

# Catalunya, aproximació a un model energètic sostenible





**Eduard Furró Estany**

# **Catalunya, aproximació a un model energètic sostenible**



Col·lecció Transició energètica

*Catalunya, aproximació a un model energètic sostenible*

Primera edició: març del 2016

© Eduard Furró Estany

© D'aquesta edició:

Editorial OCTAEDRO, S.L. – CMES (Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible)

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització del seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos al CEDRO (Centre Espanyol de Drets Reprogràfics, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra.

ISBN: 978-84-9921-747-5

Dipòsit legal: B. 6.315-2016

Disseny i producció:

Editorial Octaedro

Bailèn, 5, pral. – 08010 Barcelona

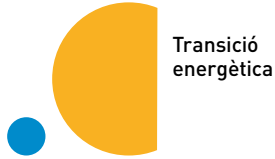
Tel.: 93 246 40 02 – Fax: 93 231 18 68

[octaedro@octaedro.com](mailto:octaedro@octaedro.com) – [octaedro.cat](http://octaedro.cat)

Impressió: Press Line

Imprès sobre paper reciclat Cocoon Offset, certificat FSC

Imprès a la UE – *Printed in EU*



Teniu a les vostres mans el llibre *Catalunya, aproximació a un model energètic sostenible*, d'Eduard Furró Estany, que pertany a la col·lecció Transició energètica CMES-Octaedro.

Aquesta col·lecció respon a la necessitat plantejada per tots aquells, socis i simpatitzants, que formem el CMES (Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible) de generar i divulgar coneixement orientat a impulsar una autèntica transició que porti a un model energètic basat, al 100%, en energies renovables.

Si bé el CMES va néixer el 2011 a partir de la publicació del llibre de Carles Riba Romeva *Recursos energètics i crisi: la fi de 200 anys irrepetibles*, les línies de treball del col·lectiu van quedar clarament determinades des que, el 2014, veiés la llum *El col·lapse és evitable. La transició energètica del segle XXI (TE21)*, de Ramon Sans Rovira i Elisa Pulla Escobar. La constatació que es feia en aquest últim text que el món pot funcionar exclusivament amb energies renovables va donar un nou impuls al Col·lectiu, que, des de llavors, ha centrat el seu treball, precisament, a desenvolupar tota mena de solucions socials i tècniques per a aquesta transició.

La col·lecció no només rep l'ajuda d'associats i simpatitzants del CMES, sinó també la col·laboració inestimable de diferents experts de la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) i, per descomptat, la revisió i aprovació del consell editorial CMES-Octaedro, constituït per Juan León i Ramon Sans com a coordinadors i Eduard Furró, Maria Crehuet, Aurèlia Mañé, Joan Gaya i Santiago Montero.

Componen aquesta col·lecció els llibres següents:

- *La darrera oportunitat. La transició energètica del segle XXI (TE21)*, de Ramon Sans Rovira
- *Catalunya, aproximació a un model energètic sostenible*, d'Eduard Furró Estany
- *El cost de l'energia*, de Genís Riba Sanmartí



## Nota de l'autor

Aquest treball té les seves arrels en l'estudi que vaig realitzar l'any 2007 sobre un model energètic amb el 100 % de fonts renovables per a l'illa de Menorca i la voluntat de la seva societat d'esdevenir una reserva de la biosfera.

A partir del coneixement d'aquest treball, l'any 2014, els companys del col·lectiu CMES em varen animar a traslladar aquest estudi a Catalunya. Des d'aquest llibre els vull agrair tant la seva col·laboració com les mostres d'ajut al seu desenvolupament i publicació.

La complexitat pròpia d'un model energètic fa que la seva exposició de manera breu alhora que raonada pugui presentar certa dificultat perquè la lectura sigui amena, especialment per a aquelles persones no versades tecnològicament en aquests temes. No obstant això, i per a aquells que ho desitgin, pot ser d'ajut procedir a la seva lectura conceptual, al marge dels plantejaments més tècnics, complementada amb el seguiment del balanç resumit del model que figura en l'apartat final del llibre.

La meua intenció ha estat exposar una proposta de model energètic de la manera més planera possible amb la intenció de poder convidar a la implicació social, política i empresarial en la definició i posada en marxa d'un model energètic net i sostenible per a Catalunya.





