

CONSIDERACIONS A L'EMMAGATZEMATGE D'ENERGIA

Eduard Furró Estany
20 d'agost de 2021

Fem primer una aproximació al concepte d'emmagatzematge i quines són les seves funcions dins un sistema energètic.

El mot emmagatzemar vol dir guardar un producte en un magatzem amb la funció de poder disposar d'ell amb una cadència diferent a la temporalitat d'obtenció del producte.

De fet és la funció dels reservoris (magatzems) de combustibles fòssils (carbó, petroli i gas) que el planeta va trigar milions d'anys a proveir i nosaltres haurem exhaurit en el termini de 250 anys i escac.

El mateix concepte el podem aplicar a la resta de recursos minerals i també energètics, com l'Urani, que varen quedar emmagatzemades en quantitats finites durant la formació del planeta.

En aquest context, amb l'actual sistema energètic hem fet ús d'aquests reservoris, distribuint recursos des dels magatzems centrals (pous d'extracció) a magatzems distribuïts (Refineries), i des d'ells a magatzems auxiliars per atendre els diferents usos de l'energia, tant tèrmics com elèctrics i de tracció per a la mobilitat personal i de mercaderies.

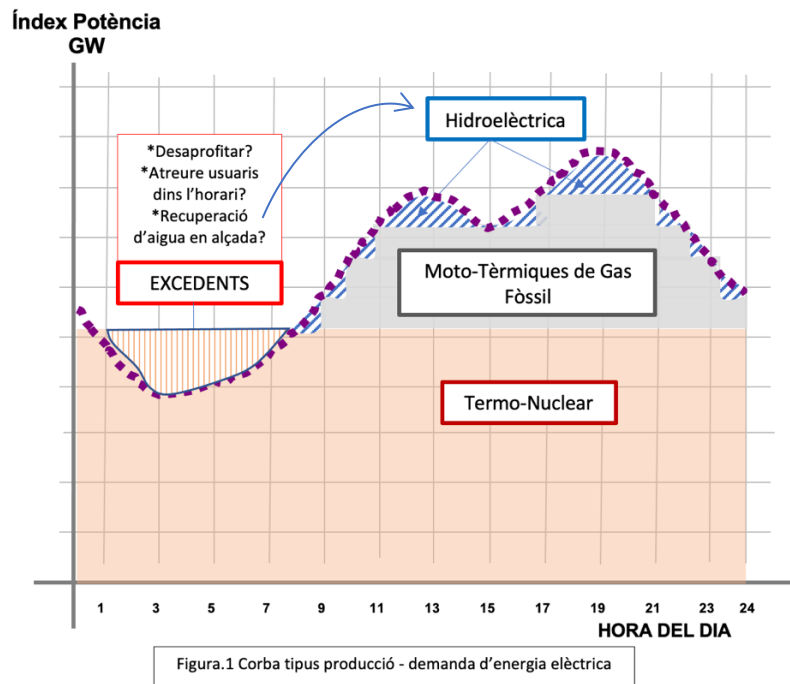
Però el cas és que els sistemes tecnològics de transformació de l'energia tèrmica (dels combustibles fòssils i la fissió de l'urani) en energia elèctrica, no permeten ajustar, al 100%, el ritme de producció a les variacions temporals dels usos, és a dir a la demanda.

I d'aquí sorgeix la generació d'excedents, en determinades franges horàries, i la possibilitat o bé de deixar perdre aquest sobrant, o bé d'oferir-lo a menor preu per atreure usuaris en aquestes franges, o la possible conveniència d'un magatzem acumulador segons la viabilitat econòmica del seu cost.

Així doncs, la dificultat i limitacions d'emmagatzemar massivament l'energia en forma elèctrica, bàsicament mitjançant bateries electroquímiques, i la manca de flexibilitat tecnològica per modular els processos tèrmics convertidors (especialment dels reactors Termo-Nuclears), fa que les operadores del sistema afavoreixin econòmicament el canvi d'usos horaris per aprofitar els períodes d'energia sobrant, i ponderar la viabilitat econòmica, en determinades escenaris, de transformar aquests excedents temporals d'energia elèctrica, en acumulacions d'aigua en alçada (sistemes de bombeig reversible) que permetin recuperar, al menys, una part d'aquesta energia elèctrica en hores de màxima demanda (màxim preu de venda).

És a dir, fins avui, l'actual sistema tecnològic de conversió d'energia tèrmica a energia elèctrica i especialment en el cas de les centrals Termo-Nuclears, genera certs excedents temporals d'energia que cal tractar d'aprofitar mitjançant l'adaptació temporal de la demanda i/o un possible emmagatzematge hidràulic allà on conflueixen les condicions hidrogràfiques i econòmiques idònies.

