a qualsevol territori com a resultat de l'aplicació de certes mesures infraestructurals en relació amb el cicle i l'abastament de l'aigua que puguin adoptar-se, en els propers temps, al nostre país. També fer propostes en el camp de la transició hídrica, amb la voluntat i el compromís de col·laborar amb les administracions competents en relació a la construcció d'un model hídric exemplar.

Tot això s'ha vist reflectit abastament a l'article 17 ("Reutilització, estalvi i noves aportacions de recursos hídrics") d'aquest mateix manual, per la qual cosa ens remetem a ell per a la consecució de majors especificacions i detalls.

2. CONCEPTE

La transició hídrica fa referència a un canvi fonamental en la manera com gestionem l'aigua, prioritzant la sostenibilitat i l'equitat, per tal d'assegurar un accés adequat per a tothom i protegir el medi ambient. Implica adoptar un enfocament més circular i eficient en l'ús de l'aigua, considerant les necessitats presents i futures. Les conclusions d'aquest article involucren a tots els actors del sistema hídric: empreses, ens territorials i sectorials i ciutadans, assenyalant diverses propostes cap a una transició hídrica del país.

En resum, la transició hídrica és un procés transformador que busca assegurar un futur sostenible on l'aigua sigui un recurs compartit, protegit i gestionat de manera eficient per a les generacions presents i futures, amb un enfocament cap a l'equitat i la justícia social (Franquet, 2025).

3. IMPLICACIONS

Gestió sostenible de l'aigua:

Implica racionalitzar la demanda, optimitzar-ne l'ús i evitar el malbaratament.

Equitat a l'accés:

Garantir que tots els sectors de la societat ebrenca, incloent-hi les comunitats vulnerables, tinguin accés a aigua neta i segura.

Protecció d'ecosistemes:

Reconèixer la importància de l'aigua per a la salut dels ecosistemes i prendre mesures per protegir els rius, aiguamolls i aquífers. Cal reconèixer la importància mediambiental de certs espais físics, que són objecte de nombroses mesures de protecció (parcs naturals o nacionals, zones ZEPA, xarxes Natura 2000, espais PEIN, inclusió al Conveni de RAMSAR o reserves de la biosfera¹).

¹ Les Reserves de Biosfera són "zones d'ecosistemes terrestres o costaners/marins, o una combinació dels mateixos, reconegudes com a tals en un pla internacional en el marc del Programa MAB de la UNESCO". Serveixen per impulsar harmònicament la integració de les poblacions i la natura, per tal de promoure un

Adaptació al canvi climàtic:

Considerar els efectes del canvi climàtic en la disponibilitat i distribució de l'aigua i adoptar mesures per fer front a l'escassetat i esdeveniments extrems com sequeres i inundacions.

Transició socioecològica justa:

Assegurar que la transició hídrica es realitzi de manera justa, minimitzant els impactes negatius als sectors més vulnerables i repartint equitativament els beneficis que es puguin aconseguir.

4. FACTORS CLAU

Planificació hidrològica:

Es tracta d'una eina clau per a la gestió sostenible de l'aigua, que inclou la definició d'objectius i la implementació de mesures per assolir el bon estat de les aigües. El Pla Hidrològic de la Conca de l'Ebre, per exemple, a cura de la Confederació corresponent, s'actualitza periòdicament i ha de mantenir, entre altres mesures, el bon estat de les masses d'aigua superficials i subterrànies al territori.

Estratègies hídriques locals:

Es tracta d'un conjunt d'instruments de planificació i gestió a nivell comunal per promoure la cura i l'ús eficient de l'aigua.

Educació i cultura hídrica:

Cal fomentar la consciència sobre la importància de l'aigua i promoure pràctiques sostenibles a tots els sectors.

Innovació i tecnologia:

Cal utilitzar tecnologies per a la gestió eficient de l'aigua, la detecció de fuites especialment als abastaments urbans, la promoció dels regadius sostenibles, la reutilització d'aigües residuals i, si s'escau, la dessalació, entre d'altres.

Governança de l'aigua:

Cal avançar, en definitiva, cap a una gestió més transparent, participativa i inclusiva, involucrant tots els actors rellevants en el cicle de l'aigua (agrícoles, industrials, comercials i turístics).

