Número 95-96 | 1r quadrimestre | 2010

Nota d'economia

Revista d'economia catalana i de sector públic

Energies renovables: present i futur

Generalitat de Catalunya
Departament d'Economia i Finances

Nota d'economia
Revista d'economia catalana i de sector públic
Núm. 95-96. 3r quadrimestre 2009
1r quadrimestre 2010

Consell de redacció
Directora: Gemma García
Secretària tècnica: Tatiana Fernández

Montse Bassols
Núria Bosch
Àlex Costa
M. Montserrat Domingo
Jordi Gual
Joan Miquel Hernández
Guillem López
Joan Luria
M. Antònia Monés
Andreu Morillas
Josep Oliver
Martí Parellada
Pere Puig
Cristina Rovira
Anna Ventura
Xavier Vives

Coordinació editorial
Anna Blanch Segura

Edició
Direcció General d'Anàlisi i Política Econòmica
Departament d'Economia i Finances
Generalitat de Catalunya
www.gencat.cat/economia

Disseny gràfic
Martí Abril i Lluïsa Cobos

Maquetació i impressió
El Tinter, SAL
(empresa certificada ISO 9001, ISO 14001 i EMAS)

Dipòsit legal: B-3917-1983
ISSN de la versió impresa: 0213-3644
ISSN de la versió electrònica: 2013-8709

Adreça de contacte
notaeconomia.eif@gencat.cat
DG d'Anàlisi i Política Econòmica
Gran Via de les Corts Catalanes, 639
08010 Barcelona

La revista no comparteix necessàriament les opinions exposades pels autors en els articles signats

Sumari

Monogràfic. Energies renovables: present i futur

> Introducció **5**

> Present i futur de les energies renovables a Espanya. *Pedro L. Marín Uribe* **13**

> L'actual cruïlla energètica i el paper de l'eficiència i les renovables. *Mariano Marzo* **21**

> Política d'energia sostenible a la UE. *Pedro Ballesteros i Andrea Hercsuth* **37**

> Energia: seguretat, eficiència i sostenibilitat. *Ramon Folch* **49**

> La política energètica a Catalunya i la participació de les energies renovables. *Agustí Maure i Encarna Baras* **67**

> Avaluació del potencial de les diverses fonts d'energia renovable i de les tecnologies per aprofitar-les: oportunitats i reptes per al sector de l'energia. *Pedro Linares, Pablo Frías i Tomás Gómez* **89**

> Regulació i marc retributiu de les energies renovables a l'Estat espanyol. *Luis Jesús Sánchez de Tembleque* **103**

> Anàlisi econòmica dels instruments de promoció de les energies renovables: una perspectiva d'eficiència dinàmica. *Pablo del Río González* **115**

> Integració de les energies renovables en el sistema: necessitats de generació de suport. *Carlos Vázquez i Manuel Fernández Álvarez* **137**

> Eficiència energètica i ecoeficiència en la indústria: el paper de les energies renovables. *Alfonso Aranda Usón* **157**

> Aplicacions de les energies renovables al sector de l'edificació. *Xavier García Casals* **177**

> La visió empresarial del sector:

  > Directiva europea, perspectives de futur. *José María González* **203**

  > Perspectives i aplicacions a Catalunya de les energies renovables. La necessitat d'un nou model energètic. *Josep Maria Fon*t **209**

  > Reptes i oportunitats de l'energia eòlica a Catalunya. *Alfonso Faubel* **217**

  > Present i futur de l'energia solar termoelèctrica a Catalunya. *Marc Gummà* **223**

  > Aprofitament energètic de la biomassa a Catalunya, tocar ferro i no fusta. *Carles Vilaseca* **231**

  > La planta de biomassa de Talavera. *Ramon Trullols* **240**

  > Les renovables al mercat de l'electricitat: perspectives de futur. *José Salmerón* **243**

Papers de treball

> La inflació generada a l'economia catalana: el paper de les rendes empresarials i del treball. *Cristina Amarelo* **251**

> El rol del sector exterior en la sortida de la crisi en el context de la Unió Monetària. El cas de Catalunya. *Tatiana Fernández* **255**

> Els pressupostos generals de l'Estat per al 2010. *Pere Bonet* **259**

Apèndix

> Resúmenes de los artículos de la revista **265**

> Abstracts of the articles included in this number **271**

Monogràfic

Energies renovables: present i futur

Introducció 5

Present i futur de les energies renovables a Espanya 13

L'actual cruïlla energètica i el paper de l'eficiència i les renovables 21

Política d'energia sostenible a la UE 37

Energia: seguretat, eficiència i sostenibilitat 49

La política energètica a Catalunya i la participació de les energies renovables 67

Avaluació del potencial de les diverses fonts d'energia renovable i de les tecnologies per aprofitar-les 89

Regulació i marc retributiu de les energies renovables a l'Estat espanyol 103

Anàlisi econòmica dels instruments de promoció de les energies renovables: una perspectiva d'eficiència dinàmica 115

Integració de les energies renovables en el sistema: necessitats de generació de suport 137

Eficiència energètica i ecoeficiència en la indústria: el paper de les energies renovables 157

Aplicacions de les energies renovables al sector de l'edificació 177

Directiva europea, perspectives de futur 203

Perspectives i aplicacions a Catalunya de les energies renovables. La necessitat d'un nou model energètic 209

Reptes i oportunitats de l'energia eòlica a Catalunya 217

Present i futur de l'energia solar termoelèctrica a Catalunya 223

Aprofitament energètic de la biomassa a Catalunya, tocar ferro i no fusta 231

La planta de biomassa de Talavera 240

Les renovables al mercat de l'electricitat: perspectives de futur 243

Introducció

A l'inici del segle XXI l'economia mundial es troba enfront de dos grans reptes energètics que determinaran la viabilitat d'un model sostenible, que permeti el desenvolupament econòmic i social tant dels països industrialitzats com dels països en vies de desenvolupament. Aquests dos grans reptes són garantir la seguretat del subministrament d'energia i reaccionar davant el canvi climàtic.

Les energies renovables constitueixen, sens dubte, un element de garantia de desenvolupament sostenible, però, d'altra banda, també presenten inconvenients enfront dels combustibles fòssils: suposen un cost d'inversió més elevat, algunes són intermitents i no es poden emmagatzemar, i les tecnologies que haurien de permetre més aprofitament energètic d'aquestes fonts encara estan en ple desenvolupament. L'R+D+I i l'estalvi i l'eficiència energètica són, per tant, complements imprescindibles per reorientar el model de desenvolupament d'economia actual, clarament insostenible, cap a una nova economia intel·ligent i sostenible, que faci un ús més eficaç dels recursos i que sigui més verda i competitiva.

La rapidesa de la implantació de les energies renovables en gran mesura ve determinada pel marc regulatori i pel marc retributiu d'aquestes ja que en el moment actual de desenvolupament de les tecnologies encara no són competitives enfront de les fonts d'energia convencional. Una comparació de països a escala internacional permet constatar que la major part de la implantació de les energies renovables es produeix en els països en què han estat afavorides pel marc regulatori i per les polítiques d'incentius i primes dels seus governs. Les polítiques a favor de les renovables no estan, però, exemptes de polèmica. A l'Estat espanyol, un dels països que en els darrers anys més ha fet per a la implementació de les renovables i que compta amb empreses líders a escala mundial, hi ha un debat obert sobre en quina mesura el sobrecost actual de les energies renovables s'ha de repercutir en el cost de la factura energètica i, per tant, té conseqüències directes sobre la competitivitat de l'economia. D'altra banda, però, cal tenir en compte el desenvolupament de noves tecnologies que, en els propers anys, permetrà que les energies renovables siguin més com-

petitives enfront de les fonts convencionals i que difícilment es produiria sense incentius. Un altre element cabdal en el debat actual és la internalització dels costos socials (ambientals i de seguretat en els preus de l'energia), imprescindible per fomentar una nova cultura de l'estalvi energètic.

Finalment, un element central en el debat actual sobre les energies renovables és el de la seguretat jurídica, que ha estat un dels punts que ha contribuït a l'èxit del model espanyol. Les empreses del sector insisteixen que aquest és un element cabdal per promoure les inversions en instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de fons renovables, atès que les decisions que s'han de prendre avui es materialitzaran en un demà relativament llunyà. En aquest context, les empreses del sector expressen la seva preocupació davant de l'aprovació i modificació contínua de la normativa aplicable, que denuncien que canvia les regles del joc al mig de la partida.

El present monogràfic de la *Nota d'economia* tracta totes aquestes qüestions tan cabdals per al futur de les economies en general i de l'economia catalana en particular, on en els propers anys el pes de les energies renovables ha de donar un salt quantitatiu important.

Obre el monogràfic l'article de **P. Marín**, Secretari d'Estat d'Energia, sobre el present i el futur de les energies renovables a Espanya. Des de 2004 s'ha dut a terme un canvi important en el model energètic espanyol, amb una aposta clara per les energies renovables i la millora de l'eficiència energètica. Els resultats ja s'han deixat veure en la reducció de la dependència energètica en més de dos punts percentuals i en la reducció de la intensitat energètica de l'economia en un 13%. Així mateix, en el quinquenni 2004-2009 les emissions de CO_2 a l'atmosfera procedents del sector energètic s'han reduït en 60 milions de tones. S'ha de destacar en particular el pes creixent de les energies renovables en la generació elèctrica, que el 2009 va assolir el 25% (més de la meitat energia eòlica), únicament darrere del gas natural i superant amb escreix la generació nuclear i el carbó. El protagonisme de les energies renovables en la matriu energètica espanyola augmentarà en els propers anys, pels objectius assumits per Espanya en el marc de la Unió Europea.

L'article de **M. Marzo** exposa la cruïlla energètica actual en el context d'una demanda mundial d'energia primària creixent (l'Agència Internacional de l'Energia preveu un augment del 40% en el període 2007-2013) i una oferta insuficient i excessivament centrada en els combustibles fòssils (petroli, gas i carbó).

Els avenços tecnològics en l'àmbit de l'eficiència energètica seran incrementals més que revolucionaris. No s'espera que abans del 2030 es produeixi el desplegament a gran escala de noves tecnologies diferents a les que hi ha actualment en ús, tant en l'àmbit de l'oferta com en el de la demanda. En aquest context, els combustibles fòssils continuaran representant el 80% de la combinació energètica global (82% el 2007) enfront del 10% de la biomassa, el 6% de la nuclear i el 4% de la hidràulica, amb les conseqüències que això comporta per al canvi climàtic.

Les polítiques energètiques dels governs han d'actuar en tres fronts simultanis, que l'autor descriu com tres vèrtexs d'un triangle: economia (repercussió dels preus dels combustibles fòssils sobre el creixement i la competitivitat); energia (seguretat de subministrament) i ecologia (canvi climàtic) i, en definitiva, han d'aspirar a una combinació energètica al més neta, barata i segura possible. Cal, per tant, fer una aposta ferma per l'estalvi i l'eficiència energètica, per desplegar al màxim les possibilitats de les energies renovables i impulsar polítiques d'R+D+I ambicioses. D'acord amb l'Agència Internacional de l'Energia, corregir les actuals tendències insostenibles del model energètic de la UE requereix unes inversions per al període 2010-2030 d'1,8 bilions de dòlars: el 62% en millores d'eficiència; el 21% a renovables, el 8% a la captura i segrest del carboni; el 5% a la nuclear i el 4% als biocarburants.

L'article de **P. Ballesteros** i **A. Hercsuth**, de la Comissió Europea, parteix de la constatació que la generació actual ha d'afrontar dos grans reptes energètics: garantir la seguretat del subministrament d'energia i reaccionar davant del canvi climàtic. La Comissió Europea

va adoptar l'any 2007 l'Estratègia 20-20-20 per lluitar contra el canvi climàtic, en què es compromet a assolir l'any 2020 una reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle en un 20%; augmentar la contribució de les energies renovables a la producció d'energia fins al 20% i millorar l'eficiència energètica en un 20%. En aquest marc, la indústria de l'energia amb baixa emissió, que inclou les renovables, les xarxes elèctriques intel·ligents, la captura de CO_2, els vehicles elèctrics, els híbrids, els vehicles d'hidrogen, les bateries i els productes energèticament eficients, entre d'altres, és un dels sectors industrials amb el potencial de creixement més elevat en les pròximes dècades. La implicació de tots els àmbits de govern per assolir els objectius de l'Estratègia 20-20-20 és clau perquè tingui èxit. En l'article es destaca particularment la rellevància de l'actuació a escala local, en què les inversions i activitats necessàries per reduir les emissions són una font de desenvolupament econòmic, social i sostenible. La Comissió Europea ha apostat clarament per aquesta via, amb el Pacte dels alcaldes, que reconeix el lideratge i la iniciativa dels poders locals i regionals i els compromet a concretar plans d'acció d'energia sostenible, amb impactes quantificats.

Com apunta **R. Folch** al seu article, l'èxit dels combustibles fòssils ha estat la seva elevada densitat energètica i la facilitat amb què es transporten i es poden emmagatzemar. Hem dissenyat el món modern actual per funcionar amb energia fòssil, però el petroli s'acaba, el gas natural tampoc no durarà sempre i les reserves d'urani són limitades. El problema amb què ens trobem és, sobretot, socioeconòmic.

A Catalunya, el 72,4% de l'energia primària que necessitem prové de combustibles fòssils importats. No tenim recursos energètics no renovables i tampoc no els aprofitem adequadament, mentre que el model territorial és molt ineficient des del punt de vista energètic. El transport, la construcció i el manteniment de les edificacions representen molt més de la meitat de l'energia final consumida. Les energies renovables contribuiran a alleugerir el problema però no en són la solució. El problema és més social que no pas tècnic, i la gestió de la demanda és el tema central. La clau rau en els patrons i els hàbits de consum domèstics, industrials i de serveis, així com també en la capacitat social d'entendre i admetre els nous paisatges energètics eòlics i fotovoltaics, com en el seu dia vam haver d'entendre els hidroelèctrics.

Efectivament, a Catalunya el pes de les energies renovables és molt reduït. L'any 2007, el 48,1% del consum d'energia primària provenia del petroli, el 24,9% del gas natural, el 19,7% de l'energia nuclear, el 2,8% de les energies renovables i l'1,1% del carbó. Dins de les energies renovables, el pes de la hidràulica és del 41,4%, mentre que el de la biomassa és del 12,6%, el de l'energia eòlica del 5,8%, el de la solar tèrmica del 2,6% i el de la solar fotovoltaica del 0,3% (el 37,3% restant són residus renovables, biocarburants i biogàs). Per tant, esdevé urgent desenvolupar polítiques que redueixin de manera radical la dependència de Catalunya dels combustibles fòssils, tal com apunten **A. Maure**, director general d'Energia i Mines, i **E. Baras**, directora de l'Institut Català d'Energia de la Generalitat de Catalunya. En el seu article presenten els principals objectius i xifres del Pla de l'energia de Catalunya per al període 2006-2015, en el qual es preveu un creixement de la participació de les energies renovables en el consum d'energia primària al 6% l'any 2010 i al 10% el 2015. Així mateix, es preveu un increment de la producció elèctrica amb energies renovables en el període 2003-2015 d'un 152%, fins que representi el 28% de la producció bruta d'energia elèctrica. En el període 2009-2015, el Pla de l'energia de Catalunya preveu 106,3 milions d'euros per a energies renovables i 716,1 per a estalvi i eficiència energètica, dels quals el 31,5% els aportarà la Generalitat i la resta, l'Administració general de l'Estat. Els guanys econòmics per a la societat catalana del Pla són, però, molt superiors i s'estimen en 10.786 milions d'euros d'estalvi econòmic per als consumidors finals i en 925,9 milions d'euros en concepte d'emissions evitades de CO_2.

P. Linares, **P. Frías** i **T. Gómez** analitzen el potencial tècnic i econòmic i l'evolució dels costos de les diferents fonts d'energia renovable i les seves tecnologies per a

Espanya, una informació que resulta imprescindible per avaluar el cost i la factibilitat d'assolir els objectius fixats a la UE.

Els costos de les diferents tecnologies mostren una progressió favorable. Per al cas d'Espanya es preveu una reducció dels costos d'inversió (€/kW) en el període 2010-2030 que van des de més del 60% en els casos de l'energia solar tèrmica sense emmagatzemament i de la solar fotovoltaica al 50% en l'eòlica marina, i al 19% en l'eòlica terrestre. La reducció de costos inferior en el cas de l'energia eòlica no s'explica per raons tècniques sinó per qüestions de planificació urbanística, mediambientals o de regulació regional. La regulació és, per tant, un dels factors més importants per al desenvolupament de l'energia eòlica, que és l'energia que més ha de contribuir a la penetració de les energies renovables atès que és la que presenta uns costos d'inversió més petits i es troba, per tant, més propera de la competitivitat de les energies convencionals. Pel que fa a la biomassa, s'estima que el cost mitjà d'inversió en aquest tipus de plantes per a Espanya és similar al de l'energia solar, però la complexitat associada a aquest tipus d'instal·lació dificulta que es produeixin millores significatives en els costos en els propers anys, de manera que el 2030 seria l'opció amb uns costos d'inversió més elevats.

La reducció de costos progressiva va estretament lligada al progrés tecnològic i es pot estimular, per tant, amb polítiques d'innovació adequades i amb la introducció d'estímuls de mercat. D'acord amb els autors, Espanya pot assolir els objectius fixats per la UE a un cost raonable, sent els principals reptes la millora del progrés tecnològic que ha de permetre la reducció de costos i la capacitat per desenvolupar de forma ordenada les energies renovables sense caure en bombolles especulatives.

Per al desenvolupament de les energies renovables és clau comptar amb un marc jurídic i econòmic estable, que incentivi les inversions i amb objectius clars de planificació. Els incentius econòmics són fonamentals per fomentar les diferents tecnologies renovables i de cogeneració, tal com apunta **L.J. Sánchez de Tembleque**, de la Comissió Nacional d'Energia, que analitza la regulació i el marc retributiu de les energies renovables i la cogeneració a l'Estat espanyol. Com diu l'autor, l'experiència espanyola en la promoció de les renovables és una experiència d'èxit reconeguda mundialment, que ha afavorit el desenvolupament d'R+D+I tecnològica (especialment en energia eòlica i en energia solar termodinàmica), i un sector industrial amb empreses referents a escala mundial. En aquest sentit, d'acord amb un estudi de la Comissió Europea de 2008, l'èxit del model espanyol es basa, entre altres aspectes, en una retribució estable, predictible i rendible, derivada del marc regulador, i en una regulació de l'accés i la connexió a la xarxa objectiva i transparent.

D'altra banda, el cost dels incentius econòmics i primes a les energies renovables ha evolucionat a l'alça d'una manera important en els darrers anys, d'acord amb la major implantació de les renovables, i ha assolit gairebé els 5.400 milions d'euros el 2009. El consumidor elèctric va pagar un 11% més cara l'electricitat pel finançament que fa la tarifa elèctrica de les primes equivalents a la cogeneració i a les energies renovables (dades relatives a 2008). Per controlar el compliment dels objectius de planificació, i evitar que les primes es disparin, el Reial decret llei 6/2009 va establir un registre de preassignació de la retribució. En el mateix sentit, com assenyala Sánchez de Tembleque, quan es detecta que el desenvolupament d'una tecnologia determinada pot resultar molt superior a l'evolució planificada –com a conseqüència de fortes reduccions dels costos derivades d'avenços tecnològics i d'economies d'escala– la regulació econòmica s'ha d'avançar, i establir binomis entre quantitats objectius anuals i tarifes, de manera que aquestes últimes puguin evolucionar automàticament a la baixa per a les plantes que s'instal·lin l'any següent. Per garantir la seguretat jurídica els nous incentius econòmics únicament han d'afectar les noves instal·lacions.

El sobrecost és un element imprescindible per aconseguir més penetració de les renovables en el sector elèctric i aconseguir els objectius de mitigació de gasos d'efecte d'hivernacle als quals s'han compromès els països. Tal com argumenta **P. del Río**, les primes estan justificades des del punt de vista d'eficiència dinàmica,

atès que són necessàries per disposar de tecnologies renovables en els horitzons de 2020 i 2030 a costos raonables. Una de les preocupacions fonamentals dels decisors de polítiques públiques consisteix a identificar com es pot promoure el desenvolupament de les tecnologies renovables (eficàcia) al menor cost possible (eficiència en costos). En coherència amb aquest criteri, s'haurien de promoure prioritàriament les tecnologies renovables més barates i acudir seqüencialment a les més cares fins assolir l'objectiu de renovables prefixat. Però la qüestió no és tan simple, atès que per assolir els objectius compromesos d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle i de renovables a mitjà (2020) i a llarg termini (2050) el plantejament ha de ser triar les tecnologies que permetran assolir els objectius avui i en el futur al menor cost possible. En altres paraules, a més del preu actual s'ha de tenir en compte el potencial de millora de la qualitat i de la reducció de costos de cada una de les tecnologies. Com apunta l'autor, si se'ls permet desenvolupar, les tecnologies emergents d'avui seran les madures de demà.

L'escassa capacitat d'interconnexió amb Europa del sistema elèctric espanyol fa que aquest s'hagi d'explotar com un sistema aïllat. Conseqüentment, a mesura que la penetració d'instal·lacions amb energies renovables s'incrementi, la seguretat del sistema es pot veure afectada a causa de la variabilitat d'aquestes instal·lacions en la producció elèctrica. Efectivament, tal com apunten **C. Vázquez** i **M. Fernández Álvarez**, de Gas Natural, el sistema elèctric espanyol ha realitzat en els darrers deu anys un esforç enorme en la instal·lació d'equips de generació a partir d'energies renovables, que el 2009 aportaven més del 20% de la demanda (exclosa la gran hidràulica), i la previsió és que aquesta tendència s'acceleri i se situï entre el 40% i el 50% l'any 2020. La forta implementació de les renovables comporta canvis rellevants en les condicions de funcionament del mercat, que s'ha d'adaptar a la volatilitat i dificultat de predicció de les tecnologies renovables. Les necessitats de flexibilitat en l'operació, com a conseqüència principalment de la forta variabilitat de l'energia eòlica, fan augmentar la importància dels mecanismes de serveis complementaris actuals, que no estan prou adaptats a la nova situació. En aquest sentit, en els darrers anys s'ha constatat que en determinats moments la quantitat d'energia eòlica és tan alta que el volum d'energia que s'hauria de produir en forma de resposta ràpida si el vent deixés de bufar no es podria cobrir amb el potencial hidràulic i els grups tèrmics acoblats, com s'ha fet fins ara. Aquests episodis han posat de relleu la necessitat d'acoblar cicles combinats de gas addicionals, per poder donar resposta a la caiguda sobtada en la generació d'energia per part, principalment, dels grups eòlics sense afectar el subministrament d'electricitat. En el moment actual d'elevada penetració de les energies renovables, coexisteixen dos efectes, la combinació dels quals implica riscos per al sistema: d'una banda, és necessària més potencia de suport destinada a funcionar poques hores i, de l'altra, els incentius per invertir en nova capacitat són més febles que en el passat, atès que la infraestructura ha d'estar més temps parada. Els autors apunten que, per mantenir la fiabilitat del sistema, el regulador ha de reconèixer aquest canvi de circumstàncies i reflectir-ho en els preus de garantia de potència.

Com s'ha dit, l'eficiència energètica és un element clau del canvi de model energètic. Com argumenta **A. Aranda** en el seu article, l'eficiència s'ha d'integrar a un concepte més ampli d'ecoeficiència, que té en compte tant els consums directes (energia final) com els consums indirectes (energia incorporada als productes i serveis, en el transport, els materials o l'aigua). El plantejament d'un model energètic ecoeficient ha de preveure accions en quatre àmbits complementaris: i) productes: eficiència del producte en tot el cicle de vida, des de les matèries primeres fins a l'ús en la seva vida útil i els residus al final; ii) processos: aplicació de noves tecnologies i tècniques de fabricació, millora en la gestió dels recursos; iii) procediments: validació de metodologies i procediments per tal que les millors tècniques disponibles siguin accessibles a tots els agents interessats; i iv) promoció i difusió de mesures per obtenir el màxim efecte multiplicador possible. En definitiva, es tracta de minimitzar els recursos consumits i els residus generats amb el doble objectiu de reduir l'impacte sobre el medi ambient i

de reduir els costos d'explotació de les empreses. D'altra banda, la millora de les tecnologies de les energies renovables i la disminució dels costos permetran reduir el cost energètic de les empreses industrials i, per tant, millorar-ne la competitivitat. L'aprofitament energètic dels residus de tipus orgànic (biomassa residual) o les aplicacions de la solar tèrmica de baixa temperatura en les empreses del sector agroalimentari són, actualment, els dos aprofitaments més típics en la indústria.

El sector de l'edificació és un dels grans consumidors d'energia, encara més quan es té en compte l'energia emmagatzemada als materials i al procés de construcció, que les estadístiques imputen als sectors de la indústria i el transport, com destaca **X. García Casals** al seu article. A la UE, es quantifica que el pes del sector edificació, tenint en compte tots aquests elements, se situaria al voltant del 40%. En els darrers anys, a Espanya s'han fet avenços en la regulació energètica dels edificis nous amb el Codi tècnic de l'edificació i la certificació energètica dels edificis. Però, com assenyala l'autor, aquests són mecanismes de resposta lenta i que ara per ara únicament afecten el parc d'edificis nous, cosa que limita els avenços del sector edificació cap a la seva descarbonització i eficiència energètica. En aquest àmbit encara hi ha molta feina per fer i caldria tenir en compte models d'altres països que tenen resultats molt més visibles, com el Regne Unit, a la vegada que cal potenciar l'aprofitament de l'enorme potencial d'estalvi i eficiència que ofereix l'enginyeria bioclimàtica.

El monogràfic es tanca amb un dossier amb aportacions d'empreses representatives del sector de les renovables.

J.M. González, president de l'Associació de Productors d'Energies Renovables, analitza el rol de les energies renovables en el marc de la Directiva europea 2009/28/CE. El suport del sector públic a les energies netes i el fort increment del seu pes en la combinació energètica han desencadenat una campanya per part de les empreses d'energia no renovable, que veuen amenaçades la rendibilitat de les seves inversions. És innegable que el sector de les energies renovables rep primes quantioses; aquestes primes, però, com assenyala l'autor, no són només una forma de donar suport a les tecnologies emergents, sinó també de reconèixer uns costos en què les energies renovables no incorren i les altres sí (efecte sobre el canvi climàtic, cost de les malalties respiratòries per la contaminació, dependència energètica, etc.). Segons l'autor, el 2008 les renovables van rebre 2.605 milions d'euros en primes, però van estalviar importacions de combustibles fòssils per valor de 2.725 milions d'euros, van evitar emissions de CO_2 per valor de 499 milions d'euros, i la presència de renovables va permetre reduir el preu al mercat a l'engròs d'electricitat en 4.919 milions d'euros.

J.M. Font, de l'empresa COMSA EMTE, dóna en el seu article una visió de les perspectives i aplicacions a Catalunya de les energies renovables, i destaca la necessitat d'un nou model energètic. Les energies renovables representen encara un percentatge molt petit de la generació elèctrica a Catalunya (1,2%) i per incrementar de manera real i efectiva el seu pes en la combinació energètica cal una aposta clara i eficaç del Govern, que aporti seguretat jurídica i un marc de transparència i certesa que retingui els promotors catalans i atregui l'inversor estranger. L'aprovació del Decret que regula els procediments administratius aplicables a la implantació de parcs eòlics i instal·lacions fotovoltaiques és un pas endavant, que obra una porta a la situació de paràlisi en què es trobava l'energia eòlica i fotovoltaica a Catalunya. D'altra banda, les traves administratives a què s'enfronten els promotors d'energies renovables són moltes, i cal sumar-hi la incertesa que genera la modificació de la normativa aplicable en relació amb les primes, que dificulta les inversions en projectes eòlics i termosolars perquè els inversors, a l'hora de decidir la inversió, desconeixen quina en serà la retribució (més enllà del preu de mercat).

A. Faubel, de l'empresa Alstom Wind, analitza els reptes i les oportunitats de l'energia eòlica a Catalunya. Destaca l'important increment que ha tingut lloc el 2009 de l'energia eòlica instal·lada a Catalunya (25,1%), superior al del conjunt de l'Estat (14,7%), si bé sensiblement inferior al d'Andalusia (61,1%) o la

Comunitat Valenciana (41,6%). Cal tenir en compte, però, que Catalunya representa únicament el 2,7% de la potència instal·lada a Espanya i es troba, per tant, molt lluny de les primeres posicions del rànquing per comunitats autònomes, encapçalat per Castella i Lleó, Castella-la Manxa, Galícia i Andalusia. A Catalunya el sector ha acollit molt satisfactòriament la publicació de les zones de desenvolupament prioritari de l'energia eòlica, que aportarien més de 800 MW addicionals a Catalunya (enfront dels 524,5 MW actuals). Catalunya, com assenyala el representant de l'empresa Alstom Wind, disposa dels ingredients necessaris per impulsar de manera decidida l'energia eòlica i situar-la com la font energètica del futur, atès que compta amb una indústria líder en el sector, amb professionals altament qualificats i amb centres d'R+D+I.

M. Gummà, de l'empresa Abantia, analitza el present i el futur de l'energia solar termoelèctrica a Catalunya. Catalunya se situa a la cua de les comunitats autònomes. De les plantes solars termoelèctriques inscrites en el registre de preassignació del Ministeri (requisit imprescindible per tenir garantida la prima de venda) únicament hi ha un projecte a Catalunya: la planta solar termoelèctrica que s'instal·larà al municipi de les Borges Blanques, que representa un 0,96% dels MW totals inscrits. Entre les causes que expliquen el poc pes de Catalunya es poden destacar uns índexs de radiació solar directa inferiors a d'altres regions espanyoles (amb excepció de la plana de Lleida); la gran complexitat i durada en el procés de tramitació administrativa d'aquest tipus d'instal·lacions a Catalunya, per comparació a d'altres regions de l'Estat; i l'estructura de propietat del sòl, amb una gran quantitat de propietaris d'extensions petites de terreny, que dificulta disposar de terrenys amb la dimensió requerida per tirar endavant els projectes.

C. Vilaseca, president de l'Associació de productors de pèl·lets de fusta de l'Estat espanyol (Apropellets), exposa en el seu article que a Catalunya, un país de boscos (el 35% de la seva massa és forestal), es troba a faltar una gestió dels boscos que permeti un aprofitament energètic i econòmic de la biomassa forestal, un recurs tan preuat en altres parts del planeta i tan poc valorat a casa nostra. A més de generar una gran quantitat de llocs de treball en zones rurals, la biomassa aporta una solució al tractament de residus biològics (purins, residus vegetals, fracció orgànica dels residus urbans, etc.), mentre que l'aprofitament econòmic de la biomassa acumulada als boscos contribueix a la reducció del risc d'incendis forestals. **R. Trullols**, alcalde de Talavera, exposa l'exemple de la planta de biomassa en aquest municipi.

J. Salmerón, de l'empresa Wind to Market, una empresa especialitzada en la comercialització d'energia eòlica al mercat majorista d'electricitat, exposa al seu article el sistema mitjançant el qual les instal·lacions eòliques, caracteritzades per les fortes fluctuacions de la producció, s'han incorporat al mercat de producció d'electricitat. El traspàs de la gestió de les vendes a empreses comercialitzadores i, més concretament, la combinació de models meteorològics i estadístics amb la constitució de carteres amb diverses plantes de generació que permeten gestionar les desviacions de les prediccions de manera agregada (l'error total és més petit que la suma dels errors individuals), ha permès millorar la predicció de la producció d'energia eòlica al mercat i disminuir les penalitzacions per desviació de les previsions.

Present i futur de les energies renovables a Espanya

Pedro L. Marín Uribe
Secretari d'Estat d'Energia

1 Introducció

Les energies renovables han assolit a Espanya un èxit sense precedents en la nostra història de creixement industrial, afavorides per un marc de suport favorable que va rebre un impuls decisiu a partir de l'any 2004, quan els desequilibris acumulats pel model energètic durant els anys anteriors van fer evident la necessitat de promoure-hi un canvi estructural.

Una vegada consolidat aquest èxit, el sector afronta nous reptes per desenvolupar-lo durant els pròxims anys, majoritàriament relacionats precisament amb la gestió dels èxits assolits.

2 La situació el 2004

La política energètica d'un país, com la resta de les polítiques, ve determinada sobretot per les condicions inicials.

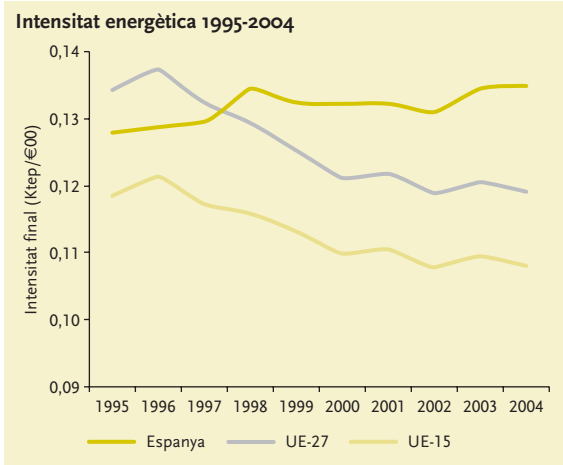
El 2004, la situació del sector energètic venia determinada per un conjunt de factors naturals, com la disponibilitat de fonts energètiques primàries o l'orografia del país, que imposa restriccions al desenvolupament de les xarxes de transport. A més, s'havien convertit en estructurals les condicions creades per les decisions polítiques del passat; per exemple, la insuficiència tarifària era un element estructural del sistema energètic espanyol a causa de la decisió política de mantenir els preus energètics artificialment baixos, mitjançant un mecanisme anomenat "dèficit de tarifa", que consistia a traslladar als consumidors del futur part de la factura dels consumidors del present, fet que provocava una distorsió en els preus que impedia la internalització pels agents del cost de l'energia i afavoria el malbaratament energètic.

Finalment, el sector energètic no era aliè als corrents dels mercats internacionals. Per exemple, des de l'any 2002 va tenir lloc un intens procés d'instal·lació de centrals de cicle combinat, afavorit pels reduïts costos fixos que tenien, per les emissions relatives de CO_2 inferiors i per l'evolució del preu del gas natural, si es compara amb altres fonts energètiques.

La combinació dels elements anteriors donava lloc a una situació que es pot caracteritzar mitjançant tres trets fonamentals:

- *Ineficiència*. Per produir una mateixa unitat de PIB, Espanya consumia molta més energia que la mitjana dels països europeus, fins i tot dels que ja tenien una estructura industrial i productiva i un grau de desenvolupament econòmic similar. Això implicava més vulnerabilitat de l'economia espanyola davant les oscil·lacions dels preus energètics. Per això, quan a partir de 2002 va tenir lloc un increment sincronitzat de les principals matèries primeres energètiques, conegut com a "supercicle de les *commodities*", aquest increment va tenir un major efecte inflacionari en l'economia espanyola, que presentava una estructura més intensiva en energia. En definitiva, aquesta ineficiència suposava una pèrdua de competitivitat en preus per a l'estructura productiva en conjunt. Encara més preocupant era que al 2004 no solament era pitjor la nostra situació, sinó també la nostra tendència. Des de 1996, la resta de països europeus havien emprès seriosos esforços d'estalvi i millora de l'eficiència energètica, i havien aconseguit reduir la seva intensitat energètica, és a dir, el consum energètic per unitat produïda. En canvi, la trajectòria seguida per Espanya durant aquest període havia estat la contrària. Com a resultat, Espanya, que el 1996 era un 6% més eficient que la mitjana europea, va esdevenir un 13% més ineficient el 2004, vuit anys més tard, com s'observa al gràfic 1.
- *Elevada dependència*. La taxa de dependència energètica espanyola el 2004 va assolir el seu valor màxim històric des que es té registre de les sèries, el 76,7%, sent, a més, una de les més altes de la UE. L'elevada dependència ens situava en una posició de debilitat relativa, ja que més dependència significa més risc d'interrupció del subministrament energètic. Els talls en el subministrament de gas natural a l'est d'Europa durant els últims anys han fet evident que aquesta hipòtesi no és una ficció, i posa de manifest el risc associat a l'excessiva concentració de les fonts de subministrament. La dependència té un segon efecte negatiu: introdueix una font de volatilitat de preus addicional sobre els processos productius. La porta d'entrada a Espanya a les matèries primeres energètiques és oberta gairebé un 80%. Per això, les oscil·lacions en els preus del petroli o el gas natural als mercats internacionals es traslladen en una proporció molt alta a l'estructura productiva espanyola.
- *Elevades emissions de gasos d'efecte d'hivernacle*. L'any 2004 les emissions de gasos totals de l'economia espanyola se situaven més d'un 50% per sobre dels valors de 1990, davant d'un increment màxim assumit en el protocol de Kyoto del 15%. Només les emissions del sector energètic l'any 2004 superaven els valors establerts en el protocol de Kyoto per al conjunt de l'economia espanyola, com s'observa al gràfic 3.

Gràfic 1

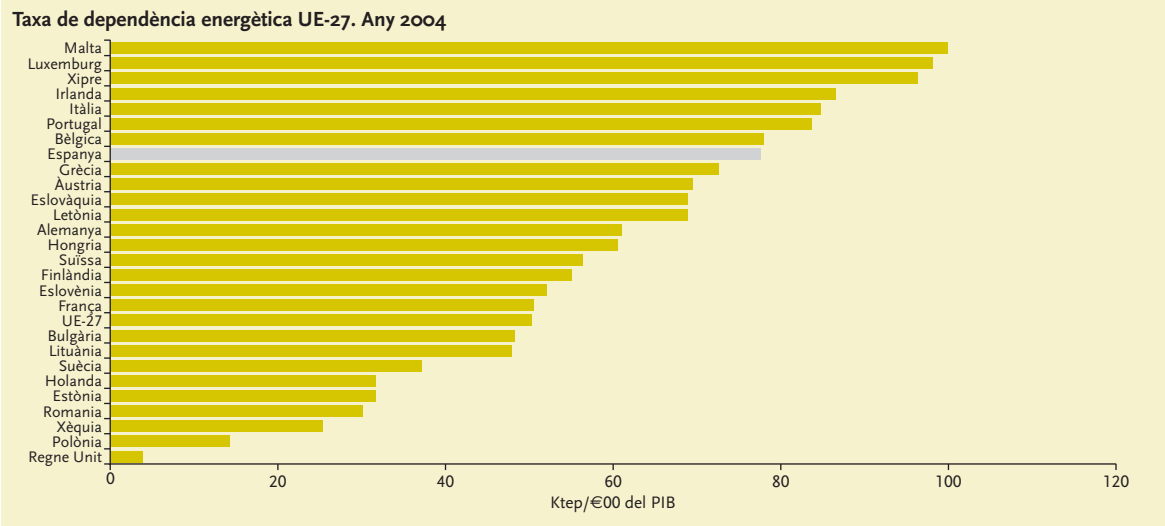


Font: Secretaria d'Estat i Energia.