La Figura.1 mostra una corba tipus de producció i demanda horària d'energia elèctrica, amb una combinació de centrals Termo-Nuclears (pràcticament no regulables), centrals amb mototurbines a Gas Fòssil (cicle combinat, amb certa capacitat de regulació) i centrals Hidro-Elèctriques (molt regulables) encarregades de l'ajust final entre producció i demanda.



De fet, tal com podem veure en la Figura.2, podríem dir que l'actual sistema energètic consisteix bàsicament en el condicionament i subministrament de combustibles a partir de magatzems finits, i per tant exhauribles, fins a magatzems distribuïts per facilitar-ne el seu ús.

El sistema energètic fòssil i Urani el podríem definir, en si mateix, com un gran magatzem heretat, de combustibles convertibles en energia tèrmica, que anem buidant fins el seu exhauriment, al ritme del flux de consum.

Com he comentat, la solució tecnològica quant als excedents d'energia que finalment genera el sistema elèctric (per impossibilitat de regulació) i que el mercat no compra, ha consistit en aplicar-los al bombament de certs cabals d'aigua en alçada per tornar-los a turbinar i convertir en energia elèctrica a injectar a la xarxa, dins un període curt de temps coincident amb les hores punta de la corba, és a dir de màxima demanda.

Podríem dir doncs que l'emmagatzematge d'energia per bombament hidroelèctric no obeeix en si a una necessitat de l'actual sistema energètic sinó més aviat a una moderada recuperació econòmica temporal del baix marge de regulació del sistema termo-elèctric.

En quant als rendiments dels sistemes de recuperació d'energia per bombeig hidro-elèctric, aquests poden ser de l'ordre del 50% al 65%, en funció de les distàncies i pèrdues de transport dels excedents d'energia elèctrica fins el lloc de bombeig i d'aquests fins els punts d'utilització. Alhora, requereix també de màquines de gran potència (grans cabals i/o desnivells) atès els curts marges horaris disponibles, tan per a l'aprofitament dels excedents com de retorn d'energia a la xarxa (Figura.2).