# Sumari

|   |     |
|---|-----|
| <i>Nota de l'autor</i>  | 7   |
| 1. La fi d'un model   | 11  |
| 2. Context  | 15  |
| 3. Objectius  | 17  |
| <b>QUANTIFICACIÓ</b>  |     |
| 4. Quanta energia?  | 21  |
| <b>AVALUACIÓ</b>  |     |
| 5. Aplicació de fonts renovables, mesures i recursos tecnològics a cada ús i sector       | 37  |
| 6. Evolució conceptual de la relació demanda-generació del nou model energètic            | 51  |
| <b>ESTRUCTURACIÓ</b>  |     |
| 7. Configuració conceptual del nou model amb el 100 % de fonts renovables                 | 55  |
| 8. Obtenció i emmagatzematge de l'hidrogen  | 77  |
| 9. Avaluació de les necessitats globals d'hidrogen  | 87  |
| <b>PLANIFICACIÓ</b>   |     |
| 10. Diagrama estructural dels fluxos globals d'energia                                    | 95  |
| 11. Planificació cronològica de la transició  | 123 |
| <b>SÍNTESI</b>  |     |
| 12. Un balanç abreujat de la proposta de model energètic amb el 100 % de fonts renovables | 133 |
| <i>Agraïments</i>   | 145 |
| <i>Sobre l'autor</i>  | 147 |
| <i>Índex</i>  | 147 |



# 1 LA FI D'UN MODEL

Comencem el segle XXI marcat per la fi d'un model energètic que ens ha permès avançar en el nostre desenvolupament cremant de forma desafortunada, i de manera accelerada durant el darrer segle, una bona part de la vida vegetal i més de la meitat de totes les diversitats de materials orgànics que el procés natural havia trigat milions d'anys a elaborar i acumular en estat fòssil.

Es tracta d'un indicador que reflecteix la nostra espiral frenètica de transformació de tot tipus de recursos naturals que, conscientment i inconscient, hem anat i anem consumint en nom de millorar el nostre benestar. I tot això sense tenir cap mena de cura, respecte o previsió del que aquest comportament pot suposar en termes d'esgotament i destrucció d'aquests recursos i, paradoxalment, per a les nostres pròpies possibilitats de futur.

Els resultats d'aquest procés ens han conduït a un punt del nostre camí evolutiu on hem acumulat coneixements tecnològics i científics que ens permeten veure amb claredat tant l'esgotament proper dels combustibles fòssils com l'alt grau de destrucció i contaminació del medi natural que hem produït i produïm amb la seva combustió. Mentre que, d'altra banda, encara no som capaços col·lectivament d'aconseguir frenar i reconduir amb fermesa les nostres accions, models energètics i comportaments socials que els propicien.

Possiblement aquesta exposició sigui una explicació molt abreujada dels fets i de ben segur que podria ser matisada pel que fa a les causes i els perquè. Però el que realment interessa en aquest moment és que el resultat d'aquests comportaments ens situa enfront de la necessitat immediata d'introduir un canvi de model, que esdevindrà necessàriament més dràstic o inviable com més triguem a poder o saber reaccionar.

I així ho corroboren comunitats científiques, pensadors d'arreu del món i estudis curosos més propers com el del professor Carles Riba, del qual faré esment en la meua proposta.

Com bé diu el científic i pensador Ervin Laszlo, la continuïtat de tot procés evolutiu es compon de recorreguts que arriben a cruïlles on cal prendre les noves direccions correctes. I el nostre viatge ha arribat a un final de recorregut on ja no és possible continuar avançant i cal trobar una nova via, amb un altre model, per iniciar un nou camí.

Sens dubte, en aquest moment, la decisió possiblement més fàcil i més ociosa sigui la del camí de continuïtat. És el que requereix menys esforç mental i menys sacrifici personal, vist a curt termini i en funció del grau de benestar assolit per cadascú de nosaltres.

Però, segons el meu parer, el camí de la continuïtat solament suposa una via de retrocés, ja que l'esgotament dels recursos, i especialment dels combustibles fòssils i de fissió nuclear, ens conduirà a lluites fratricides, a la vegada que l'enverinament del medi natural i la pèrdua de biodiversitat ens abocarà a la malaltia, a les migracions massives i a l'extinció total o parcial de la nostra pròpia espècie.