3 La política energètica a partir de 2004

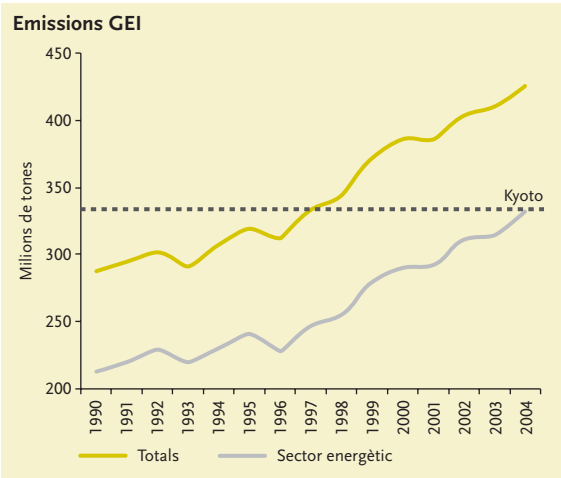
El 2004 es van posar en marxa diversos instruments per tractar de fer front als reptes assenyalats, que es

Gràfic 2



Font: Secretaria d'Estat i Energia.

Gràfic 3



Font: Secretaria d'Estat i Energia.

van reforçar a partir de 2008. Breument, els principals instruments utilitzats han estat la liberalització dels mercats, el desenvolupament de les infraestructures, la promoció de l'estalvi i l'eficiència energètica, i el desenvolupament de les energies renovables, que pròpiament constitueix l'objecte d'aquest article.

Liberalització i transparència dels mercats. En una economia de mercat, el senyal més complet que reben els agents per adoptar decisions és els preus. Per tant, cal que els preus reflecteixin de manera fidel els costos de producció i no estiguin contaminats per factors aliens. En aquest sentit, un objectiu prioritari del Govern durant els últims anys ha estat que els preus reflecteixin de manera transparent el cost de l'energia, amb l'objectiu que les decisions de consumidors i empreses s'adoptin amb la màxima informació possible. Per això, s'han eliminat o s'han extret progressivament dels preus energètics tots els components que els contaminaven, com ara el dèficit anomenat tarifari, artifici que afavoria el malbaratament d'electricitat i suposava una pesada llosa sobre la factura dels consumidors futurs, el finançament de les activitats del Pla general de residus radioactius o el cost extra dels sistemes extrapeninsulars. Alhora, s'han establert les bases perquè en el futur els preus responguin exclusivament a la interacció de l'oferta i la demanda, mitjançant la liberalització dels mercats elèctric i del gas. En tot aquest procés, el Govern ha tingut sempre present la necessitat de protegir els consumidors més vulnerables, mitjançant la creació del "bo social", i de preservar els

consumidors domèstics de la volatilitat dels preus mitjançant la creació de la "tarifa d'últim recurs", la formació de la qual respon a un mecanisme transparent.

Desenvolupament de les infraestructures energètiques. En el període 2000-2004 la inversió en infraestructures de transport va arribar als 630 milions d'euros anuals, en el període 2004-2008 es va incrementar fins als 970 milions d'euros, i en el període 2008-2012 assolirà els 1.400 milions d'euros anuals. Gràcies a aquestes inversions s'ha reforçat la seguretat i s'han diversificat les fonts del subministrament energètic, mitjançant la millora dels índexs de cobertura, la modernització de les xarxes, el desenvolupament de les plantes de regasificació, dels emmagatzemaments de GNL i dels emmagatzemaments de reserves estratègiques de productes petrolífers. Un capítol especial mereixen les connexions internacionals, el desenvolupament de les quals es produirà durant els pròxims anys, al sector elèctric amb l'increment de les interconnexions amb França i Portugal, i al sector del gas a través de França i amb l'entrada en funcionament del gasoducte de Medgaz, la qual cosa permetrà una gestió més eficient de la nostra producció, contribuirà a la integració de la generació renovable en hores vall i, alhora, reforçarà la nostra seguretat de subministrament en les hores punta.

Estalvi i eficiència energètica. L'eficiència energètica té un valor net positiu des del primer moment en què es posa en marxa, ja que implica consumir menys energia per produir el mateix, gràcies a les millores en els patrons de consum o en els mètodes productius.

Per aquest motiu, es van adoptar polítiques decidides, a través de l'aprovació dels plans d'acció 2004-2008 i 2008-2012, i posteriorment, del Pla d'activació 2008-2011, que reforçava els anteriors. Aquest últim contenia trenta-una mesures agrupades en tres línies estratègiques: mobilitat, edificació i sostenibilitat energètica. Les mesures incloses destacaven pel seu caràcter específic, amb una definició precisa dels objectius i dels destinataris. Per exemple, millorar l'eficiència energètica en l'enllumenat exterior o el compromís de reduir un 20% el consum energètic de 330 edificis de l'Administració general de l'Estat mitjançant la contractació amb empreses de serveis energètics. Aquestes mesures han demostrat que tenen un doble valor: d'una banda, l'estalvi energètic que generen; d'una altra, l'exemple que donen, que afavoreix la conscienciació social i la generalització dels esforços en matèria d'estalvi i eficiència.

Gràcies a l'efecte combinat d'aquestes mesures, des de 2004 s'observa un canvi de tendència. Així, al final de l'exercici 2009, la intensitat energètica s'havia reduït un 13%, i per primera vegada en les últimes dècades s'iniciava el camí de la convergència cap als valors mitjans de la Unió Europea.

4 Les energies renovables

L'altra gran aposta durant els últims anys, que mereix una secció a part, ha estat el desenvolupament de les energies renovables. Les energies renovables tenen molts efectes positius sobre el conjunt de l'economia; per exemple, la sostenibilitat de les fonts, la reducció en les emissions contaminants, el canvi tecnològic, la possibilitat d'avançar cap a formes d'energia més distribuïda, la reducció de la dependència energètica i del dèficit de la balança comercial, l'augment del nivell d'ocupació i el desenvolupament rural.

Com a contrapartida, les energies renovables presenten alguns inconvenients: tenen més cost econòmic, que tendeix a remetre en el temps gràcies al desplaçament de les tecnologies al llarg de les corbes d'aprenentatge, una predictibilitat limitada i una possibilitat de gestió molt escassa. No obstant això, aquestes últimes dificultats es poden superar gràcies als avenços en la gestió del sistema, a la utilització de tècniques d'emmagatzemament com el bombament, o al desenvolupament d'instal·lacions renovables amb capacitat d'emmagatzemament, com les plantes d'energia solar d'alta concentració. Amb

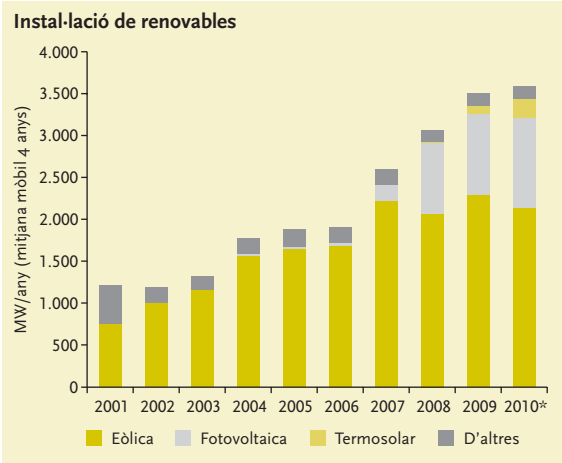
aquest objectiu, s'ha afavorit una combinació energètica diversificada, i s'ha promocionat al costat de les tecnologies més madures, com l'eòlica, altres tecnologies com les solars, la qual cosa permetrà un millor funcionament del sistema en el seu conjunt.

En general, les anàlisis realitzades per al sistema espanyol indiquen que els beneficis de les energies renovables són elevats i estables. Els majors costos, com s'ha indicat, són limitats i tendeixen a disminuir amb el temps. Si comparem els uns amb els altres, els beneficis futurs en conjunt superen àmpliament els costos presents i justifiquen el marc regulador de suport a les energies renovables.

Aquest marc regulador, en el cas espanyol, s'estructura principalment a través d'un mecanisme conegut com *feed-in tariffs*. El seu funcionament consisteix a garantir el cobrament d'un preu per tecnologia superior al de mercat. El finançament d'aquest sobrepreu es fa a través de la pròpia tarifa elèctrica. No es tracta d'un sistema clàssic de subvenció directa als productors, sinó que el cost es reparteix entre els productors amb energies convencionals i els consumidors. De fet, com a resultat de la priorització de l'entrada en el sistema de l'electricitat d'origen renovable, el preu que reben els productors convencionals és menor. Només en la part que no queda coberta els consumidors financen els productors renovables.

Com ha reconegut la Comissió Europea en la seva publicació SEC (2008), els resultats del model espanyol constitueixen un exemple d'èxit en el disseny de les polítiques de promoció de les renovables. El resultat principal és el volum assolit per les energies renovables elèctriques, en què han consolidat una posició estructural. Per això, la instal·lació de potència elèctrica renovable ha seguit un camí ascendent en els últims anys. Si a la legislatura 2000-2004 es va instal·lar una mitjana anual per a les principals tecnologies renovables de 1.316 MW de potència, a la legislatura 2004-2008 aquesta xifra va arribar als 2.586 MW, i en l'actual legislatura aquesta xifra se situarà per sobre dels 3.300 MW, malgrat que en el període 2000-2008 el creixement anual de la demanda elèctrica es va situar per sobre del que ho farà en el període 2008-2012, segons les previsions actuals. A més, durant els últims anys, s'ha diversificat l'aposta per les energies renovables, i a les tecnologies més avançades com l'eòlica s'hi han sumat les tecnologies solars, com s'observa al gràfic 4.

Gràfic 4



* Dades estimades per al 2010.
Font: Secretaria d'Estat i Energia.

Els efectes d'aquest esforç s'han traduït en un paper creixent de les energies renovables a la matriu energètica espanyola. Durant el 2009, les tecnologies renovables van suposar un 25% de la generació elèctrica total, i en destaca la generació eòlica, que ella sola en va representar un 12,7%. Així mateix, les energies renovables van suposar un 12,3% de l'energia final consumida a Espanya.

Les energies renovables ja són la segona font energètica primària utilitzada en la generació elèctrica, tan sols per darrere del gas natural (37,2%), i ha superat la participació que tenen tant la generació nuclear (17,8%) com el carbó (12,6%).

Un cop superada aquesta primera fase, ara se n'inicia una segona, de consolidació i desenvolupament de les energies renovables, fins que s'assoleixin els objectius assumits per Espanya per a l'any 2020. Aquesta nova fase presenta elements diferents, tant en l'estructura com en la conducta dels agents. Les energies renovables ja no són un element minoritari

en el sistema, sinó un element que el defineix. Per això, els agents actuen en conseqüència i els efectes sobre el conjunt del sistema s'amplifiquen.

L'avantprojecte de llei d'economia sostenible avança alguns dels elements dels marcs de suport a les energies renovables que han de ser presents per garantir-ne la sostenibilitat del creixement futur. Breument, són els següents:

- Estabilitat, mitjançant la garantia d'un retorn de les inversions que incentivi un volum d'instal·lació compatible amb els objectius establerts en els plans d'energies renovables.
- Flexibilitat, que permeti incorporar ràpidament als marcs de suport l'evolució de les corbes d'aprenentatge i les millores tecnològiques.
- Progressiva internalització dels costos que assumeix el sistema energètic per garantir la suficiència i l'estabilitat en el subministrament.
- Prioritzar la incorporació de les instal·lacions que incorporin innovacions tecnològiques, que optimitzin l'eficiència de la producció, el transport i la distribució, que aportin més capacitat de gestió als sistemes energètics i que redueixin les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle.

5 Conclusions

L'energia té un paper central en els processos productius i per això ha tingut històricament un protagonisme destacat en les fases de recuperació econòmica. La demanda energètica sovint s'utilitza com a indicador avançat de l'evolució del PIB, ja que els repunts o les caigudes anticipen un comportament semblant de l'activitat econòmica en general.

En els últims anys s'ha dut a terme un canvi important en el model energètic i els efectes han estat immediats: el model energètic espanyol ara és menys dependent, més eficient i menys contaminant. Des de 2004 la dependència energètica s'ha reduït en més de 2 p.p. i la intensitat energètica de l'economia espanyola, com ja s'ha assenyalat, s'ha reduït un 13%. A més, tot això s'ha aconseguit amb una combinació energètica molt més neta: les emissions a l'atmosfera procedents del sector energètic s'han reduït en 60 milions de tones en el mateix període. Els principals esforços provenen del sector elèctric, on les emissions de CO_2 per cada GWh produït s'han reduït aproximadament un 30%, mentre que en la resta de sectors energètics s'han reduït de mitjana un 10%.

El canvi de model energètic era necessari per corregir les debilitats i els desequilibris acumulats en el passat. No obstant això, cal continuar aprofundint en aquestes línies d'actuació per abordar amb èxit el canvi tecnològic i dels models productius (com l'aplicació de les tecnologies de la comunicació i la informació a la gestió de la demanda energètica) a què ens enfrontarem en els propers anys per, d'aquesta manera, situar-nos en l'avantguarda internacional.

Dins del paper central que l'energia manté en els processos productius, les fonts renovables han assolit, al seu torn, una participació destacada a la matriu energètica espanyola, que encara tindrà més rellevància durant els pròxims anys, per l'objectiu assumit per part d'Espanya en què un 20% del consum d'energia final procedirà de fonts renovables al 2020.

Però és necessari que els agents adaptin els seus plantejaments als èxits i a la posició assolida. El sector de les energies renovables no pot quedar ancorat en el model de creixement dels anys anteriors, característic de les fases inicials de desenvolupament, fonamentalment perquè fer-ho aniria en contra dels seus propis interessos.

Una vegada assolit l'actual nivell de maduració, l'objectiu del sector de les energies renovables ha de ser el d'avançar cap a un model de creixement sostingut, que eviti els vaivens propis de les fases inicials de desenvolupament, que incentivi la innovació tecnològica i que permeti la reducció dels costos fins a assolir la competitivitat, que és la millor salvaguarda d'estabilitat i creixement futur, que afavoreixi la seva integració en el sistema, avançant en el descobriment

de nous espais i nínxols de demanda mitjançant l'electrificació de més activitats, com la mobilitat amb el desenvolupament del vehicle elèctric.

En definitiva, el sector de les renovables a Espanya constitueix un exemple internacional d'èxit, que ha consolidat una indústria capdavantera al nostre país i que ha contribuït de manera decisiva a millorar l'equilibri del nostre model energètic. L'aposta i el compromís del Govern és aprofundir en les polítiques dutes a terme, i incrementar progressivament la participació de les energies renovables fins al compliment dels objectius per a 2020.

La col·laboració i coordinació amb el sector privat i amb el conjunt de les administracions és un requisit absolutament necessari perquè aquests objectius no solament esdevinguin una realitat, sinó que consolidin els avenços i els èxits aconseguits fins a l'actualitat.

L'actual cruïlla energètica i el paper de l'eficiència i les renovables

Mariano Marzo
Universitat de Barcelona

1 Introducció

En les pròximes dues dècades el món s'enfronta al desafiament d'un creixement econòmic i demogràfic que requerirà un augment del consum energètic, molt especialment dels combustibles fòssils. Davant d'aquest panorama, aquest article es planteja una sèrie de qüestions de gran calat i transcendència: quines inversions es requereixen per assegurar el creixement de la demanda?, quin serà l'impacte mediambiental de la combustió massiva de petroli, gas i carbó?, quina serà la factura que hauran de pagar els països no productors de petroli i gas en concepte d'importacions?, és possible alleugerir la pobresa energètica global? i a quins riscos s'enfronta el món a l'hora d'assegurar que la futura producció de petroli i gas s'adeqüi a la demanda creixent? Després de contestar aquestes preguntes i constatar que l'actual senda energètica condueix a un futur clarament insostenible, l'article conclou amb una sèrie de reflexions a propòsit de què hem de fer.

2 Previsions sobre la demanda energètica global en un escenari tendencial o de *business as usual*

L'escenari de referència del World Energy Outlook 2009 (WEO 2009) de l'Agència Internacional de l'Energia[1] (AIE) preveu que la demanda mundial d'energia primària augmentarà un 40% durant el

1. L'Agència Internacional de l'Energia (AIE), amb seu a París, és un organisme autònom, fundat el 1974 com a conseqüència del xoc petrolier de 1973 dins del marc de l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OCDE). El seu objectiu és dissenyar i portar a la pràctica un programa energètic internacional. L'AIE està integrada pels països següents: Alemanya, Austràlia, Àustria, Bèlgica, Canadà, Corea del Sud, Dinamarca, Espanya, els Estats Units d'Amèrica, Finlàndia, França, Grècia, Hongria, Irlanda, Islàndia, Itàlia, el Japó, Luxemburg, Nova Zelanda, Noruega, Països Baixos, Polònia, Portugal, el Regne Unit, la República Txeca, la República Eslovaca, Suècia, Suïssa i Turquia. La Comissió Europea també participa en els treballs de l'AIE.

període 2007-2030, de manera que passarà de 12.000 a 16.800 milions de tones equivalents de petroli, la qual cosa implica una taxa mitjana anual de creixement de l'1,5%.

Aquest pronòstic sobre la demanda es basa en les hipòtesis de partida següents:

a. El ritme mitjà de creixement demogràfic mundial serà de l'1%, de manera que la població passarà de 6.600 milions d'habitants el 2007 a 8.200 milions el 2030 (la taxa mitjana anual de creixement durant el període 1990-2006 va ser de l'1,3%).
b. Durant el període 2007-2030 el producte interior brut (PIB) mundial creixerà a una mitjana anual del 3,1% (la mitjana entre 1990 i 2006 va ser del 3,2%).
c. El preu mitjà del barril de petroli importat pels països de l'OCDE se situarà, en termes nominals, al voltant dels 100 dòlars el 2015, per assolir el 2030 un valor pròxim als 200 dòlars (uns 115 dòlars reals del 2008).
d. En relació amb el desenvolupament tecnològic, s'assumeix que durant el període 2007-2030 es produiran avenços tecnològics, particularment en el camp de l'eficiència, però aquests avenços seran incrementals més que revolucionaris. No s'espera que abans del 2030 es produeixi el desplegament a gran escala de noves tecnologies diferents a les actualment en ús, tant en l'àmbit de l'oferta com en el de la demanda. Les quatre úniques tecnologies que podrien assolir un grau important de penetració a partir del 2020 són la captura i segrest del carboni, la generació d'electricitat a partir de l'energia solar de concentració, els vehicles elèctrics i híbrids "endollables" i els biocombustibles de segona generació.

2.1
La nova geografia de la demanda

Des del punt de vista geogràfic, l'escenari de referència del WEO 2009 considera que els països que no pertanyen a l'OCDE[2] absorbiran el 90% de l'increment de la demanda mundial d'energia primària projectat per al període 2007-2030. Dins d'aquest grup de països destaquen la Xina, l'Índia i els de la regió d'Orient Mitjà, que comptabilitzaran una quota de l'augment total del 39,6%, 14,8% i 10,3%, respectivament.

Segons la font citada, la taxa de creixement de la demanda per al conjunt de països que no formen part de l'OCDE assolirà un 2,3% anual de mitjana, davant el 0,2% de l'OCDE. Com a resultat, el 2030, els països aliens a l'OCDE passaran a representar el 63% del total de la demanda global d'energia primària, davant el 52% el 2007.

2.2
Els combustibles fòssils no perden protagonisme

Pel que fa a la demanda d'energies primàries, l'escenari de referència de l'AIE considera que el 2030 els combustibles fòssils representaran el 80% del mix global, davant el 82% del 2007. La biomassa (incloent tant la tradicional com la comercial moderna) assolirà el 10%, mentre que la nuclear se situarà entorn del 6% i les renovables, al voltant del 4%; la hidràulica acapararà la meitat d'aquest percentatge. Carbó, petroli i gas hauran de cobrir el 75% de l'augment de la demanda global d'energia primària projectat per al període 2007-2030.

2.2.1
Carbó

Entre els combustibles fòssils, el carbó serà el que experimentarà una taxa mitjana de creixement més ràpida, propera a l'1,9% anual, de manera que la seva quota sobre el total de la demanda mundial d'energia primària passarà d'un 27% el 2007 a un 29% el 2030.

2. La llista de països pertanyents a l'OCDE és la mateixa que la dels països integrats a l'Agència Internacional de l'Energia (vegeu la nota a peu de pàgina anterior).

Les previsions indiquen que la Xina comptabilitzarà el 65% de l'augment de la demanda esmentada entre el 2007 i el 2030, seguida per l'Índia amb un 20%. Segons l'AIE, a finals del període citat els països que no pertanyen a l'OCDE comptabilitzaran més del 77% de la demanda global de carbó, d'aquest increment la Xina i l'Índia representaran el 49% i el 12%, respectivament, del total global, seguits pels Estats Units d'Amèrica, que acumularà un percentatge lleugerament inferior al de l'Índia. El 2030, l'ús del carbó a la Unió Europea amb prou feines representarà el 4,8% del total mundial.

L'escenari de referència del WEO 2009 preveu que prop del 75% de l'augment del consum mundial de carbó previst durant el període 2007-2030 serà atribuïble al sector elèctric.

Pel que fa als preus, l'escenari esmentat assumeix que després d'assolir el rècord de 121 dòlars en la primera meitat del 2008 i situar-se al voltant dels 90 dòlars a mitjan 2009, la tona del carbó utilitzat per a la generació d'electricitat (*steam coal*) experimentarà un encariment gradual en termes reals, fins a assolir els 100 dòlars el 2020, per després arribar als 110 dòlars el 2030. En qualsevol cas, l'informe de l'AIE considera que la introducció d'una taxa sobre les emissions de CO_2 així com l'enduriment de les regulacions mediambientals podrien rebaixar la demanda i el preu d'aquest combustible.

2.2.2
Petroli

El WEO 2009 afirma que en el transcurs de les pròximes dues dècades el petroli continuarà sent el combustible fòssil més usat, encara que la seva participació en la combinació energètica global caurà d'un 34% el 2007 a un 30% el 2030.

Les projeccions de l'escenari de referència assenyalen que l'augment de la demanda mundial de petroli, xifrat en uns 20 milions de barrils diaris (Mbd) per al període 2008-2030 (excloent els biocarburants), provindrà en la seva totalitat de països no pertanyents a l'OCDE. La contribució de la Xina a l'augment esmentat se situarà al voltant del 42%, mentre que la de l'Índia rondarà el 19%. Una altra dada d'importància és que la participació de l'Orient Mitjà en l'increment de la demanda mundial de petroli serà del 18%, el tercer percentatge més alt després de l'Índia. Al contrari, els pronòstics per a l'OCDE assenyalen una caiguda de l'ús del petroli de 43,2 a 40,1 Mbd durant el període 2008-2030. En conjunt, a escala global la demanda de petroli durant el període citat creixerà a un ritme de l'1% anual de mitjana, de manera que passarà de prop de 85 Mbd a 105 Mbd.

L'AIE identifica el sector del transport com el responsable del 97% de l'augment esmentat. L'aportació dels biocarburants al transport s'incrementarà dels 0,8 Mbd el 2008 als 2,7 Mbd el 2030.

2.2.3
Gas natural

Pel que fa a la demanda de gas natural, l'escenari de referència que venim comentant preveu que augmentarà a un ritme de l'1,5% anual de mitjana, encara que la quota del gas sobre el total de l'energia primària consumida al món es mantindrà sense canvis entorn del 21%.

El WEO 2009 pronostica que durant el període 2007-2030, l'Orient Mitjà absorbirà aproximadament el 24% de l'increment global en la demanda de gas, cosa que situarà la regió al tercer lloc del rànquing mundial de consumidors d'aquest hidrocarbur, després dels Estats Units i la Unió Europea. Altres països que experimentaran un important augment del consum seran la Xina i l'Índia, que comptabilitzaran, respectivament, prop del 13% i el 7% de l'augment de la demanda global.

Les previsions apunten que el 45% de l'increment mundial del consum de gas natural es dedicarà a la generació d'electricitat en plantes de cicle combinat.

Pel que fa als preus del gas natural, molt lligats als del petroli a Europa i a la regió d'Àsia-Pacífic, el WEO 2009 considera que, després de la pujada experimentada fins a mitjan 2008, assistirem a una suau caiguda fins a finals de l'any 2009, per posteriorment

mantenir-se relativament estables, abans d'iniciar una suau remuntada a partir del 2015.

A Amèrica del Nord les expectatives són que els preus del petroli i el gas mostrin una trajectòria cada vegada més independent, a causa de la producció creixent de gas a partir de recursos no convencionals. En qualsevol cas, en aquesta última regió també s'espera un augment moderat dels preus a llarg termini. A Europa i a la regió d'Àsia-Pacífic l'escenari de referència del WEO 2009 preveu que la relació entre els preus del gas natural i del petroli (estimada en termes d'equivalència energètica) se situarà en una banda compresa entre 0,6 i 0,8, mentre que a Amèrica del Nord l'esmentada relació se situarà entre 0,4 i una mica més de 0,5.

2.3
La generació d'electricitat. El paper de les renovables i la nuclear

L'informe de l'AIE preveu en el seu escenari de referència que la demanda mundial d'electricitat creixi a un ritme mitjà anual proper al 2,5%, amb un 80% de l'esmentat augment concentrat en països que no pertanyen a l'OCDE.

En particular, es preveu que la Xina tripliqui la seva demanda durant el període 2007-2030, de manera que a partir del 2015 aquest país s'haurà convertit ja en el major consumidor mundial, per quinze anys després, el 2030, duplicar el de la Unió Europea, que ocuparà el tercer lloc del ànquing mundial després dels Estats Units.

L'escenari de referència del WEO 2009 considera que el carbó continuarà constituint l'espina dorsal del sistema de generació elèctrica global i que la seva participació en el sistema esmentat passarà del 42% el 2007 al 44% el 2030.

D'altra banda, durant el mateix període, la quota de les renovables en la combinació de generació elèctrica mundial augmentarà d'un 18% a un 22%, i la major part del creixement esmentat correspondrà a les renovables no hidràuliques (especialment l'eòlica i la solar, per aquest ordre), que veuran augmentar la seva participació d'un 2,5% a un 8,6%, mentre que la de la hidràulica caurà d'un 16% a un 14%.

Les previsions de l'AIE són que la producció d'electricitat a partir de l'energia nuclear creixi a totes les regions, a excepció d'Europa, encara que el seu percentatge de participació en la combinació de generació elèctrica global caurà d'un 14% el 2007 a un 11% el 2030.

El percentatge del gas natural en l'esmentada combinació es mantindrà estable entorn del 21%, mentre que l'ús dels derivats del petroli, actualment marginal a molts països, caurà al 2%.

3
Inversions necessàries i riscos derivats de l'actual conjuntura de crisi

L'AIE estima que cobrir la demanda mundial d'energia prevista en l'escenari de referència del WEO 2009 requerirà inversions acumulades de 26 bilions de dòlars (del 2008) entre el 2008 i el 2030. De mitjana, aquesta xifra equival a una inversió anual d'1,1 bilions, o a l'1,4% del PIB global.

Del total citat, 13,7 bilions (el 53%) correspondran al sector de generació d'electricitat, mentre que els sectors del petroli i el gas natural demandarien 5,9 i 5,1 bilions, respectivament, és a dir, el 23% i el 20% del total. Les necessitats d'inversió per part de la indústria del carbó (excloent el transport) totalitzaran uns 700.000 milions (3%) i els biocarburants, 200.000 milions (o l'1% restant). Totes aquestes inversions s'hauran de destinar tant a expandir la capacitat de subministrament per adequar-la a la demanda creixent, com a reemplaçar les instal·lacions existents i futures la vida útil de les quals finalitzi entre el 2008 i el 2030.

El 50% de la inversió total correspondrà a països en vies de desenvolupament i un altre 11% a Rússia i altres països d'Europa Oriental i Euràsia. La Xina requerirà una inversió de 4,1 bilions (o el 16% del total mundial), mentre que la de l'Índia s'aproxima a 1,7 bilions. Per la seva part, la regió d'Orient Mitjà deman-

darà una inversió de 2 bilions, la meitat dels quals s'hauran de dedicar a projectes d'exploració i a producció de petroli i gas. Els països de l'OCDE comptabilitzaran el 37% de la inversió total.

En el seu informe, l'AIE destaca que l'actual conjuntura de crisi financera i econòmica projecta una ombra de dubte sobre la possibilitat de mobilitzar a temps les inversions comentades. Les companyies energètiques estan perforant menys pous de petroli i gas, i retallen la despesa en refineries, oleoductes i centrals elèctriques. Així mateix, un bon nombre dels projectes en marxa s'han retardat i alguns s'han posposat o cancel·lat. Alhora, les empreses i les llars estan gastant menys en aparells, equips i vehicles que assegurin un ús més eficient de l'energia. Això contribueix a retardar el desplegament i la comercialització d'una nova generació de models més eficients i que els fabricants redueixin la inversió en R+D.

L'AIE estima que en el sector del petroli i del gas els pressuposts d'inversió global per al 2009 registraran una reducció del 19% (uns 90.000 milions de dòlars) respecte als de l'any anterior. En qualsevol cas, per a l'organisme esmentat, la crisi no solament afecta els combustibles fòssils, sinó que també es deixa notar amb força en les inversions en generació d'electricitat a partir de fonts d'energia renovable, que a finals del 2009 poden haver descendit un 20% en relació amb les del 2008; un percentatge que podria haver assolit el 30% sense l'estímul proporcionat pels ajuts fiscals dels governs.

L'AIE adverteix clarament en el WEO 2009 que, depenent de com continuïn responent els governs, la caiguda de les inversions comentada podria tenir serioses conseqüències futures sobre la seguretat energètica, el canvi climàtic i la pobresa energètica global. Una desacceleració prolongada de la inversió, especialment en els sectors del petroli i de la generació elèctrica, podria limitar l'augment de la capacitat de producció a mitjà termini, la qual cosa, al seu torn, augmentaria el risc de dèficit en el subministrament. En pocs anys, quan la demanda comencés a recuperar-se, el dèficit esmentat podria conduir a un nou repunt dels preus, que limitaria el creixement econòmic mundial i soscavaria la possibilitat d'una recuperació duradora.

4

L'amenaça del canvi climàtic s'aguditza

El World Energy Outlook 2009 (WEO 2009) de l'Agència Internacional de l'Energia (AIE) assenyala que continuar per la senda energètica actual, sense que hi hagi canvis en les polítiques públiques, implicaria incrementar ràpidament la dependència dels combustibles fòssils, la qual cosa comportaria conseqüències alarmants per al canvi climàtic.

Com a resultat de l'increment general de la demanda de combustibles fòssils fins al 2030, l'escenari de referència del WEO 2009 preveu un augment ràpid de les emissions de CO_2 relacionades amb l'energia. Després de passar de 20,9 gigatones (Gt) el 1990 a 28,8 Gt el 2007, l'informe estima que les emissions de CO_2 assoliran les 34,5 Gt el 2020 i les 40,2 Gt el 2030, la qual cosa implicarà un augment mitjà de l'1,5% anual durant el període 2007-2030.

Les emissions globals previstes el 2020 (34,5 Gt) són 1,9 Gt (un 5%) menors que les projectades en l'escenari de referència que recull el World Energy Outlook 2008. Tres quartes parts d'aquesta reducció s'atribueixen a l'actual fase de crisi econòmica i a la disminució conseqüent de la taxa de creixement de la demanda d'energies fòssils, mentre que el quart restant es relaciona amb els esforços governamentals per promoure la inversió en fonts energètiques de baixa emissió de carboni i amb altres mesures de lluita contra el canvi climàtic. Les dades de què es disposa actualment indiquen que les emissions de CO_2 relacionades amb l'energia es podrien haver reduït el 2009 prop d'un 3%, encara que es preveu que les emissions esmentades reprenguin una trajectòria ascendent a partir del 2010.

La totalitat de l'augment en les emissions de CO_2 relacionades amb l'energia previst fins al 2030 en l'escenari de referència del WEO 2009 (11 Gt) provindrà dels països no pertanyents a l'OCDE. Tres quartes

parts de l'increment esmentat procediran de la Xina (on l'augment de les emissions rondarà les 6 Gt), de l'Índia (2 Gt) i de l'Orient Mitjà (1 Gt).

Així mateix, les previsions assenyalen que les emissions dels països de l'OCDE disminuiran lleugerament. Aquest fet reflecteix tant una caiguda en la demanda energètica –derivada de la crisi a curt termini i de millores substancials en l'eficiència energètica a termini més llarg– com una major dependència de l'energia nuclear i de les fonts renovables –conseqüència, en gran manera, de les polítiques ja instaurades per mitigar el canvi climàtic i millorar la seguretat energètica.

En qualsevol cas, és just constatar que encara que els països no pertanyents a l'OCDE generen en l'actualitat el 52% de les emissions mundials anuals de CO_2 relacionades amb l'energia, tan sols són responsables del 42% de les emissions mundials acumulades des de 1890.

La taxa de creixement del consum d'energies fòssils prevista en l'escenari de referència condueix inexorablement a llarg termini a una concentració de gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera superior a 1.000 parts per milió (ppm) equivalents de CO_2. La concentració de CO_2 que es desprèn de l'escenari esmentat comportaria una elevació mitjana de la temperatura mundial de fins a 6ºC. Això provocaria, gairebé amb total seguretat, un sever canvi climàtic i un dany irreparable al planeta.

5

Una factura molt alta en concepte d'importacions de petroli i gas

Les tendències recollides en l'escenari de referència del WEO 2009 també desperten inquietud en el camp econòmic.

En la introducció a l'apartat 2 i en el subapartat 2.2.3 ens hem referit als pronòstics sobre l'evolució dels preus del petroli i el gas. Aquesta informació s'ha de complementar amb la relacionada amb la previsible evolució de les importacions d'ambdós tipus d'hidrocarburs per part dels països consumidors. Sobre això, l'escenari de referència assenyala que encara que els països de l'OCDE importaran el 2030 menys petroli que en l'actualitat, alguns països aliens a l'organització esmentada, en particular la Xina i l'Índia, augmentaran espectacularment les seves importacions. D'altra banda, la majoria de les regions que en l'actualitat són importadores de gas, com Europa i els països en desenvolupament d'Àsia, també augmentaran les seves importacions netes d'aquest hidrocarbur.

Les previsions de l'escenari de referència deixen entreveure un nivell cada vegada més elevat de despesa en importacions d'energia, la qual cosa constituirà una pesada càrrega econòmica per als importadors. L'AIE preveu que els preus del barril de petroli en dòlars reals del 2008 repuntin amb la recuperació econòmica fins a assolir els 100 dòlars el 2020 i els 115 dòlars cap al 2030. En conseqüència, s'estima que el grup format pels països de l'OCDE gastarà de mitjana prop del 2% del seu PIB en importacions de petroli i gas fins al 2030. La càrrega serà fins i tot superior per a la majoria dels països importadors no pertanyents a l'OCDE: la Xina sobrepassarà els Estats Units poc després del 2025, mentre que la despesa de l'Índia en importacions de petroli i gas superarà la del Japó poc després del 2020.

Expressades en dòlars (del 2008) el valor de les importacions de petroli i gas a la Unió Europea (UE) podrien suposar prop de 671.000 milions el 2030, davant els 463.000 milions del 2008 i els 336.000 milions del 2007. Aquesta evolució comportarà que el rànquing mundial de despeses en importacions de petroli i gas estigui encapçalat per la UE, seguida de la Xina (570.000 milions de dòlars), els Estats Units (430.000 milions) i l'Índia (300.000 milions).

La concentració creixent de les reserves mundials restants de petroli i gas convencionals en mans d'un petit grup de països, inclosos Rússia i els països de l'Orient Mitjà rics en recursos, podria reforçar el poder de mercat dels països esmentats i la seva capacitat per influir en els preus. Segons càlculs de l'AIE, els beneficis acumulats en concepte d'exportacions de gas i petroli per part de l'OPEP durant el període 2008-2030

rondaran els 30 bilions de dòlars, una xifra que gairebé quintuplica els obtinguts en els últims vint-i-tres anys. I fins i tot en el cas que s'assoleixi un compromís global per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle, tal com se suposa en l'Escenari 450 (vegeu l'apartat 9), els països de l'OPEP hauran d'augmentar la seva producció el 2030 respecte dels nivells actuals en 11,4 milions de barrils diaris. En ambdós escenaris assistirem, per tant, a un augment del poder de mercat de l'OPEP.

6

La pobresa energètica global es pot fer crònica

L'elevat preu que cal pagar en concepte d'importacions d'hidrocarburs, al costat dels possibles retalls en les inversions en infraestructures comentats en l'apartat 3, amenacen d'impedir l'accés de les llars més desfavorides a l'electricitat i a altres formes modernes d'energia.

Ampliar l'accés de la població pobra del món a les energies modernes continua sent una qüestió apressant. El WEO 2009 de l'AIE calcula que 1.500 milions de persones –més de la cinquena part de la població mundial– encara no tenen accés a l'electricitat i que aproximadament el 85% d'aquestes persones viu en zones rurals, principalment a l'Àfrica subsahariana i al sud d'Àsia. I les previsions de l'escenari de referència per al 2030 no són gens optimistes: el nombre total a dalt esmentat tan sol s'haurà rebaixat en 200 milions, tot i que les xifres augmentaran a l'Àfrica.

Ampliar l'accés a l'energia moderna és una condició necessària per al desenvolupament humà. Amb polítiques adequades, l'accés universal a l'electricitat es podria assolir mitjançant una inversió anual addicional de 35.000 milions de dòlars (del 2008) fins al 2030, cosa que equival al 6% de la inversió prevista per al sector elèctric en l'escenari de referència (vegeu l'apartat 3), amb la particularitat que l'increment conseqüent de la demanda d'energia primària i d'emissions de CO_2 seria relativament modest.

7

El risc que el pic de la producció de petroli convencional es concreti abans del 2020 no és menyspreable

Un informe del National Petroleum Council (NPC, 2007) adverteix d'una realitat preocupant: "el món no s'està quedant sense recursos fòssils, però l'augment continuat de l'extracció de petroli a partir de fonts convencionals presenta cada vegada més riscos i aquests riscos constitueixen un seriós obstacle per assegurar la demanda a mitjà termini". Quin és el significat precís d'aquesta asseveració? A quins riscos es refereix?

7.1

Disponibilitat de reserves i recursos de petroli

Malgrat la poca transparència i la disparitat de criteris existents a l'hora de comptabilitzar les reserves provades de petroli, el World Energy Outlook 2009 (WEO 2009) de l'Agència Internacional de l'Energia (AIE) conclou que aquestes reserves són suficients per cobrir l'augment de la demanda mundial previst entre el 2008 i el 2030 (vegeu l'apartat 2.2.2).

Al marge d'algunes avaluacions extremes, tant per excés com per defecte, hi ha un cert consens en la indústria petroliera internacional sobre el fet que les reserves provades de petroli cru i de líquids del gas natural que queden per explotar oscil·len entre 1,2 i 1,3 bilions de barrils (incloent prop de 0,2 bilions de barrils de petroli no convencional), de manera que, en teoria, al ritme actual de consum, aquest volum seria suficient per assegurar el subministrament mundial durant els 40 anys vinents.