5. CANVI CLIMÀTIC

L'aigua és un recurs essencial per als sistemes naturals i els sistemes socioeconòmics. La biodiversitat aquàtica ibèrica és una de les més grans

desenvolupament sostenible mitjançant un diàleg participatiu, l'intercanvi de coneixement, la reducció de la pobresa, la millora del benestar, el respecte als valors culturals i la capacitat d'adaptació de la societat davant dels canvis. Les Reserves de Biosfera són incloses a la Xarxa Mundial mitjançant decisió del Consell Internacional de Coordinació del MAB (Article 5 del Marc Estatutari) amb base a les propostes presentades. Cada deu anys, cada Reserva de Biosfera de la Xarxa Mundial s'avalua d'acord amb la disposició de l'article 9 - Revisió Periòdica - del Marc Estatutari (Franquet *et alt.*, 2023).

d'Europa i els serveis ecosistèmics de l'aigua són imprescindibles per a la població i les activitats socioeconòmiques. Tot i això, els ecosistemes de l'aigua i els serveis que ens aporten es troben actualment en un procés accelerat de degradació per excés de pressions, situació agreujada darrerament per l'observable canvi climàtic. Cal, doncs, una transició hídrica justa, com a part de la transició ecològica general. Igualment, està en marxa una transició energètica amb el desplegament de les energies renovables al territori que té també implicacions sobre l'aigua i la biodiversitat.

La intensificació dels fenòmens climàtics extrems, com ara sequeres prolongades, pluges torrencials, onades de calor i episodis d'inundació sobtada, representa avui un dels desafiaments estructurals més grans per als sistemes urbans d'abastament i sanejament d'aigua. L'impacte del canvi climàtic sobre els recursos hídrics no és una projecció futura, sinó una realitat palpable que condiciona la seguretat hídrica, la qualitat de vida de les poblacions urbanes i el compliment efectiu del dret humà a l'aigua i el sanejament.

S'ha arribat a un cert consens, al respecte, que no només existeix el canvi climàtic, sinó que està originat pels gasos amb efecte d'hivernacle i, molt en particular, per l'emissió massiva de CO₂. Per tant, es genera un consens fàcil, a la societat europea, al voltant de la necessitat que les polítiques i les estratègies de mitigació estiguin presidides per la transició energètica. I s'hi centra la major part dels acords i dels debats, dels calendaris que es fan, dels esforços, en definitiva. I això ve ajudat perquè certament també hi ha poderosos incentius econòmics i financers per a la consecució d'aquesta transició energètica.

Tot i això, l'aigua, sorprenentment, es queda al marge d'aquests incentius. Cal recordar que una cosa que és evident; si bé la generació del canvi climàtic està al voltant del vector de CO₂, els principals impactes socials del canvi climàtic i, en particular, sobre la gent en situació de més vulnerabilitat, es produeixen al voltant del vector H₂O, per esdeveniments o fenòmens extrems, tant de sequera com d'inundacions.

Europa, i per descomptat, Espanya i Catalunya en som una bona prova; hem avançat molt en transició energètica i ben poc en transició hídrica. Nosaltres tenim com a objectiu portar a terme un treball d'anàlisi i proposta en el terreny de la transició hídrica, amb la voluntat i compromís de col·laborar amb l'Administració de cara a la construcció d'un nou model hídric a Catalunya.

En aquest sentit, aspirem a fer reflexions i construir propostes de cara a aquest nou model, tant pel que fa als recursos hídrics com al consum de l'aigua, i apuntar cap a un pla d'actuació per assegurar una transició hídrica que sigui factible, sostenible i resilient. Tot plegat, posant el focus en les empreses de tota mena, tenint en compte les particularitats de cada sector productiu i les seves necessitats específiques pel que fa al seu consum d'aigua (Franquet, 2025).

6. TRANSICIÓ HÍDRICA vs TRANSICIÓ ENERGÈTICA

6.1. Relació entre ambdues

La "transició hídrica" i la "transició energètica" son processos interrelacionats però distints, on la primera s'enfoca en la gestió sostenible de l'aigua per a mantenir els seus beneficis a les societats i el medi ambient, i la segona es refereix al canvi dels combustibles fòssils a energies netes per tal d'afrontar el canvi climàtic.