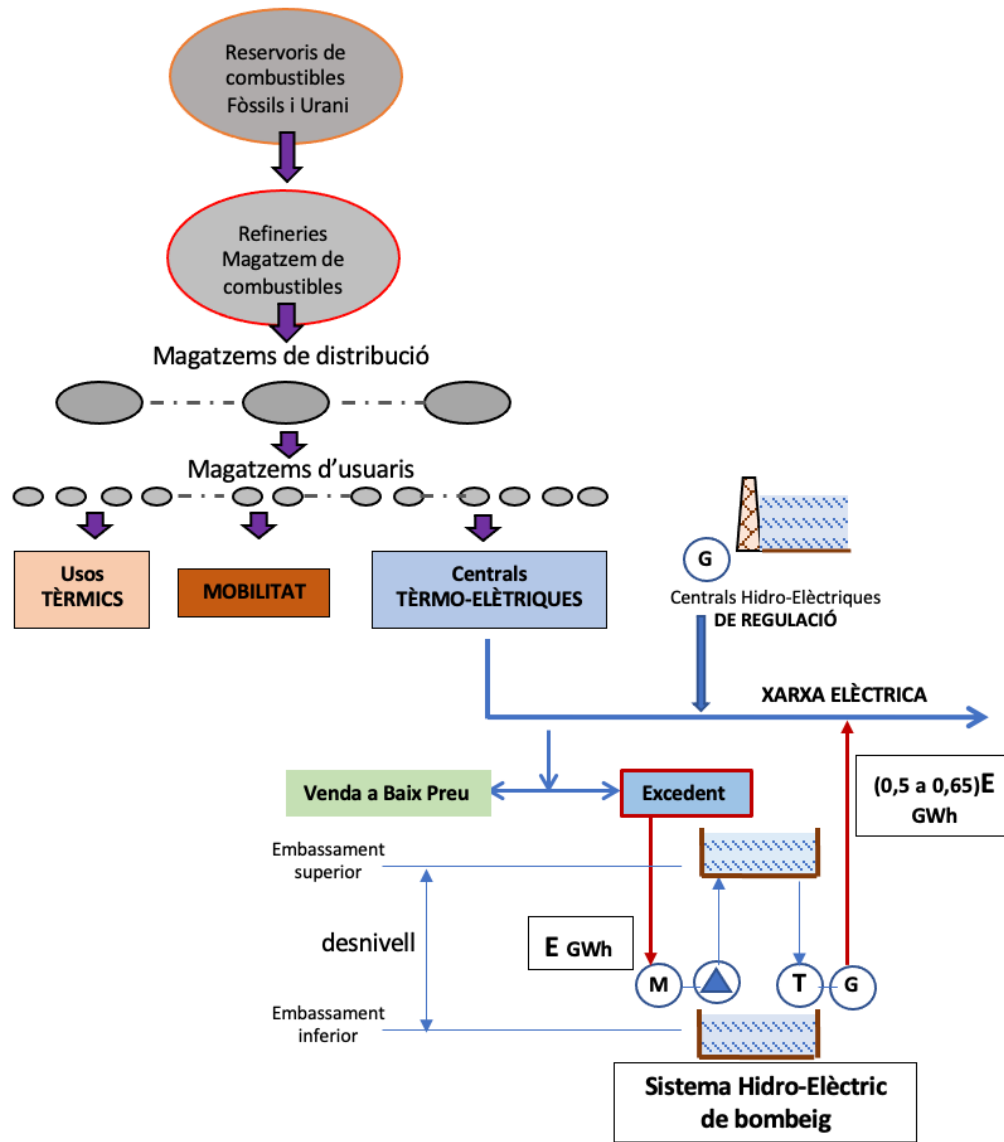


Figura.2 Esquema tipus sistema energètic combustibles fòssils i urani

Però l'obtenció d'energia, aprofitant la relativament feble força de la gravetat, requereix l'emmagatzematge de grans volums d'aigua i per tant genera importants impactes per inundació de grans extensions de territori i construcció de grans infraestructures, amb la seva corresponent pèrdua associada d'ecosistemes, biodiversitat i també de pèrdues d'aigua per evaporació.

Unes infraestructures d'embassament que alhora requereixen la seva impermeabilització per tal de poder minimitzar les pèrdues d'aigua per infiltració i poder treballar en un tipus de circuit hidràulic el més tancat possible.

Cal considerar que la capacitat hidroelèctrica d'un embassament d'aigua és de l'ordre de 0,222 kWh per cada m^3 i 100 metres de desnivell i per tant, si apliquem els rendiments energètics globals del sistema de bombeig i turbinat, l'energia elèctrica neta que podem recuperar pot ser de l'ordre de 0,111 kWh/ m^3 a 0,144 kWh/ m^3 per cada 100 m de desnivell.

El conjunt fa doncs què es requereixin grans sacrificis mediambientals, alhora que grans inversions econòmiques, difícils de rendibilitzar i per tant limitades a determinats sobrants d'energia elèctrica, al diferencial entre preu venda i preu de cost, així com de disponibilitats d'aigua i de territori, combinades amb importants desnivells orogràfics.

Però el fet és que ens trobem immersos en l'inici d'un procés de transformació d'aquest sistema energètic en un de nou fonamentat en l'aprofitament de les fonts renovables d'accés a l'energia.

I això comporta transitar d'un sistema d'utilització d'uns magatzems finits d'energia en forma de combustibles fòssils i urani (exhauribles), a l'aprofitament d'uns fluxos d'energia (inexhauribles a escala humana) amb importants variacions temporals en la seva intensitat.

Per tant, ja a primer cop d'ull, es fa evident que caldrà adaptar els sistemes tecnològics i la modalitat dels actuals emmagatzematges als requeriments d'aquest nou sistema basat en l'aprofitament dels potencials Termosolars, Biomassa i Biogàs i l'energia elèctrica procedent directament dels Captadors Fotovoltaics, Hidroelèctrics i Eòlics.

Fem un repàs conceptual als diferents usos i sistemes d'emmagatzematge energètic en funció de les diferents fonts renovables:

(La Transformació del sistema energètic. Recursos, raons i eines. E. Furró – Ed. Octaedro)

Quant al usos Tèrmics:

Per a temperatures fins a 100°C poden esser proveïts directament a partir dels aprofitaments Termosolars, la Biomassa, el Biogàs i les Bombes de Calor.

Per a temperatures fins a 400°C poden esser proveïts mitjançant captadors Termosolars de concentració, Biomassa i Biogàs.

I per a temperatures superiors, caldrà l'obtenció d'un vector energètic polivalent, com l'Hidrogen.

En quant a les necessitats d'emmagatzematge:

L'aprofitament de la Biomassa, aquesta ja és en si mateixa un magatzem d'energia que podem anar utilitzant de manera sostenible, és a dir al ritme del cycle natural de renovació.

Alhora, al mateix que el Biogàs i el vector Hidrogen, permeten ser acumulats en magatzems per el seu condicionament i repartits fins magatzems auxiliars, a peu de consum, de fàcil conversió en energia tèrmica per els propis usuaris.

En quant al captadors Termosolars, aquests permeten acumular energia en base a l'aigua i fluïts a temperatures mitjanes i elevades, i esser complementaris, si escau, amb la Biomassa, el Biogàs i les Bombes de Calor, que posteriorment podem anar aplicant directament als usos tèrmics (gran rendiment) o també a possibles centrals elèctriques Termosolars.