Certament, les grans desigualtats socials que hem generat, en què el 20 % de la població mundial acapara el 80 % del consum dels recursos, dibuixen per si mateixes un marc de consens difícil alhora que es referma la necessitat del canvi.

Amb aquest escenari es fa evident que cada societat o cultura no disposarà de prou força per imposar unilateralment com ha de ser aquest nou camí comú que cal emprendre.

Però, enfront d'una més que probable difícil possibilitat de consens global, el més segur és que cada societat hagi de prendre la seva pròpia decisió de camí, com ja succeeix en l'actualitat, utilitzant, un cop més, el sistema de *pensar* en «macro» i *actuar* en «micro».

Els catalans vivim uns moments de la nostra història en què un gruix molt important de la societat volem assolir més sobirania per poder encarar noves vies de progrés vers els nous reptes que planteja el futur. Sens dubte, una eina fonamental per a l'èxit d'aquest repte serà la implementació d'un nou model energètic fonamentat en les fonts d'energia pròpies, netes i renovables.

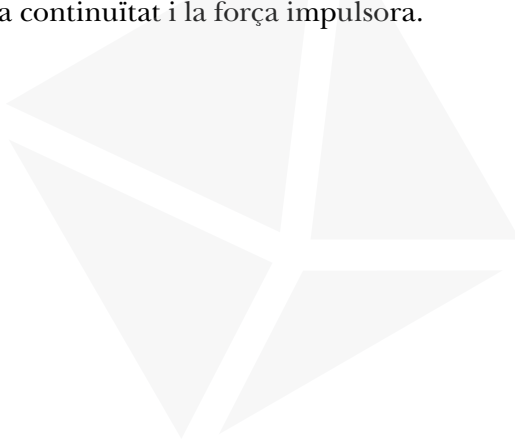
Catalunya disposa de moltes fonts renovables i netes d'accés a l'energia i, afortunadament, disposa també de coneixements tecnològics per poder-les gestionar de manera sostenible, així com d'un teixit industrial amb capacitat per poder-les implementar i mantenir.

Tal com explica l'enginyer Ramon Sans, el col·lapse energètic és evitable, i no solament evitable, sinó que, a més, suposa un estalvi econòmic i una font immensa de treball productiu, independència energètica i autoes-

tima social que ha de permetre alinear-nos amb les societats amb més visió de futur.

Cal començar a enfilar l'agulla del que Ramon Sans anomena la Transició Energètica del segle XXI. Però és evident que, per a aquesta tasca, serà necessària la participació de tota la societat: usuaris, productors, operadors, administradors públics, educadors, legisladors, financers... que puguin treballar plegats al voltant d'un pla de desenvolupament. Un pla que, lluny de la improvisació, controvèrsia d'interessos i malbaratament d'esforços individuals aïllats, esdevingui una guia de desenvolupament consensuat i progressiu per tal que cada actor pugui assolir el seu paper de manera ordenada alhora que participativa.

De nosaltres depèn la tria entre un camí de continuïtat sense sortida o encarar una nova singladura vers nous horitzons de progrés i de futur. Uns horitzons que requeriran altrament noves tecnologies, noves actituds i nous comportaments i on solament un nou sistema energètic net i renovable podrà garantir-ne la continuïtat i la força impulsora.





## 2 CONTEXT

El treball que teniu a les mans vol ser una modesta contribució a la Transició Energètica vers un model amb el 100% de fonts renovables, un dels reptes fonamentals de la humanitat i del nostre país en aquesta primera meitat del segle XXI.

Durant els darrers 4 anys, a Catalunya, s'han dut a terme dos estudis de gran importància per a aquest nou horitzó de futur energètic, que cal posar de relleu.

L'any 2011, el llibre de Carles Riba Romeva (*Recursos Energètics i Crisi. La fi de 200 anys irrepetibles*) va posar de manifest la importància i la imminència de la crisi dels combustibles fòssils i l'urani (exhauriment total d'aquests recursos si no canviem les tendències de consum actuals), base del sistema energètic de les societats que anomenem desenvolupades i emergents.