Sens dubte, una de les tecnologies més determinants per a la transició energètica és l'emmagatzematge hidroelèctric per bombeig. Constitueix un dels grans desafiaments en la transformació del sistema elèctric, i resulta elemental per a reforçar l'eficiència i gestionar la demanda.

Encara que la transició energètica pot dependre de l'aigua en alguns casos (com en l'energia hidroelèctrica), i la gestió de l'aigua pot millorar l'eficiència energètica, no constitueixen un únic concepte. Així:

A) Transició Hídrica

- **Objectiu:**

Aconseguir una economia circular de l'aigua per tal d'assegurar que els recursos hídrics es mantinguin sans i prestin beneficis, tant al medi ambient como a la societat.

- **Mesures clau:**

- Recuperar, restaurar i protegir els ecosistemes hídrics, com els rius, llacs i aqüífers.
- Millorar els sistemes de sanejament i depuració, tot reduint la contaminació ambiental.
- Augmentar la seguretat hídrica a través de l'estalvi i l'ús eficient de l'aigua.
- Impulsar tecnologies i models de governança de l'aigua que siguin equitatius i participatius.

B) Transició Energètica

- **Objectiu:**

Canviar el sistema energètic actual, basat fonamentalment en combustibles fòssils, per un model que es nodreixi de fonts d'energia renovables i altres formes de reducció d'emissions, amb la finalitat de descarbonitzar l'economia i frenar el canvi climàtic.

- **Fonts d'energia renovable:**

Eòlica, solar, geotèrmica, biomassa, essent l'energia hidroelèctrica un component clau.

- **Mesures clau:**

- Augmentar la generació de energies renovables.
- Fomentar l'eficiència energètica per a reduir el consum.

- Impulsar la mobilitat elèctrica i l'hidrogen.
- Desenvolupar la digitalització i les tecnologies d'emmagatzematge d'energia.

C) Relació existent entre ambdues transicions

- La transició energètica pot dependre de l'aigua; per exemple, l'energia hidroelèctrica i el bombeig d'aigua per a l'emmagatzematge són importants, especialment en regions amb abundosos recursos hídrics.
- A la vegada, una gestió hídrica eficient contribueix a l'aconseguint de la transició energètica, assegurant l'accés i la sostenibilitat dels recursos hídrics necessaris per altres fonts d'energia, com ara la producció d'hidrogen verd.

6.2. Emmagatzematge i regulació de l'energia

6.2.1. Idea prèvia

Una instal·lació d'emmagatzematge d'energia és aquella en què es difereix el lliurament de l'energia elèctrica a un moment posterior a quan va ser presa, mitjançant la seva conversió temporal en una altra forma d'energia que es pugui emmagatzemar. És un component clau per proporcionar flexibilitat i donar suport a la integració d'energia renovable en el sistema d'energia.

L'emmagatzematge és imprescindible per emprendre amb èxit la transició ecològica, ja que dota el sistema elèctric de més flexibilitat, seguretat i li permet maximitzar la integració renovable i un aprofitament més gran dels enllaços entre sistemes.

L'estratègia d'emmagatzematge energètic, essencial per garantir la seguretat, la qualitat, la sostenibilitat i la rendibilitat del subministrament, sorgeix com a eina clau per a la gestió eficaç i flexible de la demanda energètica. Aquesta estratègia permet emmagatzemar energia en els moments de màxima producció i alliberar-la quan la demanda o la necessitat és més gran.

A més de millorar l'estabilitat de la xarxa elèctrica, els sistemes d'emmagatzematge d'energia optimitzen la gestió de càrrega i descàrrega, cosa que redueix les pèrdues d'energia en la transmissió i la distribució.

Els mètodes d'emmagatzematge d'energia són els següents:

- A gran escala (GW): hidroelèctrica reversible (bombeig) i emmagatzematge tèrmic.
- Emmagatzematge en xarxes (MW): piles i bateries, condensadors, superconductors i volants d'inèrcia.
- A nivell d'usuari final (kW): bateries, superconductors i volants d'inèrcia.