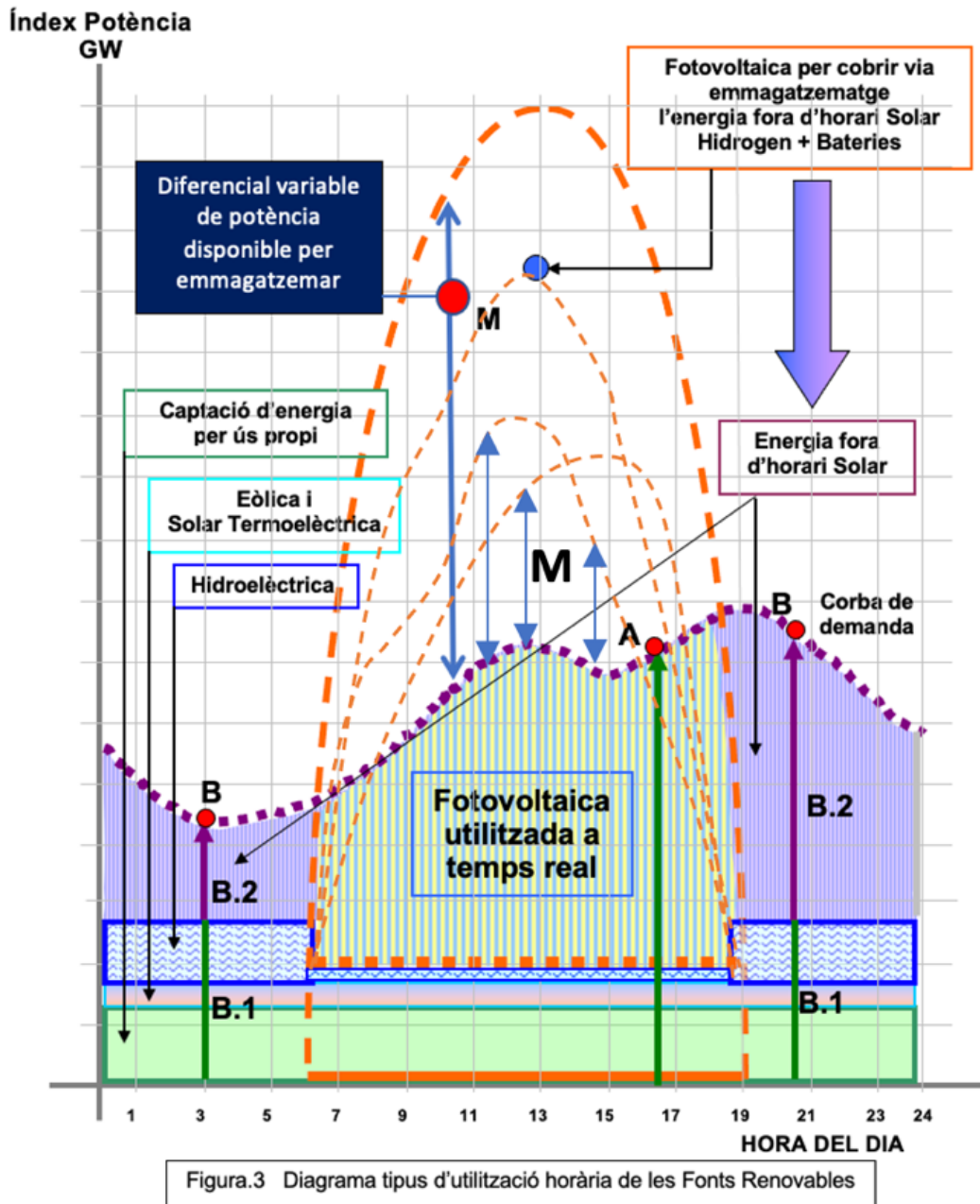
Quant a la mobilitat de persones i mercaderies:

La tracció elèctrica aplicada als vehicles lleugers, necessitarà ser proveïda a partir de la xarxa elèctrica i emmagatzemada directament en les pròpies bateries dels vehicles. Si bé caldrà disposar també d'energia elèctrica en estoc per a la càrrega d'aquestes bateries fora dels horaris de captació.

Mentre que la tracció elèctrica, aplicada als grans recorreguts i vehicles pesants, necessitarà d'un vector energètic emmagatzemable com l'Hidrogen per esser embarcat en el magatzem del propi vehicle i fornir l'element electró-convertidor "Pila de Combustible".

Quant al usos elèctrics:

En un sistema energètic 100% renovables, les fonts de captació d'energia elèctrica (a Catalunya Hidroelèctriques, Eòliques i majorment Fotovoltaïques) hauran de proveir no tant sols els usos elèctrics, sinó també l'obtenció d'un vector energètic polivalent i emmagatzema-ble, com l'Hidrogen, que pugui atendre la regulació elèctrica i alhora la demanda tèrmica (altes temperatures) de les grans cambres de combustió (ciment, fossa de metalls etc.) i la tracció elèctrica per a la mobilitat de persones i mercaderies de grans abast i tonatge, tal com hem esmentat.