L'AIE assenyala que la xifra de reserves provades gairebé s'ha duplicat des de 1980, encara que reconeix que la major part de l'augment procedeix de revisions (poc justificades tècnicament) efectuades durant la dècada dels vuitanta als països de l'OPEP i no de nous descobriments. Així mateix, l'AIE destaca el fet que encara que des de l'any 2000 el volum anual mitjà de

petroli descobert ha estat superior al comptabilitzat durant la dècada dels noranta (gràcies a l'augment de l'activitat exploratòria i a les millores tecnològiques), la realitat és que des dels anys vuitanta els volums extrets superen els inventariats mitjançant nous descobriments (malgrat algunes grans troballes recents, tals com les efectuades recentment en aigües profundes del Brasil).

Les estimacions de reserves donen una idea aproximada de quant petroli pot ser extret a curt i mitjà termini. Els recursos finalment recuperables (RFR) informen del volum total de petroli que en última instància podrà ser produït de manera comercialment rendible. L'AIE estima que els RFR de petroli convencional (que inclouen les reserves inicials provades i probables que hi ha en els jaciments ja descoberts, el creixement de les reserves i el petroli que encara queda per descobrir) s'aproximen a 3,5 bilions de barrils, dels quals, fins a la data, tan sol hem consumit un terç.

Els RFR de petroli no convencional, que pràcticament no han estat desenvolupats fins a la data, també són molt grans. Entre aquests recursos, les sorres bituminoses i els petrolis extra pesats (principalment localitzats al Canadà i a Veneçuela, respectivament) podrien totalitzar entre 1 i 2 bilions de barrils econòmicament recuperables. Si a aquests recursos no convencionals s'hi afegeix el potencial dels esquists bituminosos, el total recuperable podria ascendir a 6,5 bilions de barrils. I si a aquesta xifra hi sumem el potencial de les tecnologies de transformació de carbó o gas a líquids (CTL i GTL, respectivament) la xifra final de RFR no convencionals podria ascendir a 9 bilions de barrils.

Deixant a part que alguns estudis rebaixen sensiblement aquestes xifres, en el futur, el major o menor grau d'explotació de tots aquests recursos així com els costos de producció dependran de factors polítics, ambientals, normatius i fiscals. L'explotació dels recursos no convencionals representa un important impacte ambiental i l'emissió de quantitats més grans de gasos d'efecte hivernacle durant el procés extractiu que les emissions originades durant el mateix procés pels combustibles convencionals. Per això mateix, la introducció generalitzada d'incentius per a la reducció de les emissions de CO_2 tindria un gran impacte sobre els costos d'extracció. A més, l'explotació d'aquests recursos no convencionals implica un balanç energètic (relació entre l'energia utilitzada per obtenir-los i l'energia subministrada per usar-los) considerablement menor que el dels petrolis convencionals.

7.2 El declivi de la producció de petroli convencional

Els punts exposats en l'apartat anterior poden portar a la conclusió, errònia, que encara que possiblement el petroli serà més car en el futur, el seu subministrament està garantit. Tanmateix, no és així. Al marge de conèixer amb més o menys precisió la disponibilitat de reserves i recursos, convé analitzar la situació i les perspectives que hi ha entorn de la producció per saber si la transformació dels recursos i reserves en fluxos productius es farà a la velocitat necessària per cobrir la demanda projectada.

Referent a això, l'AIE ha destacat la importància d'estimar de manera precisa la taxa de declivi de la producció dels camps de petroli que actualment hi ha en explotació al món. Conèixer la taxa esmentada –que mesura la pèrdua de producció anual d'un jaciment quan aquest entra en fase de maduresa– resulta crític per preveure la nova capacitat de producció i les inversions necessàries per satisfer la demanda global.

Per aquesta raó, l'AIE ha abordat l'anàlisi detallada de les tendències històriques de producció de 800 camps que el 2007 van totalitzar més del 60% de la producció mundial. Els resultats obtinguts mostren que la taxa de declivi observada per als camps que han passat el seu pic productiu és d'un 6,7% de mitjana anual a escala global i que aquest percentatge es podria elevar al 8,6% el 2030.

D'altra banda, si definim la taxa de declivi natural (o taxa de declivi subjacent) com la caiguda de la producció anual que hagués tingut lloc si no hagués estat corregida mitjançant un programa adequat

d'inversions en tecnologia, resulta que la taxa esmentada a escala mundial és d'un 9% de mitjana anual (un 2,3% més que la taxa de declivi observada). Les projeccions de l'AIE indiquen que el 2030 la taxa mitjana de declivi natural postpic haurà experimentat globalment un increment percentual d'un punt, de manera que se situarà entorn del 10%. Això obeeix al fet que totes les regions experimentaran una caiguda en la mida mitjana dels camps en producció, al mateix temps que en la majoria d'aquestes regions s'assistirà al desplaçament de l'activitat des de terra cap a aigües marines.

7.3
Incerteses i riscos en la producció de petroli

Per satisfer el creixement de la demanda (vegeu l'apartat 2.2.2) i alhora compensar el declivi comentat en l'apartat precedent, la indústria petroliera haurà de desenvolupar d'aquí al 2030 una nova capacitat productiva propera als 64 milions de barrils diaris (Mbd), un volum que equival a més de sis vegades el volum existent avui dia a l'Aràbia Saudita. I el temps apressa, ja que d'aquí a cinc anys, el 2015, la nova capacitat requerida serà de 30 Mbd.

La pregunta és la següent: podrà la indústria del petroli fer front a aquest desafiament? Els riscos que cal afrontar i superar en aquest afany són molts i variats.

Alguns són de naturalesa essencialment tècnica, entre els quals es poden citar els següents:

a. Des de la dècada dels vuitanta els nous descobriments no reposen el petroli extret.
b. Els costos d'exploració i producció estan augmentant com a conseqüència que cada vegada es treballa en regions més remotes i en ambients més extrems, i es perfora a més profunditat, la qual cosa comporta un desafiament tecnològic creixent.
c. La producció mundial de petroli convencional en els camps actualment en explotació està experimentant un declivi del 6,7% anual de mitjana i aquest declivi podria assolir el 10% si es descuiden les inversions i no s'introdueixen millores tècniques.
d. La indústria del petroli està experimentant una escassetat de personal alarmant, molt especialment de científics i tècnics altament qualificats.
e. La relació entre l'energia obtinguda mitjançant l'extracció de petroli i l'energia consumida per aquest mateix procés (o EROEI, *Energy Return on Energy Invested*) està declinant de manera molt ràpida, la qual cosa significa que cada nou barril de reserva afegit té un contingut energètic net inferior.

A més dels riscos tècnics comentats, se'n poden considerar d'altres amb un clar matís geopolític:

a. La producció de petroli en trenta dels cinquantaquatre estats productors ha sobrepassat ja el seu pic, mentre que en uns altres deu s'observa una tendència a l'estancament, cosa que significa que en el futur el subministrament de petroli dependrà bàsicament de catorze països, molts d'ells integrats a l'OPEP.
b. La producció de petroli convencional aliena a l'OPEP ja ha superat el pic i ha entrat en declivi.
c. El món serà cada vegada més dependent de les exportacions de l'OPEP. Aquest últim punt implica la consolidació d'un mercat oligopolístic, no competitiu, i un perill cert per a l'existència d'un "lliure mercat" del petroli.

Un dels riscos més importants de cara a la seguretat de subministrament de petroli resideix en les incerteses que hi ha al voltant de la concreció de les inversions necessàries. Com s'ha comentat en l'apartat 3, cobrir la demanda mundial de petroli prevista entre el 2007 i el 2030 requereix una inversió acumulada propera als 5,9 bilions de dòlars (del 2008). D'aquesta quantitat, aproximadament el 80% correspon a activitats d'exploració i a producció; el 16%, al sector del refinament, i el 4%, al del transport. El 75% de la inversió acumulada en exploració i producció de petroli prevista per al període citat correspon a països que no pertanyen a l'OCDE i, en la majoria d'aquests països,

la mobilització de les inversions requerirà superar no poques barreres legislatives, normatives i comercials.

Els principals obstacles o riscos que podrien limitar o retardar les inversions esmentades als països productors són essencialment de naturalesa geopolítica i inclouen els següents:

a. Els associats a les polítiques de control del ritme d'extracció de recursos exercides pels governs.
b. Els derivats del "petronacionalisme", que impedeix o limita l'accés de les companyies privades internacionals a l'explotació dels recursos.
c. Els lligats a la inestabilitat política, amenaces terroristes o conflictes militars.

Altres tipus de riscos geopolítics que poden posar en perill la seguretat del subministrament i causar interrupcions temporals d'aquest subministrament són els derivats de disputes entre països productors i de trànsit, així com els causats per conflictes o atemptats terroristes que bloquegin les rutes comercials als mercats o danyin les infraestructures de transport. Per prevenir aquest tipus d'imprevistos, els països de l'OCDE mantenen les denominades reserves estratègiques. Altres grans consumidors, com la Xina, també estan adoptant polítiques preventives similars.

7.4
Projeccions sobre el subministrament global de petroli a mitjà i a llarg termini

A mitjà termini, el balanç global entre l'oferta i la demanda de petroli es pot calcular sense gaires dificultats. La principal font d'incertesa és la possible incidència de certs imprevistos, com els retards en la inauguració dels projectes de producció, així com la cancel·lació o l'ajornament indefinit d'alguns d'ells. Com a resultat d'una inversió insuficient, diverses fonts han assenyalat l'existència d'un risc potencial que l'oferta no arribi a satisfer la demanda en algun moment del període 2011-2015. En l'actual conjuntura de crisi, el perill esmentat s'ha vist postergat en el temps per la caiguda de la demanda, però en els anys vinents la caiguda de les inversions que ha acompanyat la caiguda citada pot provocar un agreujament del risc, especialment si la sortida de la crisi es traduís en una ràpida recuperació de la demanda.

Hi ha nombroses projeccions sobre el futur del subministrament global de petroli en l'horitzó del 2030. Totes elles són el resultat de diferents models, basats en aproximacions metodològiques i dades de partida diverses. En general, aquestes projeccions mostren una dicotomia marcada. D'una banda, tenim les que no veuen dificultats insuperables en l'horitzó del 2030. D'una altra, hi ha pronòstics més pessimistes que adverteixen que el món està assolint ja el pic de la producció de petroli convencional (*peak oil*) o ho farà en les pròximes dues dècades, per la qual cosa resulta urgent reduir la demanda i afavorir el desenvolupament ràpid de productes substituts.

Una anàlisi comparativa de catorze pronòstics recents elaborats entre el 2006 i el 2008 (UKERC, 2009) conclou que, malgrat l'existència de múltiples incerteses, és probable que el pic de la producció de petroli convencional tingui lloc abans del 2030 i que hi hagi un risc significatiu que l'esmentat moment es concreti en aquesta dècada. Davant aquest risc, resulta veritablement preocupant constatar que la majoria de països no està considerant seriosament aplicar polítiques preventives i de gestió de riscos.

8
L'explotació de recursos no convencionals situa el pic de la producció global de gas en el període 2030-2040

Com veurem a continuació, les reserves i recursos de gas són encara abundants, de manera que si les inversions es concreten a temps, el subministrament global sembla assegurat durant les pròximes dècades. Les principals incerteses són de naturalesa geopolítica. Tanmateix, alguns esdeveniments recents als Estats Units permeten alimentar l'esperança que els lligams geopolítics es puguin relaxar en el futur.

La dada és que el 2009 els Estats Units van desplaçar Rússia del primer lloc en la producció mundial de gas. Les raons cal buscar-les en el sever impacte que la crisi econòmica ha tingut sobre la producció russa i en la introducció per part de la indústria nord-americana de noves tecnologies de perforació que han permès revolucionar la producció de gas a partir de fonts no convencionals.

La indústria del gas recorda amb freqüència els múltiples avantatges del gas natural. La primera és que és el combustible fòssil més net, ja que la seva combustió produeix entre un 40% i un 45% menys de diòxid de carboni que el carbó i entre un 20% i un 30% menys que els productes derivats del petroli; a més, el gas natural no emet partícules sòlides ni cendres i les emissions d'òxids de nitrogen són inferiors a les del carbó i els productes petrolífers, mentre que les de diòxid de sofre són pràcticament nul·les. En segon lloc, les turbines de cicle combinat alimentades per gas, la construcció de les quals resulta relativament ràpida i barata, tenen una eficiència del 60% en termes de potència produïda en relació amb l'energia primària consumida. Així mateix, les plantes de generació d'electricitat alimentades per gas es poden encendre i apagar amb més facilitat que un altre tipus de centrals i, per aquest motiu, resulten ideals com a complement a la producció intermitent d'electricitat a partir de fonts renovables.

Tot això ha reforçat la idea que el gas natural es podria erigir en el combustible de la transició cap a l'economia de baixa intensitat en carboni que el món persegueix. En els apartats que segueixen s'analitza amb més detall la qüestió relativa a la seguretat del subministrament global d'aquest hidrocarbur.

8.1
Disponibilitat de reserves i recursos de gas natural

Els recursos globals de gas natural són abundants, encara que, com succeeix en el cas del petroli, es concentren en un petit nombre de països. A finals del 2008, les reserves provades de gas natural se situaven en una xifra propera als 180 bilions de metres cúbics, equivalents a uns seixanta anys de consum al ritme actual. Tres països –Rússia, l'Iran i Qatar– acumulen una mica més de la meitat de les reserves provades per explotar del món, i tan sols vint-i-cinc camps de gas contenen el 48% d'aquestes reserves. L'Orient Mitjà totalitza, en conjunt, el 41% de les reserves i Rússia, el 25%. S'ha de destacar que més del 40% de les reserves mundials de gas (i el 60% de les de l'Orient Mitjà) presenten un elevat contingut de SH_2 i CO_2, cosa que representa un important desafiament tècnic i econòmic, tant des del punt de vista de la perforació i producció, com des del punt de vista mediambiental.

El volum de gas natural aportat pels nous descobriments encara és gran i, a diferència del cas del petroli (vegeu l'apartat 7.1), encara que la mida dels jaciments de gas trobats ha declinat en les últimes dècades, el volum de gas trobat durant el període 2000-2006 encara supera el produït. Així, l'Agència Internacional de l'Energia destaca en el World Energy Outlook 2009 que les reserves provades s'han multiplicat per una mica més de dos des de 1980 i que el 2008 l'addició de noves reserves ha superat en un 190% els volums extrets. Els principals descobriments han tingut lloc a l'Orient Mitjà i Amèrica del Nord i les reserves provades provinents de recursos no convencionals, com els gresos de baixa permeabilitat (*tight gas*), el metà de capes de carbó (*coal bed methane*) i el gas d'argiles compactades (*shale gas*), han crescut ràpidament i en l'actualitat representen el 4% del total mundial.

Els recursos recuperables finals de gas natural convencional pendents d'explotació –incloses les reserves provades per explotar, el creixement de les reserves i els recursos per descobrir– podrien ser del voltant dels 400 bilions de metres cúbics. A efectes comparatius, es pot destacar que la producció acumulada fins al 2007 representa menys d'una sisena part d'aquest volum.

Els recursos no convencionals de gas natural són encara molt més grans i podrien superar els 900 bilions de metres cúbics, dels quals prop de 380 bi-

lions es podrien catalogar com a econòmicament recuperables. La innovació tecnològica, en particular els pous horitzontals i la fracturació hidràulica, ha permès explotar grans volums de gas no convencional a Amèrica del Nord, en alguns casos a costos inferiors als dels recursos convencionals. A escala global, al voltant del 25% dels recursos no convencionals es concentren als Estats Units i al Canadà, seguits de la Xina, l'Índia i l'antiga Unió Soviètica, amb un 15% cada un. La seva explotació a gran escala dependrà de la facilitat d'accés als terrenys per dur a terme les operacions de perforació, de la disponibilitat d'aigua i d'infraestructures i de les regulacions ambientals. Dins d'aquesta estimació de recursos no convencionals no s'inclouen els hidrats de gas. Aquests compostos, l'explotació comercial dels quals a gran escala sembla encara llunyana, podrien allotjar entre 3,4 trilions i 300.000 bilions de metres cúbics de gas.

L'Agència Internacional de l'Energia estima que el total de recursos de gas natural recuperables a llarg termini supera els 850 bilions de metres cúbics, xifra que inclou les categories la producció comercial de les quals està actualment demostrada. D'aquest total, 66 bilions ja han estat extrets, amb un cost de fins a 5 dòlars (del 2008) per cada milió de *British Thermal Units* o MBTU. Els costos de producció de la part restant dels recursos de gas convencional fàcilment accessibles (55 bilions de metres cúbics) varien de 0,50 dòlars/MBTU a 6 dòlars/MBTU. La producció dels 380 bilions de metres cúbics de gas no convencional econòmicament recuperables costaria entre 2,70 dòlars/MBTU i 9 dòlars/MBTU.

8.2
El declivi de la producció de gas convencional

Com ocorre en el cas del petroli (vegeu l'apartat 7.2) la taxa de declivi de la producció en els camps de gas actualment en explotació constitueix un factor primordial per determinar quina nova capacitat de producció i quines inversions són necessàries per garantir la futura demanda global.

Per calcular el declivi esmentat, l'Agència Internacional de l'Energia (AIE) presenta en el World Energy Outlook 2009 un estudi detallat sobre les tendències històriques en l'extracció de gas natural de prop de 600 camps que representen el 55% de la producció mundial. Els resultats d'aquest estudi mostren que, a causa de l'esgotament progressiu dels jaciments, gairebé la meitat de la capacitat de producció que hi ha avui dia al món haurà de ser substituïda el 2030. Això significa un volum equivalent a dues vegades la producció actual de Rússia. L'AIE estima que en l'horitzó citat només prop d'un terç del total de la producció provindrà de camps explotats en l'actualitat, malgrat les contínues inversions que s'hi realitzen.

Les taxes de declivi en els camps de gas que han superat el seu pic productiu són més baixes en els camps més grans i més grans en els camps marins que en els camps terrestres de mida semblant. La mitjana de declivi postpic observada en els camps de gas més grans del món és d'un 5,3% anual. Basant-se en aquesta xifra i en les estimacions de la mida i la distribució per edat dels jaciments de gas de tot el món, la taxa anual de declivi postpic de la producció global s'ha estimat al voltant d'un 7,5% (un percentatge lleugerament superior al calculat per als jaciments de petroli; vegeu l'apartat 7.2).

8.3
Incerteses i riscos en la producció de gas natural

L'AIE considera que, d'acord amb el que s'exposa en l'apartat 8.1, les reserves i recursos de gas natural són més que suficients per satisfer la demanda prevista fins al 2030. Tanmateix, aquest organisme adverteix que hi ha incerteses sobre si les infraestructures necessàries per desenvolupar els recursos esmentats, així com per transportar el gas des dels països productors fins als principals centres de demanda, podran ser construïdes a temps, especialment si es tenen en compte les barreres econòmiques, geopolítiques i tècniques que hi ha per a la inversió.

Un dels riscos més importants de cara a la seguretat del subministrament global de gas natural resideix en les incerteses que hi ha entorn de la concreció de les inversions necessàries. Com s'ha comentat en l'apartat 3, cobrir la demanda mundial de gas natural prevista entre el 2008 i el 2030 en l'escenari de referència del World Energy Outlook 2009 requereix una inversió acumulada propera als 5,1 bilions de dòlars (del 2008). D'aquesta quantitat, aproximadament el 59% correspon a activitats d'exploració i a producció; el 31%, al sector del transport i distribució, i el 10% restant, a projectes de gas natural liquat (GNL).

És important destacar que prop del 70% de la inversió mundial prevista en projectes de GNL durant el període 2008-2030 i més de la meitat de la requerida pel sector d'exploració i producció, així com pel del transport i distribució de gas natural, correspondrà a països que no pertanyen a l'OCDE. Aquest aclariment resulta pertinent perquè, de manera similar al que s'ha exposat per al cas del petroli (vegeu l'apartat 7.3), en la majoria d'aquests països la mobilització de les inversions requerirà superar no poques barreres legislatives, normatives i comercials.

Els riscos geopolítics també resulten evidents si tenim en compte que l'AIE pronostica que el conjunt dels països no pertanyents a l'OCDE absorbiran gairebé la totalitat de l'augment previst en la producció mundial de gas natural entre el 2007 i el 2030. En termes absoluts, l'Orient Mitjà haurà de carregar a les espatlles l'augment més gran en la producció i en les exportacions, ja que la regió té les reserves més grans i els costos de producció més baixos. L'Iran i Qatar comptabilitzaran la major part del creixement de la producció, mentre que l'Àfrica, l'Àsia Central (en particular, Turkmenistan), els Estats Units i Rússia també experimentaran un creixement significatiu. En el seu escenari de referència, l'AIE preveu que el comerç internacional de gas creixi substancialment, des de 677.000 milions de metres cúbics el 2007, fins al voltant d'1,07 bilions de metres cúbics el 2030.

8.4
Projeccions sobre el subministrament global de gas a mitjà i a llarg termini

L'Agència Internacional de l'Energia assumeix en el seu World Energy Outlook 2009 que si les inversions previstes no es retarden, el pic de la producció global de gas natural (*peak gas*) no es produirà abans del 2030. Tanmateix, alguns analistes argumenten que aquest pic s'assolirà en una data pròxima al 2030, fins i tot si, a més del gas procedent de fonts convencionals, es considera l'aportat per les no convencionals. Altres autors (Mohr i Evans, 2007) situen el pic de la producció convencional al voltant de la mateixa data, però consideren que si a aquesta producció s'hi sumés la procedent de fonts no convencionals, el pic es retardaria uns deu anys.

9
Què hem de fer? El paper de l'eficiència i les renovables

Com es desprèn del que s'ha exposat en els paràgrafs precedents, la sostenibilitat energètica avui dia es troba compromesa en tres fronts de batalla simultanis. Aquests fronts coincideixen amb un triangle de vèrtexs definits per les "es" d'economia (o la previsible repercussió dels preus dels combustibles fòssils sobre el creixement i la competitivitat), energia (o la creixent preocupació sobre la seguretat de subministrament) i ecologia (o l'amenaça del canvi climàtic).

En matèria de política energètica, és aconsellable buscar el baricentre d'aquest hipotètic triangle. Si adoptem mesures molt decantades cap a un dels vèrtexs, es corre el risc de descuidar els altres dos fronts de batalla. Això vol dir que hem d'aspirar a una combinació energètica al més neta, barata i segura possible. No ens podem conformar a disposar d'un subministrament abundant i relativament barat, encara que mediambientalment brut. Però tampoc no resulta recomanable aspirar a un subministrament net, a costa de descuidar la seguretat i/o els costos.

I les complicacions no acaben amb aquest exercici d'equilibrisme. Al mateix temps convé no perdre de vista les prioritats. La teoria del triangle té un greu inconvenient: suposa que qualsevol de les tres "es" té la mateixa prioritat. Però això només és així quan s'està còmodament instal·lat en la cúspide de la piràmide del desenvolupament. Tanmateix, no hauríem d'oblidar que la primera prioritat del desenvolupament humà és l'accés a l'energia (com comentàvem en l'apartat 6, més de 1.500 milions de persones al món encara sospiren per l'electricitat). Una vegada assegurat aquest accés, l'esglaó següent del desenvolupament passa per garantir un subministrament segur i fiable. Una vegada cobert aquest objectiu, els col·lectius humans sospiren per l'eficiència econòmica, després per l'eficiència en els recursos, per, finalment, plantejar-se l'acceptabilitat, o no, de determinades fonts energètiques, en funció de criteris mediambientals, tant objectius com subjectius. L'irresistible ascens en molts països desenvolupats de la cultura Nimby (*not in my backyard*, 'no al meu patí') posa de manifest la despreocupació amb què els ciutadans d'aquests països preveuen la possibilitat real que tot l'entramat s'esfondri per fallades en l'eficiència econòmica i la seguretat de subministrament.

No hi ha dubte que progressar en la direcció de la sostenibilitat energètica constitueix una tasca àrdua. En qualsevol cas, la política general i les accions concretes proposades en aquest sentit a escala de la Unió Europea, Espanya i Catalunya mostren l'existència d'un ampli consens sobre la necessitat d'avançar decididament cap a una economia de baixa intensitat energètica i baix contingut en carboni. Aquests objectius requereixen una ferma aposta per l'estalvi i l'eficiència energètica, el desplegament al màxim de les possibilitats de les energies renovables, la recerca d'una bona sintonia entre les actuacions de les administracions públiques i els agents privats (empreses i ciutadans), així com l'impuls per part dels governs d'ambicioses polítiques d'R+D+I. Tot plegat, emmarcat en la necessitat urgent de conferir al tema energètic la màxima prioritat estratègica dins de l'acció de govern, ja sigui a escala estatal, autonòmica o municipal.

Per finalitzar aquest apartat sobre què hem de fer, em sembla oportú cridar l'atenció sobre la importància de les propostes contingudes en l'Escenari 450 de l'Agència Internacional de l'Energia (AIE). L'esmentat escenari, elaborat per tal de posar sobre la taula de la passada cimera de Copenhaguen vies concretes d'acció, va ser presentat en el World Energy Outlook 2009 i constitueix una alternativa a l'escenari de referència, sobre les projeccions del qual s'ha basat la major part d'aquest article.

Des de la perspectiva de la mitigació del canvi climàtic –un objectiu estratègic en la política energètica de la Unió Europea– hi ha un cert consens sobre la necessitat de limitar el nivell d'emissions de CO_2 relacionades amb l'energia, per així evitar un augment excessiu de la temperatura global. Concretament, l'AIE considera que per aconseguir –amb una probabilitat d'èxit del 50%– que l'esmentat augment no superi de mitjana els 2ºC, és necessari que la concentració de gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera s'estabilitzi en un nivell proper a les 450 parts per milió equivalents de CO_2. En el seu Escenari 450, l'AIE es mostra convençuda que aquest objectiu es pot assolir mitjançant la introducció d'un mercat mundial del carboni i l'aplicació de mesures polítiques radicals, coordinades a escala global.

L'Escenari 450 persegueix que les emissions globals de CO_2 relacionades amb l'energia assoleixin un màxim de 30,9 gigatones (Gt) poc abans del 2020, per posteriorment reduir-les a 26,4 Gt el 2030, xifra aquesta última que resulta inferior en 2,4 Gt al nivell assolit el 2007, i 13,8 Gt menor que el previst en l'escenari de referència (vegeu l'apartat 4).

Com no podia ser de cap altra manera, les energies de fonts renovables tenen un paper importantíssim en l'Escenari 450. Però, en qualsevol cas, no s'ha d'oblidar que la prioritat és l'eficiència. No en va l'AIE considera, per exemple, que corregir les actuals tendències insostenibles del model energètic de la UE requereix unes inversions per al període 2010-2030 properes a 1,8 bilions de dòlars, un 62% dels quals

correspondria a millores de l'eficiència, un 21% a renovables, un 8% a la captura i el segrest del carboni, un 5% a la nuclear i un 4% als biocarburants.

10

Bibliografia

AIE (Agència Internacional d'Energia) (2008). *World Energy Outlook 2008*. OECD, París, 569 pàg.

AIE (Agència Internacional d'Energia) (2009). *World Energy Outlook 2009*. OECD, París, 691 pàg.

Mohr, S.H.; Evans, G.M. (2007). "Model proposed for world conventional, unconventional gas". *Oil & Gas Journal*, desembre, 17, pàg. 46-51.

NPC (National Petroleum Council) (2007). *Facing the Hard Truths about Energy*. Washington, 380 pàg.

UKERC (UK Energy Research Centre) (2009). *Global Oil Depletion. An assessment of the evidence for a near-term peak in global oil production*. Londres, 228 pàg. 7 Technical Report.

Política d'energia sostenible a la UE

Pedro Ballesteros
Andrea Hercsuth
Direcció General de Transports i Energia, Comissió Europea

1 Introducció

Cada generació es troba davant els seus propis problemes i desafiaments. La nostra ha d'afrontar dos grans reptes energètics: garantir la seguretat del subministrament d'energia i reaccionar davant el canvi climàtic, reptes que tenen una gran incidència en els grans temes del desenvolupament humà, pau i eradicació de la pobresa.

Les generacions anteriors van desenvolupar un model energètic, als països més avançats, basat en energia barata i abundant, cosa que ens va semblar durant un temps que era més un dret que no pas una circumstància.

Els efectes ambientals de l'ús immoderat de fonts fòssils d'energia han estat evidents durant molts anys, però s'assumia que l'impacte negatiu era més local que global. Ara bé, aquesta situació ha canviat molt ràpidament.

La gran volatilitat dels preus del petroli en els últims trenta anys, que indueixen similars variacions de preu en les altres fonts d'energia, ha estat la primera evidència del caràcter finit dels combustibles fòssils i de l'impacte que les tensions d'aquest mercat té en la nostra societat. Diverses guerres i moltes crisis han tingut el petroli com a referent o motivació. No podem deixar-nos enganyar pel fet que els preus energètics hagin baixat considerablement al 2009. És una situació clarament circumstancial. Un dels problemes per a la possible recuperació econòmica és el risc que els preus de l'energia s'enfilin ràpidament quan hi hagi signes d'augment de la demanda. I, en qualsevol cas, la demanda tendeix a augmentar, atès el creixement econòmic continu de l'Índia i la Xina. Així doncs, podem trobar-nos que, una vegada fixades les condicions econòmiques per reprendre el nostre creixement, un factor extern, com són els preus energètics, torni a frenar-lo. No hem d'oblidar que la crisi de les *subprime* va estar precedida d'una crisi inusitada dels preus de les matèries primeres.

No hi ha cap possibilitat que aquest problema es resolgui mentre mantinguem la nostra dependència extrema del petroli i del gas natural com a fonts d'ener-

gia, ja que no tenim el recurs i, per molt que es diversifiqui el subministrament, gas i petroli es concentren en regions del món que no es caracteritzen per la seva estabilitat –n'hi ha que diuen, fins i tot, que la raó de la falta d'estabilitat rau en l'abundància que tenen de recurs energètic.

No és solament un problema de concentració geogràfica, sinó també de concentració de la presa de decisions. Els grans actors del mercat d'energia no són nombrosos i tenen una capacitat d'acció extraordinària, bé separadament bé en càrtel. L'Agència Internacional de l'Energia va predir fa un any que la concentració s'accentuarà enormement en aquesta dècada.

Malgrat que la Unió Europea està connectada per gasoducte al 70% de les reserves mundials de gas, molt freqüentment ens veiem exposats a l'acció política d'alguns dels nostres veïns sobre el mercat del gas. Les crisis recents entre Rússia i Ucraïna en són bona prova.

L'evidència del canvi climàtic és l'altre gran desafiament energètic. No hi ha dubte de l'origen antropogènic dels canvis en la nostra atmosfera i es comença a evidenciar l'amenaça que l'escalfament global representa per al nostre model de societat. Estem adquirint consciència del canvi climàtic com un dels factors clau que condicionaran no solament la nostra qualitat de vida sinó també la de la nostra descendència. Si no reaccionem davant aquest desafiament, adquirirem una responsabilitat històrica gens desitjable.

Hem de considerar aquests problemes en un context de creixement exponencial de la població mundial i de creixement econòmic intens dels països més poblats –que es basen en models força propers als models clàssics de creixement que tant han contribuït a crear el problema mediambiental.

Nacions Unides prediu que la població global passarà dels 6.500 milions actuals a 9.000 milions l'any 2050. La major part d'aquest creixement tindrà lloc als països en vies de desenvolupament, la població dels quals té expectatives legítimes d'assolir estàndards de vida semblants als nostres.

L'increment enorme de les necessitats d'energia, béns i serveis per atendre aquesta legítima demanda és simplement inabastable, si més no en l'horitzó temporal d'una sola generació.

La Unió Europea assumeix aquest desafiament com una responsabilitat de màxima prioritat. Necessitem proposar models de desenvolupament que siguin veritablement sostenibles i que puguin ser aplicats per la resta del món.

Junts hem de desenvolupar una societat que utilitzi els recursos de la Terra de tal manera que puguem millorar les condicions de salut, de pau i de prosperitat dels ciutadans, al mateix temps que assegurem la disponibilitat de recursos per a les generacions futures.

És, però, un canvi enorme, i en realitat el que necessitem és una tercera revolució industrial, tal com han reivindicat grans personalitats.

Europa es troba molt ben posicionada per iniciar i liderar els canvis que cal dur a terme. La nostra posició històrica, cultural, tecnològica i geogràfica ens permet –i probablement també ens hi obliga– acceptar aquests reptes.

2

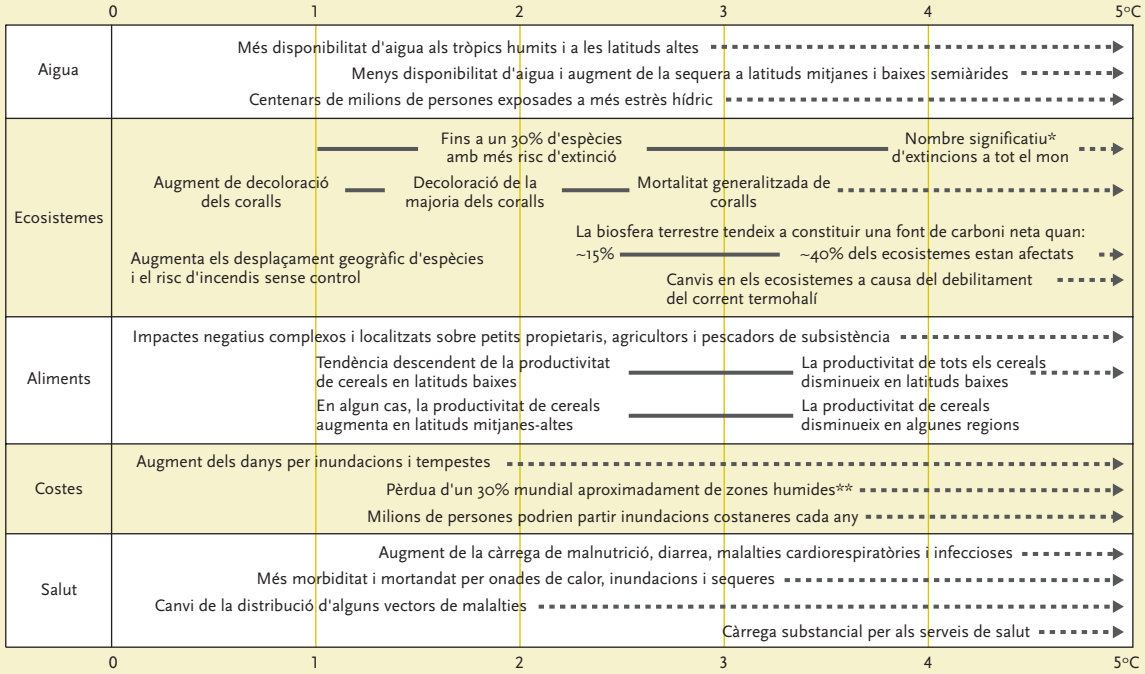
Política energètica de la Unió Europea

En els últims quatre anys, la Unió Europea ha iniciat aquest procés amb mesures que, si bé algunes probablement no són prou conegudes pel públic, han suposat una autèntica revolució conceptual. Mai abans en la història no s'havia produït una decisió col·lectiva d'aquesta magnitud –vint-i-set països–, per prendre les regnes del futur energètic, sense deixar-se portar pels mecanismes de mercat.

El procés va començar a la Cimera Europea de Hampton Court, l'any 2005. El Consell Europeu va reconèixer el fet que els compromisos de Kyoto s'havien de complir a la pràctica i va demanar a la Comissió que desenvolupés una nova política energètica europea, amb tres objectius fonamentals: sostenibilitat, seguretat de subministrament i competitivitat.

Quadre 1

Canvi anual mitjà mundial de la temperatura respecte al període 1980-1999 (°C)



* S'entén per "apreciable" més d'un 40%.
** Basat en la taxa mitjana d'augment del nivell del mar, és a dir, 4,2 mm/any entre el 2000 i el 2008.
Font: Informe del Grup Intergovernametal d'Experts sobre el canvi climàtic, 2007.

Aquesta és la base de totes les darreres mesures comunitàries que s'han pres en l'àmbit de l'energia, que s'han organitzat fonamentalment en dos paquets.

El Segon Paquet Energètic, presentat l'any 2007, va aprofundir en el desenvolupament d'algunes mesures que ens concerneixen, però fonamentalment es va centrar en els aspectes de seguretat de subministrament i de cooperació energètica internacional, a més de proposar una primera visió de l'horitzó l'any 2050, que no és objecte d'aquest article.

El paquet que més ens interessa, el primer paquet legislatiu, es va centrar a posar en pràctica una política que seguís les recomanacions del plafó d'experts de Nacions Unides IPCC: limitar l'increment de temperatures mitjanes a 2°C, cosa que limitaria els danys estimats del canvi climàtic (quadre 1).

Segons l'informe Stern, el 65% de les emissions globals de gasos amb efecte hivernacle provenen de l'energia. En concret, s'estima que un 24% prové de la generació d'electricitat; un 14%, del consum energètic per al transport; un 14%, de la indústria, i un 8%, del consum dels edificis. La resta prové de la desforestació, l'agricultura, els residus i d'altres.

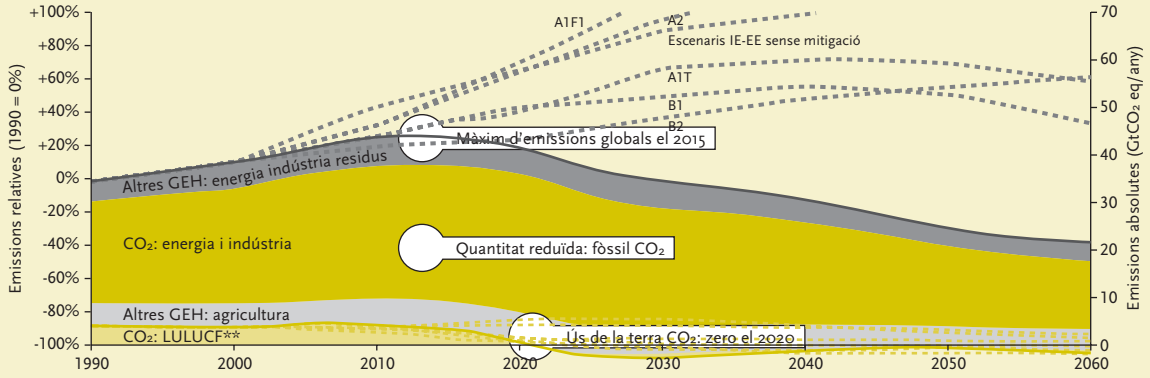
Per assolir l'objectiu de limitar l'increment de temperatures mitjanes a 2ºC és necessari reduir en gran mesura la demanda energètica i diversificar notablement el subministrament, tal com es veu al gràfic 1.

És important assenyalar el suport de l'opinió pública per dur a terme una acció a escala europea. Una enquesta feta el 2007 per encàrrec de la Comissió Europea ho constata,[1] tal com recull el gràfic 2.

1. "Actituds en qüestions relacionades amb la política d'energia de la UE". Enquesta realitzada per l'Organització Gallup per a la Comissió Europea, publicada a Flash Eurobarometer 206a.