Actualment es progressa en quatre solucions tecnològiques, a saber:

- **Bombeig hidràulic:** Es compta amb dos embasaments situats a distinta alçada taquimètrica, on s'emmagatzema l'energia potencial de l'aigua quan aquesta se situa a l'embassament superior. I quan es requereix es genera energia al turbinar l'aigua (màquines del tipus Pelton amb molta altura manomètrica, Francis amb altura intermèdia, Kaplan amb poca altura) des del vas superior fins a l'inferior.
- **Baterías (BESS):** Emmagatzematge basat en la tecnologia electroquímica. No es tracta només de bateries, sinó que incorporen també una sèrie d'eines de software i hardware que permeten gestionar adequadament el subministrament d'electricitat, millorar l'eficiència de les xarxes elèctriques evitant intermitències i proporcionar energia de recolzament en cas d'interrupcions del servei.
- **Volant d'inèrcia:** Consisteix en un dispositiu mecànic emprat per tal d'emmagatzemar energia mitjançant el moviment de rotació. Quan es disposa d'un excés d'electricitat, aquest s'utilitza per accelerar un volant pesant d'inèrcia (o volant motor) fins a una velocitat angular força elevada. Generalment, el volant consisteix en una roda o un disc, de fosa o d'acer, calat a l'arbre motor, de manera que les seves dimensions estan calculades d'acord amb les característiques generals del sistema del qual forma part integrant. Aquest volant continua el seu moviment per inèrcia quan cessa el par motor que el propulsa. D'aquesta forma, el volant d'inèrcia s'oposa a les acceleracions sobtades en un moviment rotatiu. Així s'aconsegueix reduir les fluctuacions de la velocitat angular. És a dir, s'utilitza el volant per a suavitzar el flux d'energia entre una font de potència i la seva càrrega. L'energia obtinguda en el procés s'emmagatzema com energia cinètica rotacional i pot recuperar-se frenant el volant, convertint el moviment novament en electricitat.
- **Emmagatzemat tèrmic:** L'emmagatzematge d'energia tèrmica consisteix en capturar calor o fred, emmagatzemar-lo i lliurar-lo al sistema quan sigui necessari per a la seva regulació. Aquest tipus d'emmagatzematge s'empra tant per a la generació d'electricitat com per tal de satisfer necessitats tèrmiques industrials o domèstiques.

6.2.2. Bombeig hidràulic

Espanya té més de 1.200 preses (56.000 hm³) en explotació, que regulen les aportacions naturals, i en particular les d'ús hidroelèctric compten amb una potència instal·lada de 20,4 GW (19% potència), i cal posar en valor la importància de la capacitat de regulació i emmagatzematge als seus embassaments. Aquesta capacitat és pròpia de les centrals hidràuliques d'embassament, que ja es dona per descomptada, i de la qual no tenen altres energies renovables.



Fig. 1. Embassament de Riba-roja (Ribera d'Ebre).

Cal posar de manifest els següents avantatges d'aquesta tecnologia:

- Les centrals hidràuliques amb embassament contribueixen a la regulació horària, regulació setmanal i estacional, a més de prestar altres serveis auxiliars al sistema com ara la regulació de potència-freqüència.
- Les centrals hidroelèctriques reversibles o d'emmagatzematge per bombament (*PSP Pumped Storage Plants* o *PHS Pumped Hydropower Storage*) permeten l'emmagatzematge d'energia mitjançant el bombament d'aigua des d'un embassament de cota taquimètrica inferior a un altre embassament superior proper, i la seva conversió de nou en energia elèctrica per turbinació.
- No consumeixen aigua en el procés, per la qual cosa no estan lligades a la hidrologia i, per tant, poden ubicar-se en zones molt àrides (p. ex. PHS en desenvolupament a Israel o Aràbia Saudita) o fins i tot fora de les lleres de rius propers a centres de consum. Poden endemés proporcionar altres usos, com ara l'abastament d'aigua per a usos urbans, industrials, agrícoles o recreatius.
- Permeten la instal·lació de grans potències (200-1.500-3.000 MW), només condicionades pel desnivell topogràfic (100-1.000 m), els diàmetres constructius de les conduccions, els temps d'emmagatzematge (diari/setmanal estacional), el temps de resposta i el volum màxim de les basses requerides. També és possible la instal·lació de projectes de menor potència en ubicacions més properes als centres de consum, la qual cosa pot ser un factor de competitivitat.

Per a reduir el seu impacte ambiental, és possible aprofitar embassaments existents per a la presa inferior, amb la construcció d'una bassa en punts elevats de la vall. Eventualment, poden aprofitar-se dos embassaments propers ja existents.