Però com podem veure en la Figura.3, l'ajust entre la corba de demanda d'energia elèctrica i les fonts de proveïment difereix substancialment del model actual.

El sistema fòssil i urani proveeix un flux fix, regulable en grans blocs (centrals), que s'apropen a la corba de demanda, mentre les fonts regulables com la hidro-elèctrica es poden encarregar de l'ajust final.

Es tracta doncs d'un ajust final entre una producció fixa, una escalable, una regulació fina i una demanda amb variacions estadísticament previsibles.

Mentre que en un sistema elèctric 100% renovables, la important aleatorietat de la magnitud del flux energètic captat, en cada instant, hora, dia i període anual, ultrapassa les capacitats de regulació fina dels sistemes Hidro-Elèctrics i fa necessari una captació d'energia en escreix que a partir del seu emmagatzematge permeti assegurar un sistema de regulació, en vigilància permanent, per assegurar bàsicament els horaris de mínima o nul·la captació solar.

És a dir necessitem un ajust final entre una producció aleatòriament molt variable i una demanda amb variacions estadísticament previsibles.

Com podem observar en la Figura.3, l'índex de potència (energia per unitat de temps) de la demanda d'usos elèctrics en cada instant, tindrà que ser atesa:

A partir del 100% del flux energètic renovable en temps real (Figura.3 vector A).

O bé per una combinació entre el flux renovable en temps real (B.1) i via magatzem d'energia (B.2).

Podríem dir doncs que l'emmagatzematge d'energia en un sistema 100% renovables és una necessitat sistèmica que cal organitzar en base a una captació d'energia en escreix (dins els horaris de les fonts renovables) que pugui ser emmagatzemada en forma d'un vector energètic polivalent, com l'Hidrogen, que permeti la doble funció de reconversió en energia, tèrmica o elèctrica segons convingui, per tal de poder atendre tots els usos energètics i alhora amb gran capacitat de regulació per ajustar les corbes de producció i demanda elèctrica en cada instant.

Com podem intuir en la Figura.3, en un sistema 100% renovables la capacitat d'emmagatzemar energia dependrà en cada instant de la diferència aleatòria entre la pròpia variabilitat d'aquestes fonts i la variabilitat de la pròpia demanda (vector M).

Això comporta la necessitat d'un sistema de gran flexibilitat d'emmagatzematge per ajustar-se a la capacitat disponible en cada instant; i les Bateria electroquímiques i l'obtenció de l'Hidrogen per via electrolítica compleixen perfectament amb aquest grau de flexibilitat.

L'Hidrogen compleix doncs perfectament la doble funció com a vector energètic polivalent (tèrmic o elèctric), alhora que la seva obtenció (totalment escalable i distribuïda) s'ajusta perfectament a la necessària flexibilitat d'adaptació a les capacitats variables de potència elèctrica disponible.

Alhora, aquests mateixos requeriments de flexibilitat per a potència elèctrica variable, fan qüestionar la viabilitat de nous grans magatzems d'aigua en alçada per sistemes de bombeig reversible, atès els seus impactes sobre els ecosistemes com he comentat, però també per la necessitat implícita de grans potències (poc escalables) de bombeig i puntes d'arrancada dels motors, difícilment adaptables a les grans variacions instantànies del diferencial de potència disponible en cada moment (Figura.3 vector M), i per tant d'un previsible baix aprofitament dels recursos disponibles i gran incertesa quant a la temporalitat de l'acumulació.

A considerar també que la funció estabilitzadora de grans màquines (manteniment de patró freqüència) poden ser perfectament assolides, en un sistema 100% renovables, per les turbines a Hidrogen dels nous cicles combinats (H2+Termosolar concentració) de Vandellòs, Ascó i Barcelona, així com les pròpies centrals Hidroelèctriques ja existents.

En quant al potencial tecnològic d'emmagatzematge energètic, cal també considerar que, **a tall d'exemple**, la disponibilitat d'un diferencial d'energia equivalent a 1 GWh (1000 MWh – 1.000.000 kWh), tal com podem veure en la Figura.4, permetria:

- a) En el cas hipotètic que en determinats moments, podéssim disposar de potència suficient per endegar un sistema de bombament i podéssim aprofitar aquest diferencial de 1 GWh per emmagatzemar aigua a 400 m d'alçada, l'energia elèctrica recuperada podria ser de l'ordre de 500.000 a 650.000 kWh, però amb unes necessitats d'emmagatzematge de l'ordre de 1.000.000 de m³ d'aigua, i 100 hectàrees d'ocupacions (localitzades en determinats punts estratègics amb desnivells de 400 m) previsiblement allunyades dels punts d'utilització de l'energia, amb grans pèrdues associades per a la seva distribució Figura.4a.