L'any 2014 el llibre de Ramon Sans Rovira i Elisa Pulla (*El col·lapse és evitable. La transició energètica del segle XXI, TE21*) va mostrar que les energies renovables (solar, eòlica, hidràulica, etc.) poden ser perfectament una solució als requeriments energètics de la humanitat. És més, per als països netament importadors de combustibles, representen una millora substancial de la seva economia i una eliminació de la dependència.

El present treball té la intenció d'inserir-se com una tercera etapa d'aquest discurs. Tant socialment com individualment tenim la percepció que cal fer una transició energètica, abandonant els combustibles fòssils i l'urani. Sabem o percebem que les energies renovables són una alternativa viable. Però, com cal planificar aquesta transició?

Aquest és el modest objectiu d'aquest llibre.

Per poder planificar la transició energètica serà necessari avançar ordenadament i progressiva en l'anàlisi dels diferents aspectes bàsics que la configuren. Caldrà:

1. Definir i situar les quantitats d'ordre de les nostres necessitats energètiques.

2. Triar les eines socials i tecnològiques que tenim a l'abast per tal de moderar i optimitzar l'ús de l'energia.
3. Avaluar els recursos disponibles i la seva aplicació més adient a cada ús.
4. Estructurar un sistema equilibrat que pugui garantir i donar resposta a les variacions temporals de la demanda, i alhora aprofitar al màxim les infraestructures energètiques existents.
5. Estudiar quines etapes cal establir per fer avançar la transició en aquests propers anys.
6. Definir quines tecnologies i accions han de configurar aquestes etapes, de manera que puguem fer progressar la transició a partir de l'aplicació de les tecnologies que vagin adquirint un estat suficient de maduresa.

Totes elles són accions que no solament depenen de decisions tecnològiques, sinó d'un equilibri entre aquestes, les escales de valors, els interessos econòmics de la societat i les accions polítiques dels seus representants. Accions i actituds que caldrà ponderar i equilibrar.

És evident que la primera etapa d'aquesta transició ha d'estar impulsada per la producció solar de l'aigua calenta sanitària, les climatitzacions mitjançant els sistemes de bomba de calor, l'aprofitament de la biomassa per a les calefaccions i els usos tèrmics industrials i determinades aplicacions basades en les energies fotovoltaiques i minieòliques.

Els agents principals, en aquesta primera etapa, han de ser els ciutadans i les empreses. Les administracions han d'adequar les normatives i alleugerir els procediments administratius per facilitar al màxim aquestes accions.

Mentrestant, les universitats i els centres de recerca, en conjunció amb el teixit empresarial, han de preparar les bases per a les dues etapes següents. Una segona etapa en què hauran de progressar les implementacions dels grans parcs de generació distribuïda, l'ús del vehicle elèctric per a recorreguts de proximitat i l'obtenció i ús de l'hidrogen com a nou vector energètic que ens faciliti la mobilitat de llarg recorregut, el transport de gran tonatge, la tracció marítima de litoral i les altes temperatures dels processos industrials. I una tercera etapa en què l'adequació de les xarxes elèctriques i de gas quedarien totalment configurades i el nou vector energètic hidrogen prendria relleu al gas natural com a combustible per a les centrals elèctriques de cycle combinat encarregades de donar estabilitat al sistema elèctric.

En definitiva, un viatge apassionant, ple de reptes i també de dificultats que caldrà anar superant, però, sens dubte, un viatge ineludible alhora que ple de possibilitats de futur.



# 3 OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest treball és aportar propostes i dades tècniques sobre la facilitat d'encarar una transició energètica ordenada i segura cap a un nou model energètic net i sostenible basat al 100 % en l'aprofitament de les fonts renovables de Catalunya, i l'any 2050 és l'horitzó desitjable per assolir aquest objectiu.