L'emmagatzematge hidroelèctric és **la millor forma d'emmagatzemar grans quantitats d'energia durant llargs períodes de temps**. Com hem vist, una central hidroelèctrica de bombeig és un tipus especial de central hidroelèctrica que té dos embassaments. L'aigua continguda a l'embassament situat en el nivell més baix —embassament inferior— es bombeja durant les hores de menor demanda elèctrica al dipòsit situat a la cota més alta —embassament superior—, amb la finalitat de turbinar-la, posteriorment, per a generar electricitat en las hores de major consum elèctric. Per tant, aquestes instal·lacions permeten una **millora en la eficiència econòmica de la explotació del sistema elèctric** en emmagatzemar electricitat en forma de agua embassada en el dipòsit superior.

Al respecte, pot contemplar-se el següent esquema simplificat:

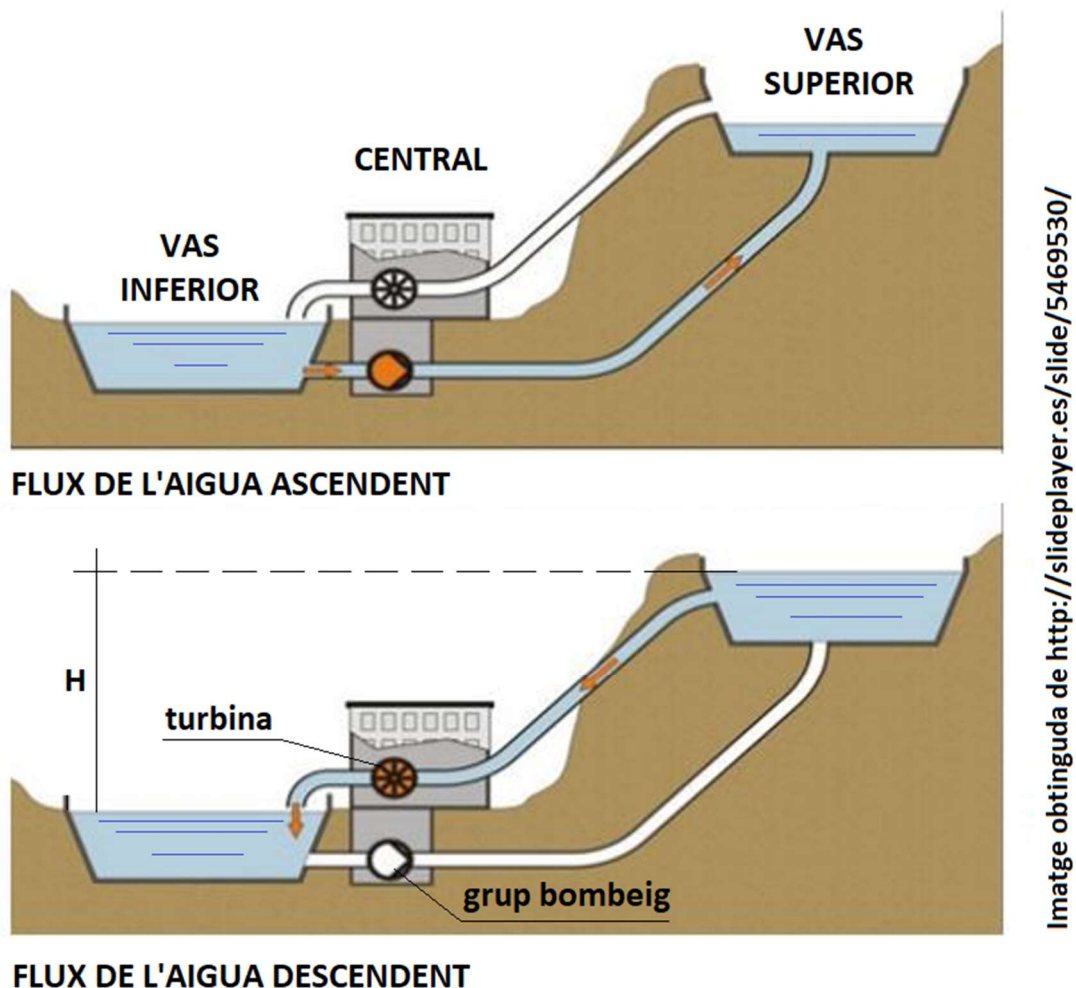


Fig. 2. Esquema d'una central de bombeig reversible.