Alhora cal considerar també que l'emmagatzematge d'aquests 500.000 a 650.000 kWh tan sols podrien ésser revertits sobre el propi sistema elèctric (30% de les necessitats energètiques globals) mentre que en cas de necessitar atendre altres usos, tèrmics o de tracció de gran abast (70% de les necessitats) caldria reconvertir-los en un vector com l'Hidrogen amb la corresponent nova pèrdua associada d'energia (330.000 a 429.000 kWh).

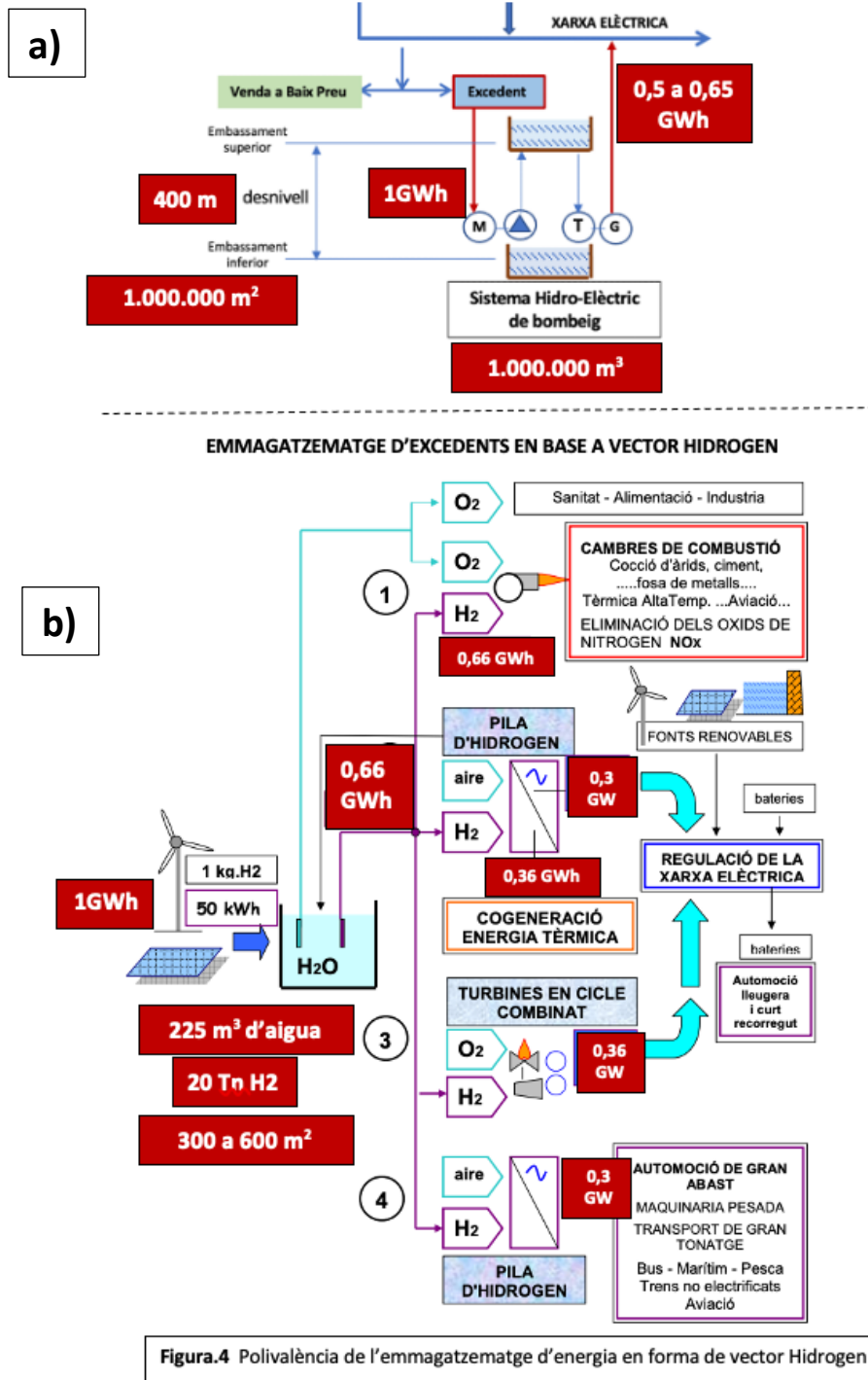
- b) Mentre que aquesta mateixa disponibilitat de 1 GWh d'energia elèctrica, podria abastar l'obtenció directa de 20.000 kg d'Hidrogen (20Tn) que podrien requerir una ocupació d'emmagatzematge de l'ordre de 300 a 600 m² (1.800 m³ a 3.600 m³), segons la tecnologia emprada (pressió i/o absorció i/o LOHC) i una capacitat energètica de 660.000 kWh en forma de vector polivalent, a convertir en energia tèrmica i/o elèctrica segons convingui Figura.4b. *(veure: Perquè H2? <http://cmes.cat/treballs-cmes/perque-h2/>), amb unes necessitats d'aportació d'aigua de l'ordre de 225 m³, pràcticament iguals a les pèrdues d'evaporació d'un hipotètic sistema electró-Hidràulic de bombeig energèticament equivalent.*

Alhora, l'obtenció i emmagatzematge d'Hidrogen permet esdevenir un sistema, totalment escalable, àmpliament distribuït, molt proper als punts de demanda, i per tant de mínimes pèrdues d'energia en la distribució.