Gràfic 1

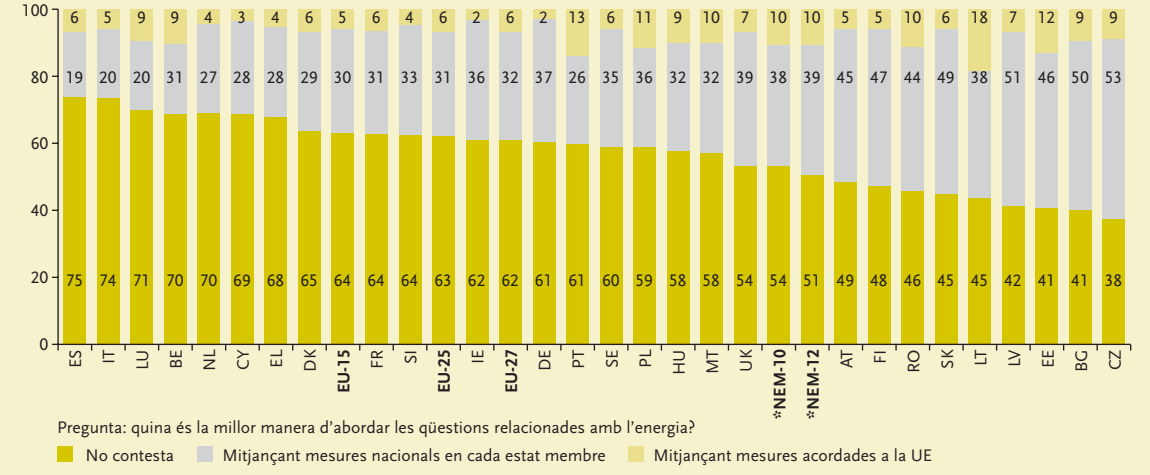
Emissions màximes globals de GEH per tenir una probabilitat del 50% d'aconseguir l'objectiu de 2°C i escenaris IE-EE*



* Escenaris d'emissions globals de GEH de l'informe especial sobre escenari d'emissions (IE-EE) del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el canvi climàtic. No tenen en compte polítiques de mitigació.
** Ús del sòl, canvi de l'ús del sòl i boscos.
Font: Comissió Europea.

Gràfic 2

La millor manera d'abordar les qüestions relacionades amb l'energia

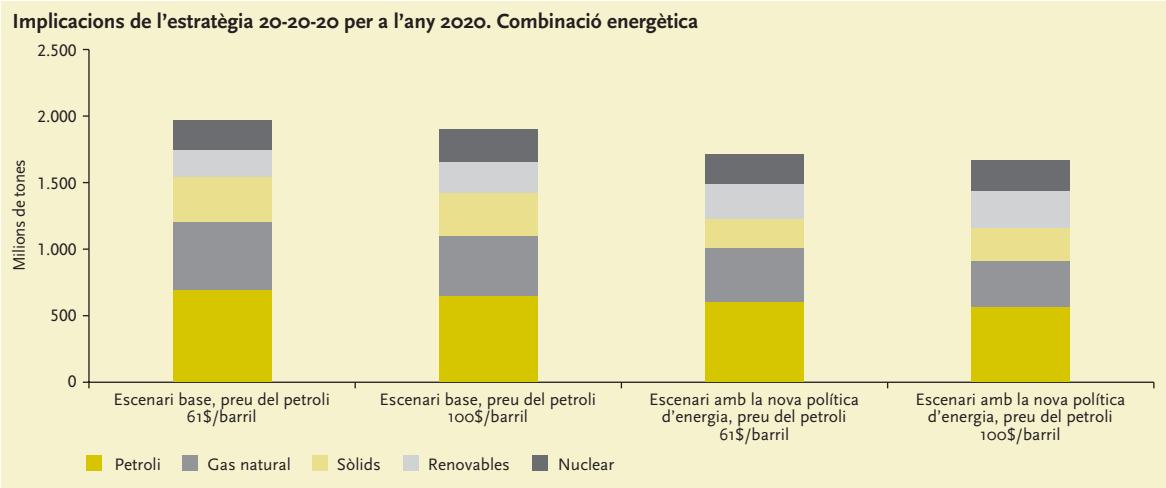


* NEM, nou estat membre.
Font: Flash Eurobarometer 206a. Comissió Europea. 2007.

Això es va traduir en el que ara es coneix com l'estratègia 20-20-20, una iniciativa llançada per la Comissió Europea l'any 2007 per lluitar contra el canvi climàtic amb què la Unió Europea es compromet formalment i unilateralment a assolir, l'any 2020, els objectius següents:

1. Reduir les emissions de gasos amb efecte hivernacle en un 20%, per comparació als nivells de 1990.
2. Augmentar la contribució de les energies renovables a la producció d'energia des del 8% el 2006 fins al 20%.

Gràfic 3



Font: Comissió Europea.

3. Millorar l'eficiència energètica en un 20%, que equival a reduir el consum d'energia en un 13% si es compara amb l'any 2006.

És important assenyalar la rapidesa amb què el Parlament i el Consell van acceptar aquesta iniciativa legislativa, prova de la importància i la urgència que té. Aquest paquet va servir de base per a les iniciatives legislatives subsegüents.

2.1 La Directiva 2003/87/CE de comerç d'emissions

La primera mesura que es va prendre va ser revisar la Directiva de comerç d'emissions, que serveix de model per a la resta del món, per tal d'aclarir els mecanismes per al període 2012-2020. És oportú considerar que la diferència en renda per càpita entre l'estat membre de la UE més pobre i el més ric és més gran que la diferència entre la Xina i els Estats Units. Si a la UE som capaços d'acordar mesures concretes contra el canvi climàtic, és raonable pensar que també és possible assolir un acord global.

2.2 La Directiva 2009/28/CE d'energies renovables

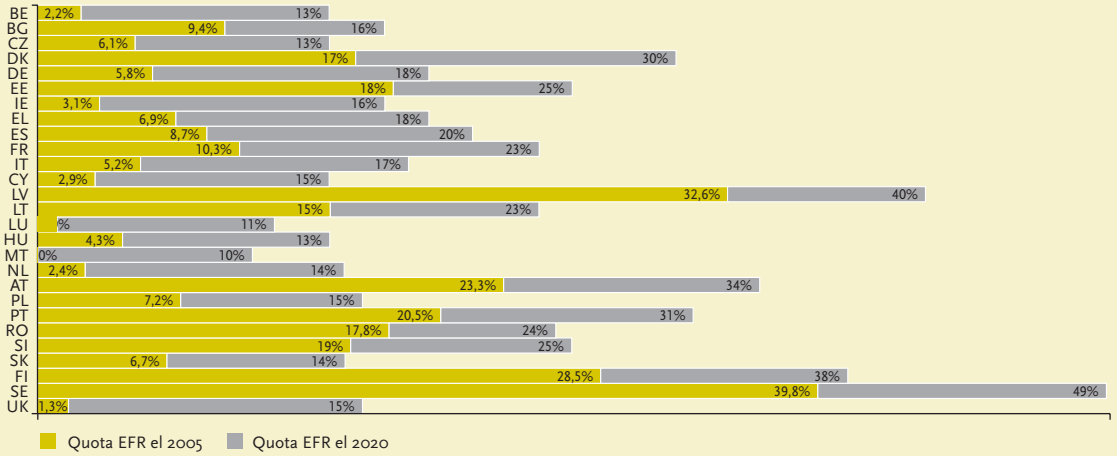
Una segona mesura va ser la Directiva d'energies renovables, que fixa com a legalment vinculant per a tots els estats membres l'objectiu global d'assolir el 20% de renovables en el nostre subministrament energètic, i el 10% de biocombustibles per al nostre transport, ambdós l'any 2020. Els objectius són globals, però els estats membres decideixen com repartiran el seu objectiu entre els diferents sectors i tecnologies.

La Directiva s'aplica des de juny del 2009. Els estats membres n'han de finalitzar la transposició a la legislació nacional i han de presentar un pla nacional abans de finals de juny del 2010, per tal de poder fer la transposició completa a finals del 2010. La Directiva també inclou una clàusula de flexibilitat que permet executar projectes conjunts transnacionals i les anomenades "transferències estadístiques" entre estats membres, és a dir, la possibilitat que la quota d'un estat pugui ser assolida amb inversions en un altre estat.

En la Directiva es dóna una atenció particular a les barreres de caràcter administratiu que s'oposen a la

Gràfic 4

Objectiu dels estats membres en relació amb la quota d'energia procedent de fonts renovables (EFR) en el consum d'energia final l'any 2020



Font: Directiva 2009/28/CE, annex 1.

difusió de les energies renovables. Es busca que les regles administratives siguin objectives, transparents, proporcionals i no discriminatòries, que quedi clar qui és responsable de cada procediment i que les càrregues administratives siguin apropiades. Aquestes condicions tenen una importància especial respecte de l'accés a la xarxa elèctrica.

L'ús d'estàndards europeus per a les especificacions tècniques de l'equipament, la reforma dels reglaments tècnics d'edificació per incloure l'ús de renovables de manera energèticament eficient, la certificació i formació de professionals i la informació al consumidor són altres elements de pes en la Directiva.

Els objectius globals per estat membre s'expliciten en el gràfic 4.

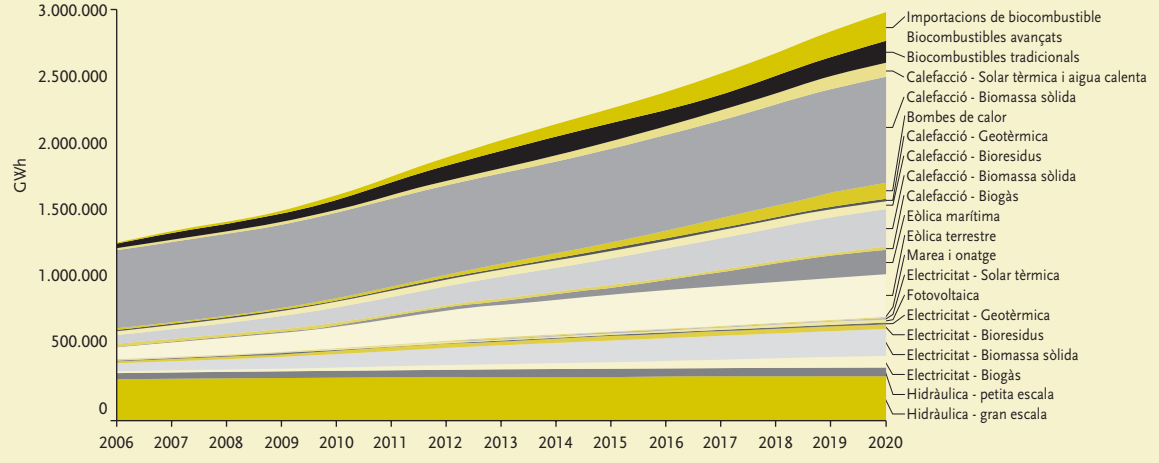
És útil aquí fer una breu reflexió sobre les implicacions i la dimensió d'aquest ambiciós objectiu. Si excloem la gran i mitjana hidroelèctrica i la biomassa, tots els esforços que els estats membres han escomès per promoure les energies renovables (sobretot eòlica, solar tèrmica i fotovoltaica) en l'última dècada han tingut com a resultat que la part de les renovables hagi passat del 7% al 8,5%. El compliment de l'objectiu del 20% implica que durant els 12 anys vinents s'instal·li cada any la mateixa capacitat que es va instal·lar durant tota la dècada passada, és a dir, s'han de multiplicar per deu les inversions.

Aquest objectiu pot semblar molt ambiciós, però és factible. Les experiències de Dinamarca, Alemanya i, molt particularment, Espanya en són bona prova. L'enorme desplegament que s'ha produït a Espanya, ara com ara un dels països líder al món en el domini de les tecnologies d'energies renovables, desperta admiració i respecte a tot arreu. En un període de crisi econòmica és oportú recordar que les energies renovables han creat 300.000 llocs de treball a Europa en pocs anys i que les perspectives de creació d'ocupació estable en aquest sector són molt positives.

Invertir massivament en renovables no és solament una qüestió de voluntat mediambiental o d'oportunitat industrial, sinó també l'única opció vàlida per reduir la nostra dependència energètica i complir els nostres compromisos. En un horitzó temporal més ampli es poden plantejar altres opcions, però d'aquí al 2020 no tenim alternativa a les renovables i a l'eficiència energètica.

Gràfic 5

Visió de la Comissió Europea sobre com es poden assolir els objectius



Font: Comissió Europea.

La Directiva de renovables també inclou el suport al desenvolupament de combustibles alternatius per al transport. En la Directiva s'estableix l'obligació legal per als estats membres d'assegurar que almenys un 10% del combustible per a transport prové de fonts renovables. De vegades s'entén aquesta obligació com si únicament concernís els biocombustibles, però no és així, ja que, per exemple, també s'inclouen els cotxes elèctrics.

Aquesta mesura és particularment delicada i ha estat objecte de debat. D'una banda, no és acceptable que ni un sol litre de biocombustible venut a la UE pugui causar, directament o indirectament, gana o desforestació a qualsevol part del món. Per resoldre aquesta situació, els criteris de sostenibilitat que cal establir per als biocombustibles són una de les grans discussions que tenen lloc als fòrums internacionals. La Comissió va proposar quatre regles bàsiques: no acceptar material provinent de regions amb alta biodiversitat, ni acceptar-lo de regions amb una capacitat de retenció de CO_2 elevada (zones humides, regions repoblades contínuament), respectar les regles mediambientals transsectorials i establir indicadors adequats en els informes obligatoris en relació amb l'impacte sobre el sòl, l'aigua, l'aire i la societat local. D'altra banda, és necessari que es produeixin avenços tecnològics notables en les bateries perquè els cotxes elèctrics puguin ser acceptats comunament al mercat.

2.3 L'eficiència energètica

El tercer gran element del paquet 20-20-20 és l'eficiència energètica, aspecte que pot ser l'àrea de treball amb menys glamur, però que és decididament la tasca primera que cal desenvolupar, la que requereix més esforços. A la UE es pot aconseguir una millora del 20% de l'eficiència energètica amb mesures i projectes econòmicament rendibles que suposarien una reducció del consum del 13%, en relació amb els nivells de 1990. Això implica reduccions directes de la necessitat d'importar combustibles, la millora de la situació econòmica de les llars, l'augment de la competitivitat de les empreses i la contribució valuosíssima a reduir les emissions de gasos hivernacle.

A més, és necessari recordar que la posició europea en les negociacions globals sobre canvi climàtic consisteix en el compromís unilateral de reduir les seves emissions en un 20% el 2020 i en l'oferta d'augmentar aquest compromís al 30% si les altres parts negocia-

dores accepten limitar les seves pròpies emissions. No sembla absurd pensar que tal acord és cada dia més probable, amb la qual cosa la UE haurà d'adaptar les seves polítiques a un nou escenari encara més ambiciós.

L'única possibilitat real d'assolir aquest grau tan ampli de reducció en tan poc temps, fins al 2020, és l'eficiència energètica. Ja hem explicat quin és el desafiament per a les renovables. Sembla poc raonable esperar-ne una contribució encara més gran en solament deu anys –tot i que a un termini més llarg les renovables hauran de ser la font d'energia més important. Les solucions tecnològiques de captura de CO_2 necessiten més temps per convertir-se en una realitat a escala macroeconòmica, mentre que els terminis de disseny, permís i construcció de les centrals nuclears exclouen qualsevol consideració que cap hipotètica nova central que s'aprovi ara produeixi energia l'any 2020.

Per tant, l'eficiència energètica serà el cavall de batalla en el decenni vinent.

La UE ha adoptat una sèrie de mesures amb l'objectiu de millorar la seva eficiència energètica. S'han desenvolupat i s'estan desenvolupant les directives d'*eco-design*, que fixen uns mínims d'eficiència energètica per a una vasta sèrie d'equipaments industrials i domèstics, des de televisions fins a bombetes, des de rentadores fins a motors industrials.

A més, s'han continuat desenvolupant i millorant les etiquetes energètiques. El que per a qualsevol de nosaltres és ara un fet habitual –veure quina és la classe energètica de l'electrodomèstic que volem comprar i decidir la nostra compra a partir d'aquest criteri i d'altres– era un fet estrany en el moment en què la UE va llançar la iniciativa, i ha necessitat un temps per ser compresa i apreciada pel consumidor.

Darrerament, la Comissió ha llançat una revisió de la Directiva sobre el rendiment energètic dels edificis. La revisió afecta ara molts més edificis –originalment es destinava als edificis de més de mil metres quadrats– i, a més, fa una atenció especial a impedir que la seva posada en pràctica sigui frenada per burocràcies excessives.

La Comissió Europea estima que aquesta revisió pot implicar estalvis addicionals d'energia al voltant del 5% al 6% de la demanda l'any 2020. Quan la Directiva sigui traslladada, cada ciutadà europeu podrà incloure entre els criteris per comprar o llogar casa seva el rendiment energètic que té, que haurà d'aparèixer en una etiqueta molt similar a la que ja coneixem per als electrodomèstics que utilitzem. El sector de la construcció i el sector immobiliari tindran un incentiu per construir i renovar d'una manera energèticament més intel·ligent.

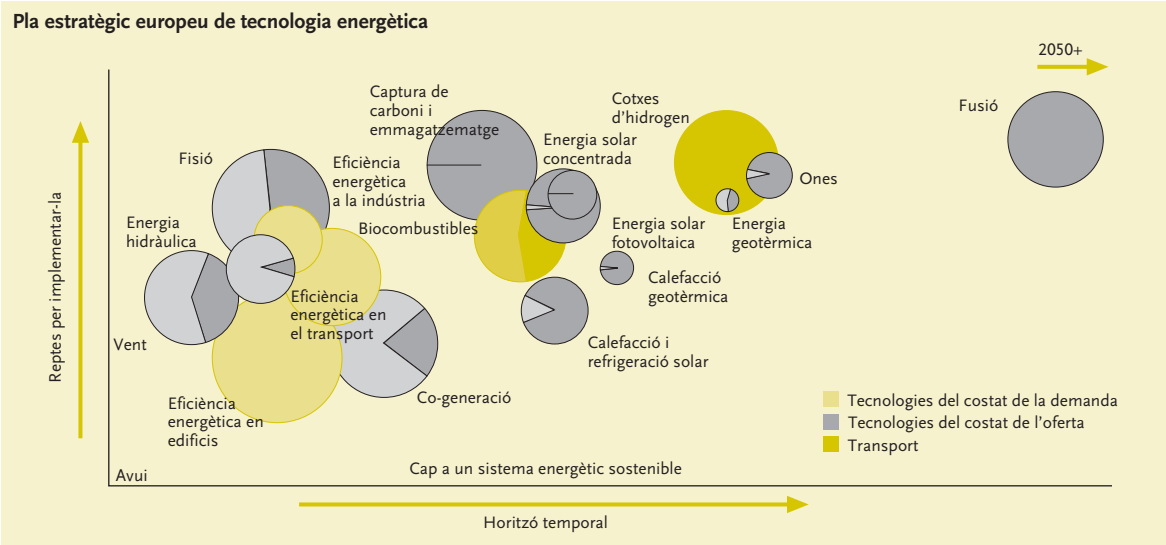
La promoció d'edificis amb baixa o nul·la demanda d'energia serà una altra de les prioritats d'acció de la UE en aquest context, i també afavorir la integració de les energies renovables als edificis. Sens dubte, els edificis hauran de ser etiquetats per cada estat membre d'acord amb les seves condicions climàtiques i característiques pròpies.

Una prova de la intenció de la Comissió d'afavorir aquests objectius ha estat la proposta, el gener del 2009, d'un paquet d'estímul econòmic, provinent de fons agrícoles no utilitzats, consistent en inversions per valor de 3.500 milions d'euros per a projectes estratègics en l'àmbit de l'energia, que inclou 500 milions per a projectes eòlics marítims.

Finalment, el maig del 2009 la Comissió va revisar el Reglament de fons estructurals i va proposar als estats membres l'objectiu d'invertir el 4% dels fons disponibles en la renovació energètica d'habitatges. Aquesta revisió presenta un potencial enorme: n'hi ha prou a pensar que el pressupost total podria rondar els 8.000 milions d'euros a Europa. A més, és probablement una de les iniciatives amb més potencial de creació d'ocupació estable. En el cas espanyol, un tercer avantatge és que l'ocupació es crearia allà on s'ha destruït, al sector de la construcció.

Però, malgrat tot, no s'ha avançat gaire en la seva posada en pràctica, que troba una barrera important: les autoritats competents per decidir la distribució dels Fons Regionals, les comunitats autònomes –que no són totalment competents en el sector de la renovació d'habitatges–, no se senten, almenys per ara, incentivades per actuar. Aquesta actitud és, sens dubte, difí-

Gràfic 6



Font: Comissió Europea.

cilment justificable, per la qual cosa sembla sensat esperar que a curt termini les comunitats autònomes arribin a acords amb les autoritats locals per llançar conjuntament grans programes de renovació urbana amb càrrec als Fons Regionals.

3

Mesures en el futur pròxim

Totes les mesures exposades en l'apartat anterior són necessàries i han de representar una gran contribució per assolir els objectius del 20%, però no són suficients

La Comissió està treballant en el desenvolupament d'altres paquets de mesures. El desenvolupament tecnològic és una necessitat bàsica per poder avançar. Probablement no és una de les àrees que més atenció desperta en els mitjans de comunicació, però es troba darrere de cada nou desenvolupament polític. La pretesa tercera revolució industrial únicament serà una realitat si va acompanyada de ràpids avenços tecnològics en àrees clau com les xarxes elèctriques i de comunicació, les tecnologies d'energies renovables o el desenvolupament de bateries i motors més eficients.

Tenim exemples d'èxit de les tecnologies europees, com ara el desenvolupament extraordinari dels mercats globals de fotovoltaica i eòlica, però hem de ser conscients que aquests èxits resulten gairebé anecdòtics quan es pensa en el que és necessari fer arribar a l'objectiu de veure un món que ha reduït les seves emissions un 80% l'any 2050, tal com l'IPCC considera crucial.

La indústria de l'energia amb baixa emissió (*low-carbon energy*), que inclou les renovables, les xarxes elèctriques intel·ligents, la captura de CO_2, els vehicles elèctrics, els híbrids, els vehicles d'hidrogen, les bateries, els productes energèticament eficients, etc., és sens dubte un dels sectors industrials amb el potencial de creixement més elevat en les pròximes dècades.

La UE està ben posicionada, amb indústries líders i pel fet de tenir una política que fixa un context positiu per al desenvolupament de noves empreses i idees en aquest sector. La posició de lideratge d'Espanya en el sector eòlic és un bon exemple d'aquesta asserció, que es pot estendre a molts altres sectors.

El Consell Europeu va reconèixer la importància del desenvolupament tecnològic quan va acceptar el Pla estratègic europeu de tecnologia energètica (gràfic 6), presentat per la Comissió, conjuntament amb el Primer Paquet Energètic el 2007. El Pla tecnològic proposa, en essència, millores en la coordinació entre la recerca a escala comunitària i la recerca a escala nacional per optimitzar resultats.

L'augment molt apreciable de les dotacions pressupostàries en R+D en tecnologies per a les energies sostenibles és un altre punt clau del Pla. Les inversions han de ser gestionades per personal científic adequat, i el Pla proposa recuperar l'atractiu de ser científic a Europa a fi d'atreure més joves cap a aquest sector.

L'any vinent és probable que la Comissió proposi una revisió extensa del Pla d'acció d'eficiència energètica aprovat el 2006, amb objectius ambiciosos i una atenció particular al desenvolupament d'instruments financers adequats per a les energies descentralitzades i l'eficiència energètica.

4

La dimensió local i regional

Les mesures legislatives i polítiques a escala europea no són plenament eficients si no estan acompanyades i realçades per iniciatives nacionals, regionals i locals.

És convenient subratllar dos fets:

- El potencial més important de reducció d'emissions és en l'eficiència energètica, inclosa la difusió massiva de sistemes renovables descentralitzats. Els sectors clau que poden suposar fins i tot la meitat del potencial total són els edificis i la mobilitat, fonamentalment pel que fa al transport a curta distància.
- La UE treballa sobre el principi de subsidiarietat: els problemes han de ser tractats per l'Administració el nivell de la qual sigui el més adequat per aplicar solucions.

En aquest context, la Comissió Europea va proposar a les ciutats i regions europees el Pacte dels alcaldes o alcaldesses o Covenant of Mayors: el compromís formal per part dels ajuntaments i les autoritats equivalents d'anar mes allà dels objectius comunitaris en matèria de reducció d'emissions de CO_2, mitjançant la posada en pràctica d'una estratègia local o regional, els anomenats plans d'acció d'energia sostenible.

El compromís inclou alguns elements absolutament nous, que li donen solidesa i credibilitat. En primer lloc, el compromís és quantificat i mesurable. No tenen cabuda en el Pacte vagues declaracions d'interès, sinó que s'hi han de concretar plans d'acció concrets, amb impactes quantificats. Els signants del Pacte fan públics els seus plans d'acció i els seus informes de progrés, la qual cosa permet que es pugui saber el grau d'execució del pla.

En segon lloc, el Pacte reconeix implícitament i explícitament el lideratge i la iniciativa dels poders locals i regionals. Ni la UE ni els governs nacionals dicten cap mesura per seguir, sinó que es fixa un objectiu global que es correspon amb el compromís de la UE en conjunt amb la resta del món –la reducció global d'emissions–, i s'espera de les autoritats locals i regionals que decideixin les estratègies particulars que duran a terme per assolir o superar l'objectiu esmentat. Ja que la decisió d'unir-se al Pacte és incondicional, ni la UE ni els governs nacionals tenen capacitat de decidir qui s'uneix al Pacte, que d'aquesta manera queda governat pels mateixos alcaldes.

El paper de la Comissió Europea es concentra llavors a proporcionar serveis i suport a les ciutats i regions acollides al Pacte, a més d'assegurar el reconeixement institucional. La Comissió no té capacitat per decidir qui s'uneix al Pacte, però pot exercir el mandat de finalitzar la participació en el Pacte de les ciutats i regions que no hagin respectat els seus propis compromisos, és a dir, que no presentin un pla d'acció o que no el posin en pràctica. Aquesta capacitat va ser requerida per moltes ciutats consultades, que d'aquesta manera veuen reforçada la credibilitat del Pacte, que sol retindrà les ciutats i regions que compleixin els seus compromisos.

El tercer element que cal considerar, el fet de comprometre's a un objectiu quantificat –que es refereix a una situació precedent–, requereix un esforç tècnic i científic notable per preparar inventaris d'emissions, metodologies de plans d'acció, etc. Es fa necessària i positiva, per tant, la cooperació estreta entre autoritats locals i el món tècnic. El Pacte afavoreix la capacitat d'operar d'agències de l'energia regionals i locals, que, al seu torn, són en la base de la creació de *know-how* local.

El quart punt –el fet de ser l'últim no vol dir que sigui menys important que els tres anteriors– serveix de colofó argumentatiu. Les inversions i activitats necessàries per reduir les nostres emissions són, per la seva naturalesa, una font de desenvolupament econòmic i social estable i sostenible a escala local. Són la millor resposta possible a la crisi econòmica present.

Considerem l'exemple d'Espanya. El sector en què s'ha produït més destrucció d'ocupació ha estat el sector de la construcció. A més, no sembla sensat pensar que en el futur previsible repuntarà l'activitat en la nova construcció. Però la qualitat mitjana dels edificis espanyols, en general i especialment en termes de rendiment energètic, és força baixa. Un gran programa de renovació energètica dels edificis construïts durant la segona meitat del segle passat podria ser aquest gran programa d'estímul econòmic que es reclama. Un programa així solucionaria un problema proper per a una majoria de ciutadans, crearia ocupació no deslocalitzable i facilitaria altres polítiques, com ara la integració social, la salut, la valorització del patrimoni local, etc. Aquest programa pot semblar extremament complex quan es considera des d'una perspectiva nacional, fins i tot regional, però es converteix en molt més factible quan es planteja a escala local.

Els poders locals estan en la posició única de saber i poder convertir el que és una preocupació i un cost a escala nacional, el canvi climàtic, en una oportunitat a escala local: millorar la qualitat de vida, crear llocs de treball estables, fer la ciutat més atractiva, fomentar la cooperació ciutadana.

La Comissió Europea és molt conscient d'aquesta oportunitat i, al costat del Pacte dels alcaldes, ha modificat els fons estructurals, tal com s'ha explicat anteriorment, i ha llançat, en cooperació amb el Banc Europeu d'Inversions, el nou instrument d'assistència tècnica ELENA, l'objectiu del qual és ajudar ciutats i regions a organitzar els seus projectes de renovació urbana mitjançant l'energia sostenible, de manera que aquests projectes puguin ser finançats pel Banc.

5 Conclusions

La Unió Europea s'està preparant, amb una àmplia sèrie de mesures legislatives, programàtiques i de cooperació política, per afrontar amb intel·ligència el nou paradigma energètic que sorgirà de la coincidència del perjudici ambiental, el dany econòmic i la inseguretat general que sorgeixen per efecte de la nostra actual dependència dels combustibles fòssils.

La UE ha adquirit un paper de lideratge mundial en l'àmbit de les tecnologies energètiques netes, dels desenvolupaments legislatius ambiciosos i de la comprensió pública del problema. Queda ara el desafiament més difícil: aconseguir que tota aquesta base es transformi en noves inversions que redundin en un model de societat més pacífic, més estable i més intel·ligent. Per aconseguir aquest objectiu és absolutament necessari que els diferents actors públics i privats hi contribueixin.

Des del sector públic, s'haurà de reconèixer i reforçar el paper de regions i municipis, atès que sense ells no s'aconseguirà cap objectiu. Regions i ciutats faran que l'amenaça de canvi climàtic es converteixi en oportunitat de millora social, gràcies a la bona comprensió dels mecanismes que fan que la inversió en energia neta i distribuïda sigui un vector de creixement econòmic sostenible. A més, les entitats públiques més properes al ciutadà són les que han d'incitar la contribució individual, les que poden fer del moviment per mitigar l'escalfament global un veritable moviment social.

Queda un altre element per solucionar, l'acord global perquè les altres grans potències del món re-

dueixin les seves pròpies emissions, fins i tot assumint que aquest acord implicarà un esforç més per part de la UE, ja que el seu compromís passarà del 20% al 30% de reducció. Els delegats de la UE negocien en aquests moments en aquest sentit. El millor ajut que podem donar-los és la nostra pròpia acció voluntària, el nostre compromís per contribuir en la mesura de les nostres possibilitats personals i professionals a assolir l'objectiu global. Només així aconseguirem passar a la història com la generació que es va trobar amb el primer problema global i que va saber solucionar-lo.

Energia: seguretat, eficiència i sostenibilitat[1]

Ramon Folch
Estudi Ramon Folch - Estudi i Comunicació Ambiental, SL

1

D'on surt l'energia?

Tota l'energia coneguda és d'origen nuclear. En són especialment els combustibles fòssils, resultat d'una mineralització parcial d'elements orgànics, és a dir, fotosintètics (en la seva gran majoria), és a dir, solars i, per tant, nuclears. La benignitat de l'energia solar interceptada per la Terra en forma tèrmica o lluminosa radica en la distància del reactor de fusió que és el Sol: els residus i les sotragades no atenyen el nostre planeta. A partir de la intercepció tèrmica directa o de la transformació fotosintetitzadora, l'energia nuclear solar ingressa en el sistema terrestre i fa possible la majoria de les formes de vida actuals. La mateixa massa material de la Terra és un residu més o menys refredat de processos nuclears remots.

La qüestió, doncs, no és identificar les fonts energètiques bàsiques (físicament parlant només n'hi ha una: la nuclear), sinó les maneres d'obtenir les diverses expressions en què es manifesta l'energia. Bàsicament són quatre:

- *Captació* directa d'energies "lliures" (vent, aigua elevada, escalfor radiant...).
- *Extracció* de compostos orgànics rics en energia d'enllaç, fòssils o no (hidrocarburs, gas natural, carbó, llenya, biomassa...).
- *Generació* d'expressions energètiques aplicables a les nostres necessitats, principalment electricitat (aerogeneració, hidrogeneració, fotogeneració, nucleogeneració, geogeneració...).
- *Transformació* seqüenciada d'expressions energètiques successives a fi de compatibilitzar-les amb el motor o destinatari final (la mateixa producció d'electricitat o l'hidrogen).

Aquestes quatre maneres d'obtenir energia corresponen a conceptes distints que es mouen en plans diferents. Formen part de l'univers semàntic equívoc

1. Reelaboració de la conferència pronunciada davant del Consell de Treball, Econòmic i Social de Catalunya el dia 16 de setembre de 2009 i síntesi, igualment reelaborada d'articles diversos de l'autor.

en què es mou el món de l'energia. Així, és comú parlar de "producció" de petroli per referir-se a l'extracció del cru i al procés petroquímic posterior o és corrent parlar de "generació eòlica" per referir-se a la generació elèctrica a partir de la captació mecànica feta pels aerogeneradors. Hauríem de fer un esforç per anar precisant la terminologia i evitar equívocs semàntics que desemboquin en confusions conceptuals.

Una qüestió important relacionada amb l'obtenció de l'energia és la dels residus ocasionats en els processos de captació o generació. La brutícia associada a l'extracció del carbó o el fum de les calderes acompanyà els primers temps de la revolució industrial, quan la novetat i l'enlluernament del vapor minimitzaven la percepció del costat negatiu del procés. Amb els hidrocarburs ha passat el mateix, però en èpoques de menys entusiasme i de més sentit crític, sobretot des que alguns d'aquests efectes han pres dimensions planetàries (exaltació de l'efecte d'hivernacle i canvi climàtic subsegüent). Per això el gas natural també té detractors, tot i que resulta més net en termes de contaminació convencional. Fins i tot la combustió de biomassa és afectada en aquest sentit, sobretot quan s'associa a la incineració de fraccions més o menys orgàniques de residus diversos. Les reaccions nuclears de fissió no generen aquesta mena de problemes, però instauren situacions no pas menys inquietants. Van arribar, com a quarta ona energètica, a una societat previnguda pels efectes de les tres anteriors (biomassa, carbó i petroli), de manera que s'han mirat amb molta prevenció. El problema principal és el risc radioactiu residual, naturalment. L'energia nuclear de fissió no provoca contaminació atmosfèrica i és relativament abundant (fins a un cert punt: els jaciments d'urani són limitats), però perillosa.

També són dignes de consideració les modificacions territorials provocades per l'obtenció energètica. L'entusiasme inicial de l'ecologisme per l'energia eòlica ha esdevingut rebuig en alguns sectors a causa de les alteracions paisatgístiques que comporten els parcs eòlics. Aquest canvi d'actitud té precedents en el camp hidroelèctric, l'energia renovable clàssica, cada cop més contestada per les alteracions que les rescloses o les minicentrals causen als cursos fluvials. Vist així, quin sentit té la locució "energies alternatives" que es va aplicar durant molt de temps a les energies renovables, per pretesament netes i duradores? Existeixen, realment, les "energies renovables"? En realitat, cap font energètica no és enterament renovable, ni completament neta. Convé abandonar els simplismes i admetre la complexa natura de les coses.

En tot cas, convé adonar-se que el component ambiental de l'energia radica en la seva mateixa essència. L'ambient tot sencer és una expressió energètica. L'ambient és energia. No és una manera poètica de dir-ho. Ben al contrari, és l'única manera de dir-ho amb propietat tecnocientífica. La matèria és una expressió energètica i les relacions entre els elements materials són fluxos d'energia. Aquesta realitat bàsica continua manifestant-se en totes les escales de la immediatesa quotidiana, perquè energia elaborada són els automòbils, que aconsegueixen de moure's amb despesa energètica, mentre que la combustió efectuada als seus motors és una transformació energètica, i a l'energia són degudes les transformacions induïdes per la mobilitat, es mesurin en modificacions territorials, en emissions de gasos o en processos productius.

En vista de tot plegat, i per tal que tots aquests aspectes quedin recollits en una terminologia més ajustada que l'habitual, podríem remetre'ns a la tipificació energètica del quadre 1.

L'hidrogen i les piles de combustible no figuren en aquesta relació. L'hidrogen és un transportador energètic (*carrier*), no pas una font. És com l'electricitat, que és l'expressió energètica potser més important, però que es genera sempre a partir de fonts preexistents: hi ha electricitat o hidrogen perquè primer hi ha reaccions nuclears, o formes d'energia solar (carbó, petroli i gas natural inclosos).

2

Per què depenem tant dels combustibles fòssils?

Els humans hem funcionat amb energia nuclear solar fotosintètica mentre ens hem limitat a menjar i a

Quadre 1

Tipus d'energia		
Energia capturada	Captació d'energies lliures i renovables d'origen solar	Solar Eòlica Termosolar Fotovoltaica
	Transformació cinètica d'energies potencials renovables	Hidroelèctrica Mareomotriu
	Captació d'energies lliures i renovables d'origen geonuclear	Geotèrmica
Energia alliberada per reacció combustible	Extracció de dipòsits no renovables (fòssils) d'energies del carboni	Carbó Petroli Gas natural
	Explotació de fonts biodegradables d'energies del carboni	Biomassa
	Explotació de fonts no biodegradables d'energies del carboni	Fracció fòssil dels residus
Energia generada per reacció nuclear	Nuclear de fissió	
	Nuclear de fusió (tecnologia no disponible)	

Font: elaboració pròpia.

cremar llenya. L'ancestral tracció de sang participa d'aquesta situació, òbviament. El problema ambiental de l'energia apareix amb l'emersió de la civilització industrial, que posà sobtadament en circulació els estalvis energètics de 200 milions d'anys de fotosíntesis fossilitzades en forma de carbó, petroli o metà. Té dos components: un d'obvi i fàcilment perceptible, que són els residus de la combustió, i un altre d'el·líptic, que són les transformacions territorials induïdes, amb la inclusió expressa de la formidable exaltació de la mobilitat que permeten.

L'èxit dels combustibles fòssils ha estat la seva elevada densitat energètica i també la facilitat amb què es transporten i es poden emmagatzemar. L'alta densitat de l'energia és bàsica per a l'autonomia de moviment. El 40% de l'energia se'ns en va en el transport, quasi tot confiat als derivats del petroli. És evident, però a vegades ens passa per alt. Els automòbils amb motor d'explosió o els avions van on volen i a costa d'un dipòsit petit. Per contra, els trens elèctrics necessiten catenàries fixes i centrals que generen de manera permanent. Encara que cobríssim el territori de captadors solars subsistiria el problema de la connexió del consum mòbil (les bateries són encara prou rudimentàries).