D'altra banda, quan l'orografia del terreny ho fa aconsellable, una central reversible a caverna és una central hidroelèctrica construïda dins una muntanya. La construcció a caverna augmenta el salt hidràulic disponible entre els dos

embassaments, millorant l'eficiència del procés. La sala de màquines s'ubica a l'interior d'una gran excavació subterrània efectuada a la muntanya, com s'ha fet a la central de Tavascan o al complex hidroelèctric de Río Grande a Argentina.

Té els següents avantatges:

- **Emmagatzematge d'energia:** És una de les solucions més eficients per emmagatzemar energia a gran escala.
- **Major salt hidràulic:** La ubicació de la central en caverna permet aprofitar una major diferència d'altura entre els dos embassaments.
- **Exemples de centrals d'aquest tipus:**
 - **Central de Tavascan (Espanya):**
La primera central reversible d'Espanya que es troba situada en una caverna excavada a l'interior d'una muntanya. S'ubica al municipi de Lladorre (Lleida).
 - **Central de Villarino (Espanya):**
Una important central de bombeig amb una potència de 810 MW, que opera entre els embassaments d'Almendra i Aldeadávila (Salamanca).
 - **Complex hidroelèctric de Río Grande (Argentina):**
Alberga una central construïda dins d'una caverna, que està connectada entre dos embassaments.

Un altre esquema simplificat de l'exposat pot veure's a la següent figura:

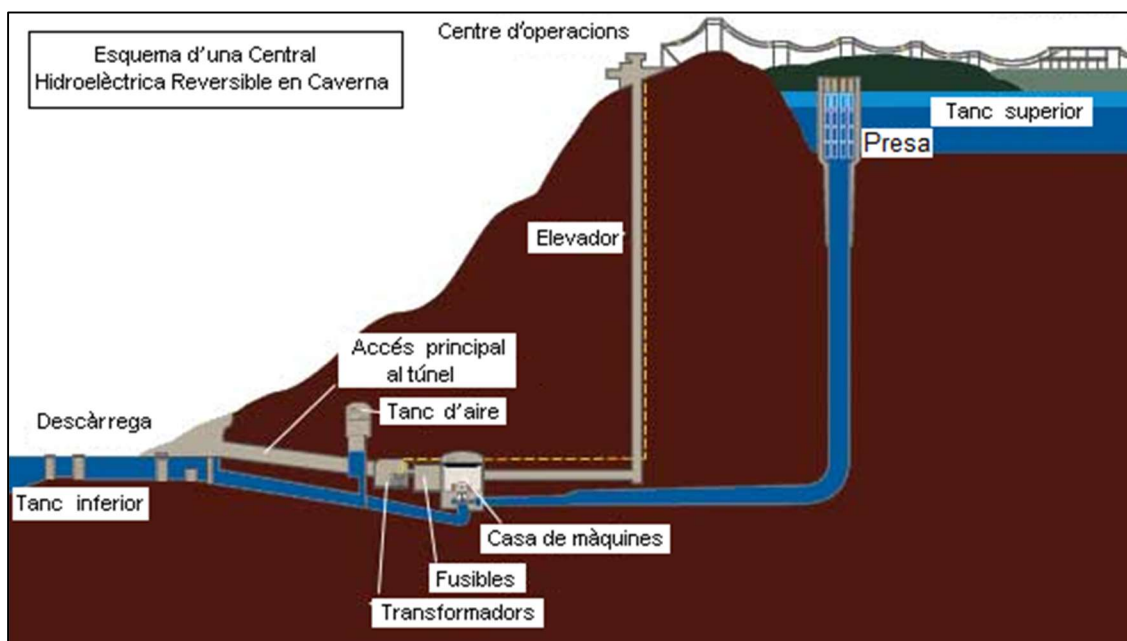


Fig. 3. Esquema d'una central reversible en caverna.