En la Figura.4b podem veure la gran flexibilitat, polivalència d'usos i mínims impactes sobre els recursos (infraestructures i aigua) que ofereix, amb les tecnologies actuals, un sistema d'emmagatzematge d'energia en forma de vector Hidrogen.

Continuant amb l'ajust entre captació i demanda, obviament, la quantitat d'energia a emmagatzemar vindrà marcada per les pròpies variacions temporals i estacionals de les fonts renovables, però de manera especialment significativa per la pròpia gestió temporal i estacional de la demanda.

I en aquest sentit, els coneixements i l'educació social vers els usos temporals de l'energia esdevindran cabdals per utilitzar, al màxim possible, l'energia en temps real de captació i minimitzar les necessitats via emmagatzematge per tal de reduir els costos globals del sistema i assegurar la pròpia competitivitat de les empreses.



Com hem anat veient, la funció de l'emmagatzematge d'energia en un sistema 100% renovables ha de complir la triple funció d'abastar necessitats tèrmiques, de tracció a la mobilitat però també d'usos elèctrics i això requereix l'ús de bateries electroquímiques (centrades en els usos elèctrics i de la tracció lleugera) i massivament mitjançant la polivalència que ens permet el vector Hidrogen.

Però si continuem analitzant, el funcionament del sistema elèctric des del punt de vista de la necessària regulació d'ajust entre la corba de producció i la de demanda, veurem que l'emmagatzematge n'és l'eina clau i dins d'ella l'escalabilitat i flexibilitat d'adaptació de l'obtenció de l'Hidrogen (per via electrolítica) als diferencials de potència i energia disponibles en cada moment (Figura.3 vector M)