Aquest treball consisteix en una aproximació a un model energètic estructurada al voltant de quatre elements conceptuals clau:

- Quantificar les necessitats reals d'energia sense necessitat de renunciar al benestar energètic actual.
- Avaluar tipus i quantitats de recursos renovables disponibles i utilitzables amb els més estrictes criteris de sostenibilitat (social, econòmica i ambiental).
- Estructurar les fonts i determinar-ne l'impacte,
  - tenint en compte que l'actual model energètic a Catalunya, fonamentat en els combustibles fòssils (bàsicament petroli, gas natural i la fissió de l'urani), és el que cal substituir, tant pel seu grau de contaminació com també pel procés accelerat d'exhauriment de recursos i per la dependència energètica i econòmica externa,
  - i considerant també que els combustibles fòssils del model actual representen una eina molt potent, que caldrà emprar bé per tal de facilitar una transició progressivament ordenada, fiable i efectiva vers un nou model fonamentat en l'aprofitament de les fonts renovables de l'energia.
- Planificar la implementació territorial i temporal del model proposat, a través d'establir una proposta marc en què la transició de model a les fonts renovables es pugui implementar d'una forma ordenada que garanteixi l'estabilitat tècnica del sistema energètic actual alhora que doni cabuda a la màxima possibilitat de participació social. Sense oblidar la

necessària adaptació dels sistemes productius dels agents generadors, operadors i financers a les noves modalitats i fonts.

Amb tot, però, caldrà tenir també molt en compte que un dels actors principals d'aquest nou model energètic haurà de ser la mateixa societat usuària. La societat haurem d'aportar al projecte **convicció**, **voluntat** i també **comprensió**.

**Convicció** que la transició a un model energètic de fonts netes i renovables és la solució per a un futur de major progrés i sobirania social, per aconseguir, entre d'altres, que els nostres recursos econòmics quedin reinvertits en economies de proximitat generadores de nous llocs de treball i per tant de generació de riquesa i, per què no?, també de rendibilitat financera.

**Voluntat** per comprendre que l'energia és un bé molt preuat que cal dosificar, i ben emprar, i que per això és molt important que el projecte obri la possibilitat de l'autogeneració distribuïda i la participació social organitzada en el desenvolupament econòmic dels grans centres de producció.

Finalment, **comprensió** relativa al fet que el sistema no pot funcionar solament en forma de sistemes de generació unipersonals i petites xarxes aïllades i arbitràriament controlades. El nou sistema energètic haurà de poder garantir també estabilitat, continuïtat i dret d'accés democràtic, distribuït i fàcilment accessible a les necessitats canviants d'ocupacions familiars i activitats productives.

Es tracta d'un sistema energètic que requerirà, per tant, la participació d'operadors que gestionin el sistema amb visió de conjunt i de responsabilitat pública. Per tal d'aconseguir aquesta imprescindible participació social, caldrà que la proposta del nou model energètic sigui presentada i debatuda en els sectors polítics, tecnològics i productius. El pla de transició del sistema energètic, un cop estudiat i consensuat pels diferents sectors socials, haurà d'integrar-se pedagògicament als programes de formació universitària, professional, secundària i primària, de forma que impregni la consciència social sobre bases sòlides.

Convicció, voluntat i comprensió, així com la seva incorporació al temari docent i formatiu, seran necessàries molt especialment durant el període de transició, que previsiblement serà de llarga durada. En concret, i en sintonia amb la majoria de propostes d'arreu d'Europa i per descomptat amb els treballs dels companys del CMES, considerem com a desitjable un horitzó no més enllà de 35 anys.

D'altra banda, l'objectiu principal de configurar un nou model energètic no és, ni ha d'arribar a ser exclusivament, l'estalvi econòmic, ni noves

oportunitats especulatives. Caldrà escometre aquest canvi per convicció de viabilitat de futur.

Cal aconseguir que el plantejament d'un nou model energètic, fonamentat en l'aprofitament de les fonts renovables, esdevingui un horitzó clar de futur que pugui donar cabuda a la participació de tots els sectors socials, i esdevingui, amb tota claredat, el nou eix cabdal sobre el qual s'ha de vertebrar el futur econòmic de Catalunya.

El caràcter finit dels recursos fòssils i d'urani, així com el seu impacte de destrucció irreversible sobre tot el teixit de la vida, fa que el camí vers un model energètic amb el 100 % de fonts renovables esdevingui ineludible.

Cal iniciar al més aviat possible la transició per prendre el relleu a un model que esgota els seus darrers moments, que Carles Riba situa dins del llinar d'aquest segle i del qual un horitzó crític d'aquí a 45 anys. Per tant ja no són vàlids cap mena d'arguments econòmics ni d'especulació financera ni de discursos errats en defensa dels interessos particulars de certs grups de poder i oligopolis energètics.