El PNIEC 2023-2030 (“Plan Nacional Integrado de Energía y Clima”) contempla 3.500 MW nous d’emmagatzemat hidroelèctric fins l’any 2030. REE (“Red Eléctrica Española”) identifica un potencial de 10.000 MW de nou emmagatzemat a partir de les preses actuals (MITECO, 2020). A més de les ja esmentades, existeixen innombrables avantatges d’aquesta tecnologia de generació i emmagatzematge d’energia. A saber:

- Reduït impacte ambiental, ja que s’utilitzen preses ja construïdes.
- Generació d’ocupació qualificada i participació d’empreses espanyoles en totes les àrees del projecte: enginyeria, construcció i subministrament i muntatge d’equips.
- Ajut en fixar la població en zones que pateixen despoblació rural (cas paradigmàtic a les Terres de l’Ebre). Aporten impacte local positiu (ocupació, formació,...).

6.2.3. Bateries (BESS)

Els seus components essencials son els següents:

- **Bateries:** Es tracta del component principal d’aquests sistemes, on s’emmagatzema l’energia. Poden ser de diferents tipus i les tecnologies més comunament emprades per tal d’emmagatzemar energies renovables inclouen els següents elements:
 - *Ió de lití:* Tenen una alta densitat energètica i un cicle de vida perllongat.
 - *Bateries de flux:* Son les que ofereixen una vida útil més llarga i acostumen ser més adequades per a les grans instal·lacions.
 - *Sistema de gestió de la bateria (BMS):* Controla l’estat de càrrega i descàrrega, monitorreja la temperatura i garanteix el funcionament segur i eficient del sistema.
 - *Sistema de conversió d’energia (PCS):* Son los dispositius inversors que converteixen la corrent continua (DC) emmagatzemada a les bateries a corrent alterna (AC) per a poder ser utilitzada per la xarxa elèctrica o els consumidors finals. Es transforma a una tensió simètrica de sortida (sinusoidal, quadrada o triangular) amb la magnitud i freqüència desitjades.
 - *Sistema de gestió d’energia (EMS):* Es tracta del nucli central del sistema, essent el responsable de supervisar i gestionar el flux d’energia existent entre l’equip i les bateries. Coordina el treball que té lloc entre els diferents BMS, PCS i d’altres components auxiliars.

6.2.4. Volant d’inèrcia

Desglossament del procés:

- **Absorció d’energia:** Quan es produeix un excedent d’electricitat, com quan la xarxa està produint energia en excés, el sistema utilitza aquest excés d’energia per accelerar el volant d’inèrcia. Aquesta energia s’emmagatzema com energia cinètica.

- **Emmagatzematge d'energia:** El volant motor segueix voltant a gran velocitat, mantenint l'energia mentre la fricció i la resistència siguin mínimes. Quant més temps gira, més energia reté.
- **Alliberament d'energia:** Quan el sistema necessita energia -como durant un pic de demanda o una fluctuació de la xarxa- es ralentitza la rotació del volant d'inèrcia. El procés de desacceleració del volant converteix l'energia cinètica emmagatzemada de nou en electricitat, que es pot injectar a la xarxa o bé ésser utilitzada per altres dispositius.

6.2.5. Emmagatzematge tèrmic

Per mitjà de materials especialitzats, com ara els **materials de canvi de fase**, l'emmagatzematge tèrmic permet conservar grans quantitats d'energia durant períodes perllongats, tot millorant l'eficiència dels sistemes energètics i contribuint a l'energia sostenible. L'emmagatzematge d'energia tèrmica ofereix solucions pràctiques i sostenibles per tal de millorar el rendiment i l'estabilitat de la xarxa elèctrica, especialment en un sistema cada cop més dependent de les energies renovables.

Hi ha 3 tipus diferenciats:

- **Emmagatzematge sensible**

Consisteix en emmagatzemar calor mitjançant materials adients com l'aigua o les sales foses, en què el canvi de temperatura reflecteix la quantitat d'energia emmagatzemada. Es comú la seva presència en les plantes termosolars.

- **Emmagatzematge latent**

Utilitza materials de canvi de fase que absorbeixen o alliberen calor al canviar d'estat, o sigui, en efectuar-se la transformació física de la matèria d'un estat d'agregació a un altre (sòlid, líquid, gasós o plasma) sense alterar la seva composició química (sòlid a líquid per fusió o viceversa per solidificació). Aquest mètode resulta altament eficient i ocupa menys espai que l'emmagatzematge sensible.