Sense carbó i sense petroli no hi hauria hagut revolució industrial. A vegades es perd de vista que la vida moderna és inimaginable sense abundor energètica, atès que els combustibles fòssils són al mateix codi genètic de la nostra civilització. El carbó catapultà la màquina de vapor, que no s'hauria pogut generalitzar només amb llenya –aviat l'hauríem cremada tota–, i el petroli féu possible el motor de combustió interna, sense el qual no hi hauria hagut automoció a l'engròs. L'un i l'altre, més el gas, han estat també determinants en la generació elèctrica. Les anomenades *energies renovables*, amb tan bona premsa, tenen un inconvenient: són una derivada segona o tercera de l'energia solar, en forma de vent, d'aigua acumulada a les capçaleres dels rius, d'onatge, d'efecte fotovoltaic... Per tant, resulten disponibles sempre per sota de la constant solar, que equival a una potència instal·lada màxima d'1 kW per metre quadrat de superfície terrestre. És força (però no gaire si, com passa actualment, el rendiment dels captadors encara és molt baix). Tanmateix, l'energia solar interceptada per la Terra fa funcionar la biosfera. Justament per això, si la capturéssim tota ens quedaríem sense vida vegetal i animal –i, doncs, sense aliments ni cicle de l'aigua ni res de res– i encara no subvindríem a totes les de-

mandes energètiques de set mil milions d'humans industrialitzats. Ja hi hem viscut només amb renovables: del paleolític a l'edat mitjana, per exemple.

Tenim un problema, doncs, si el petroli s'acaba. No s'acaba, encara, però aviat escassejarà la gasolina. El geòleg Mariano Marzo ho explica molt bé: no és igual tenir cervesa que estocs d'ordi o camps per cultivar-ne: l'ordi no es beu, entre el solc i la gerra escumejant hi ha el conreu, el processament i la distribució. El petroli amara roques profundes, no està contingut en dipòsits bombables. A més, en cru, no serveix de gran cosa. És ordi, palla inclosa. El petroli –i també el carbó i el gas– és el resultat improbable de processos químics complexos experimentats per immensos dipòsits de restes orgàniques sotmeses durant mil·lennis a temperatures i a pressions estrictes. Cada cop anem més curts de terra i de sacs d'ordi, però sobretot de cervesa manufacturada, aquest és el problema. Durant l'any 2009, malgrat la crisi econòmica general, es va extreure una mitjana diària de 84,9 milions de barrils de petroli, és a dir, uns 13.580 milions de litres. És tant com dir 156.000 litres per segon les vint-i-quatre hores del dia o més de dos litres per humà vivent i dia. Són quantitats impressionants, que encara caldrà incrementar en un 25% en les dues primeres dècades si és que volem satisfer les previsions de demanda tendencial. El mal és que les extraccions dels camps en explotació ja fa temps que cauen prop d'un 6,5% anual perquè els jaciments es troben en un estat avançat d'espletació. No és gens clar com es cobrirà aquesta demanda, que en tot cas dependrà sobretot de la dotzena de països de l'OPEP, geopolíticament problemàtics per a la Unió Europea (Aràbia Saudita, Emirats, Qatar, Kuwait, Iraq, Iran, Líbia, Algèria, Nigèria, Angola, Equador i Veneçuela), més que de proveïdors més fiables (Regne Unit, Rússia, Canadà, Estats Units, Mèxic, etc.).

És paradoxal que, davant d'aquest estat de coses, només obtinguem serveis econòmicament productius d'una tercera part del petroli extret (dues terceres parts es perden en els consums d'extracció, refinatge i transport, en la ineficiència de la transformació i en la malversació per serveis innecessaris). Altrament, una part de les preteses reserves és petroli d'extracció difícil o molt costosa. Per això cada vegada tenim més a prop el fantasma del *peak-oil,* és a dir, el moment en què la demanda sigui superior a l'oferta possible: la majoria d'experts i les mateixes companyies petrolieres sostenen que, al ritme actual de demanda, podria produir-se entre el 2020 i el 2025, potser abans i tot. El petroli ha estat, i és, una benedicció per als humans; l'hauríem d'administrar millor. I també, potser, capturar el diòxid de carboni que, en cremar-lo, alliberem a l'atmosfera.

3

D'on ve el diòxid de carboni atmosfèric?

Ha quedat raonablement establerta la relació entre l'emissió de diòxid de carboni resultant de la crema de combustibles fòssils i el canvi climàtic, no cal insistir en el tema. Per contra, potser sí que convé reflexionar sobre la procedència global del CO_2 atmosfèric, la major part del qual procedeix de combustions orgàniques no industrials. Les persones emetem CO_2. Concretament, entre 950 i 1.200 grams cada dia per cap. De mitjana, cada ésser humà exhala diàriament poc més d'un quilo de diòxid de carboni. Com que som 6.780 milions de persones vivents, la respiració humana aboca a l'atmosfera uns 7,5 milions de tones de CO_2 al dia. La respiració conjunta de tots els éssers vius genera anualment uns 320.000 milions de tones de diòxid de carboni i per això n'hi ha a l'atmosfera. El problema és que a tot aquest CO_2 se suma ara el de la crema de combustibles fòssils, uns 28.000 milions de tones anuals, és a dir, un 9% suplementari. Pot semblar poc, però és molt. Representa que, en un sistema en equilibri dinàmic (la Terra i la seva atmosfera), s'eleva un paràmetre en quasi un 10%. Si no fos per la capacitat autoreguladora del sistema, que encaixa i deriva part de l'alteració, després d'un parell de segles de cremar combustibles fòssils l'atmosfera sobreeixiria de diòxid de carboni, l'efecte d'hivernacle estaria disparat i el clima del planeta hauria variat sensiblement. Però tot té un límit, l'homeòstasi planetària en termes de gasos amb efecte d'hivernacle està desbordada i per això s'altera el règim atmosfèric i comença a canviar el clima.

Respirar és oxidar matèria orgànica per obtenir energia. Cremar, també. Un litre de gasolina completament oxidada esdevé energia, vapor d'aigua i 2,3 quilos de CO_2. Un ésser humà exhala al dia la meitat d'aquesta quantitat, és a dir, l'equivalent a cremar mig litre de gasolina. En respirar, cada persona contribueix a l'efecte d'hivernacle com un turisme que recorri set o vuit quilòmetres diaris. Per això, a 12 euros la tona a què es cotitza el diòxid de carboni al mercat d'emissions, si se'ns tractés com un motor hauríem de pagar mig euro al mes per respirar. No el paguem, i els nostres autos, tampoc. De manera directa no paguem res, deixem que ho faci la indústria (i, a més, la mirem malament). Indirectament, ho paguem amb la repercussió dels costos industrials o amb els impostos que cobreixen les despeses de l'Estat quan compleix amb Kyoto. Per això respirar no és de franc, encara que de moment ens surti gratis. Hi ha balanços pitjors que altres, naturalment. Quant al diòxid de carboni, el millor és el de les nuclears, instal·lacions energètiques que presenten seriosos problemes d'una altra mena, però; el pitjor és el dels combustibles fòssils. Tots tenen una pega o altra. I diferents virtuts, també. Per això hauríem d'abandonar d'una vegada el maniqueisme. El messianisme judeocristià impregna les nostres actituds profundes i ens inclina a optar entre el bé o el mal, el pecat o la virtut. Els moviments salvífics incorren fàcilment en aquest vici. Admetre que els emissors principals de diòxid de carboni som els mateixos éssers vius amb la nostra respiració és un saludable exercici d'humilitat.

Però el diferencial problemàtic ve de la crema de combustibles fòssils, tampoc no es pot oblidar. En només dos segles, hem retornat a l'atmosfera el carboni fixat en els jaciments al llarg de més de cent milions d'anys. En les properes dècades, n'hi abocarem una altra quantitat equivalent. Com és que algú encara s'estranya que això provoqui trasbalsos climàtics? Cal minimitzar les emissions, però també cal trobar maneres menys pedestres de desfer-se de tot aquest CO_2 que l'abocament directe a l'atmosfera. Obtenim del subsòl carbó i hidrocarburs (carboni reduït), n'extraiem per combustió l'energia retinguda als seus enllaços químics i aboquem a l'atmosfera els gasos residuals (carboni oxidat). Seria sensat retornar aquests residus al lloc d'on vénen. El diòxid de carboni, o carboni sense energia associada, no faria aleshores nosa a ningú. Enterrar el carboni desmaiat que hem desenterrat quan era portador d'energia és una solució lògica. No hi ha manera pràctica de fer-ho quan les emissions són difuses, que és el cas dels autos, per exemple. Però es pot intentar quan són concentrades, que és el cas de les centrals tèrmiques. Cada kWh generat amb gas natural comporta l'emissió de 400 grams de CO_2, que és bastant; generat amb carbó, uns 900, que és moltíssim. Però el carbó, per la seva abundància relativa, és el combustible més emprat a les tèrmiques xineses, índies i de la major part del món en general. El seu ús augmentarà inexorablement. Si no en confinem el CO_2, la guerra contra el canvi climàtic està perduda.

En tot cas, i justament perquè no podem evitar d'emetre CO_2 quan respirem, hem d'implementar un sistema productiu i de transport baix en emissions de diòxid de carboni. Ha de resultar-nos car enviar-lo a l'atmosfera, és l'únic llenguatge que entenem els humans quan funcionem junts. El Banc Mundial ha estimat que, entre el 2010 i el 2050, els països rics hauran de transferir cada any entre 55.000 i 75.000 milions d'euros als països en vies d'industrialització per tal que adoptin tecnologies baixes en CO_2. A aquests costos de mitigació del canvi climàtic s'hi haurà d'afegir els esforços dels mateixos països desenvolupats en la mateixa direcció, la compra de permisos d'emissió prevista al Protocol de Kyoto i els costos dels conflictes ocasionats per les alteracions climàtiques que ja són en curs i que ningú no podrà parar en molts anys, perquè l'atmosfera és un volant d'inèrcia que respon molt mandrosament als cops de timó. Tot un panorama.

4

Són les energies renovables l'única sortida?

A la llarga, potser sí; de moment, encara no. I no pas perquè l'energia solar sigui escassa. El Sol és un reac-

tor exagerat. Envia a l'espai quantitats ingents d'energia, una petita part de la qual arriba a la Terra. En termes de potència o energia instantània, uns 1.360 W/m² atenyen de manera permanent la part més externa de l'atmosfera il·luminada. És l'energia que mou l'atmosfera i fa ploure, que governa el clima, que fa possible la vida mitjançant la fotosíntesi. Arran de terra, aquesta irradiància es tradueix en una insolació d'1 kW per cada m². És força energia, però difícil de capturar. Només per generar l'electricitat domèstica que consumeix un europeu mitjà calen uns 8 m² de plaques fotovoltaiques. Per abastir les llars de Catalunya caldrien més de 60 km² de plaques. En tot cas, les llars necessiten només el 5% de l'energia total consumida, de manera que la captura fotovoltaica de tota l'energia necessària a Catalunya exigiria una inimaginable extensió de 1.200 km² de plaques. Segurament acabarem millorant el rendiment fotovoltaic, però mai no podrem superar la constant solar: com a màxim, 1 kW per cada m² i prou. L'energia solar és abundant, però laxa. I discontínua: de nit s'amaga el Sol. Els 1.200 km² de plaques no generarien l'energia necessària en el moment necessari, sinó l'equivalent energètic global a les hores en què no seria tan necessari. La captura solar ha de ser complementada amb altres fonts de generació contínua.

El tema de la discontinuïtat és molt important. El Sol no lluu les vint-i-quatre hores del dia sobre tots els punts de la Terra, el vent no bufa de manera constant i laminar. A Catalunya, en concret, el vent és episòdic, tret de l'Empordà i els sistemes muntanyosos centromeridionals. Per això només un 20%-25% del territori pot acollir parcs eòlics raonablement productius. El Pla de l'energia de Catalunya preveu que abans del 2015 hi hagi 3.500 MW de potència eòlica instal·lada, però a hores d'ara en tenim a penes 500 (equivalents a una central de cicle combinat o a mitja central nuclear estàndard). En tot cas, el vent és capritxós. La matinada del 30 de desembre de 2009 i del 14 de gener de 2010 cobrí el 54% i el 42% de la demanda elèctrica espanyola, però l'endemà, només un 15%-20% (que també és molt, però no tant). No ens podem deixar enlluernar per la vistosa potència instal·lada (17.000 MW a tot Espanya, només 500 a Catalunya en començar el 2010) ni tampoc pels MWh proporcionats durant uns quants minuts de punta. Cal pensar que, fins i tot en els moments de rècord de generació assolits els dies 8 de novembre i 30 de desembre de 2009 o el 14 de gener de 2010, en cap moment no es van aconseguir potències instantànies superiors als 11.800 MW, és a dir, el 70% de la potència instal·lada. Calen altres fonts energètiques, doncs, renovables o no, i una bona xarxa per treure energia d'una banda i posar-ne a una altra.

Altrament, la majoria de sistemes per captar les energies anomenades *lliures* o *netes*, de les quals quasi totes són solars (eòlica, fotovoltaica, hidroelèctrica, de l'onatge, etc.), no estan exempts de repercussions ambientals, bé que normalment lluny de l'usuari. Basta pensar en els embassaments, en l'extracció i la metal·lúrgia del silici o en els processos productius dels aerogeneradors i en les afectacions territorials de les línies d'evacuació de l'energia generada. Cal insistir-hi per tal de no anar consolidant falses creences, que per estar generalitzades no són menys errònies. Qualsevol format o vector energètic que no sigui el fotosintetitzador comporta efectes ambientals importants. Ignorant-ho, ni els resoldrem ni els encarrilarem acceptablement. Per exemple, la generació hidroelèctrica, la primera i més contrastada font d'energia renovable, també emet gasos amb efecte d'hivernacle. La putrefacció de les plantes cobertes per les aigües en la primera inundació, però també la de les germinades als espais d'oscil·lació anual del nivell, emet metà. Els xinesos ho acaben de mesurar al gegantí embassament de les Tres Gorges, sobre el riu Iang-Tsé: unes 54 tones per quilòmetre quadrat i any, les quals, en termes d'efecte d'hivernacle, equivalen a unes 1.000 tones de CO_2, tant com el diòxid de carboni emès per 430 litres de gasolina cremada, és a dir, per un turisme que hagi recorregut 6.500 quilòmetres. I a les emissions dels embassaments, podríem afegir les emissions associades a la fabricació i transport de plaques solars o d'aerogeneradors, o a l'evacuació i transport de l'energia generada. Tanmateix, les anàlisis multicriteri que inclouen la consideració del cicle de vida donen valors d'impacte prou distints (ecopunts nega-

tius) per a les diferents energies netes: 5,4 a la minihidràulica, 64,7 a l'eòlica i 461 a la fotovoltaica. Això vol dir que, genèricament, l'eòlica té un impacte ambiental dotze cops més gran que la minihidràulica i set vegades més petit que la fotovoltaica, a banda d'altres consideracions relatives a la vida útil de les instal·lacions.

Un cas particular d'energia renovable, molt vinculat a l'automoció, és el dels biocombustibles. Han tornat a la palestra, però no són cap novetat. De fet, el primer motor dièsel anava amb olis vegetals, l'any 1900; el prototipus del Ford T anava amb etanol, l'any 1907. Per tant, la idea dels biocombustibles no té res de nou. Però la Ford es decantà finalment per la gasolina i així començà l'era de l'automobilisme de consum: cotxes fets en sèrie i moguts amb motor de gasolina. Un segle més tard hem millorat els rendiments (aquells Ford T no passaven dels 70 km/h i consumien 20 l cada 100 km), però el plantejament bàsic de l'automòbil és el mateix. Ara, com que el petroli declina, alguns giren novament la vista cap als biocombustibles.

Se n'hauria de dir *agrocombustibles*, potser, perquè provenen de l'activitat agrícola. Els principals són el bioetanol (de fet, etanol *tout court*), obtingut de la fermentació alcohòlica de cereals, canya de sucre o remolatxa (o raïm), i el biodièsel, fabricat a partir d'oli de soia, colza o gira-sol, o també a partir d'olis vegetals reciclats. El Brasil i els Estats Units produeixen el 90% de l'etanol mundial, mentre que Alemanya i França fabriquen el 80% del biodièsel del món.

Els motors d'explosió poden anar amb qualsevol cosa que es comporti com la gasolina o el gasoil. Als brasilers els sobrava alcohol etílic i ja fa anys que les seves estacions de servei serveixen bioetanol. El bioetanol es pot mesclar amb gasolina (E5 i E10, 5% i 10% d'etanol) sense que cap motor se'n ressenti o es pot emprar en percentatges elevats (E85, E95 i E100) en motors especialment adaptats, com és el cas dels cotxes brasilers. El biodièsel mesclat amb gasoil (B5, B20) o pur (B100) funciona en qualsevol motor dièsel, tret dels molt antics. Sona bé, perquè els biocombustibles són renovables i en la seva producció biològica es fixa tant carboni atmosfèric com la seva combustió n'envia a l'atmosfera en forma de CO_2. El problema és el trasbals que introdueixen en els mercats agroalimentaris i la mediocritat del balanç energètic del seu procés productiu.

El tema del balanç energètic és capital. L'energia continguda en un quilo de peix és molt inferior a l'energia consumida per pescar-lo. Per això la pesca actual presenta un balanç energètic negatiu, dissimulat pel preu final del peix. El peix es valora molt a taula i el petroli, no gens, de manera que continuem pescant. Però si donéssim prioritat al balanç energètic, ja faria temps que hauríem deixat de fer-ho. Amb l'agricultura és diferent. L'esforç agrícola ha estat secularment compensat per collites més o menys abundoses. Això explica l'èxit de l'agricultura i el seu paper històricament capital. Actualment ja no és tant així: el rendiment per hectàrea és molt més elevat que abans, però l'energia esmerçada als conreus ha crescut encara més (tractors, fertilitzants, plaguicides, irrigació, etc.). En tot cas, necessitem els aliments i no dubtem a esmerçar molta energia per aconseguir-los. El balanç entre aliment obtingut (energia solar fixada en enllaços bioquímics) i energia consumida en el conreu (energia bàsicament fòssil gastada en els processos agronòmics) no és determinant, perquè el petroli no es menja. Però ho seria si decidíssim transformar la collita en llenya. Doncs això, més sofisticadament, són els biocombustibles. Amb sòls fèrtils, pluges abundants i temperatures altes tot va bé, però aquest no és el cas de la majoria de zones del planeta; aleshores cal llaurar a fons, adobar, regar i fumigar. Caldria fer molt bé els números, no fos que acabés passant com amb la pesca, però sense peix a taula: gastaríem molta energia per produir-ne poca, un negoci pèssim. En efecte, una demanda desbocada de cereals per produir bioetanol perjudicaria els menys afavorits. Ja ha passat a Mèxic, on el preu del blat de moro, aliment bàsic, es doblà en pocs mesos: al Chicago Board of Trade, el mercat principal de futurs del món en matèries primeres, el *bushel* de blat de moro (25 kg) passà de 2 a 3,5 dòlars entre el febrer i el desembre del 2006. Altrament, la requesta creixent de soia esperona noves rompudes en països

tropicals o subtropicals encara forestats: el que ha respectat la ramaderia per a hamburgueses pot destruir-ho la soia per a bioetanol.

A Europa és diferent. La Directiva 2003/30 de la Comissió Europea establia que els biocombustibles representessin el 5,75% de l'oferta comunitària l'any 2010. No s'hi ha arribat, però el Consell Europeu ja ha aprovat que sigui el 10% l'any 2020. Només Alemanya amb el biodièsel i Suècia amb el bioetanol han fet de moment els deures. Segons la Comissió els biocombustibles crearan 180.000 llocs de treball nets. Tanmateix, no diu quin balanç energètic ha de ser considerat com a límit. A Catalunya, el Pla de l'energia (revisió 2006-2015) preveu que el 18% del gasoil d'automoció sigui biodièsel el 2015. Pot ser una bona oportunitat de reconversió de la nostra agricultura, si els balanços energètics són favorables o si es combinen polítiques productives amb inversions d'estabilització territorial. En comptes de subvencionar productes excedentaris es podria afavorir una nova pagesia zeladora del paisatge i generadora de productes amb un mercat real.

En qualsevol cas, convé recordar que els vectors energètics no són intercanviables. Pronuclears i filosolars semblen perdre a vegades de vista que l'electricitat és un vector energètic de distribució més que rígida: s'ha d'estar penjat d'una xarxa fixa (la transmissió per inducció és encara molt circumstancial o anecdòtica). El moviment vol independència. L'hidrogen la dóna, i per això segurament té futur en automoció, com el gas natural liquat o a pressió. Però no hi ha mines d'hidrogen i la combustió del gas, com la del petroli, genera diòxid de carboni, nefast per al manteniment de l'estatus climàtic que ens convé. Per tot plegat, solucionar el tema de les bateries és capital per al desenvolupament del vehicle elèctric. En tot cas, no podem superar determinats llindars mitjançant consecucions tecnològiques successives, perquè contrariaríem les lleis de la física. Cal posar de manifest que una disposició sigmoide, tan comuna en molts fenòmens que comporten creixement en algun dels seus paràmetres, és també aplicable al cas que ens ocupa. El principal impacte ambiental negatiu de l'ús de les diferents expressions energètiques vindria de no acceptar la necessitat de programar aquesta segona inflexió de la corba sigmoide, perquè el creixement indefinidament sostingut és insostenible. Una inflexió com aquesta es produirà probablement sola de manera ineluctable, bé que podem esforçar-nos a retardar-ne l'aparició. Seria millor propiciar-ne l'adveniment controlat en temps i manera no traumàtics per a l'economia mundial i, sobretot, per als humans. Però per tal que aquesta major no ens serveixi de coartada per no abordar les moltes menors de què es compon la realitat, serà sensat començar per les seves derivades segones, que són també els paràmetres més immediats, entre els quals, i potser en primer lloc, hi ha les emissions.

El petroli s'acaba, el gas natural tampoc no durarà sempre i les reserves d'urani són tan limitades com les d'energia fòssil, si no més. Les renovables actuals, la majoria expressades en forma d'electricitat, abasten el que abasten i, a més, els cables no poden arribar arreu. No és ser responsable prescindir-ne, però és ser demagògic considerar-les la panacea. Altrament, el món modern ja és com és. L'hem dissenyat per funcionar amb energia fòssil i motors de combustió interna. Ens ha costat un segle i mig de feina, no ho podem canviar en un parell de dècades. La il·lusionada construcció d'un futur viable (és a dir, sostenible) passa pel reconeixement del present. Per això tenim un problema. Tot plegat no és una qüestió menor o merament estètica; ben al contrari, és un tema socioeconòmicament capital.

5

On són els embornals energètics del sistema productiu català?

La indústria optima processos per definició. Per això, i en contra del que pugui semblar i del que, segurament, creu la majoria, administra molt bé els recursos energètics. Consumeix molta energia, naturalment, però de manera raonablement eficient. A Catalunya, la indústria necessita el 44% del total de l'energia primària consumida, però en consumeix només un

31,5% perquè la resta és petroli convertit en plàstics i altres productes. El transport s'enduu un 26% de l'energia primària, equivalent a quasi un 40% (38,7% l'any 2007) de l'energia final. La construcció i, sobretot, l'explotació dels edificis (il·luminació, climatització, etc.) necessiten també molta energia. De fet, les demandes associades al transport i a la construcció i manteniment de les edificacions representen molt més de la meitat de l'energia final consumida. Són, doncs, els dos grans embornals energètics. En ambdós casos, l'eficiència amb què operen es pot millorar molt. Per això la intensitat energètica del sistema productiu català és tan alta (relació entre energia esmerçada i PIB generat), encara que hagi millorat força en els darrers cinc anys. L'any 2006 es va situar en 110,2 tep[2] per cada milió d'euros de producció, un 3,7% menys de les 114,5 tep de l'any 2005 i un 6,5% menys de les 117,9 de l'any 2004.

El tema del consum en el transport és molt complex. Disminuiria si els motors fossin més eficients, però les principals millores que es pot esperar no són de caràcter tècnic, sinó social o polític, perquè depenen de les opcions de mobilitat escollides (transport privat o col·lectiu, automòbil o tren, etc.) i de qüestions aparentment deslligades del tema, com el model territorial. L'elevada demanda actual s'explica per l'addició de les variables menys favorables: més privat que col·lectiu, més carretera (80% del consum energètic total del transport) que ferrocarril o vaixell, molta mobilitat lligada a la urbanització laxa, etc.

El tema de la construcció no es percep com a tan important, però el cert és que es comporta com un embornal energètic que sí que ho és. De la mateixa manera que parlem de potència instal·lada (capacitat de generació d'una planta energètica), hauríem de poder parlar de "demanda instal·lada", és a dir, consum basal en funció de les característiques de la construcció, més enllà del consum real subsegüent a l'eficiència o deixadesa de l'usuari. Equivaldria al consum que tots els fabricants d'automòbils donen per als seus vehicles (normalment establert per a càrregues mitjanes, pneumàtics inflats correctament i vehicles rodant a una velocitat constant de 90 km/h). En aquestes condicions basals, els nostres edificis residencials necessiten entre 100 i 150 kWh per m² i any, alguns fins i tot 200. És molt, tenint en compte que el procés de rehabilitació energètica que impulsa la Comissió Europea per al 30% del parc immobiliari construït (abans del 2030) aspira a arribar a demandes situades entre els 50 i els 80 kWh per m² i any.

El consum energètic d'un edifici comença molt abans que l'ocupin els usuaris. S'inicia amb l'obtenció dels materials constructius i amb la manera de dur a terme l'obra. Ja fa deu anys que l'Informe MIES, fet per la Universitat Politècnica de Catalunya, determinà que en la construcció de l'edifici de l'Escola d'Arquitectura de Sant Cugat s'havia consumit una tercera part de tota l'energia que l'edifici necessitarà al llarg de la seva vida útil, estimada en uns trenta anys. Sobre això, no sol haver-hi cap càlcul previ ni cap sensibilitat especial, i menys encara sobre les emissions de diòxid de carboni que comporta la construcció. La poca sostenibilitat en voga s'extasia amb els plafons fotovoltaics i amb suposades circulacions de l'aire segons unes fletxetes dibuixades en els plànols i mai no verificades en la realitat, però no sol preguntar-se pel cost energètic i les emissions de CO_2 dels materials i dels processos constructius. No és tot u recórrer al formigó armat, als materials ceràmics, al vidre, a la fusta o a l'acer: les emissions poden multiplicar-se per cent o més i tot.

El cas és que sabem fer cases amb emissions baixes de CO_2 i amb una demanda energètica discreta, entre quatre i sis vegades més baixa que la dels edificis convencionalment construïts. Sabem com fer pisos que passen amb 25-35 kWh per m² i any. És a dir, pisos que, perfectament climatitzats a l'hivern i a l'estiu, redueixen a una quarta o a una cinquena part la factura de l'electricitat o del gas. Sorprèn que ningú no ho exigeixi encara, i més quan la certificació energètica d'edificis vigent estableix un escalat de la G a la A, com en els electrodomèstics (el nivell D és el mínim obligatori en obra nova, segons el Codi tècnic de l'edificació). També sorprèn que no s'escometin reha-

2. tep: tones equivalents de petroli, a vegades expressades em Mtep (mega tep, milió de tones equivalents de petroli).

bilitacions d'obra vella per millorar el rendiment energètic. Podríem començar pels edificis d'ús públic, pel seu valor exemplificant. En èpoques de crisi i de foment de la inversió pública per reactivar l'activitat econòmica, seria una mesura doblement oportuna: invertir per estalviar i ser més eficient i competitiu és una jugada rodona. Les rehabilitacions energètica o hídrica exigeixen obres, és cert, però no pas més que les fetes en ocasió del canvi del gas ciutat a gas natural (es van haver de substituir totes les conduccions), o que les corresponents a la instal·lació de fibra òptica o cable, o que les de posar telèfon o antenes de televisió a les cases que no en tenien, o que les fetes per dotar amb cuines i banys moderns les cases amb comuna o fogons de carbó. S'han fet en les darreres quatre dècades i ara tocaria posar al dia l'eficiència energètica.

En comptes d'això, en els darrers anys s'ha vist tota mena de pintoresquismes constructius etiquetats com a sostenibles o bioclimàtics. Un edifici sostenible no és un exercici de sectarisme edilici. És una mostra de bona pràctica edilícia, superadora, això sí, d'alguns desvaris que han estat de moda o que encara ho estan. L'arquitectura genuïnament sostenible és la millor arquitectura del moment, la que fa les coses que cal fer de la manera més eficient i confortable possible, la qual cosa incorpora l'objectiu de la durabilitat. Si és lletja o desorbitada, no és sostenible; si és efímera o molt costosa de mantenir, tampoc. Dotar els edificis de sistemes de captura activa d'energia (termosolar, fotovoltaica, geotèrmica) sol ser interessant, a més d'obligatori ja actualment en molts llocs, però el que realment compta és el balanç entre l'energia sol·licitada a la xarxa i la prestació obtinguda. Si l'edifici té un mal comportament energètic (orientació cardinal defectuosa, mal aïllament, excés d'il·luminació artificial, instal·lacions de climatització poc eficients, ús inadequat de la vegetació arquitectònica, etc.), no serveix de gran cosa que estigui contraplacat de plafons solars. L'energia i els materials barats han derivat en edificis ineficients. Tan ineficients que comencen a ser fins i tot ineficaços i poc confortables. L'ús inadequat de la climatització forçada, per exemple, ha creat una paradoxal falta de confort per als usuaris, és a dir, una ineficàcia. La mala relació entre l'energia consumida i el servei prestat ha fet créixer els índexs d'ineficiència energètica; la manca de confort climàtic generat per unes temperatures inadequadament altes o baixes, o per fluxos d'aire excessius, ha fet créixer els nivells d'ineficàcia. S'ha arribat, doncs, a la ineficiència ineficaç. Els costos creixents de l'energia inviten a un canvi d'actitud, que ja hauria d'haver arribat fa molt de temps sota el guiatge de la bona pràctica projectativa.

Davant de l'evidència, la discussió teòrica sobre el tema ha perdut interès. Empesos per la necessitat, tant com per la reflexió, si no més, algunes instàncies administratives, diverses plataformes reguladores i nombrosos professionals han optat per establir estàndards i adoptar criteris. Convé subratllar-ho: no parlem d'especulacions, sinó de normatives ja vigents o de pràctiques en curs de generalització. Que alguns encara les ignorin, o fins i tot que les menystinguin, no passa d'entrebanc temporal o d'anècdota més o menys lamentable. En desenvolupament de la Llei 38/1999 d'ordenació de l'edificació, el Codi tècnic de l'edificació, amb tots els seus clarobscurs, és la més enquadradora d'aquestes normatives des que va entrar en vigor per l'RD 314/2006; es refereix a molts aspectes de la construcció, però un dels seus documents bàsics és, significativament, el de l'estalvi energètic. La Generalitat de Catalunya, sobretot mitjançant el Decret 21/2006 d'ecoeficiència, també ha legislat sobre això, i alguns ajuntaments han promulgat normes diverses, entre les quals ordenances solars, bé que en una bona mesura han quedat superades pel Codi tècnic. I encara som a les portes d'una nova llei sobre el foment del lloguer d'habitatges i de l'eficiència energètica dels edificis, l'avantprojecte de la qual fou aprovat pel Consell de Ministres el mes d'agost de 2008. L'eficiència i el confort, doncs, són una obligació legal, a més d'un deure ètic de projectistes i promotors.

D'altra banda, cal referir-se a les certificacions energètiques de caràcter sostenibilista. Per la seva llarga trajectòria i reconegut prestigi, mereix una menció especial la certificació LEED (Leadership in Energy

and Environmental Design), que ha conegut ja diverses versions des que fou creada als Estats Units pel Green Building Council l'any 1998, i que desenvolupa les idees formulades inicialment, a partir del 1994, pel Natural Resource Defense Council. N'hi ha d'altres, com la certificació BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), creada l'any 1990 al Regne Unit, o les certificacions nord-americanes més recents Green Globes (Green Building Initiative) i SBTool 07 (International Initiative for a Sustainable Built Environment). Les ecoetiquetes també fan la seva aportació certificadora. Hi ha un abans i un després de tota aquesta normativa, per més que no redreci totalment la situació (mai cap normativa no ha redreçat del tot els mals usos socialment consolidats). Podria dir-se que són uns primers referents bàsics, potser massa intervencionistes en segons què, però també cal admetre que només amb normes de compliment obligat s'inicien els canvis de tendència. Semblantment, totes aquestes certificacions, i altres de més locals, ajuden a ponderar i a reconèixer les bones característiques sostenibilistes o ambientals de les noves edificacions o de les rehabilitacions integrals. Les normes i les certificacions ajuden, però no substitueixen un fet fonamental: l'acte projectatiu.

Un bon projecte presenta una bona relació cost-benefici, sobretot si parlem de cost global de l'operació, explotació i desconstrucció incloses, no únicament cost constructiu. I una bona relació, encara més, si ens referim a l'apreciació de l'edifici en el mercat, que valora cada cop més els edificis eficients i confortables, particularment quan aquestes característiques es garanteixen amb una certificació adequada. Els increments de cost constructiu d'un edifici eficient i confortable no tenen per què ser importants. Moltes vegades són inexistents. Orientar com cal o posar les finestres on cal no té cap mena de cost. La bona tria de materials i tancaments redueix la potència requerida a les instal·lacions de climatització. El mateix pot dir-se de la bona vegetació arquitectònica, que té un cost irrisori i, un cop posada, juga sempre a favor de l'eficiència i del confort. Tot depèn del projecte.

El confort i l'eficiència emanen sobretot del projecte. És a dir, de la intenció del projectista; i és lògic que sigui així. L'any 2008, l'Institut Cerdà organitzà una jornada tècnica sobre rehabilitació d'edificis i estalvi energètic per posar de manifest el gran increment de confort i d'eficiència que es pot obtenir intervenint sobre velles construccions encara amb molta vida. És oportú plantejar-s'ho, car la gran majoria d'edificis necessiten actuacions d'aquest tipus, si volem fer front als costos creixents de l'energia sense grans sacrificis econòmics dels usuaris. I tant com la conveniència i la possibilitat de fer-ho, la jornada posà de manifest una evidència reconeguda per tots els ponents: que fàcil hauria estat tot si el projecte ja hagués perseguit l'eficiència! L'eficiència energètica comença amb la bona orientació cardinal, passa per les estratègies d'il·luminació natural, de ventilació i d'aïllament, i acaba amb la tria de les instal·lacions més adequades. La bona gestió de l'usuari, tanmateix capital, fa la resta (si els promotors fossin també els gestors de l'edifici durant tota la seva vida útil, segurament tot seria més fàcil, però aquesta pràctica és inusual entre nosaltres).

6

Quin paper hi té l'electricitat?

En la pràctica quotidiana, l'energia és percebuda en termes de transportador energètic o *carrier*. El més versàtil de tots és l'electricitat, percebuda com "energia elèctrica". De fet, no és una font primària d'energia, com pot ser-ho el carbó o el gas natural, però sí que és l'expressió energètica més corrent en la societat moderna. A més, cobreix molts fronts alhora: en arribar a un ordinador, per exemple, és força motriu per al motor del disc dur, flux d'electrons per als sistemes electrònics i informàtics o llum a la pantalla del monitor. És per això que s'hi sol associar la idea d'"energia de qualitat". L'energia elèctrica és una energia d'alta qualitat, en efecte, i per això el seu ús tèrmic constitueix sovint un malbaratament. Però cada situació local introdueix singularitats en aques-

tes apreciacions. Així, una directriu de l'estratègia francesa per reduir les emissions de CO_2 en un factor 4 aconsella utilitzar electricitat per escalfar la llar. En aquest cas es dóna prioritat a la disminució de les emissions de GEH generades per la combustió de fòssils en l'àmbit domèstic, per damunt de les pèrdues en eficiència que l'operació presenta. L'origen nuclear de gran part de l'electricitat explica el sentit d'aquesta directriu a França, circumstància no extensiva a d'altres països. Per tot plegat, és previsible un augment de la participació de l'electricitat en el consum final. Això no obstant, hi ha trams del sistema energètic en què és prioritària l'existència de formats energètics que permetin l'emmagatzematge. L'augment del nombre de recorreguts possibles sembla una tendència clara en els propers anys.

La distribució de l'energia elèctrica, i més encara si es diversifica la generació i augmenta en la combinació energètica el pes de les renovables, exigeix una xarxa capaç i mallada. Les xarxes i els sistemes de distribució són peces essencials del sistema energètic. Això és vàlid per a qualsevol format energètic, ja sia un hidrocarbur, gas o electricitat, però cap format es revela més polivalent i més fàcil de distribuir que l'electricitat, raó per la qual, i exceptuant el cas de l'automoció, cada cop pren més rellevància. La maduració de la xarxa elèctrica al llarg de la segona meitat del segle XX ha comportat la seva centralització: unes grans centrals productores generen electricitat i la distribueixen radialment. Tanmateix, l'entrada de les energies renovables ha fet més complexa la gestió de la xarxa elèctrica. De fet, és precisament la xarxa de distribució la que dóna valor a aquest tipus d'energies, molt més difuses en el territori i amb molts més punts d'entrada. Per tant, la ubiqüitat de la xarxa és fonamental en la implementació d'un model que aprofiti l'energia es generi on es generi i que sigui capaç de distribuir-la de manera que no hi hagi dèficits ni excedents.

El sistema elèctric català és correcte en línies generals, amb dues serioses excepcions: la deficient connectivitat amb Europa i l'encara més deficient estat de la generació i proveïment de les comarques gironines. A les comarques gironines no hi ha cap central energètica amb potència instal·lada igual o superior als 100 MW; a la resta de Catalunya n'hi ha setze. Hi ha diverses centrals petites, moltes de les quals són de cogeneració (producció d'escalfor i generació elèctrica), el conjunt de les quals produeix només l'1,7% de l'energia generada a Catalunya; les comarques gironines, per contra, utilitzen el 10% de l'energia que es consumeix al nostre país. La projectada central tèrmica de cicle combinat de Bescanó tindrà una potència instal·lada de 400 MW i serà la primera gran unitat de generació energètica gironina. Tant si es pensa en la necessitat de dur energia elèctrica on no se'n genera gaire com si es pensa en la necessitat d'evacuar la produïda en futures centrals noves com si es considera la conveniència de formar part del sistema global europeu –tal com estableixen les directrius comunitàries–, calen línies de transport suficients i dimensionades adequadament.

Les puntes de demanda elèctrica a les comarques gironines han passat de 688 MW l'any 2001 a quasi 1.000 MW els anys 2007 i 2008. De 2001 ençà, la demanda estival ha crescut prop d'un 4,8% anual. Són fets demostrables. També és un fet que, per cada 100 MW de demanda, a Espanya hi ha 86 quilòmetres de línia de transport, a Catalunya 53 i a Girona només 11. Tal com ja s'ha assenyalat, les comarques gironines són importadores netes d'energia elèctrica. Tenen una capacitat generadora de només 95 MW (cogeneració i centrals hidroelèctriques), és a dir, un 10% de la demanda punta. Per abastar la potència requerida, 360 MW arriben prou bé des d'Osona, a través d'una línia de 220 kV, mentre que la resta d'importacions, uns 500 MW, arriben com poden des del Maresme, el Vallès i Osona per quatre línies menors de 132 o 110 kV. Sembla clar que cal millorar les línies i, sobretot, la xarxa de transport.