La transició energètica cap al 100 % renovable resulta avui inevitable.

En aquest sentit, cal recordar també que cap canvi important en la nostra evolució s'ha produït per motius de menys cost econòmic. El bronze era més car que la pedra i aquesta no s'estava esgotant. La màquina de vapor era més cara que la roda hidràulica i els cabals d'aigua eren renovables i gratuïts. La infraestructura del ferrocarril era més cara que els cavalls i aquests no s'estaven extingint. Els processadors de textos eren més cars que la màquina d'escriure. El petroli era molt més car que el carbó i aquest no s'estava esgotant.

Paradoxalment, aquesta vegada el nou model resulta fins i tot més barat que l'actual sistema d'extracció i crema de combustibles fòssils i urani, si comptabilitzem tots els seus costos socials, mediambientals, sanitaris i bèl·lics.

Qüestionar la transició a un nou model energètic sostenible en funció del seu cost monetari seria una barbaritat tan gran com decidir supeditar el valor universal de la vida al ridícul paràmetre diner, inventat per la nostra limitada intel·ligència i que ha derivat avui en un simple caprici d'apuntament comptable, que ja ni tan sols fem sobre un medi material sinó sobre una base informàtica virtual.



## 4 QUANTA ENERGIA?

Les dades sobre la quantitat d'energia que Catalunya importa en forma de combustibles fòssils i urani són confuses i molt difícils d'autenticar, si bé, al meu parer, la dada més important o punt inicial per plantejar un nou model energètic esdevé, sens dubte, la quantitat d'energia requerida per a la seva aplicació final.

Per tant, he considerat més rellevant iniciar el plantejament a partir de dades de demanda, contrastades per les anàlisis rigorosament acurades del doctor enginyer Carles Riba Romeva en el seu estudi *Recursos energètics i crisi: la fi de 200 anys irrepetibles* i l'anàlisi rigorosa i conceptual de la transició energètica del segle XXI, que l'enginyer Ramon Sans Rovira va presentar en la seva proposta *TE21: el col·lapse és evitable*.

És evident que, a partir d'aquesta primera identificació del valor de la demanda útil d'energia, podrem procedir a definir un primer marc energètic conceptual a partir del qual podrem començar a definir i configurar l'escenari participatiu de cadascuna de les noves fonts renovables d'energia.

Però cal tenir molt present que el fet de fixar uns valors de demanda ha d'obeir solament a l'objectiu de posar en relleu un índex d'ordre de la repercussió directa que tindrà cada demanda envers els recursos propis de cada territori. És a dir, **començar a prendre consciència de la necessitat d'equilibrar demanda i territori**.

La proposta TE21 de l'enginyer Ramon Sans planteja un període d'implementació racionalitzada del nou model al llarg de 35 anys de durada i fixa un objectiu de demanda, com no podria ser d'altra manera, a fi de poder avaluar un índex d'ordre dels seus costos i impactes. Però, realment, la demanda energètica de Catalunya durant i al final d'aquest període de 35 anys de durada és un valor difícilment avaluable de forma precisa *a priori*.

De fet, la quantia de la demanda es veu sempre afectada per molts factors; alguns, externs, especialment de mercats, que poden incidir sobre el tipus de processos productius a desenvolupar; d'altres, de caràcter més in-

tern, com poden ser l'eficiència en l'ús de l'energia, i les mateixes escales de valors i de comportament socials, i d'altres, de tipus tecnològic, que aniran facilitant un millor aprofitament d'aquesta energia.

Ens trobem en un punt de la nostra evolució en què la necessitat d'adoptar un nou model energètic coincideix i estableix sinergies amb la necessitat paral·lela d'un canvi de comportaments i escales de valors socials que s'adaptin millor a la realitat d'un món de recursos finits. Ja no pot ser vàlid continuar efectuant previsions de necessitats d'energia a partir de les tendències de demanda del model actual, sinó que aquestes han de restar sotmeses a uns nous paràmetres d'equilibri i sostenibilitat.

Cal considerar que el valor final de la demanda quedarà sempre determinat per un triangle d'equilibri entre tres actors clau, que són: **societat, tecnologia i acció política**, acotats dins del paràmetre finit dels recursos. Per tant, caldrà desenvolupar un procés de transició que permeti ajustar progressivament l'ús i el dimensionament de les fonts de manera ajustada a la configuració de la demanda resultant de l'equilibri entre aquests tres actors.