- **Emmagatzematge termoquímic**

Basat en reaccions químiques reversibles que emmagatzemen o alliberen calor. Aquest tipus posseeix una alta densitat energètica i resulta ideal per aconseguir l'emmagatzematge a llarg termini.

7. CONCLUSIONS

1. Mitjançant aquest treball, es pretén fer una reflexió en el camp de les transicions hídrica i energètica, amb la voluntat i el compromís de col·laborar amb les administracions competents en relació, especialment, a la construcció d'un model hídric exemplar a Catalunya.
2. La transició hídrica fa referència a un canvi fonamental en la manera com gestionem l'aigua, prioritzant la sostenibilitat i l'equitat, per tal d'assegurar un accés adequat per a tothom i protegir el medi ambient. Implica adoptar

un enfocament més circular i eficient en l'ús de l'aigua, considerant les necessitats presents i futures. Les conclusions d'aquest estudi involucren a tots els actors del sistema hídric: empreses, ens territorials i sectorials i ciutadans, assenyalant diverses propostes cap a una transició hídrica del país.

3. La intensificació dels fenòmens climàtics extrems, com ara sequeres prolongades, pluges torrencials, onades de calor, incendis forestals i episodis d'inundació sobtada observats al nostre territori en els darrers temps, representa avui un dels desafiaments estructurals més grans per als sistemes urbans d'abastament i sanejament d'aigua. L'impacte del canvi climàtic sobre els recursos hídrics no és una projecció futura, sinó una realitat palpable que condiciona la seguretat hídrica, la qualitat de vida de les poblacions urbanes i rurals així com el compliment efectiu del dret humà a l'aigua i el sanejament.
4. Dins el territori català, hi ha previstos o en funcionament alguns projectes de regadiu que afavoreixen clarament l'agricultura i la indústria agroalimentària derivada, fixant la població al territori. No obstant això, algunes d'aquestes infraestructures hidràuliques encara no s'han iniciat o, simplement, romanen inacabades, restant una gran potencialitat d'oportunitats a aquests sectors econòmics i posant de manifest un malbaratament tècnic i de recursos econòmics públics al llarg del temps. Caldria, doncs, un impuls decidit i inexcusable d'aquestes millores per part de les administracions actuant.
5. La "transició hídrica" i la "transició energètica" son processos interrelacionats però distints, on la primera s'enfoca en la gestió sostenible de l'aigua per a mantenir els seus beneficis a les societats i el medi ambient, i la segona es refereix al canvi dels combustibles fòssils a energies netes per tal d'afrontar el canvi climàtic.
6. L'emmagatzematge hidroelèctric és la millor forma d'emmagatzemar grans quantitats d'energia durant llargs períodes de temps. Una central hidroelèctrica de bombeig és un tipus especial de central hidroelèctrica que té dos embassaments. Aquestes instal·lacions permeten una millora en la eficiència econòmica de la explotació del sistema elèctric en emmagatzemar electricitat en forma de agua embassada en el dipòsit superior.
7. La transició energètica pot dependre de l'aigua; per exemple, l'energia hidroelèctrica i el bombeig d'aigua per a l'emmagatzematge son importants, especialment en regions amb abundosos recursos hídrics. A la vegada, una gestió hídrica eficient contribueix a l'aconseguint de la transició energètica, assegurant l'accés i la sostenibilitat dels recursos hídrics necessaris per altres fonts d'energia, com ara la producció d'hidrogen verd.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES I FONS DOCUMENTALS

1. FRANQUET, J.M.; ARAGONÉS, J.; RUIZ, P.; QUEROL, A. i TORTA, M. *Terres de l'Ebre. Reserva de la Biosfera (El gran atlas de les Terres de l'Ebre)*. Fundació Privada Duran Martí. Ed. Onada Edicions, S.L. Benicarló (Castelló), 2023. 205 p.
2. FRANQUET, J.M. *La Cambra de Tortosa i la transició hídrica. Una visió de present i futur*. Tortosa, 2025.
3. MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*. Madrid, 2020. 424 p.



RELACIÓ DE FIGURES

- Fig. 1. Embassament de Riba-roja (Ribera d'Ebre).
Fig. 2. Esquema d'una central de bombeig reversible.
Fig. 3. Esquema d'una central reversible en caverna.