Una altra opció, de caràcter relativament autàrquic, seria la generació distribuïda, és a dir, petites centrals prop dels centres de consum més o menys connectades entre elles. Optar per una generació distribuïda és engrescador sobre el paper i té uns avantatges determinats (autogestió, disminució de pèrdues per trans-

port), però en zones densament poblades i amb molta demanda topa amb l'obstinat refús dels balanços: calen molts punts generadors, la gestió es complica enormement i no es pot garantir del tot el subministrament en funció de les oscil·lacions de la demanda o davant de caigudes sobtades. Per això hi ha un ampli consens entre els experts sobre la necessitat, en el cas de Girona, d'optar per un increment de la generació en centrals potents, per una potenciació de la generació en règim especial (cogeneració, fotovoltaica, eòlica, minihidràulica, etc.) i per una millora de la xarxa de transport i distribució. Aquesta millora passa per dotar les comarques gironines d'una nova línia d'alta tensió adequadament traçada, construïda i mantinguda.

Hi ha raons perquè aquesta línia sigui de 400 kV. En una canonada, la quantitat de líquid circulant per unitat de temps depèn del diàmetre del tub i de la pressió, la qual dóna la velocitat del líquid. Si el conducte és estret, cal augmentar la pressió per obtenir prou volum circulant, però aleshores també s'incrementa la resistència al pas. Amb el fluid elèctric passa si fa no fa el mateix, en el benentès que l'equivalent a la secció de la canonada és en aquest cas el voltatge. Si es vol transportar grans quantitats d'electricitat a grans distàncies sense tenir pèrdues importants per escalfament de les línies (efecte Joule), convé fer-ho a voltatges elevats. D'aquí el sentit de les línies d'alta o molt alta tensió. A l'Europa oriental i a Sibèria, per a distàncies de milers de quilòmetres, el transport elèctric es fa a tensions elevadíssimes, de prop de 800 kV. A l'Europa occidental, amb distàncies de transport no tan grans, el transport es fa a voltatges més baixos, normalment 400 kV, o, si els recorreguts són inferiors o la demanda és modesta, s'opta per línies de 220 kV. Com que les pèrdues per l'efecte Joule són inversament proporcionals al quadrat del voltatge, una línia de 220 kV no perd el doble d'una de 400 kV, sinó quatre vegades més. A Girona, actualment, l'electricitat es transporta en part a 220 kV i, en una bona mesura, a 132 i 110 kV.

El manteniment d'alguna d'aquestes línies fins i tot quan es disposi de la nova línia de 400 kV és aconsellable per raons de seguretat en el subministrament. La gestió de qualsevol sistema de fluids exigeix una xarxa. Qualsevol interrupció s'ha de poder compensar mitjançant derivacions amb prou capacitat, com es fa amb els talls de carretera. Amb l'electricitat més encara, perquè és de producció contínua i no pot retenir-se. Si no és derivada ràpidament, els circuits se sobrecarreguen i comencen a saltar l'un darrere l'altre. És així com es produeixen les grans apagades. És un fet, doncs, que les comarques gironines pengen de cinc línies de capacitat transportadora mitjana o fins i tot baixa i que constitueixen un subsistema cada cop més vulnerable. Fins i tot incrementant la generació pròpia i contenint la demanda, cal reforçar i mallar la xarxa de transport. D'aquí la conveniència d'una línia de 400 kV que ho vertebri tot, en l'escenari actual però encara més en els previsibles del futur. La demanda augmentarà (noves necessitats dels 400.000 usuaris gironins, activitat industrial, AVE), de manera que els desitjables increments de l'eficiència a penes compensaran, en anys, l'augment del consum (4.641 GWh l'any 2006, enfront dels 47.220 GWh de tot Catalunya). La integració europea, com passa amb les autopistes i els nous ferrocarrils, exigirà també que la nostra xarxa elèctrica sigui quantitativament i qualitativament compatible amb els fluxos transpirinencs. Ja hi ha 105.000 quilòmetres de línia de 400 kV a Europa, 18.000 a Espanya i 1.050 a Catalunya mateix, tret de Girona, on no n'hi ha cap. Ja es veu que es tracta d'una anomalia del sistema, la perpetuació de la qual no pot beneficiar ningú.

Una altra cosa és com es dissenya i com s'inscriu paisatgísticament aquesta línia. Això ja no és un tema energètic, sinó territorial. En tot cas, cal recordar que el sistema més operatiu –i curiosament el que té menys impacte– és el transport aeri, fàcil d'instal·lar i mantenir i sense grans pèrdues (l'aire és el millor dielèctric). És per això que la immensa majoria de línies elèctriques de transport són aèries. El soterrament pot resultar indicat en determinats casos excepcionals (travessia d'una ciutat o un aeroport, com passa en punts de Barcelona –220 kV– o a Barajas –400 kV–), però resulta molt onerós (10-15 vegades més car que l'aeri) i, contràriament al que pot semblar, té impactes

ambientals severs, perquè cal obrir grans rases, convé mantenir expedita la traça en superfície un cop coberta la galeria, cal col·locar torres de ventilació cada 700-900 metres i, si es transporta en corrent continu (manera usual a les línies d'alta tensió soterrades), també cal ubicar estacions transformadores a les boques de la galeria. S'han de tenir presents aquests aspectes, per evitar la falsa idea que una línia soterrada no té impactes ambientals i desapareix totalment de la vista. No és així, ni de bon tros, particularment en zones de relleu accidentat.

Es pot argumentar que una línia aèria genera costos indirectes. Tota infraestructura els causa (moltes, per cert, a més dels beneficis generals també generen beneficis locals indirectes que quasi tothom tendeix a oblidar a l'hora de parlar d'externalitats). Cal fer notar que una inversió de molta entitat per evitar aquests costos locals indirectes, per més celebrada que fos, generaria un greuge comparatiu evident. Pensem que a Catalunya hi ha 1.050 quilòmetres de línia aèria de 400 kV, no la quarantena que separa Bescanó de Santa Llogaia o la vintena curta que hi ha entre Santa Llogaia i la frontera. Si soterrar per evitar aquests costos indirectes locals comporta inversions que multipliquen per deu o dotze el cost de la línia, cal considerar quants serveis públics d'interès general deixaran de prestar-se o quanta obra pública es deixarà de fer per aquest mateix import. No parlo de l'interès de la companyia operadora, sinó de l'interès general afectat. No em sembla admissible que l'interès local legítim dels directament afectats es presenti com a interès general, ni que els interessos locals d'un indret mereixin més consideració que els mateixos interessos locals d'una altra zona, ni que compensacions locals desproporcionades comprometin la disponibilitat de recursos per a altres necessitats generals. Per tot plegat, reaccions emocionals a banda i interessos no generals exclosos, des del punt de visat energètic i sostenible, resulta pertinent dotar Girona d'un sistema de transport elèctric adequat als temps, capaç tant de subvenir a les necessitats locals com de recol·locar possibles excedents futurs, incorporable a Europa i tècnicament operatiu. Això exigeix, entre altres coses, una línia de 400 kV modernament dissenyada, ambientalment ben concebuda, territorialment integrada, segura per a les persones i econòmicament abordable, circumstàncies que demanen un projecte avançat i, excepcionalment, potser amb algun petit tram soterrat.

I si tot això és així en l'actualitat, més encara ho serà quan el vehicle elèctric es generalitzi. No sembla que falti gaire. Empesos per la necessitat, els fabricants ja comencen a posar al mercat models híbrids o elèctrics purs. No és encara una necessitat tècnica, però sí una necessitat sociològica i, sobretot, una qüestió d'escenari prospectiu: es veu venir l'escassesa de gasolina i la pujada de preus subsegüent dels combustibles. El motor i la tracció elèctrics no són cap problema, estan més que provats (de fet, els vehicles més ràpids i potents sobre rodes són justament els trens elèctrics d'alta velocitat). El punt dèbil són les bateries, però ho són menys del que la percepció generalitzada creu. Els hàbits acumulats durant un segle de motorització confiada a la combustió interna ens fan pensar en aturades per proveir de carburant com més curtes millor, sense considerar que la recàrrega no té per què coincidir amb la circulació. El vehicle elèctric s'ha de recarregar mentre està parat, de nit o durant el dia. De fet, la majoria d'autos estan més temps aturats que en moviment. En tot cas, el vehicle elèctric no és el vehicle actual però motoritzat elèctricament, sinó un altre vehicle més lleuger (no necessita bastidor o carrosseria autoportant capaços de suportar un motor i una caixa de canvis de dos-cents quilos), que frena recuperant energia i que sol·licita electricitat sovint i aleatòriament. Això obligarà el sistema elèctric a enfortir-se, alhora que laminarà la demanda. En efecte, l'energia necessària per a l'automoció és del voltant dels 35 Mtep anuals a Espanya (6,5 a Catalunya), una part sensible de la qual es vehicularà en format elèctric en les properes dècades: estem parlant de doblar la demanda elèctrica... D'altra banda, els dos pics de demanda tradicionals que actualment es produeixen a mig matí i cap al vespre se suavitzaran davant d'uns consums més repartits al llarg de les vint-i-quatre hores. En el presu-

mible cas de recàrrega nocturna generalitzada, les bateries dels cotxes farien el paper dels embassaments reversibles actuals, absorbidors d'energia de generació contínua (hidroelèctrica, eòlica i, si encara n'hi ha, nuclear). Tot això, sense una bona xarxa (i, potser, una generació distribuïda prudentment concebuda) és impensable.

7

Què vol dir gestionar la demanda energètica?

Els increments d'eficiència solen derivar en augments de consum. És una paradoxa fàcil d'entendre. L'eficiència permet explotar millor un recurs, cosa que indueix a consumir-lo alegrement. Quan baixen els preus es disparen les compres, de manera que la despesa acaba augmentant. La gràcia seria ser més eficients, més barats i també més continguts en la demanda. Polir-se els estalvis no millora els balanços. El repte és ser eficient i contingut amb els recursos energètics. Ara procedim al revés. Els catalans, més encara que la majoria d'europeus, som ineficients i malversadors alhora. La nostra intensitat energètica (unitats d'energia consumides per produir una unitat de PIB) és molt alta, netament per damunt de la mitjana europea; no som eficients, per tant. L'energia que consumim sense generar servei (llums encesos en cambres buides, per entendre'ns) no millora les coses; malversem, a més de transformar de manera ineficient. En una mesura considerable, la nostra demanda s'adreça a tapar els forats del nostre deficient sistema de consum. Comencem per aquí.

El problema no és només català. El 90% de l'energia continguda en un litre de petroli s'inverteix en els processos d'extracció, refinament i transport o es perd pel mal rendiment dels motors (que no sol superar el 30%) i de les màquines que fan anar. L'escarit 10% romanent s'aplica a fer coses o es perd per mala gestió. Només un insignificant 5%-7% de l'energia del petroli, doncs, acaba satisfent necessitats. És ben poc, i menys si es té en compte el valor químic i l'escassesa relativa del petroli. Quan aquest petroli s'importa en la seva totalitat, el problema esdevé encara més greu. És el cas de Catalunya: el 72,4% de l'energia primària que necessitem prové de combustibles fòssils importats (el 22,4% és nuclear). Nobuo Tanaka, director general de l'Agència Internacional de l'Energia, afirmà l'octubre de 2009 que la crisi financera actual pot endarrerir els ja inajornables projectes de modernització de les plantes extractives i de refinament, cosa que es pot acabar traduint en un enfonsament seriós de l'oferta. El temut *peak-oil* (més demanda que capacitat del sistema per posar gasolina al mercat) sembla cada vegada més a prop. De moment, no és un tema de reserves, però sí de capacitat per extreure cru i convertir-lo en gasolina o en gasoil, ja ho hem comentat.

Paral·lelament, augmenta el convenciment que cal anar cap a un sistema energètic baix en carboni, si realment es vol posar aturador als creixents trasbalsos meteorològics associables al canvi climàtic en curs. Però el petroli representà quasi la meitat (48,1%) dels 24 Mtep d'energia primària consumida a Catalunya l'any 2007, i entre el petroli i el gas natural, els combustibles fòssils significaren un 71,3% d'aquest total. És obvi que cal fer alguna cosa, si de debò s'acosta el *peak-oil* i si volem aturar l'exaltació insensata de l'efecte d'hivernacle. Hem de ser més eficients en l'ús de l'energia, naturalment, però amb això no n'hi ha prou. És en aquest context on s'emmarquen les consideracions adreçades al Govern de la Generalitat pel Grup d'experts en energia, un equip d'especialistes creat pel Departament d'Economia i Finances l'estiu de 2007 i del qual formo part, aplegades en el document "La política energètica en el nou escenari mundial",[3] orientat a fer de la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 alguna cosa més que un reajustament tècnic. El document és com un full de ruta de nou punts: de la gestió de l'oferta a la gestió de la demanda, la consolidació del sector de l'energia com a oportunitat de creixement econòmic i creació de feina qualificada, l'impuls de

3. <http://www.gencat.cat/economia/doc/doc_55845950_1.pdf>

l'R+D+I de noves tecnologies en l'àmbit energètic, la formació de recursos humans i el reciclatge professional, la participació activa de la societat, cap a un sistema elèctric que corregeixi dèficits i permeti afrontar els reptes del futur, cap a un nou model territorial (de la mobilitat a l'accessibilitat), cap a una reducció del consum energètic en l'edificació i, finament, la conveniència de situar la política energètica de Catalunya en el màxim nivell estratègic.

L'accent de les recomanacions és més sociològic que tecnològic. És lògic, perquè el problema també és més social que no pas tècnic. Sabem molt bé com fer aerogeneradors i parcs eòlics, per exemple, però d'encapçalar el sector a Espanya (la pionera Ecotecnia, ara de la multinacional Alstom, va néixer a Catalunya l'any 1981), hem passat al grup de cua: 500 MW instal·lats, enfront dels prou més de 2.000 de Galícia, Castella-la Manxa o Castella i Lleó... No tenim recursos energètics no renovables (petroli, gas, carbó de qualitat), no aprofitem adequadament els renovables com el vent (no en tenim gaire, tot s'ha de dir) i el nostre model territorial ha esdevingut molt ineficient (dispersió de funcions, massa energia consumida en mobilitat no productiva). És obvi que ens cal reconduir la nostra estratègia energètica. D'això se'n diu governar.

El tema central és la gestió de la demanda. Hem de millorar l'eficiència, certament (tot i que la nostra intensitat energètica és millor que no sembla, perquè un 12% de l'energia primària requerida és petroli no consumit, transformat en etilè i propilè per a la fabricació de plàstics). Però, sobretot, el Govern ha d'abordar la gestió de la demanda. De fet, incrementar l'eficiència i minimitzar la malversació són premisses de tota bona gestió de la demanda. Després vénen els incentius fiscals segons els trams de consum o, directament, la prohibició reguladora, com fan els semàfors, que no impedeixen passar, però ordenen el trànsit amb llums vermells quan cal. Els patrons i els hàbits de consum domèstics, industrials i de serveis seran fonamentals en el futur. També la capacitat social d'entendre i admetre els nous paisatges energètics eòlics i fotovoltaics, així com vam entendre els hidroelèctrics. Nous patrons i hàbits adoptats espontàniament o si convé induïts, perquè governar és també, potser sobretot, posar ordre en les pautes.

8

Per què la seguretat i la competitivitat depenen en gran part de l'eficiència energètica?

De coartades per no actuar sempre n'hi ha moltes; però no porten enlloc. Per això, el fracàs –relatiu, però considerable– de la Cimera de Copenhaguen celebrada el desembre de 2009 hauria de ser un estímul. Els governs no s'han posat d'acord, però el canvi climàtic progressa amenaçadorament. Progressa perquè no concertem prou els nostres esforços, perquè no volem reconduir el sistema productiu i de consum que l'origina. Com el príncep de Lampedusa, acceptem d'actuar tímidament, sempre que res no canviï substancialment.

Alguns opinen que les mesures a què s'obliga Europa en termes de reducció de les emissions de CO_2 poden afectar la seva competitivitat en el mercat global. En el context actual potser és cert, però, fent de la necessitat una virtut, aquesta situació es presenta com una oportunitat excel·lent per compensar l'erosió competitiva i incrementar els nivells d'eficiència de la societat europea. En efecte, una reducció de la intensitat energètica significaria un gran estalvi d'emissions que redundaria en el manteniment dels nivells competitius. Podria dir-se que el nivell de desenvolupament lligat a l'assumpció de compromisos severs ha de permetre també ser particularment eficients en l'explotació dels recursos energètics esmerçats. Els programes d'R+D, i tant o més les operacions d'innovació i de renovació d'instal·lacions obsoletes, serien capitals per poder fer una política d'eficiència veritable. Que la UPC, ESADE i algunes empreses espanyoles hagin estat admeses al programa InnoEnergy com un dels set KIC (*Knowledge and Innovation Communities*) del nou European Institute

of Innovation and Technology és una notícia excel·lent. Les crides genèriques a la ciutadania estan bé, però cal sobretot implementar normatives propiciadores de l'eficiència i desenvolupar programes com l'InnoEnergy. No podem oblidar que la Comissió Europea aspira a rehabilitar energèticament un 30% de tot el parc immobiliari europeu en les pròximes dues dècades. És una bona manera d'activar sectors emergents –tenim molts constructors, però pocs rehabilitadors– i de reduir emissions.

Aquest increment de l'eficiència podria ser significativament complementat amb estratègies de contenció de la demanda (moderació i estalvi). Es tracta de desincentivar el consum de productes o serveis innecessaris i d'utilitzar els necessaris de manera adequada, no malversadora. Caldria transitar de la gestió tradicional de l'oferta (els poders públics garanteixen el subministrament d'acord amb la demanda tendencial) a una gestió més sostenible de la demanda (els poders públics modulen les expectatives d'acord amb l'escenari de demanda desitjable). Això contraria, certament, els desigs dels subministradors, que basen el seu negoci en el continuat increment quantitatiu de la demanda de productes energètics, en comptes d'oferir serveis energètics finals (calories, frigories o luxs, en lloc de petroli, electricitat o gas). Justament es tracta de reorientar aquestes estratègies. El benefici no ha de venir de la ineficiència del consumidor, sinó de l'eficiència del transformador.

El cas del gas és exemplar. Enagás transporta en alta i Gas Natural distribueix en baixa el metà que importem d'Àfrica (Algèria, Egipte, Nigèria, etc.), del golf Pèrsic i, en una mesura menor, d'Europa (Noruega). En el conjunt espanyol, hem passat de consumir 23,7 bcm[4] de gas l'any 2003 a consumir-ne 31 l'any 2008 (5 a Catalunya); les previsions són que l'any 2011 se'n consumeixin 44. Una part, creixent, es destina a generar electricitat a les centrals tèrmiques de cicle combinat, però una altra abasta les necessitats de calor industrial i domèstica (cuines, calefacció i forns o calderes). La utilització industrial sol respondre a criteris d'eficiència elevats, però no pas la domèstica. Els particulars són uns mals gestors energètics (en cases energèticament ineficients, a més). Mitjançant sistemes de cogeneració, trigeneració o climatització distribuïda (DHC, *District Heating and Cooling*) s'obtenen rendiments elevats i, doncs, més servei per cada metre cúbic de gas consumit. Això significa que aquests 44 bcm expectants per al 2011 podrien ser només 38-40 sense perdre productivitat ni servei. Enagás i Gas Natural facturarien menys, però l'economia del país hi guanyaria, rebaixaríem la nostra intensitat energètica, que prou que ens convé, i disminuiríem la nostra dependència de tercers. En tot cas, per raons de seguretat en l'abastament, continuaríem necessitant una millora dels sistemes d'emmagatzematge, actualment molt precaris: la legislació vigent obliga a tenir gas en estoc per cobrir 35 dies de demanda, però el cert és que, fins i tot comptant el que viatja als metaners en camí, a penes en tenim per a 20. A l'estalvi i l'eficiència, per tant, cal sumar la incorporació a les instal·lacions de dipòsits subterranis, dels quals només n'hi ha tres d'operatius a Espanya i mitja dotzena en desenvolupament o estudi (un d'ells a Catalunya, a l'aqüífer salat profund de Reus).

La inversió en eficiència energètica és molt més rendible que la inversió en energies renovables, i fins i tot que en generació energètica convencional. Cada euro invertit en eficiència evita l'emissió de tants gasos amb efecte d'hivernacle com els estalviats amb una inversió de dos euros en la millora de la generació elèctrica convencional o deu euros en generació solar fotovoltaica. Això és cert arreu del món, però encara més a Catalunya o a la Unió Europea, llocs on es disposa de pocs recursos energètics fòssils i es pateixen limitacions físiques objectives per a la captació renovable. En tot cas, l'augment del pes de les energies renovables en la combinació energètica afavoreix els interessos dels països mancats o escassament dotats de reserves d'energies fòssils (cas de Catalunya o d'Espanya). Més encara: millora la seguretat en el subministrament perquè fa disminuir la seva de-

4. bcm: *bilion cubic meters* anglosaxons, és a dir, milers de milions de metres cúbics en la nostra notació.

pendència de tercers. En contextos internacionals inestables, aquest aspecte no és en absolut irrellevant. Però no totes les renovables es comporten de la mateixa manera. Una proporció inadequada en el moment concret del procés de transició cap a un sistema productiu baix en carboni podria produir desfasaments greus entre la capacitat de generació i la demanda instantània. La migració gradual de les motoritzacions de combustió interna (energia fòssil) a propulsió elèctrica (vector compatible amb totes les fonts primàries) seria molt positiva en aquest sentit, perquè permetria utilitzar millor les hores del dia amb una demanda elèctrica baixa (però amb una producció presumible de renovables alta, sobretot eòlica).

A la Cimera de Copenhaguen no es va discutir sobre canvi climàtic. S'hi jugava, sobretot, el model energètic, *et pour cause,* el model productiu. Per això no es va progressar prou, perquè les rèmores del passat pesen encara massa. I és que la lluita contra la disfunció climàtica és la lluita contra els desajustos socioambientals i econòmics de les societats industrials madures o de les tot just emergents. Incrementar l'eficiència no perjudica ningú. Podríem començar per aquí.

La política energètica a Catalunya i la participació de les energies renovables

Agustí Maure
DG Energia i Mines, Departament d'Economia i Finances

Encarna Baras
Institut Català d'Energia, Departament d'Economia i Finances

1 Introducció

Al llarg de la història, la disponibilitat i assequibilitat de l'energia han esdevingut un motor de desenvolupament de l'economia i del benestar de la societat.

Particularment, el creixement econòmic d'Espanya i Catalunya en els darrers anys ha estat acompanyat d'una expansió en el consum d'energia, en el qual cal prendre també en consideració que s'ha produït un augment molt significatiu de la població. Catalunya ha assolit un grau de maduresa en el desenvolupament econòmic durant les darreres dècades similar al dels països més avançats de la Unió Europea partint d'un nivell de desenvolupament inferior al d'aquests països, fet que ha comportat un increment de la nostra intensitat energètica (consum d'energia per unitat de PIB) i de l'impacte del sector energètic sobre el medi ambient, particularment amb un fort augment de les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle associades a l'energia.

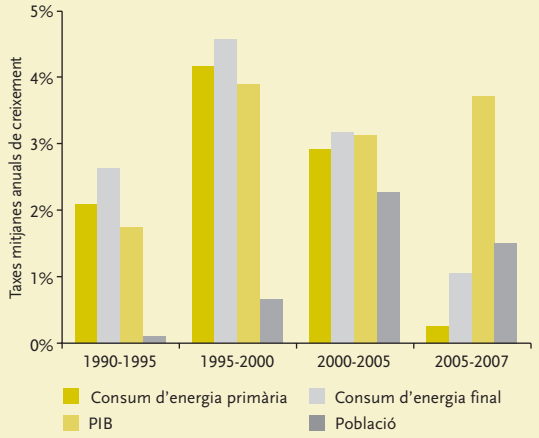
Davant la situació del sistema energètic mundial, actualment, la majoria dels analistes més prestigiosos i les institucions de l'àmbit energètic posen de manifest que l'esgotament dels recursos energètics fòssils –fonamentalment del petroli–, afegit a altres fets de caràcter geoestratègic, fan més urgent desenvolupar polítiques energètiques que redueixin de manera radical la dependència dels combustibles fòssils i permetin avançar cap a un model energètic sostenible en el període de temps més curt possible.

Per altra banda, amb relació als impactes de l'energia sobre el medi ambient, l'amenaça i les conseqüències del canvi climàtic posen igualment de manifest la urgència del canvi de model energètic en l'àmbit mundial des del punt de vista de la sostenibilitat mediambiental.

Igualment, és indubtable la necessitat de crear, desenvolupar i impulsar polítiques energètiques a escala mundial que es comprometin a afavorir la transició cap a un model energètic sostenible, implicant les polítiques que hi tenen algun grau de relació (econòmica, mediambiental, territorial, etc.).

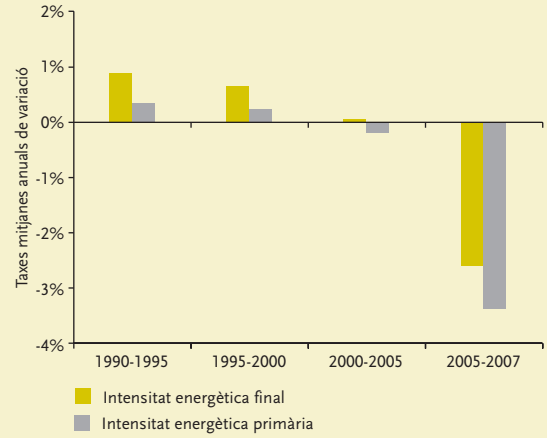
Gràfic 1

Evolució del consum d'energia primària i energia final a Catalunya en períodes quinquennals des de l'any 1990 i comparació amb altres variables significatives de l'entorn socioeconòmic



Gràfic 2

Evolució de la intensitat energètica primària i final (consum d'energia primària i final per unitat de PIB) a Catalunya en períodes quinquennals des de l'any 1990



Alhora, i atesa la forta dependència de l'energia –i fonamentalment de l'energia elèctrica– de qualsevol societat desenvolupada, assegurar el subministrament energètic esdevé també un aspecte fonamental en totes les polítiques energètiques actuals dels països industrialitzats.

El període de crisi econòmica que estem vivint, amb incerteses notables quant a l'evolució que tindrà en el futur, ha produït una disminució important del preu del petroli i de la resta de combustibles fòssils. Aquest descens del preu de l'energia no és tendencial sinó conjuntural, a causa de la recessió econòmica i de la reducció conseqüent de la demanda energètica mundial i la incertesa que afecta tots els mercats. És previsible que un cop recuperat el nivell d'activitat econòmica a escala mundial hi haurà un increment notable dels preus dels combustibles fòssils.

De fet, la reforma del sector energètic forma part intrínseca de les profundes reformes que cal abordar en tot el sistema econòmic mundial. En aquesta línia, les mesures que es proposen en l'àmbit energètic també poden contribuir molt positivament a reduir els efectes de l'actual situació adversa de l'economia.

El fet de promoure les polítiques d'estalvi i d'eficiència energètica i de fomentar les energies renovables pot permetre reduir el nostre volum d'importacions de combustibles fòssils, i pot contribuir a millorar el dèficit de la balança comercial i tecnològica, a millorar la productivitat i a crear llocs de treball.

L'energia es pot convertir en un vector de creixement econòmic per a Catalunya i un sector rellevant en l'àmbit industrial, de serveis avançats i de coneixement, motiu pel qual les iniciatives per reforçar la competitivitat del sector a Catalunya són una aposta estratègica de futur.

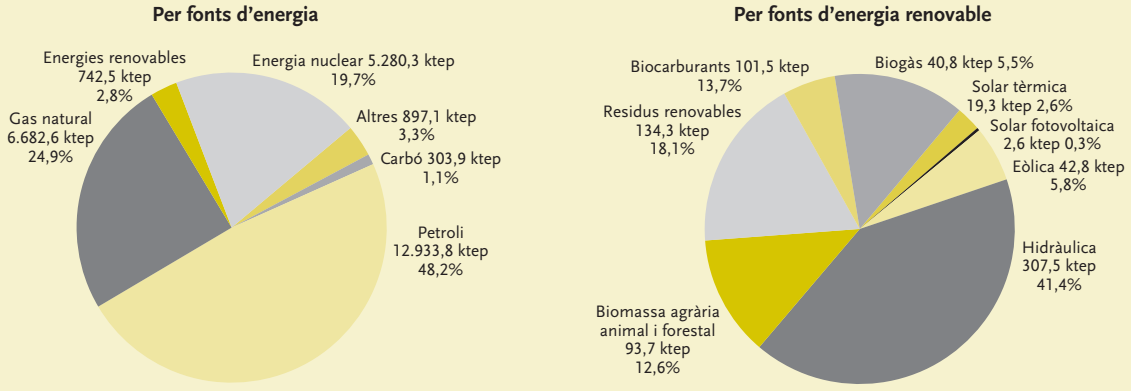
2

Situació actual de l'energia a Catalunya

Com es pot observar en els gràfics 1 i 2, en els períodes 1990-1995 i 1995-2000 el consum energètic de Catalunya, tant en energia primària com en energia final, va augmentar per sobre del creixement del PIB, mentre que en el període 2000-2005 els creixements són molt similars. En el darrer període 2005-2007

Gràfic 3

Estructura del consum d'energia primària a Catalunya. Any 2007



s'ha desacoblat el consum d'energia del creixement del PIB, amb taxes de creixement dels consums energètics notablement inferiors a les del PIB. Aquesta millora notable en l'estalvi i l'eficiència energètica de l'economia catalana s'ha vist reforçada pel desplegament de les mesures establertes en el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015.

El consum d'energia primària a Catalunya ha experimentat una contenció en els darrers anys, fet que significa un canvi de tendència molt important respecte al que havia estat habitual en els anys precedents. La moderació en el consum d'energia final experimentada durant els últims anys justifica en part aquest canvi de comportament.

El consum total de les energies renovables diferents de la hidràulica s'ha incrementat en un 47,0% durant el període 2003-2007, a causa fonamentalment de l'augment de l'aportació dels biocarburants, de l'energia eòlica i del biogàs. En termes absoluts, el consum d'energia primària renovable no hidroelèctrica ha augmentat des de 295,9 ktep l'any 2003 fins a 435,0 ktep l'any 2007. Aquest increment, però, no ha compensat la disminució molt important en la producció d'energia elèctrica d'origen hidràulic, que va disminuir a Catalunya un 40,8%, per la situació de sequera que va patir Catalunya en aquest període. El resultat d'aquests dos factors ha comportat una lleugera reducció de pes de les energies renovables en el balanç energètic català, que han passat de representar el 3,2% del consum d'energia primària l'any 2003 al 2,8% l'any 2007.

3

La revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015

El Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, aprovat pel Govern de la Generalitat l'octubre de l'any 2005, defineix el posicionament polític sobre tots els aspectes energètics que afecten Catalunya.

Recentment, el novembre de l'any 2009 el Govern va aprovar la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015. L'objectiu principal de la revisió del vigent Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 és actualitzar-ne les estratègies i els objectius, tenint en compte els esdeveniments que han tingut lloc en el món de l'energia en aquests tres últims anys (preus cada cop més elevats de l'energia seguit d'una caiguda dràstica dels preus del petroli; nous compromisos mundials, europeus i espanyols, en matèria d'energia i canvi climàtic, etc.) i incorporant-hi els efectes que pot tenir l'actual crisi econòmica i financera global sobre la situació energètica.

Addicionalment, la revisió del Pla de l'energia també s'ha abordat per la necessitat d'actualitzar les previsions d'oferta i demanda energètica en funció de l'evolució de certes línies d'actuació de la política energètica catalana i d'altres polítiques sectorials catalanes relacionades amb l'energia (ambiental, territorial...) en aquests últims anys i de la seva previsible evolució futura (calendari d'implantació de l'energia eòlica; objectius d'energia solar fotovoltaica, solar termoelèctrica i biocarburants; aprovació del Pla català de mitigació del canvi climàtic 2008-2012; futur Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya, etc.) i també per l'obligació de fer una revisió triennal del Pla, establerta en el mateix Pla de l'energia.

Per tot això, la revisió s'ha centrat fonamentalment en dos aspectes: l'elaboració d'una nova prospectiva energètica a llarg termini –horitzó 2030– i la seva estratègia associada, i la revisió i ampliació de les estratègies planificades en l'horitzó de l'any 2015.

4

Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó de l'any 2030

La Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó de l'any 2030 (PROENCAT-2030), incorporada a la revisió del Pla de l'energia, s'ha dut a terme atesos els canvis que hi ha hagut des de l'elaboració de la Prospectiva anterior; en especial, la forta pujada en el preu de les primeres matèries energètiques.

En els darrers anys, analitzar l'estat de la qüestió en l'àmbit mundial ha constituït el punt de partida per caracteritzar el Sistema Energètic de Catalunya l'any 2030. En aquest sentit, resulta evident que la política energètica catalana rep una influència molt forta de l'entorn energètic mundial, motiu pel qual les prospectives energètiques internacionals són una font vital d'orientació a l'hora de definir-la. En aquest sentit, dos fets marquen l'evolució del sistema energètic en les prospectives energètiques: el canvi climàtic i el zenit del petroli (*peak-oil*).

En els darrers anys, les teories del canvi climàtic han deixat de ser especulacions de grups marginals per formar part del pensament econòmic principal. Les actuacions per mitigar el canvi climàtic deixen el seu caràcter aïllat per convertir-se en una necessitat vital, l'efectivitat de les quals serà irrenunciable amb independència d'altres qüestions econòmiques. Quant al zenit del petroli, ha tingut una evolució similar, ja que actualment no es qüestionen les seves teories associades i es reconeixen els forts impactes que aquest fenomen podria tenir sobre el sistema socioeconòmic actual.

En el desenvolupament de la PROENCAT-2030 s'ha dut a terme una anàlisi estructural, i s'ha perseguit dos objectius complementaris entre ells. En un primer lloc, dotar-se inicialment d'una representació tan exhaustiva com sigui possible del sistema energètic (a partir d'un conjunt de variables de tipus tecnicoeconòmic, ambientals, recursos energètics, polítiques energètiques de diferents àmbits, actuacions dels agents econòmics i socials, etc.) i, en segon lloc, reduir i simplificar la complexitat de tot el conjunt de variables que descriuen aquest sistema i de les relacions que s'estableixen entre elles.

Com a resultat de l'anàlisi del comportament dels diferents factors i la influència que tenen sobre el sistema energètic de Catalunya 2030 s'ha elaborat un conjunt de sis escenaris. Entre aquests escenaris s'ha triat l'escenari aposta per tal de definir l'estratègia de la política energètica catalana en l'horitzó de l'any 2030.

En aquest escenari aposta, davant la previsible pujada important dels preus de les energies fòssils, Catalunya duu a terme una feina proactiva de preparació: s'avança cap a una economia de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, s'aposta clarament per les energies renovables i l'estalvi i l'eficiència energètica, es busca una sintonia entre les actuacions de les administracions públiques i els agents privats (empreses i ciutadans) i s'incrementen de manera notable les polítiques d'R+D+I en l'àmbit energètic. A més a més, en aquest escenari les polítiques energètiques se situen en el màxim nivell estratègic de l'actuació del

Govern català, reforçant l'actual Pla de l'energia i accelerant la transició cap a un nou model econòmicament eficient, socialment redistributiu i mediambientalment sostenible.

Convé destacar també que, d'acord amb les anàlisis efectuades en el marc de la PROENCAT-2030, en aquest escenari es compleixen dos dels objectius de l'anomenat *paquet energia-clima* de la Unió Europea (l'escenari 20-20-20 en l'horitzó de l'any 2020), corresponents a l'estalvi energètic i a les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle. En el cas de les energies renovables no s'acompleix l'objectiu estricte, tot i que l'esforç que farà Catalunya és molt més alt que el que ha d'assolir Espanya en el seu conjunt i, conseqüentment, la contribució de Catalunya facilita que es compleixi l'objectiu espanyol amb relació a la implantació d'energies renovables.

En definitiva, l'escenari aposta significa la posada al punt i l'impuls decidit i en el termini més breu possible d'un projecte mobilitzador cap al futur pel qual aposta Catalunya amb relació al nou paradigma emergent de l'energia, basat en l'estalvi i l'eficiència energètica i en les energies renovables, com també en la productivitat dels recursos, de manera que en el seu desenvolupament convergeixi cap a una economia de baix consum d'hidrocarburs fòssils (*Low Carbon Economy*) i d'intensitat energètica menor. Amb relació a l'actual política energètica, desenvolupada en el marc del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, es tracta d'una intensificació i desenvolupament complet de les actuacions previstes, la qual cosa requereix un grau elevat de compromís polític dels poders públics, incloent-hi l'increment dels recursos econòmics i humans dedicats a aquest projecte estratègic.

D'altra banda, no s'ha de descartar la possibilitat que la realitat energètica futura evolucioni cap a una situació més conflictiva que la prevista en l'escenari aposta. En concret, no es pot descartar una situació de crisi de subministrament de petroli (*peak-oil*) dins el període considerat en l'anàlisi prospectiva o que la dificultat per obtenir petroli tingui més conseqüències que no pas el simple augment de preus previst en l'escenari aposta, i s'esdevingui una situació de dificultat d'abastament. Per aquest motiu, cal tenir en compte també un altre escenari (escenari crític), de manera que la Generalitat de Catalunya tingui preparades les actuacions polítiques i econòmiques adequades per donar resposta a les restriccions en l'ús de combustibles fòssils que planteja aquest escenari.

4.1 Visió global de l'orientació estratègica de la política energètica catalana

D'acord amb l'anàlisi desenvolupada en la Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó de l'any 2030 (PROENCAT-2030), a Catalunya, que no disposa de recursos fòssils significatius, és urgent desenvolupar polítiques que redueixin de manera radical la seva dependència d'aquest tipus de combustibles i portin el model energètic actual del país a un nou model energètic sostenible en un període de temps tan curt com sigui possible. S'ha d'actuar fonamentalment sobre la demanda energètica i alhora assegurar-ne la cobertura amb una combinació d'oferta energètica més coherent amb la seva aposta per un futur sostenible.

En aquest sentit, el Govern de la Generalitat de Catalunya ha de liderar la transició cap a un nou model energètic, a Catalunya, i en coherència total amb l'escenari aposta de la PROENCAT-2030. Es tracta de caminar cap a una economia de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, amb una aposta molt ferma i intensa per les tecnologies d'estalvi i eficiència energètica, amb un baix consum d'hidrocarburs fòssils, i en què, dins de la combinació energètica, es maximitza la utilització de les energies renovables. Aquesta nova política energètica és l'adequada per mantenir i garantir el desenvolupament econòmic i el benestar social en el futur i per combatre amb garanties el canvi climàtic des de l'àmbit català, en coherència amb les apostes de l'Estat espanyol i de la Unió Europea, mentre es redueixen els nivells de dependència dels hidrocarburs

Quadre 1

Opcions estratègiques de l'escenari aposta de la PROENCAT-2030

Missió

Cap a un sistema energètic de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, innovador, competitiu i sostenible.