Òbviament, l'objectiu de màxima efectivitat del model requerirà influir de manera simultània sobre aquests tres vectors configuratius.

Tres vectors clau que, lluny d'actuar aïllats, presenten un entrelaçament de paràmetres, accions i repercussions que caldrà ponderar, ordenar i compatibilitzar.

És per aquest motiu que, a títol d'exemple i com a quantitat d'ordre d'aquesta primera aproximació a un model energètic, he considerat oportú fixar un valor tipus per a l'energia utilitzada (demanda útil), al voltant dels **78.065 GWh/any**, com un valor mitjà entre la demanda desitjable de 48.092 GWh/any, fixats com a fil conductor de la TE21 (de Ramon Sans), i un valor no desitjable de manteniment dels 99.001 GWh/any previstos com

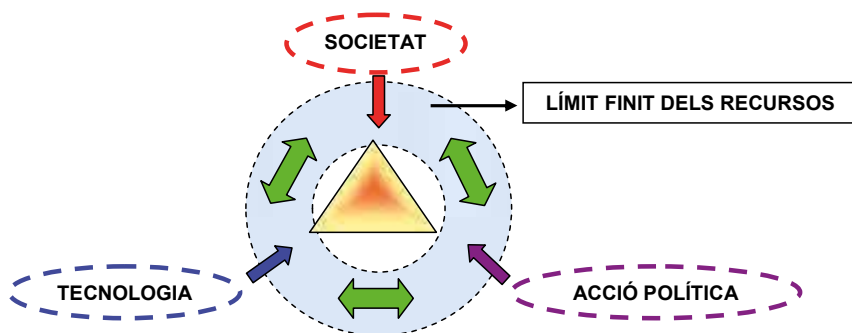


Figura 1. Vectors determinants de la demanda.

# Sobre l'autor

EDUARD FURRÓ ESTANY, nascut a Barcelona, va cursar estudis de Peritatge Industrial i Enginyeria en l'especialitat d'Electricitat.

Ha dedicat la seva activitat professional al disseny de múltiples implantacions industrials –serveis públics–, al projecte i la construcció d'equips i sistemes de control de processos i maquinària i a l'aplicació de tecnologies a la captació i depuració de l'aire i gasos procedents de tot tipus d'activitats i combustions industrials.

El seu interès per l'ecologia i la seva dedicació com a membre assessor del GOB Menorca (Grup Balear d'Ornitologia i Defensa de la Natura, <[www.gobmenorca.com](http://www.gobmenorca.com)>) l'han portat a redactar i col·laborar en nombrosos estudis adreçats a fer compatibles les activitats humanes i la conservació dels valors naturals i els ecosistemes.

És membre del consell de la Xarxa de Custòdia del Territori de Catalunya (<[www.custodiaterritori.org](http://www.custodiaterritori.org)>) i actualment coordinador del CMES (Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible, <[www.cemes-collective.org](http://www.cemes-collective.org)>).





# Índex

|  |    |
|--|----|
| <i>Nota de l'autor</i>   | 7  |
| <i>Sumari</i>  | 9  |
| <b>1. La fi d'un model</b>   | 11 |
| <b>2 Context</b>   | 15 |
| <b>3. Objectius</b>  | 17 |
| <b>QUANTIFICACIÓ</b>   |    |
| <b>4. Quanta energia?</b>  | 21 |
| 4.1. Balanç energètic del model actual   | 23 |
| 4.2. Possibles accions per poder reduir la demanda d'energia                               | 28 |
| 4.2.1. Mesures de caire social: l'ús eficient de l'energia                                 | 29 |
| 4.2.2. Mesures de caire tecnològic   | 30 |
| Aplicació del sistema tèrmic per bomba de calor  | 30 |
| Aplicació del motor elèctric a l'automoció   | 31 |
| <b>AVALUACIÓ</b>   |    |
| <b>5. Aplicació de fonts renovables, mesures i recursos tecnològics a cada ús i sector</b> | 37 |
| 5.1. Aplicació als usos tèrmics  | 37 |
| 5.1.1. Els usos tèrmics dels sectors domèstic i de serveis                                 | 38 |
| 5.1.2. Els usos tèrmics en el sector industrial  | 42 |
| 5.1.3. Els usos tèrmics en el sector d'agricultura, ramaderia i pesca                      | 43 |
| 5.2. Aplicació de fonts renovables a la mobilitat i el transport                           | 46 |
| 5.3. La demanda d'energia en forma de potencial elèctric                                   | 48 |
| <b>6. Evolució conceptual de la relació demanda-generació del nou model energètic</b>      | 51 |