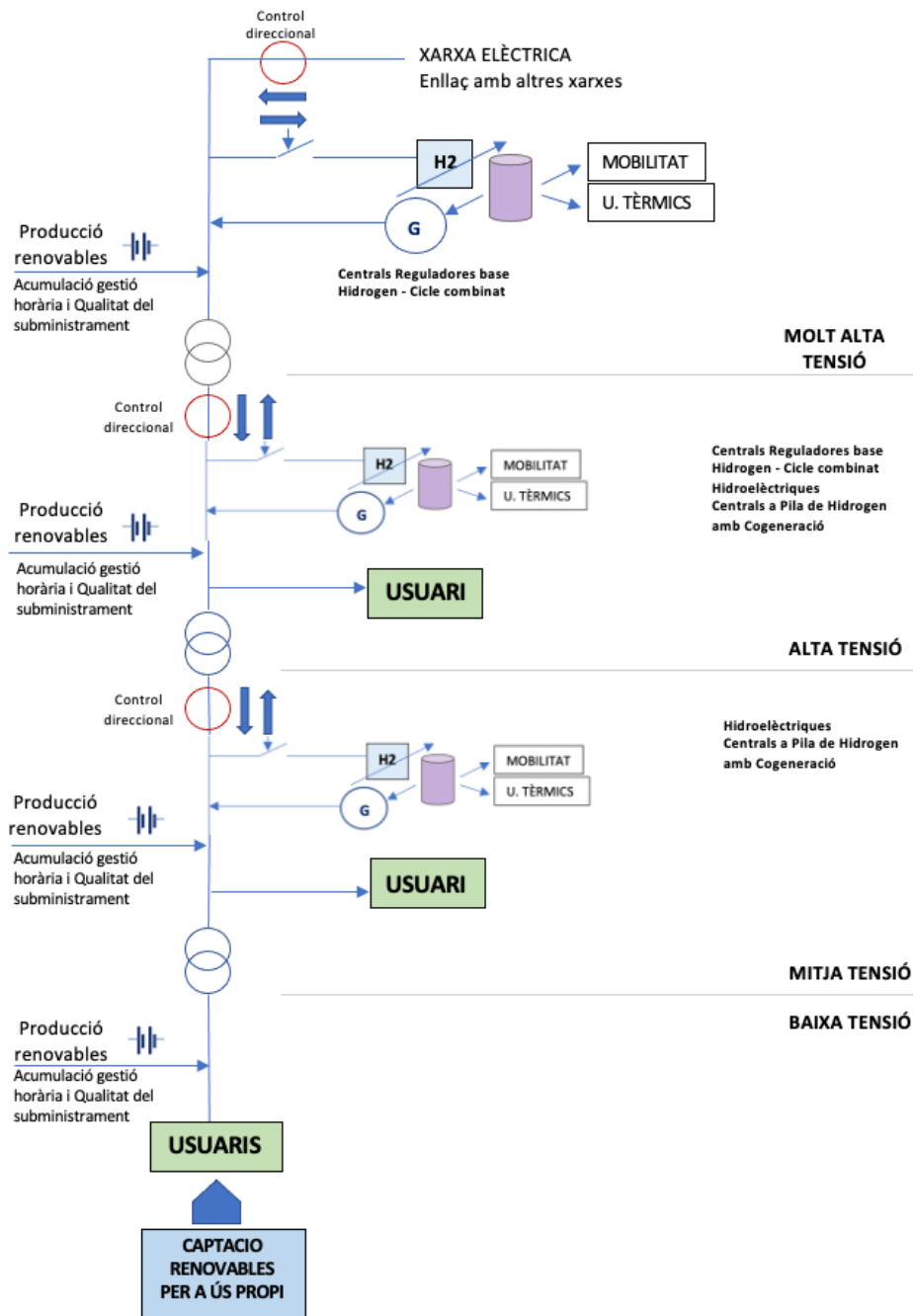


Figura.5 Esquema tipus sistema de regulació per emmagatzematge i control direccional de l'energia.

La Figura.5 mostra un possible esquema simplificat d'una xarxa elèctrica tipus, punts de connexió de fonts renovables i funcionalitat de l'emmagatzematge d'energia com a possible element regulador.

La xarxa elèctrica s'estructura bàsicament en quatre nivells o segments, segons la magnitud de la Tensió elèctrica de treball (Volt); Molt Alta Tensió (400 kV), Alta Tensió (130-220 kV), Mitja Tensió (25 kV) i Baixa Tensió (400 V) separats per els corresponents elements transformadors.

Un control direccional de l'energia en cada segment (unitat transformadora) permetria detectar excedents aigües avall i desviar-los vers l'obtenció i emmagatzematge de l'Hidrogen.

La previsió horària de la demanda i la previsió climatològica de les produccions renovables, combinat amb la informació dels controls direccionals de l'energia en cada segment permetria assegurar el subministrament elèctric, alhora que proveir les necessitats d'Hidrogen per atendre la mobilitat de gran abast i tonatge i les grans cambres de combustió a altes temperatures.

Quant al paper de les bateries, com a elements acumuladors d'energia, al marge de la seva aplicació a la mobilitat lleugera, cal ponderar la importància de la seva disposició a sortida de les pròpies fonts renovables de captació d'energia per tal de facilitar una possible gestió horària d'aquesta energia i com element garant de la qualitat del subministrament (forats d'energia) especialment en el darrer segment de Baixa Tensió.

Una funció que pot venir reforçada si gestionem els sistemes de càrrega de vehicles de forma reversible.

(Catalunya aproximació a un model energètic sostenible. E. Furró – Ed. Octaedro).

Les característiques doncs de l'actual sistema energètic, combustibles fòssils i urani, no són en absolut extrapolables a un simple canvi a fonts renovables, tant des del punt de vista de les fonts com de l'emmagatzematge i de les pròpies necessitats energètiques de la demanda.

Cal un nou sistema de regulació de les xarxes i una adaptació, al màxim possible, de la demanda a les fluctuacions dels potencials renovables disponibles. Per tant, desenvolupar un model energètic 100% renovables des de la visió global de les noves necessitats i especialment de la polivalència energètica de l'emmagatzematge, permetria una millor planificació de la Transició, establir el seus corresponents sistemes tant de mercat com financers i per tant facilitaria també un marc de governança eficient.

Estem en estat d'emergència climàtica, urgeix descarbonitzar i transitar a les renovables i per anar de presa el millor és sempre planificar, acompanyat d'enginy per anar corregint el pla segons anem avançant.

Ambdues eines, planificar i corregir estan perfectament al nostre abast, mentre que optar per improvisar la transformació d'un sistema energètic (sense precedents) tan sols en base a preses d'objectius de la Comunitat Europea (CEE) i/o interessos financers de certs sectors oligopolístics i obviant com fer funcionar el sistema a través de l'emmagatzematge com a element vital de regulació, ens pot conduir, un cop més, a fer tard i a assumir posteriors costos econòmics desproporcionats d'implementació, gestió i governança del sistema.

La meua modesta opinió és que paga la pena la difusió pedagògica dels usos de l'energia en el sí de la societat, i definir prèviament bé l'emmagatzematge com a peça clau del sistema que ens facilitaria accelerar i escorçar al màxim i de manera efectiva el necessari procés de Transició.

Eduard Furró Estany
20 d'agost de 2021.