Opcions estratègiques

1. De gestionar l'oferta a gestionar la demanda: l'estalvi i l'eficiència energètica com a element estratègic clau per assegurar un sistema energètic sostenible per a Catalunya.
2. Les energies renovables com a opció estratègica de futur per a Catalunya.
3. Millorar la seguretat del subministrament energètic i el desenvolupament de les infraestructures energètiques necessàries per assolir el nou sistema energètic de Catalunya.
4. La consolidació del sector de l'energia com a oportunitat de creixement econòmic i creació de feina qualificada.
5. Accelerar l'impuls a l'R+D+I de noves tecnologies en l'àmbit energètic.
6. La informació sobre l'energia com a eina imprescindible per implicar la societat catalana en el procés de transició cap al nou model energètic.
7. La millora i l'ampliació de la formació de recursos humans i el reciclatge professional en l'àmbit energètic.
8. La participació activa de la societat catalana en el debat democràtic en l'àmbit de l'energia i en la construcció del nou model energètic del país.
9. Cap a un sistema elèctric que corregeixi dèficits i permeti afrontar els reptes de futur.
10. Cap a un nou model territorial: de la mobilitat a l'accessibilitat.
11. Cap a una reducció del consum energètic en l'edificació.
12. L'actuació decidida de la Generalitat de Catalunya i de les altres administracions públiques catalanes envers el nou model energètic com a element d'exemple i de dinamització.
13. La compatibilització necessària de la preservació del medi ambient i el desenvolupament socioeconòmic: la seguretat energètica i la seguretat ambiental com dues estratègies que han de ser coherents per aconseguir un futur sostenible per a Catalunya.
14. La nova política energètica catalana com a element clau en la contribució de Catalunya per mitigar el canvi climàtic.
15. El desenvolupament de mecanismes per garantir les necessitats energètiques bàsiques als sectors de la societat econòmicament més desafavorits.
16. La necessitat d'impulsar l'economia circular per aprofundir en la millora de l'estalvi i l'eficiència energètica i la utilització de les energies renovables en el sector productiu català.
17. La necessitat de disposar en el futur de nous instruments de mercat per avançar en la sostenibilitat del model energètic.
18. Situar la política energètica de Catalunya en el màxim nivell estratègic de l'actuació de la Generalitat de Catalunya.

fòssils i, així, evitar que l'economia catalana perdi competitivitat a causa de l'encariment progressiu del petroli i altres combustibles fòssils.

4.2 Propostes estratègiques per a una nova política energètica catalana

L'estratègia plantejada per a l'escenari aposta de la PROENCAT-2030 i que es detalla a continuació ha d'estar implementada íntegrament abans de l'any 2015 per poder afrontar amb èxit els reptes energètics de futur de Catalunya i, per tant, és també l'estratègia que guia la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015. El quadre 1 mostra els trets generals d'aquestes opcions estratègiques que són la base de la nova política energètica catalana.

La magnitud del repte energètic futur és tan gran que no es pot pensar que únicament l'acció de les administracions públiques és suficient per afrontar-lo. Serà necessària, a més de la internalització de la política energètica en tots els nivells d'acció de les

administracions, la convergència de voluntats i esforços amb la societat civil, com també el disseny i realització de canvis estructurals que habilitin l'acció de les forces socials orientada cap a estratègies adequades al repte energètic. L'acció política, per tant, haurà de trencar amb les formes tradicionals d'acció a curt termini i reenfocar la seva estratègia cap als canvis estructurals a mitjà i a llarg termini, de manera que s'obrin canals de participació als ciutadans i les empreses.

El preu de l'energia no és l'únic motor del seu consum: la configuració de les nostres activitats, basada en una hipòtesi de disponibilitat d'energia il·limitada i barata, és la que crea el marc de consum energètic. Dins d'aquest marc la variació en el preu de l'energia condiciona l'activitat desenvolupada. Però l'objectiu que es persegueix és un altre: un marc de consum que permeti mantenir l'activitat amb una disminució efectiva en el consum d'energia.

Tanmateix, l'assoliment d'aquest model energètic sostenible passa inexorablement per un canvi social. Els ciutadans som, al cap i a la fi, els que determinem les necessitats energètiques de la nostra societat i de retruc els seus impactes ambientals. Per això és bàsic dur a terme una tasca permanent de conscienciació social, tant de ciutadans com d'empreses, que afavoreixi comportaments més favorables a la utilització racional de l'energia.

Per desenvolupar una política energètica capaç de donar resposta als reptes actuals és necessari partir de la constatació que hi ha moltes barreres per al desenvolupament de tecnologies i mesures d'estalvi i eficiència energètica, com també per al desenvolupament d'energies renovables i la seva aplicació: econòmiques, culturals, legals, administratives, etc. Per tant, les estratègies per a la implantació d'aquestes tecnologies d'estalvi i eficiència energètica i d'aprofitament de les energies renovables han d'abordar elements molt diversos: aspectes reguladors, assessorament tècnic, incentivació econòmica, formació, sensibilització, coordinació d'estratègies sectorials, coordinació entre administracions públiques, mecanismes d'inspecció i control, etc.

L'estratègia plantejada per l'escenari aposta de la PROENCAT-2030 i que és, també, l'estratègia que guia la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, es fonamenta en les opcions estratègiques següents (recollides en el quadre 1), base de la nova política energètica catalana:

- *De gestionar l'oferta a gestionar la demanda: l'estalvi i l'eficiència energètica com a element estratègic clau per garantir un sistema energètic sostenible per a Catalunya.* La gestió de la demanda ha de ser la pedra angular de la política energètica catalana. En aquest sentit, l'actuació decidida sobre la demanda energètica, aplicant polítiques per evitar els consums innecessaris i per introduir les tecnologies energètiques més eficients, desenvolupant l'estalvi i l'eficiència energètica en tots els sectors productors i consumidors, ha de ser la prioritat bàsica de qualsevol política energètica futura.
- *Les energies renovables com a opció estratègica de futur per a Catalunya.* La utilització cada cop més estesa de fonts d'energia renovables és una prioritat nacional que ha de contribuir a la diversificació necessària de fonts d'energia, a mitigar la forta dependència energètica exterior i a reduir els impactes mediambientals negatius associats al consum de les energies fòssils. A més, el desenvolupament de les energies renovables demana i impulsa les activitats d'R+D+I i presenta importants avantatges socioeconòmics ja que contribueix a crear ocupació, a l'equilibri territorial i a construir un teixit industrial modern.
- *Millorar la seguretat del subministrament energètic i el desenvolupament de les infraestructures energètiques necessàries per assolir el nou sistema energètic de Catalunya.* La millora de la seguretat de l'abastament energètic ha de constituir un dels eixos fonamentals d'actuació de la política energètica catalana dins una estratègia més general de seguretat nacional. En aquest sentit, cal avançar per millorar la diversificació energètica, tant en l'aprovisionament exterior com en l'interior, com també per disminuir la dependència energètica exterior.

Igualment, cal que la planificació d'infraestructures energètiques incorpori elements de foment de la competència, diversificació exterior i prospectiva de preus dels possibles aprovisionaments energètics exteriors per tal de buscar les solucions òptimes per als consumidors catalans.

L'energia, com a bé de primera necessitat, fa que la garantia i la qualitat del subministrament energètic constitueixin un dret de la societat, representen un element imprescindible del nostre benestar i de la competitivitat de les nostres empreses. Per garantir aquests subministraments energètics de qualitat calen infraestructures, les quals han de ser dissenyades amb criteris de sostenibilitat econòmica, social i mediambiental.

- *La consolidació del sector de l'energia com a oportunitat de creixement econòmic i de creació de llocs de treball qualificats*. La política energètica catalana ha de promoure el creixement d'un nou sector empresarial energètic a Catalunya que, seguint les estratègies establertes en la PROENCAT-2030, es basi en la creació de noves empreses amb un potencial de creixement alt o en el millorament de la posició internacional de Catalunya en l'àmbit del coneixement i l'R+D+I en les tecnologies energètiques que siguin clau en els propers anys i que permetin augmentar les exportacions de tecnologies i/o serveis energètics avançats.
- *Accelerar l'impuls a l'R+D+I de noves tecnologies en l'àmbit energètic*. La Generalitat de Catalunya ha d'apostar decididament pel desenvolupament de noves tecnologies i comprometre's, alhora, de manera directa a donar suport i fomentar l'R+D+I relacionada amb les tecnologies energètiques sostenibles, fonamentalment l'estalvi i l'eficiència energètica i el desenvolupament de les energies renovables.
- *La informació sobre l'energia com a eina imprescindible per implicar la societat catalana en el procés de transició cap al nou model energètic*. Les actuacions que proposa el Pla de l'energia per a la sostenibilitat del sistema energètic català no seran eficaces si, en paral·lel, no es fa una tasca permanent de conscienciació social i empresarial. És bàsic disposar d'una bona informació per obtenir una bona conscienciació. L'autèntic motor del canvi de model energètic és ser capaços de comunicar les idees i les estratègies recollides en el Pla de l'energia i fer-les arribar a la societat civil.
- *La millora i l'ampliació de la formació de recursos humans i el reciclatge professional en l'àmbit energètic*. Cal desenvolupar programes de formació en energia, tant en la formació professional com en les carreres tècniques universitàries, atès que actualment són molt escassos i, en canvi, la difusió i l'abast dels coneixements energètics són bàsics per disposar de les eines i tècniques necessàries per optimitzar el disseny energètic i comprendre-les.
- *La participació activa de la societat catalana en el debat democràtic en l'àmbit de l'energia i en la construcció del nou model energètic del país*. Per tal que les polítiques energètiques es dissenyin en clau de sostenibilitat i es puguin aplicar de manera eficaç, cal col·locar la ciutadania i les empreses en el centre de la reflexió, del canvi i de la presa de decisions que impulsin la transició cap al nou paradigma energètic.
- *Cap a un sistema elèctric que corregeixi dèficits i permeti afrontar els reptes del futur*. Els processos d'electrificació del transport i d'usos residencials i de serveis, la gestió dinàmica de la demanda elèctrica, el nivell de generació connectada a les xarxes de distribució, etc., impliquen un repte important per a les xarxes elèctriques de transport i distribució. Cal abordar aquest repte a mitjà termini malgrat que requereixi inversions econòmiques importants per millorar les infraestructures elèctriques actuals. Per tot plegat, s'ha de prestar una atenció especial i proactiva al desenvolupament integral i harmònic de les infraestructures elèctriques.

- *Cap a un nou model territorial: de la mobilitat a l'accessibilitat.* El creixement actual del consum d'energia per al transport no és sostenible a mitjà i llarg termini. Per modificar aquesta tendència, cal incidir, com a factor prioritari, en la reducció de la demanda de mobilitat de persones i mercaderies. En primer lloc, s'ha de reduir la mobilitat no necessària amb accions de conscienciació o aplicant una normativa i una fiscalitat desincentivadores. I en segon lloc, s'ha d'abordar la disminució de la demanda captiva de transport, induint a canvis progressius i decidits en el model territorial i urbanístic i en el model de mobilitat actuals sense hipotecar el desenvolupament econòmic i social del país.
- *Cap a una reducció del consum energètic en l'edificació.* En aquest àmbit s'ha de garantir tant l'aplicació de criteris de disseny que afavoreixin una millor eficiència energètica dels nous edificis que s'han de construir com l'elaboració de mesures per millorar el comportament energètic dels edificis actuals, i tenir present també la minimització del contingut energètic de la seva construcció, mantenint un equilibri correcte entre el comportament energètic i el contingut energètic dels materials i productes utilitzats en construir-los.
- *L'actuació decidida de la Generalitat de Catalunya i les altres administracions públiques catalanes envers el nou model energètic com a element exemplificant i de dinamització.* Les administracions públiques i, en concret, l'Administració pública catalana, han de servir d'exemple de bones pràctiques de gestió de l'energia davant la ciutadania i les empreses de Catalunya.
- *La compatibilització necessària de la preservació del medi ambient i el desenvolupament socioeconòmic: la seguretat energètica i la seguretat ambiental com a dues estratègies que han de ser coherents per assolir un futur sostenible per a Catalunya.* L'energia manté unes relacions àmplies i profundes amb cadascun dels tres pilars o dimensions de la sostenibilitat (econòmic, social i ambiental). La transversalitat de l'energia provoca friccions en l'equilibri necessari entre les tres dimensions de la sostenibilitat, que poden tenir molta importància en el desenvolupament sostenible de futur. Abordar aquesta reflexió i trobar un punt d'equilibri és fonamental per complir els objectius del Pla de l'energia i mantenir el camí de l'escenari aposta de la PROENCAT-2030.
- *La nova política energètica catalana com a element clau en la contribució de Catalunya a mitigar el canvi climàtic.* La importància de l'energia en el conjunt d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle a Catalunya fa que les polítiques energètiques esdevinguin clau per abordar la lluita contra el canvi climàtic a Catalunya. De fet, les opcions de política energètica adequades per afrontar els principals reptes energètics de Catalunya, és a dir, la seguretat energètica, l'esgotament progressiu dels combustibles fòssils i l'elevada dependència energètica exterior, són les mateixes que cal dur a terme per lluitar fermament per mitigar el canvi climàtic a Catalunya.
- *El desenvolupament de mecanismes per garantir les necessitats energètiques bàsiques als sectors de la societat que són econòmicament més desafavorits.* Davant la situació econòmica actual i la previsible evolució futura dels preus de l'energia, cal elaborar mesures per combatre el que, en l'àmbit internacional, s'anomena *pobresa energètica*, és a dir, l'impacte creixent dels costos energètics sobre famílies amb ingressos econòmics molt baixos que impedeixen que puguin cobrir adequadament les necessitats energètiques bàsiques.
- *La necessitat d'impulsar l'economia circular per aprofundir en la millora de l'estalvi i l'eficiència energètica i la utilització de les energies renovables en el sector productiu català.* L'economia circular persegueix una forta eficiència de l'ús dels recursos materials i energètics –productivitat dels recursos– i integra una producció cada vegada més neta en un sistema productiu cada vegada més ampli. L'economia circular pretén tancar

els fluxos de materials, fent possible que els productes es puguin tornar a convertir en recursos gràcies a implantar els principis de reducció, reutilització i reciclatge (les anomenades 3R) en totes les fases de la producció, la distribució i el consum.

- *La necessitat de disposar en el futur de nous instruments de mercat per avançar en la sostenibilitat del model energètic.* Aquest recurs dels instruments de mercat té com a objectiu últim aconseguir una economia "baixa en intensitat energètica" i "baixa en carboni". En el cas d'Espanya, cal tornar a formular, de manera prioritària, la fiscalitat energètica, ja que en aquest àmbit és on hi ha més camí per recórrer.
- *Situar la política energètica de Catalunya en el màxim nivell estratègic de l'actuació de la Generalitat de Catalunya.* Cal considerar la política energètica de la Generalitat de Catalunya com una prioritat de primer ordre dins les polítiques que du a terme el Govern i, per tant, cal situar-la en el màxim nivell estratègic.

5

Revisió de les estratègies del Pla de l'energia 2006-2015

Tal com s'ha esmentat anteriorment, com a conseqüència de la reformulació de les línies estratègiques que es duen a terme a la PROENCAT-2030, s'han revisat i ampliat les estratègies planificades en el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 original. Per garantir que siguin coherents amb l'escenari aposta escollit en la PROENCAT-2030 i amb les evolucions temporals previsibles a curt i a mitjà termini de determinades línies d'actuació (energia eòlica, solar fotovoltaica i termoelèctrica, etc.), s'han dut a terme noves previsions de l'oferta i la demanda energètica dels escenaris BASE i IER (intensiu en estalvi i eficiència energètica) en l'horitzó de l'any 2015, i s'han revisat en detall els objectius numèrics per a aquest horitzó en l'àmbit de l'estalvi i l'eficiència energètica i de les energies renovables.

5.1
Nous objectius en matèria d'estalvi i eficiència energètica

En l'àmbit de l'estalvi i l'eficiència energètica, els objectius fixats en la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 són superiors a la versió original del Pla (quadre 2).

Així, els nous objectius globals d'estalvi i millora de l'eficiència energètica (diferència entre el consum d'energia final en l'escenari BASE i l'escenari IER) són de 2.483 ktep a l'horitzó de l'any 2015, corresponents a un 14,1% del consum d'energia final de Catalunya en aquest any, mentre que a la versió original del Pla de l'energia l'objectiu global era de 2.138 ktep, equivalent al 10,6% del consum d'energia final previst inicialment per a l'any 2015. En termes reals, els nous objectius fixats en matèria d'estalvi i eficiència energètica són un 16,2% superiors als de la versió original del Pla de l'energia.

Aquest increment important en els objectius d'estalvi i eficiència energètica és degut a l'esforç molt més important que es preveu en aquest àmbit per part del Govern català, amb un conjunt d'estratègies per desenvolupar que signifiquen una implicació directa de tots els agents: Administració, empreses i ciutadans.

A més, l'increment sostingut en els preus energètics que es preveu en els escenaris prospectius afavorirà l'adopció de mesures d'estalvi i eficiència energètica. Igualment, l'actual situació econòmica i financera també pot induir comportaments i hàbits adreçats a l'estalvi i l'eficiència energètica que caldrà consolidar una vegada superada la crisi actual. En qualsevol cas, i tal com ja s'ha comentat, també caldrà adoptar mesures complementàries per pal·liar els efectes de la crisi sobre els sectors de la població més desfavorits i, en concret, la incapacitat de fer front a les despeses energètiques bàsiques –l'anomenada *pobresa energètica*–,

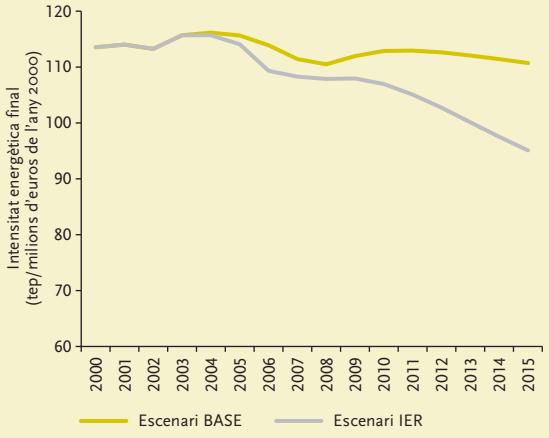
Quadre 2

Estalvis previstos a l'horitzó de l'any 2015 en la versió original del Pla de l'energia i en la seva revisió

		En termes percentuals (%)			En termes reals (ktep)		
Sector		**Combustible**	**Electricitat**	**Total**	**Combustible**	**Electricitat**	**Total**
Indústria	Original	10,6%	11,0%	10,7%	444,0	251,0	695,0
	Revisió	13,0%	11,8%	12,6%	417,7	209,9	627,7
Transport	Original	12,2%	-28,8%	11,6%	868,3	-30,2	838,1
	Revisió	15,2%	-51,4%	14,5%	1.020,0	-36,3	983,7
Domèstic	Original	12,6%	7,0%	10,1%	212,5	94,2	306,6
	Revisió	16,6%	12,3%	14,7%	263,4	158,8	422,3
Serveis	Original	14,4%	7,2%	9,4%	122,0	132,0	254,0
	Revisió	24,5%	12,1%	16,1%	186,0	193,7	379,7
Primari	Original	6,9%	1,7%	6,5%	43,4	0,8	44,2
	Revisió	12,8%	9,1%	12,5%	66,3	3,8	70,1
Total	**Original**	**11,7%**	**7,9%**	**10,6%**	**1.690,1**	**447,7**	**2.137,8**
	Revisió	**15,3%**	**11,1%**	**14,1%**	**1.953,4**	**530,0**	**2.483,4**

Gràfic 4

Evolució prevista de la intensitat energètica final en els dos escenaris BASE i IER de la revisió 2009 del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015



que pot augmentar notablement a Catalunya en aquest període si no s'articulen els mecanismes adequats per fer-hi front.

Pel que fa a la intensitat energètica final (definida com la relació entre el consum d'energia final i el PIB), en la revisió del Pla de l'energia es preveu una millora de l'1,62% anual en el període 2003-2015 enfront de l'1,40% previst en la versió original del Pla.

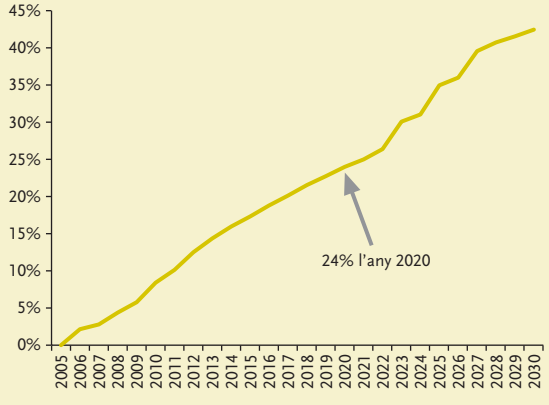
Resultats previstos a l'horitzó de l'any 2020

L'evolució temporal del nou escenari IER (escenari aposta E4 de la PROENCAT-2030) més enllà de l'any 2015 permet visualitzar com els objectius i estratègies fixats en aquesta revisió del Pla de l'energia, tant d'estalvi i eficiència energètica com de foment d'energies renovables, permetran que Catalunya contribueixi a la consecució dels objectius que la Unió Europea ha fixat per a Espanya l'any 2020 en el seu paquet energia i clima, si es continuen els esforços previstos en la revisió del Pla de l'energia més enllà de l'any 2015 seguint el camí traçat en l'escenari E4 (escenari aposta).

En aquest sentit, cal recordar que el dia 6 d'abril de 2009 el Consell de la Unió Europea va adoptar formalment el paquet legislatiu energia i clima que havia estat objecte d'acord en primera lectura el desembre de 2008, sota la presidència francesa. Aquest conjunt de mesures vol assolir els objectius següents a l'horitzó de l'any 2020: la reducció d'un 20% en el consum d'energia primària l'any 2020, la reducció de les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle en un 20% en relació amb les de l'any 1990 i l'increment de l'ús d'energies renovables fins al 20% dins el consum energètic de la Unió Europea.

Gràfic 5

Evolució de la reducció del consum d'energia primària a Catalunya de l'escenari aposta E4 (escenari IER de la revisió del Pla de l'energia) respecte a un escenari tendencial d'acord amb els criteris de la Unió Europea



Quant al primer d'aquests objectius, tal com es pot observar en el gràfic 5, en l'escenari aposta E4 de la PROENCAT-2030 (que correspon a l'escenari IER més enllà de l'any 2015) es compleix l'objectiu de reduir el consum d'energia primària un 20% l'any 2020 respecte a un escenari tendencial en el qual no s'apliquessin polítiques energètiques d'estalvi i eficiència energètica i energies renovables, d'acord amb els criteris fixats per la UE.

Aquest escenari tendencial és un punt de referència o *baseline* (escenari E0) que no correspon a cap dels escenaris de la Prospectiva energètica catalana (escenaris E1 a E6).

5.2 Nous objectius en matèria d'energies renovables a Catalunya

Pel que fa als objectius en l'àmbit de les energies renovables, els quadres i gràfics següents mostren el resum d'aquests objectius per a cada tecnologia en la revisió del Pla de l'energia.

Per al conjunt de les energies renovables, l'objectiu en termes absoluts es redueix, i passa d'un consum d'energia primària d'origen renovable de 2.949,3 ktep l'any 2015 en la versió original del Pla de l'energia a 2.703,4 ktep per al mateix any en la revisió del Pla de l'energia. Aquesta reducció del 8,3% en el consum d'energia d'origen renovable és deguda fonamentalment a la reducció, molt important, en l'objectiu previst inicialment en el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 en l'àmbit del biodièsel. Així, sense tenir en compte els biocarburants, el consum d'energia d'origen renovable augmenta un 7,4% respecte a la versió original del Pla de l'energia (2.261,5 ktep

Quadre 3

Comparació global d'objectius de consum d'energia primària en l'àmbit de les energies renovables entre la versió original del Pla de l'energia i la seva revisió

	Consum d'energia primària l'any 2015 (ktep)		
Font d'energia renovable	**Pla de l'energia 2006-2015**	**Revisió 2009**	**Diferències**
Solar tèrmica	86,0	111,7	25,7
Solar fotovoltaica	10,2	57,9	47,7
Solar termoelèctrica	12,0	189,3	177,3
Eòlica	758,0	698,4	-59,6
Hidràulica	528,0	504,3	-23,7
Biomassa forestal i agrícola	306,6	306,6	0,0
Biogàs	205,6	205,6	0,0
Bioetanol	58,7	93,9	35,2
Biodièsel	785,4	348,0	-437,4
Altres residus renovables	198,8	187,7	-11,1
Total (sense biocarburants)	**2.105,2**	**2.261,5**	**156,3**
Total	**2.949,3**	**2.703,4**	**-245,9**

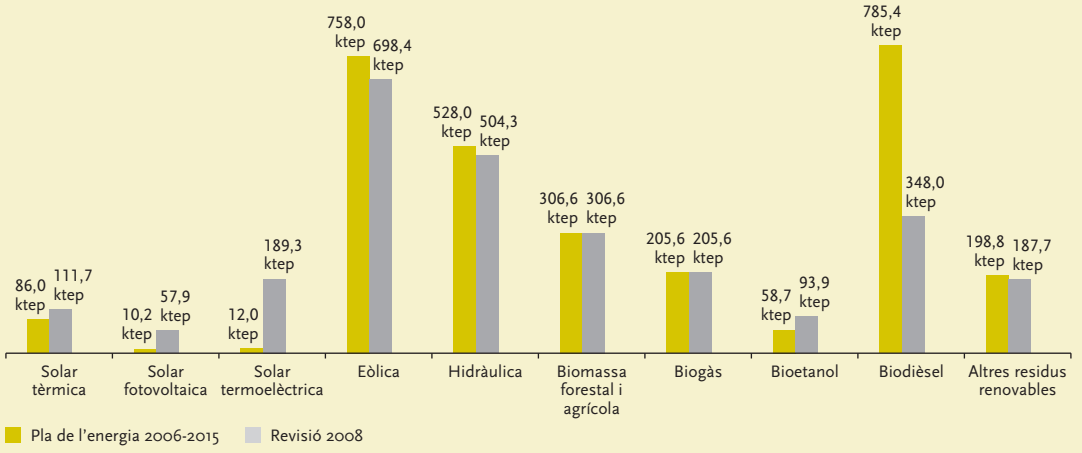
Quadre 4

Comparació global del percentatge d'energies renovables sobre el consum d'energia primària de l'any 2015 (escenari IER)

Percentatge renovables sobre el consum d'energia primària l'any 2015	Pla de l'energia 2006-2015	Revisió 2009
Total	9,5%	10,0%
Sense usos no energètics	11,0%	11,5%

Gràfic 6

Objectius de consum d'energia primària en l'àmbit de les energies renovables desglossats per tecnologies en la versió original del Pla de l'energia i en la seva revisió



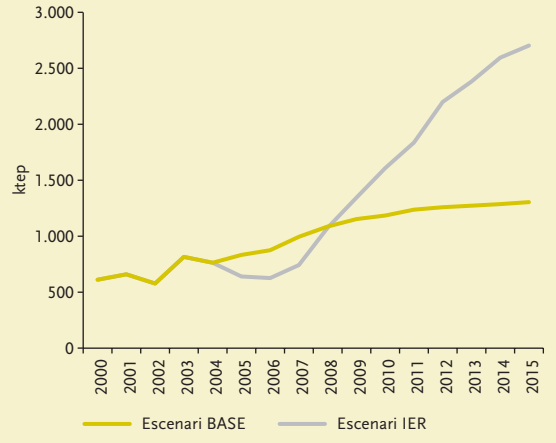
en la seva revisió, respecte als 2.105,2 de la versió original).

En la comparació d'objectius cal tenir molt present que en aquesta revisió del Pla de l'energia es preveu una demanda energètica significativament inferior a la de la versió original del Pla. Així, malgrat la reducció de l'objectiu en valors absoluts, en termes relatius l'objectiu augmenta lleugerament, i passa de representar el 9,5% del consum total d'energia primària de l'any 2015 a representar el 10,0% en aquesta revisió. Descomptant els usos no energètics (fonamentalment naftes i gasos liquats del petroli per a la fabricació de primeres matèries plàstiques), l'objectiu fixat passa de representar l'11,0% del consum d'energia primària a l'11,5% en aquesta revisió del Pla.

Així, en l'escenari IER es preveu un creixement important de la participació de les energies renovables

Gràfic 7

Evolució del consum d'energia primària amb energies renovables en els dos escenaris previstos



en el consum d'energia primària, que passa del 3,2% l'any 2003 (2,6% l'any 2000) al 6,0% l'any 2010 i al 10,0% l'any 2015.

També cal destacar l'increment important de la producció elèctrica amb energies renovables en l'escenari IER, que es preveu que representi el 28,0% de la producció bruta d'energia elèctrica l'any 2015, amb un increment de la producció del 152% en el període 2003-2015.

5.2.1 Previsions energètiques per tipus de tecnologia

Energia solar tèrmica

L'objectiu previst en l'àmbit de l'energia solar tèrmica significa un increment notable (del 30%), i passa dels 86,0 ktep previstos en la versió original del Pla de l'energia als 111,7 ktep en aquesta revisió.

Quadre 5

Objectius en l'àmbit de l'energia solar tèrmica		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	Revisió 2009	Diferències
86,0 ktep	111,7 ktep	25,7 ktep
(1.250.000 m²)	(1.620.000 m²)	(370.000 m²)

El total final representa 1.620.000 m² equivalents de captadors solars plans en lloc d'1.250.000 m² originals. Per assolir aquest objectiu, els increments en l'ús de l'energia solar tèrmica se centren en l'àmbit industrial (captadors solars de buit) i en l'àmbit domèstic i de serveis (rehabilitació d'edificis...).

Energia solar fotovoltaica

En l'àmbit de l'energia solar fotovoltaica s'incrementa notablement l'objectiu fins a assolir els 500 MW l'any 2015 respecte als 100 MW de la versió original del Pla de l'energia, actualment superats. Així, en termes energètics, l'objectiu es multiplica per 5,7.

També s'ha augmentat el nombre d'hores equivalents de funcionament de les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica fins a les 1.300 hores equivalents, a causa de les millores tecnològiques desenvolupades aquests darrers anys i les dades disponibles de les instal·lacions existents.

L'objectiu català s'emmarca en els nous objectius estatals d'instal·lacions amb dret a una prima econòmica raonable i és coherent amb aquests.

Quadre 6

Objectius en l'àmbit de l'energia solar fotovoltaica		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	Revisió 2009	Diferències
10,2 ktep	57,9 ktep	47,7 ktep
(100,0 MW)	(500,0 MW)	(400,0 MW)

Energia solar termoelèctrica

Pel que fa a l'energia solar termoelèctrica, s'incrementa molt notablement l'objectiu fins als 202,5 MW l'any 2015 respecte als 50 MW de la versió original del Pla de l'energia.

L'accelerat desenvolupament tècnic que ha experimentat aquesta tecnologia en pocs anys, sobretot per part d'empreses de l'Estat espanyol, com també les economies d'escala fruit de l'actual ritme accelerat de desenvolupament, permet incrementar el seu potencial tecnicoeconòmic, fonamentalment a la zona de la plana de Lleida, que disposa de valors molt elevats de radiació solar directa.

Quadre 7

Objectius en l'àmbit de l'energia solar termoelèctrica		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	Revisió 2009	Diferències
12,0 ktep	189,3 ktep	177,3 ktep
(50,0 MW)	(202,5 MW)	(152,5 MW)

D'altra banda, s'ha actualitzat el mètode comptable emprat en les estadístiques energètiques d'aquesta tecnologia, d'acord amb la metodologia actual de la Unió Europea.

Energia eòlica

En l'àmbit eòlic, es manté l'objectiu original del Pla de l'energia d'assolir els 3.500 MW l'any 2015, i es modifica notablement el calendari d'implantació de la tecnologia, d'acord amb les noves estratègies definides (nou Decret eòlic i fotovoltaic) i el calendari previst de desenvolupament de les ampliacions i millores necessàries en la xarxa elèctrica de transport per permetre l'evacuació de l'energia produïda.

Així, es preveu que l'any 2010 hi hagi en funcionament uns 1.600 MW eòlics respecte als 3.000 MW previstos en la versió original del Pla de l'energia. Aquest valor de 1.600 MW correspon al compromís establert en el pacte de Govern actual (Entesa Nacional pel Progrés).

Com que en l'horitzó de l'any 2015 no es preveu una implantació significativa de l'energia eòlica marina (a diferència de la versió original del Pla, que preveia 450 MW d'energia eòlica marina), s'han reduït les hores equivalents de funcionament de l'energia eòlica fins a les 2.320 hores, fet que significa una reducció del 8% de la producció bruta total.

Quadre 8

Objectius en l'àmbit de l'energia eòlica		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	**Revisió 2009**	**Diferències**
758,0 ktep	698,4 ktep	-59,6 ktep
(3.500,4 MW)	(3.500,4 MW)	(0,0 MW)

Hidràulica

Pel que fa a l'energia hidràulica, es manté l'objectiu original del Pla de l'energia d'incrementar en 150 MW la potència bruta en servei a Catalunya, per arribar als 386,5 MW en règim especial l'any 2015. Cal assenyalar que la diferència d'1,4 MW entre l'objectiu original i l'objectiu actual d'aquesta revisió del Pla de l'energia és només un ajust estadístic de la potència bruta realment instal·lada i en servei en règim especial a Catalunya l'any 2003, any base del Pla de l'energia.

Atès que en el futur es preveu una reducció de la hidraulicitat a Catalunya més important de la prevista originalment, tal com ja s'ha detectat en aquests darrers anys, com també la voluntat del Govern català d'implantar cabals de manteniment importants a les conques internes catalanes, s'han reduït les hores equivalents de funcionament a 2.050 hores per a l'energia hidràulica en règim ordinari i 3.850 hores per a l'energia hidràulica en règim especial, corresponents als valors mitjans dels darrers anys. En conjunt es preveu una reducció del 4,5% de la producció bruta total respecte a les previsions desenvolupades en la versió original del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015.

Quadre 9

Objectius en l'àmbit de l'energia hidràulica		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	**Revisió 2009**	**Diferències**
528,0 ktep	504,3 ktep	-23,7 ktep
Potència en règim ordinari		
2.088,4 MW	2.088,4 MW	0,0 MW
Potència en règim especial		
386,5 MW	385,1 MW	-1,4 MW

Biomassa forestal i agrícola

En aquest àmbit es manté l'objectiu original del Pla de l'energia d'assolir un consum de biomassa forestal i agrícola de 306,6 ktep, al límit del potencial tecnicoeconòmic a Catalunya tenint en compte criteris de sostenibilitat ambiental dels boscos i de les explotacions agràries del país.

Com a modificació més significativa, les aplicacions de la biomassa forestal i agrícola s'orienten més a usos tèrmics (calefacció d'edificis, usos tèrmics industrials...) amb un rendiment energètic molt més elevat que en generació elèctrica. A més a més, la reducció dels objectius en producció d'energia elèctrica també

es basa en la reducció de les expectatives empresarials en aquest àmbit.

Quadre 10

Objectius en l'àmbit de la biomassa forestal i agrícola		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	Revisió 2009	Diferències
Total		
306,6 ktep	306,6 ktep	0,0 ktep
En producció d'energia elèctrica		
161,0 ktep	126,9 ktep	-34,1 ktep
(63,7 MW)	(50,3 MW)	(-13,4 MW)
En consum final		
145,6 ktep	179,7 ktep	34,1 ktep

Biogàs

Pel que fa al biogàs, es manté l'objectiu original del Pla de l'energia d'assolir un consum de 205,6 ktep, al límit del potencial tecnicoeconòmic a Catalunya en l'horitzó de l'any 2015.

S'ha previst un increment significatiu (fins als 17,9 MW de potència bruta instal·lada en generació d'energia elèctrica) de la producció i consum de biogàs a la indústria agroalimentària, on hi ha un bon potencial d'aprofitament, que compensa la reducció de la producció en altres tipus d'instal·lacions en les quals l'experiència ha demostrat la dificultat d'assolir els nivells inicialment previstos (plantes de metanització de residus...).

Quadre 11

Objectius en l'àmbit del biogàs		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	Revisió 2009	Diferències
Total		
205,6 ktep	205,6 ktep	0,0 ktep
En producció d'energia elèctrica		
151,8 ktep	154,4 ktep	2,6 ktep
(120,2 MW)	(110,8 MW)	(-9,4 MW)
En consum final		
53,8 ktep	51,2 ktep	-2,6 ktep

Biocarburants (bioetanol, biodièsel i altres)

En l'àmbit dels biocarburants, en conjunt es preveu una reducció dràstica dels objectius previstos en la versió original del Pla de l'energia, ja que, davant els objectius establerts per la UE l'any 2020 (10% del consum energètic del sector del transport) i l'obligatorietat estatal de complir uns percentatges determinats (5,83% per al biodièsel i per al bioetanol l'any 2010 en termes energètics), no té sentit un comportament diferencial de Catalunya respecte d'Espanya tan marcat com el plantejat en la versió original del Pla.

Quadre 12

Objectius en l'àmbit dels biocarburants		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	Revisió 2009	Diferències
844,1 ktep	441,9 ktep	-402,2 ktep
Bioetanol		
58,7 ktep	93,9 ktep	35,2 ktep
Biodièsel		
785,4 ktep	348,0 ktep	-437,4 ktep

Cal tenir en compte també les dificultats per garantir la sostenibilitat del recurs, sobretot per a primeres matèries alimentàries. A més a més, els biocarburants de segona i tercera generació no estaran disponibles de manera massiva abans de l'any 2015. En aquest sentit, l'objectiu actual és coherent amb el potencial del recurs sostenible en l'àmbit espanyol.

Pel que fa al bioetanol, s'han incrementat els objectius, ja que s'ha introduït l'obligatorietat en l'àmbit estatal i s'ha augmentat el nombre previsible de vehicles de gasolina, a causa del canvi de la diferència de preus entre gasolina i dièsel.

Altres residus renovables (residus sòlids urbans, llots i altres)

En aquest àmbit no es consideren modificacions significatives dels objectius previstos en la versió origi-

nal del Pla de l'energia pel que fa a generació d'energia elèctrica, ja que no es preveu la implantació de cap nova central d'incineració de residus sòlids urbans, RSU, ni el tancament o l'ampliació de cap de les que ja hi ha.

Quadre 13

Objectius en l'àmbit dels altres residus renovables (residus sòlids urbans, llots i altres)		
Consum d'energia primària l'any 2015		
Pla de l'energia 2006-2015	Revisió 2009	Diferències
Total		
198,8 ktep	187,7 ktep	-11,1 ktep
En producció d'energia elèctrica		
146,8 ktep	146,7 ktep	-0,1 ktep
(44,4 MW)	(44,4 MW)	(0,0 MW)
En consum final		
52,0 ktep	41,0 ktep	-11,0 ktep

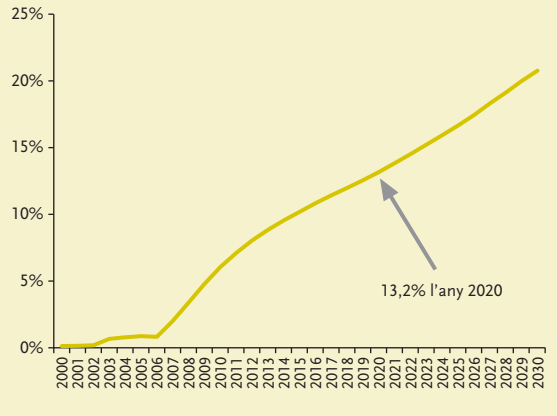
Pel que fa als usos tèrmics directes s'ha reduït lleugerament l'objectiu inicial d'un consum de 52 ktep de llots de depuradora (fonamentalment als forns de clínquer de la indústria del ciment artificial i als forns de les bòbiles) fins als 33 ktep, en coherència amb la proposta actual del Programa d'actuacions per a la gestió dels fangs residuals generats en els processos de depuració d'aigües residuals i urbanes de Catalunya (gener de 2009), que assenyala el compostatge com a destinació de part d'aquests llots. D'altra banda, s'ha previst un increment de la utilització directa en consum final de la calor procedent de la incineració de residus sòlids urbans, ja que s'ha previst l'increment de les xarxes urbanes de calor i fred que utilitzen calors residuals de plantes de tractament d'aquests residus.