## ESTRUCTURACIÓ

|   |     |
|---|-----|
| <b>7. Configuració conceptual del nou model amb el 100 % de fonts renovables</b>        | 55  |
| 7.1. Estabilitat de la xarxa elèctrica  | 59  |
| 7.2. Integració de les fonts renovables en la xarxa elèctrica actual                    | 68  |
| 7.2.1. La xarxa de baixa tensió   | 68  |
| 7.2.2. La xarxa de distribució  | 69  |
| 7.2.3. La xarxa de transport  | 69  |
| 7.3. L'hidrogen com a vector energètic  | 74  |
| <b>8. Obtenció i emmagatzematge de l'hidrogen</b>                                       | 77  |
| 8.1. La cel·la de combustible hidrogen  | 80  |
| <b>9. Avaluació de les necessitats globals d'hidrogen</b>                               | 87  |
| 9.1. Previsió de la quantitat d'hidrogen necessària                                     | 87  |
| 9.1.1. Les centrals elèctriques reguladores   | 87  |
| 9.1.2. La demanda del transport intern i la mobilitat                                   | 88  |
| 9.1.3. La demanda del sector industrial   | 88  |
| 9.1.4. Quantitat d'hidrogen en concepte de reserva                                      | 88  |
| 9.1.5. Cobertura energètica de l'hidrogen   | 89  |
| 9.1.6. Demanda d'energia per a la producció d'hidrogen                                  | 90  |
| 9.2. La xarxa elèctrica i la producció d'hidrogen                                       | 90  |
| 9.3. L'hidrogen com a consumidor i generador d'aigua                                    | 92  |
| <b>10 Diagrama estructural dels fluxos globals d'energia</b>                            | 95  |
| 10.1. Com cal estructurar la implementació de les fonts renovables                      | 95  |
| 10.2. Possibilitats de desplegament dels mòduls energètics territorials autosostenibles | 103 |
| 10.3. Distribució territorial, impactes i ocupació d'espais                             | 109 |

## PLANIFICACIÓ

|   |     |
|---|-----|
| <b>11. Planificació cronològica de la transició</b> | 123 |
| 11.1. Primer període (0 a 5 anys), any + 5          | 125 |
| 11.2. Segon període (5 anys), any + 10              | 126 |
| 11.3. Tercer període (5 anys), any + 15             | 127 |
| 11.4. Quart període (5 anys), any + 20              | 127 |
| 11.5. Cinquè període (5 anys), any + 25             | 128 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 11.6. Sisè període (5 anys), any + 30 | 129 |
| 11.7. Setè període (5 anys), any + 35 | 129 |

## SÍNTESI

|  |     |
|--|-----|
| <b>12. Un balanç abreujat de la proposta de model energètic amb el 100% de fonts renovables</b>              | 133 |
| Situació del model actual (apartat 4)  | 133 |
| Necessitats de generació d'energia per atendre aquesta demanda de 78.065 gwh/any (apartats 5 i 6)            | 134 |
| Aplicació de la bomba de calor   | 134 |
| Transformació de la cocció dels aliments a cuina i forn elèctric   | 135 |
| Com s'han de captar i proveir aquestes necessitats de generació amb el 100 % de fonts renovables (apartat 7) | 136 |
| L'hidrogen (apartat 9)   | 138 |
| Les necessitats d'energia per obtenir l'hidrogen   | 139 |
| Forma abreujada del balanç de la proposta de model energètic   | 140 |
| Repercussió sobre el territori (apartat 10)  | 141 |
| Resum de generació i demanda   | 142 |
| Criteris de regulació del sistema a partir del punt de consigna  | 143 |
| Conclusions  | 144 |
| <i>Agraïments</i>  | 145 |
| <i>Sobre l'autor</i>   | 147 |