5.2.2
Objectius de consum d'energies renovables en el consum d'energia del sector del transport

En l'escenari IER de la revisió del Pla de l'energia (associat a l'escenari aposta de la nova Prospectiva energètica de Catalunya a l'horitzó de l'any 2030) se

Gràfic 8

Evolució del percentatge d'energies renovables sobre el consum d'energia en el sector del transport en l'escenari aposta (escenari IER de la revisió del Pla de l'energia) d'acord amb els criteris de la Unió Europea



supera l'objectiu que assenyala que l'any 2020 un 10% del consum d'energia final del sector del transport (segons els criteris de la nova Directiva sobre el foment de l'ús d'energia provinent de fonts renovables) sigui renovable.

No obstant això, com que és obligatori l'ús de biocarburants en l'àmbit espanyol, el compliment de l'objectiu espanyol i català van estretament lligats.

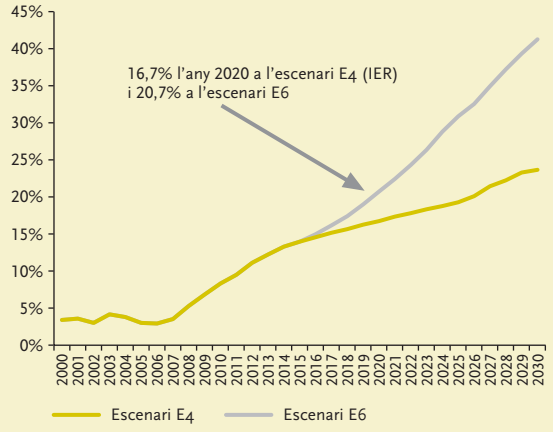
5.2.3
Objectiu de consum d'energies renovables en el consum "brut" d'energia final

Com es pot observar en el gràfic 9, la contribució de les energies renovables en el consum "brut" d'energia final a Catalunya se situa en el 16,7% l'any 2020 segons l'escenari aposta de l'anàlisi prospectiva (escenari IER de la revisió del Pla). El resultat per a Catalunya és coherent amb l'objectiu europeu per a Espanya que assenyala que l'any 2020 un 20% del consum "brut" d'energia final (definit en la nova Directiva sobre el foment de l'ús d'energia provinent de fonts renovables) sigui renovable.

Cal considerar el punt de partida (8,7% per a Espanya i 3,0% per a Catalunya) de l'any 2005. En aquest

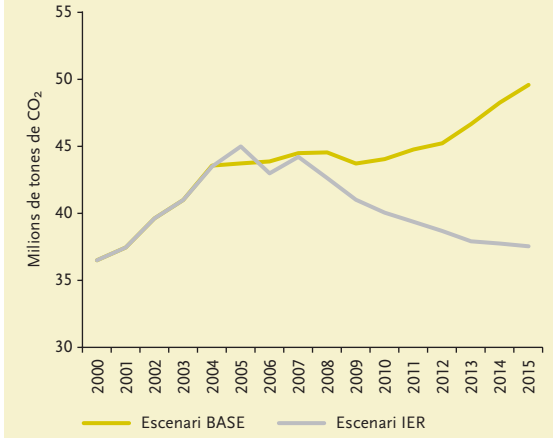
Gràfic 9

Evolució del percentatge d'energies renovables sobre el consum "brut" d'energia final en l'escenari aposta (escenari IER de la revisió del Pla de l'energia)



Gràfic 10

Evolució prevista de les emissions de CO_2 degudes al sector energètic



sentit, l'esforç exigit a l'Estat espanyol significa multiplicar el percentatge actual per 2,3, mentre que a Catalunya significa multiplicar-lo per 5,5. Cal recordar que a Catalunya es preveu emprar una part elevadíssima del potencial tècnic, econòmic i ambiental dels seus recursos renovables.

6

Objectius en matèria de reducció d'emissions de CO_2

Un altre dels aspectes analitzats dins les previsions del Pla de l'energia han estat les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle lligades al sector energètic.

El gràfic 10 mostra l'evolució de les emissions de CO_2, principal gas causant de l'efecte d'hivernacle, lligades al cicle energètic (excloent-ne les emissions fugitives dels combustibles) en els dos escenaris analitzats en la revisió del Pla de l'energia.

Malgrat la tendència històrica de creixement de les emissions de CO_2 degudes al cicle energètic, en el període 2005-2010 les emissions s'estabilitzen en l'escenari BASE (amb un increment global del 0,7% en aquest període) com a conseqüència de les repercussions de la crisi econòmica i financera mundial sobre el teixit productiu català, mentre que en l'escenari IER es redueixen en un 11,0% en aquest mateix període, en desenvolupar-se les estratègies previstes en el Pla de l'energia.

A partir de l'any 2010, arran de la previsible recuperació progressiva de l'activitat productiva i de l'economia a Catalunya, en l'escenari BASE les emissions de CO_2 tornen a augmentar de manera significativa (12,6% en el període 2010-2015), mentre que en l'escenari IER es continuen reduint de manera sostinguda (6,3% en aquest mateix període 2010-2015), a causa de l'aplicació de totes les mesures d'estalvi i eficiència energètica i d'implantació d'energies renovables que es proposen en l'Estratègia d'eficiència energètica i en el Pla d'energies renovables del Pla de l'energia.

En aquest àmbit cal tenir molt present els compromisos del Govern català en matèria d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle, establerts en el Pla marc de mitigació del canvi climàtic a Catalunya 2008-2012, aprovat pel Govern català el mes d'octubre de 2008. Així, l'objectiu del Pla marc és assolir que les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle dels sectors "difusos" a Catalunya tinguin un increment no supe-

Quadre 14

Objectius de reducció d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle a Catalunya segons el Pla marc de mitigació del canvi climàtic a Catalunya 2008-2012 i contribució del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 al compliment d'aquests objectius

Sector	Objectius totals (Mt CO_2 eq)	Contribució del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 (Mt CO_2 eq)		
		Versió original	Versió revisada 2008	Increment (revisió/original)
Primari	0,259	0,127	0,133	4,7%
Domèstic	0,447	0,447	0,659	47,4%
Serveis	0,314	0,314	0,408	30,1%
Indústria difusa	1,159	1,159	1,463	26,2%
Transport	1,860	1,141	1,789	56,8%
Residus	0,325	-	-	-
Acords voluntaris i *Domestic offset Projects*	0,966	-	-	-
Gasos fluorats	-	-	-	-
Total	**5,330**	**3,188**	**4,452**	**39,7%**

rior al 37% de mitjana en el període 2008-2012 respecte a l'any base.

En aquest sentit, les previsions de la revisió 2009 de l'escenari IER del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 són plenament coherents amb l'objectiu del Pla marc de mitigació del canvi climàtic a Catalunya 2008-2012 de limitar el creixement de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya a un increment no superior al 37% de mitjana en el període 2008-2012 respecte a l'any base. Cal tenir present que l'estratègia energètica fixada en el Pla de l'energia i la seva revisió quant a diversificació energètica, estalvi i eficiència energètica i potenciació de l'ús de les energies renovables constitueix el nucli fonamental de l'estratègia de reducció d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle a Catalunya.

Així, tal com mostra el quadre 14, el compliment dels objectius del Pla de l'energia significa una reducció de les emissions difuses de gasos d'efecte d'hivernacle a Catalunya de 4,45 milions de tones de CO_2 equivalent de mitjana en el període 2008-2012, que significa el 83,5% de l'objectiu total de reducció de 5,33 milions de tones de CO_2 equivalent establert en el Pla marc de mitigació del canvi climàtic a Catalunya 2008-2012.

En definitiva, el compliment de l'escenari IER del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 constitueix l'eix fonamental per assolir els objectius establerts en el Pla marc de mitigació del canvi climàtic a Catalunya 2008-2012, ja que significa el 83,5% d'aquests objectius. En aquest sentit, i tal com s'esmenta en el mateix Pla marc de mitigació del canvi climàtic, el seu desplegament es fa coordinadament amb el desplegament del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015.

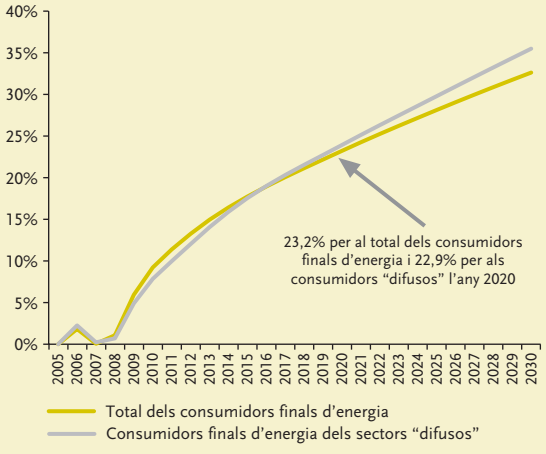
6.1 Objectius de reducció d'emissions l'any 2020

Com s'ha comentat anteriorment, un dels objectius marcats per la UE fa referència a la reducció del 10% de les emissions de CO_2 dels sectors "difusos" respecte a les emissions de l'any 2005 (objectiu assignat a l'Estat espanyol). En l'escenari IER d'aquesta revisió del Pla de l'energia aquest objectiu se supera àmpliament, atès que les emissions dels sectors "difusos" de l'any 2020 es redueixen un 23,9% respecte de l'any 2005 (gràfic 11).

La relativa "facilitat" amb què es compleix el criteri posa de manifest la importància de seleccionar correctament l'any base (l'any 2005 en lloc de l'any 1990), fet que ja s'esmentava i analitzava en el Pla de l'energia original.

Gràfic 11

Evolució de la reducció de les emissions de CO_2 degudes al total del consum d'energia final a Catalunya i al consum energètic final dels sectors "difusos" en relació amb les emissions de l'any 2005 en l'escenari aposta E4 (escenari IER de la revisió del Pla de l'energia)



7

Pressupost associat a la revisió del Pla de l'energia 2006-2015

La revisió 2009 del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, en coherència amb l'escenari aposta de la nova Prospectiva energètica de Catalunya 2030 (PROENCAT-2030), palesa la necessitat d'augmentar els recursos econòmics previstos en la versió original del Pla de l'energia, per tal d'assolir un sistema energètic de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, innovador, competitiu i sostenible per a Catalunya, i reforçar principalment les actuacions en els àmbits de l'estalvi i l'eficiència energètica i les energies renovables.

Els recursos econòmics públics globals que s'aportaran al Pla de l'energia en el període 2009-2015, d'acord amb la seva revisió 2009, seran de 1.053,8 M€, la qual cosa significa un increment del 62% (401,5 M€) respecte a la versió original del Pla (quadre 15).

Tota l'estratègia dissenyada a la PROENCAT-2030 ha d'estar operativa abans del 2015, malgrat que els resultats s'assoliran a l'horitzó 2020 (contribució al compliment del paquet energia-clima de la Unió Europea) i 2030. Per aquest motiu, l'estratègia no es basa només a desenvolupar línies d'ajut econòmic per a projectes energètics, sinó que incorpora importants actuacions de base enfocades a mitjà i a llarg termini amb la necessitat d'implicar tota la societat catalana.

Es preveu que aquest increment pressupostari es cobreixi amb recursos econòmics estatals procedents de la intensificació de l'estratègia energètica de l'Administració general de l'Estat (Estratègia d'estalvi i eficiència energètica a Espanya, E4, i el nou Pla d'energies renovables de l'IDAE), com també d'aportacions econòmiques addicionals per part de la Generalitat de Catalunya segons les disponibilitats pressupostàries.

Així, dels recursos totals, la Generalitat de Catalunya aportarà en el mateix període 2009-2015 la xifra total de 490,1 M€, mentre que l'Administració general de l'Estat aportarà els 563,7 M€ restants, mitjançant transferències pressupostàries a la Generalitat de Catalunya lligades al Pla d'energies renovables i l'E4 i a les noves estratègies i plans estatals en l'àmbit de l'estalvi i l'eficiència energètica i les energies renovables a l'horitzó 2020, en què Espanya haurà d'augmentar els actuals recursos econòmics dedicats a aquests àmbits.

7.1

Repercussions econòmiques de les polítiques proposades en la revisió 2009 del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015

Un aspecte clau a l'hora de valorar la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 és l'anàlisi de les principals repercussions econòmiques de les polítiques energètiques establertes en aquesta revisió del Pla. En aquest sentit, el quadre 16 mostra un resum dels principals impactes econòmics previstos amb l'aplicació de les mesures proposades en la revisió 2009 del Pla de l'energia.

Les polítiques d'estalvi i eficiència energètica i de promoció de les energies renovables proposades en la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015

Quadre 15

Recursos públics totals a aportar en el període 2009-2015 per a l'execució del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 en la seva versió original i en la seva revisió 2009 (M€)

Concepte	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total 2009-2015
Versió original del Pla de l'energia (pressupost reajustat)	**55,1**	**62,5**	**110,5**	**114,5**	**108,8**	**111,7**	**89,2**	**652,3**
Revisió 2009 del Pla de l'energia	**90,5**	**103,2**	**159,4**	**170,9**	**173,1**	**185,0**	**171,7**	**1.053,8**
Programa de foment de l'R+D energètic	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	4,2
Electrificació rural	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	28,0
Gasificació de noves zones	1,1	1,1	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0	11,8
Soterrament i trasllat de línies elèctriques	0,0	3,2	45,0	45,4	36,3	36,7	13,2	179,8
Energies renovables	6,0	8,8	15,5	17,2	18,2	19,8	20,8	106,3
Estalvi i eficiència energètica	78,8	84,7	91,7	100,5	110,6	120,2	129,6	716,1
Despeses de gestió del Pla	0,0	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,5	7,6
Increment respecte a la versió original del Pla de l'energia	**35,4**	**40,7**	**48,9**	**56,4**	**64,3**	**73,3**	**82,5**	**401,5**
Administració general de l'Estat	35,4	36,6	39,0	43,0	48,4	54,9	62,8	320,1
Generalitat de Catalunya	0,0	4,1	9,9	13,4	15,9	18,4	19,7	81,4

Quadre 16

Estalvis econòmics directes (diferència entre l'escenari BASE i l'escenari IER) imputables a la revisió 2009 del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 (M€ corrents, sense IVA)

Concepte	Valor any 2015	Valor acumulat 2009-2015
Estalvi país en importació de combustibles fòssils	**1.784,9**	**6.731,4**
Estalvi econòmic per als consumidors finals	**3.012,9**	**10.786,0**
Indústria	564,5	2.144,9
Transport	1.240,0	4.284,2
Domèstic, serveis i primari	1.208,4	4.356,9
Degut a l'Estratègia d'estalvi i eficiència energètica	**2.833,1**	**10.239,2**
Indústria	536,9	2.054,9
Transport	1.240,0	4.284,2
Domèstic, serveis i primari	1.056,2	3.900,1
Degut al Pla d'energies renovables	**179,8**	**546,8**
Indústria	27,7	90,0
Transport	0,0	0,0
Domèstic, serveis i primari	152,2	456,8
Estalvi econòmic en emissions evitades de CO_2	**271,4**	**925,9**
Producció d'energia elèctrica	117,1	389,5
Consum d'energia final	154,3	536,4

signifiquen una reducció directa de la factura energètica dels consumidors catalans de 3.012,9 M€ anuals l'any 2015 (sense incloure-hi l'IVA) i de 10.786,0 M€ en el conjunt del període 2009-2015.

Aquestes polítiques signifiquen també una reducció de les nostres importacions de combustibles fòssils l'any 2015 de 1.690,3 ktep de cru i productes petroliers, 3.020,2 ktep de gas natural i 35,0 ktep de carbó, que equivalen a 1.784,9 M€ l'any 2015 i 6.731,4 M€ en el període 2009-2015.

Igualment, signifiquen una reducció de les emissions de CO_2 de 12,1 milions de tones l'any 2015 i de

50,6 milions de tones acumulades en el període 2009-2015. Aquesta reducció d'emissions de CO_2 es pot valorar en 271,4 M€ de reducció de pagaments en drets d'emissió l'any 2015 i en 925,9 M€ per al conjunt del període 2009-2015.

Cal destacar també que els recursos econòmics públics totals previstos per al desenvolupament del Pla de l'energia en els àmbits de l'estalvi i l'eficiència energètica i les energies renovables són de 822,4 M€ (258,7 M€ de la Generalitat de Catalunya i 563,7 M€ de l'Administració general de l'Estat) en el període 2009-2015 enfront d'uns guanys econòmics per a la societat catalana acumulats en el mateix període d'11.711,9 M€ (10.786 M€ en concepte d'estalvi econòmic per als consumidors finals i 925,9 M€ en emissions evitades de CO_2). Això representa una aportació pública del 7,0% dels guanys econòmics globals i del 2,2% si només es considera l'aportació de la Generalitat de Catalunya.

Finalment, cal esmentar que el sector de les energies renovables i les activitats d'estalvi i eficiència energètica presenten un gran potencial de creació de llocs de treball. La política energètica catalana té com un dels seus objectius l'aprofitament de la consolidació del sector energètic a Catalunya perquè es converteixi en una indústria impulsora de l'economia catalana, que generi una oferta i demanda de serveis avançats i que requereixi coneixements específics, és a dir, que comporti la creació de llocs de treball qualificats. El foment de les energies renovables a Catalunya significarà la creació de 55.000 llocs de treball que, afegits als 25.000 que es generarien en el desplegament de l'Estratègia d'estalvi i eficiència energètica, comportarà una generació de 80.000 llocs de treball permanents directes a l'horitzó de l'any 2015, la qual cosa contribuirà a la reactivació de la nostra economia.

Avaluació del potencial de les diverses fonts d'energia renovable i de les tecnologies per aprofitar-les: oportunitats i reptes per al sector de l'energia*

Pedro Linares
Pablo Frías
Tomás Gómez
Universitat Pontifícia Comillas, Institut d'Investigació Tecnològica

1 Introducció

Les energies renovables han de tenir un paper cada vegada més gran a la nostra cistella energètica, perquè contribueixen a millorar la seguretat de subministrament energètic, perquè redueixen les emissions de gasos d'efecte hivernacle i també per altres possibles avantatges (com el desenvolupament tecnològic, la creació d'ocupació o el desenvolupament rural).

De fet, la Comissió Europea, en la seva proposta 20-20 per a 2020 ja estableix uns objectius ambiciosos i vinculants per als estats membres: Espanya haurà de proveir un 20% de la seva energia final mitjançant fonts renovables per al 2020. El Ministeri d'Indústria i l'IDAE actualment elaboren la transposició d'aquest objectiu general a un pla d'energies renovables per a Espanya per a aquest període.

En aquestes condicions, resulta cada vegada més necessari avaluar tant el potencial de les diferents tecnologies renovables com els seus costos per als escenaris futurs, per identificar les oportunitats i els reptes existents en aquest sector i les seves implicacions per al sector energètic en general.

En aquest marc, aquest article presenta una revisió actualitzada del potencial de les diferents fonts de generació renovable a Espanya i una prospectiva de costos per a les diferents tecnologies. Les tecnologies estudiades seran l'eòlica terrestre i marina, la solar tèrmica i fotovoltaica, la biomassa i la minihidràulica. L'article se centra en les tecnologies de generació elèctrica, que segons totes les previsions hauran de ser les que tinguin una major contribució per assolir els objectius esmentats.

2 Les energies renovables a Espanya

Aquest apartat presenta un resum del potencial de producció de les diferents tecnologies d'origen reno-

* Els autors agraeixen les aportacions i els comentaris per fer aquest article de J. Arceluz, C. Gascó, L. Rol i G. Sáenz de Miera.

Quadre 1

Potencials tècnics i econòmics de les tecnologies renovables a Espanya

		Escenari 2030	Escenari 2050	
Energia	**Tipus**	**Potencial econòmic (TWh/any)**	**Sostre de potència (GW)**	**Sostre de producció (TWh/any)**
Eòlica	Terrestre	283	915	2.285
	Marina	83	165	334
Solar FV	Fixos	6.960		
	Seguiment 2 eixos	3.293	708	1.382
	Edificis	23	495	569
Solar tèrmica	Cilindre parabòlica	615	2.739	9.897
	Torre de concentració	3.089	324	836
Biomassa	Cultius energètics	45	5	35
	Residus forestals	9	5	38
	Residus agrícoles	3		
Biogàs	Bioetanol	3.888 ktoe/any	7 (gas)	51 (gas)
	Biodièsel	3,586 ktoe/any	-	-
Minihidro	<10 MW	2	2	7
Mareomotriu		4	84	296
Geotèrmica		-	3	20

Font: Universitat de Saragossa (2009) i Greenpeace (2005).

vable. A continuació, es detallen els objectius dels plans de promoció d'energia renovable d'Espanya i es comparen amb la situació actual de desenvolupament de la generació renovable.

2.1 Potencial de les energies renovables

Diversos estudis han analitzat el potencial de les diferents tecnologies renovables a Espanya, entre els quals destaca el realitzat el 2009 pel Grup de Fluidodinàmica de la Universitat de Saragossa[1] (UNIZAR, 2009) i el desenvolupat per Greenpeace a l'informe "Renovables 2050" (Greenpeace, 2005). Els potencials obtinguts per aquests estudis s'inclouen en el quadre 1.

La Universitat de Saragossa (UNIZAR, 2009) fa una anàlisi econòmica del potencial de les diferents tecnologies renovables usant corbes de cost de producció elèctrica (€/MWh) davant de l'ús del potencial de producció elèctrica (TWh/any). En aquestes corbes s'observa que amb més producció (o ús del potencial d'una tecnologia) els costos per kWh augmenten, ja que cada vegada es disposa de pitjors emplaçaments per captar el recurs energètic. Dins d'aquestes corbes l'anàlisi calcula el cost representatiu (cost més freqüent d'una tecnologia a tot el territori espanyol) i el potencial econòmic de producció elèctrica (en TWh a l'any) associat a aquest cost, que s'inclou en el quadre 1.

Per la seva banda, l'estudi de Greenpeace pretén determinar els sostres de potència i generació per a cada tecnologia, entenent com a tals el potencial que tècnicament es pot desenvolupar en aquesta tecnologia en vista dels recursos disponibles i imposant les limitacions tècniques pertinents al desenvolupament del recurs. Per calcular els sostres de potència s'han desenvolupat models de les diferents tecnologies, se n'han avaluat les actuacions a les diferents regions geogràfiques i s'han imposat restriccions tecnològiques i de disponibilitat de terreny, mitjançant una eina SIG (sistema d'informació geogràfica). L'estimació dels sostres de generació s'ha obtingut a partir dels sostres de potència, emprant factors

1. <http://gfn.unizar.es/renovables/metodologia>

Quadre 2

Objectius de producció elèctrica amb energies renovables

Tecnologia	PER 2010 (MW)	PER 2020 (MW)	PER 2020 + (MW)
Minihidràulica*	5.456	5.456	5.456
Biomassa	2.463	3.200	3.200
Eòlica terrestre	20.155	35.000	42.000
Eòlica marina	0	2.000	3.000
Solar tèrmica	500	4.000	5.300
Solar fotovoltaica	400	6.000	8.000

* La minihidràulica de règim especial amb potència inferior a 10 MW té un objectiu per al PER 2010 de 2.400 MW de potència instal·lada.

Quadre 3

Potència instal·lada i producció d'origen renovable a Espanya

Tecnologia	Potència instal·lada (MW)	Producció (GWh)	Compliment PER 2010 (%)
Minihidràulica	4.930	11.900	90%
Biomassa	1.085	4.371	44%
Eòlica terrestre	15.874	31.393	79%
Eòlica marina	0	0	-
Solar tèrmica	61	-	12%
Solar fotovoltaica	3.700	2.812	925%

de capacitat avaluats per als diferents emplaçaments. Per valorar la disponibilitat de terreny per a cada tecnologia renovable segons els usos s'han incorporat també restriccions ambientals (Xarxa Natura, espais naturals protegits, etc.), que suposen excloure l'ús del 28% del territori peninsular.

Les diferències observades en els potencials del quadre 1 s'expliquen pel diferent concepte de potencial (econòmic enfront de tècnic), el seu abast temporal (2030 i 2050) i per diferències metodològiques en l'anàlisi i en els resultats presentats.

En qualsevol cas, es pot observar que els potencials en general són molt més grans que el que se suposa als escenaris d'aquest estudi i, per tant, no es consideren factors limitadors.

2.2 Objectius del Pla de foment d'energies renovables

El quadre 2 recull els objectius del Pla d'energies renovables d'Espanya (PER) 2005-2010 (d'ara endavant PER 2010) així com dues estimacions del futur PER que abastarà el període 2011 al 2020 (d'ara endavant PER 2020). Aquestes estimacions plantegen una previsió conservadora (anomenada PER 2020) i una altra previsió amb més potència renovable com a objectiu (anomenada PER 2020 +). Per simplificació la tecnologia minihidràulica inclou centrals de potència inferior a 50 MW i la biomassa inclou centrals de biomassa, combustió, RSU i biogàs.

Com es pot observar, els objectius estimats són sempre inferiors al potencial disponible.

2.3 Situació actual

A continuació es presenta la potència instal·lada el desembre de 2008, la producció el 2008 (REE, 2008)[2] i el grau de desenvolupament respecte a l'objectiu plantejat en el PER 2010 de les diferents tecnologies d'origen renovable a Espanya.

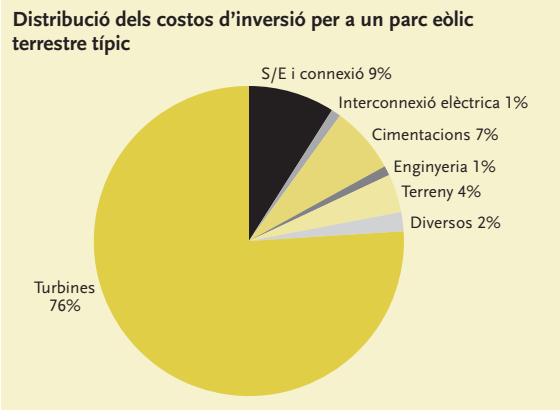
Els objectius de potència instal·lada renovable del PER 2005-2010 ja s'han complert en el cas de l'energia solar fotovoltaica. Respecte a la solar tèrmica, es construeixen prop de 800 MW que previsiblement han començat a funcionar abans del 2010, complint així els objectius previstos. La hidroelèctrica és a punt de complir els objectius, com també l'energia eòlica terrestre.

3 Prospectiva de costos de les energies renovables

Aquest capítol inclou, en primer lloc, una revisió actualitzada de l'evolució dels costos de diferents tecnologies d'origen renovable. La revisió recopila infor-

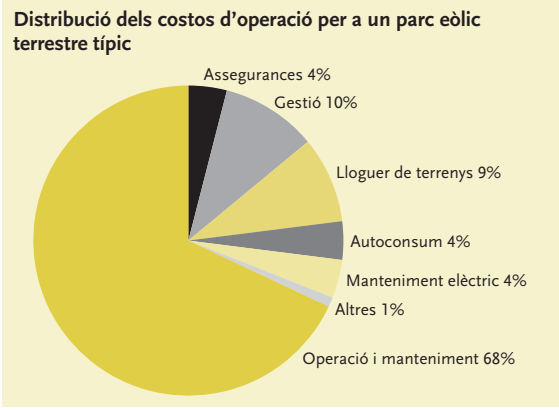
2. Les dades de minihidràulica corresponen al règim especial. Les dades de potència instal·lada d'energia solar s'han actualitzat amb fonts del sector solar.

Gràfic 1



Font: RISO, 2009.

Gràfic 2



Font: elaboració pròpia.

mació de costos en els horitzons 2020, 2030 i 2050. La revisió pren com a fonts d'informació les publicacions d'organismes internacionals i de fabricants. A continuació, els resultats d'aquesta revisió es contrasten amb l'experiència real de la indústria elèctrica, amb un interès especial per la realitat observada a Espanya. El capítol conclou amb una relació de costos per tecnologia renovable.

L'anàlisi de costos comprèn els aspectes següents: distribució dels costos d'instal·lació per tecnologia, prospectiva de costos d'inversió (€/kW) i prospectiva de costos normalitzats LEC[3] (c€/kWh o €/MWh). Cal assenyalar que l'anàlisi de costos normalitzats està subjecta a més incerteses, per la influència de paràmetres com la taxa de descompte no necessàriament homogenis en els diferents estudis. Per tant, es fa un èmfasi especial en el cost d'inversió i no tant en el cost LEC.

3.1 Energia eòlica terrestre

Els components principals dels costos d'inversió d'un parc eòlic són la seva ubicació (potencial eòlic i velocitat del vent), la potència de les màquines (grup turbina-alternador), la densitat de les instal·lacions (interferència aerodinàmica) i l'altura del rotor. Una distribució típica dels costos d'inversió en plantes eòliques terrestres es presenta al gràfic 1. Actualment, el cost més important és l'associat a les turbines eòliques, que s'ha incrementat des de 2004 un 20%, particularment en països desenvolupats per diferents raons que es comentaran posteriorment (IEA-ETP, 2008).

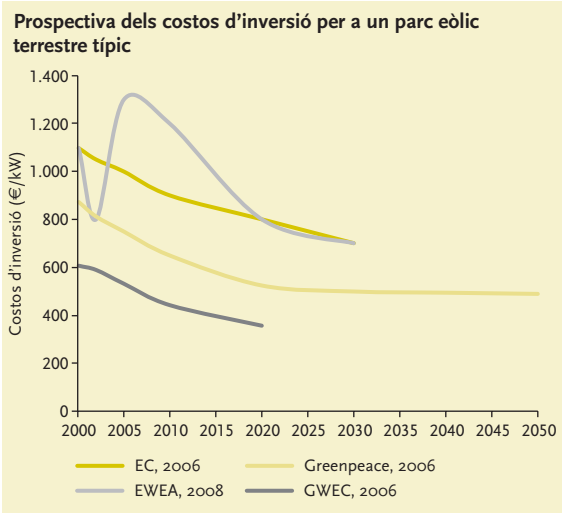
És important indicar que els costos d'inversió inicials suposen entre el 75% i el 80% dels costos totals de producció d'un parc eòlic (IEA-ETP, 2008). Dins dels costos d'operació, es poden distingir diferents conceptes: operació i manteniment (de prop del 70%), despeses de gestió, lloguer de terrenys, assegurances i altres despeses. El pes típic de cada concepte es presenta al gràfic 2.

El gràfic 3 presenta l'evolució dels costos d'inversió per a un parc eòlic terrestre típic segons diferents fonts consultades (EWEA, RISO i EC). Segons aquestes fonts, s'espera una tendència a la reducció de costos d'inversió des de 1.100 €/kW fins als 500 €/kW el 2020. Aquestes línies de tendència també recullen el repunt que van experimentar els costos d'inversió en el període 2001-2005.

Les estimacions més optimistes parteixen d'un cost d'inversió per a l'eòlica terrestre el 2007 de 1.300 €/kW.

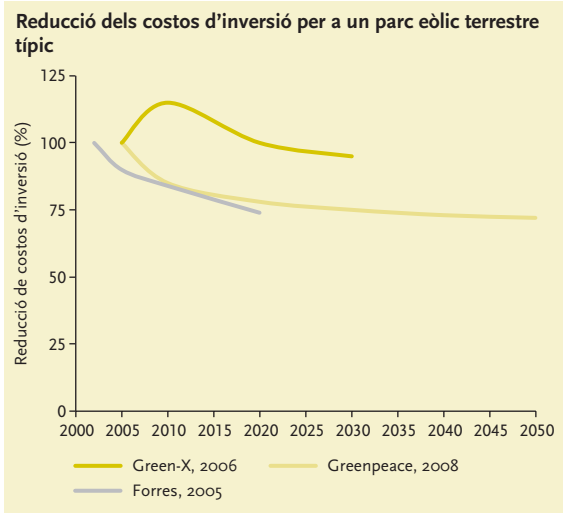
3. El LEC és un cost normalitzat que representa el cost de producció d'electricitat al llarg de la vida útil del projecte, que incorpora els costos d'inversió i actualitzat per a una determinada taxa de descompte.

Gràfic 3



Font: elaboració pròpia.

Gràfic 4



Font: elaboració pròpia.

Hi ha una coincidència a l'hora d'estimar els costos per al 2030, en què l'eòlica terrestre arribarà als 788 €/kW.

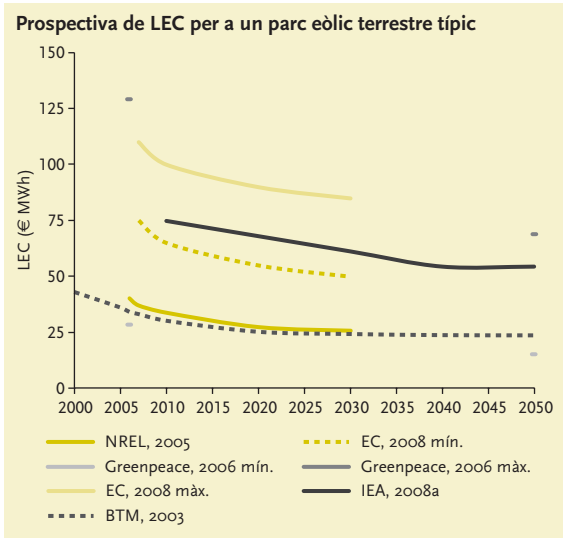
El gràfic 4 compara l'evolució esperada dels costos d'inversió segons diferents fonts. La reducció de costos coincideix amb les estimacions de costos absoluts presentades al gràfic 3.

D'altra banda, al gràfic 5 s'inclou una comparativa dels costos LEC estimats (amb taxes de descompte diferents). Els costos normalitzats LEC el 2015 oscil·larien entre $53/MWh en zones molt ventoses i $63/MWh en zones de vent mitjà. En estudis de prospectiva a Espanya la variació del cost oscil·laria entre 28,3 €/MWh i 129 €/MWh en terreny pla en l'actualitat, amb una reducció estimada a 15-69 €/MWh el 2050.

Tanmateix, l'experiència del sector elèctric en la promoció d'instal·lacions eòliques a Espanya preveu una tendència a reduir els costos d'inversió molt més plana que la que recull la revisió internacional. S'estima que els costos d'inversió en els anys 2010, 2020 i 2030 podrien ser aproximadament de 1.250 €/kW, 1.150 €/kW i 1.050 €/kW respectivament.

Aquesta tendència més plana dels costos s'explica per raons locals a Espanya (encara que són extensibles

Gràfic 5

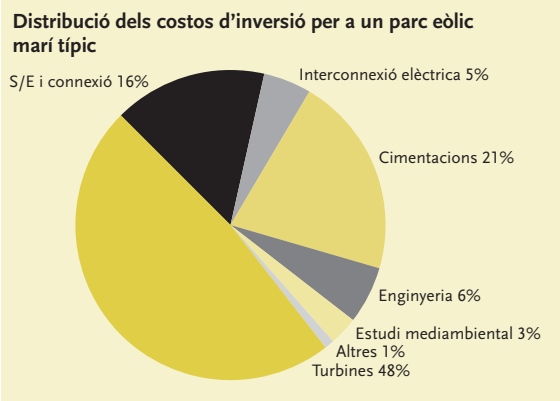


Font: elaboració pròpia.

a països amb condicions administratives i de desenvolupament de l'energia eòlica similars), com per exemple:

- Més requisits tècnics i més nous exigits per a l'operació dels parcs.
- Augment de les taxes locals per a la instal·lació de parcs.

Gràfic 6



Font: RISO, 2009.

- Ús de màquines més grosses, ja que els requisits mediambientals augmenten i perquè la disponibilitat de terreny amb bones característiques de vent és cada vegada menor.

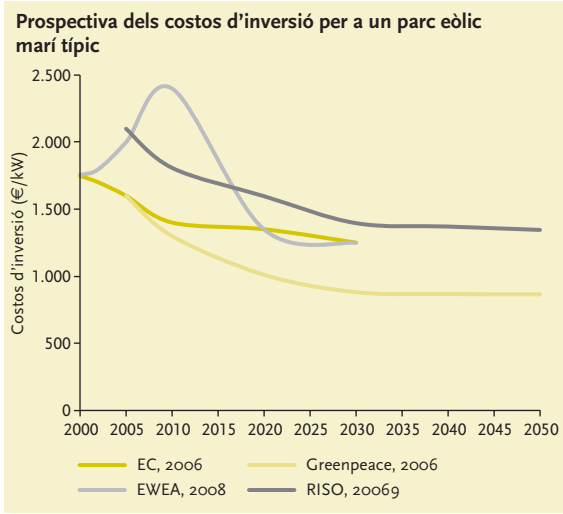
3.2
Energia eòlica marina

Les dues variables principals que determinen el cost d'inversió en un parc eòlic marí són la ubicació (dependent del potencial eòlic i de la velocitat del vent) i el desenvolupament tecnològic per instal·lar parcs al mar. Els costos d'inversió es veuen altament influïts per la profunditat i la distància a la costa del parc eòlic. Una distribució de costos típics d'instal·lació es mostra al gràfic 6.

L'evolució prevista dels costos d'inversió que es mostren al gràfic 7 reflecteix el repunt inicial d'aquests costos en el període 2000-2010. Les diferents estimacions sobre l'evolució dels costos d'inversió indiquen que hi haurà una tendència a reduir-los, i arribar a nivells entre els 900 €/kW i els 1.400 €/kW el 2030.

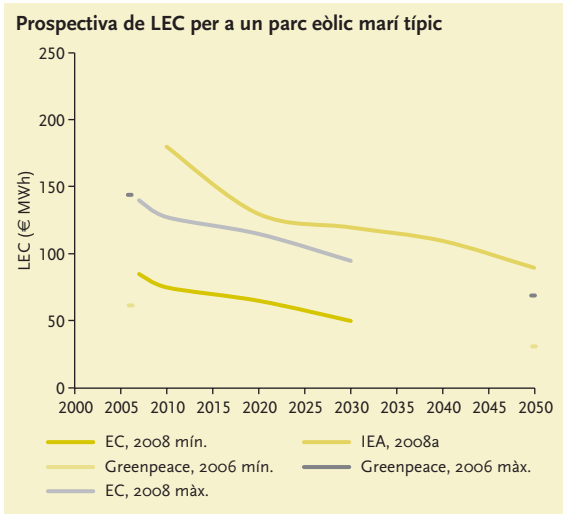
D'altra banda, l'evolució dels LEC per a parcs eòlics marins es mostra al gràfic 8. Segons l'IEA (International Energy Agency; AIE) hi haurà una reducció de costos LEC, i es passarà dels 175 €/MWh actuals a menys de 100 €/MWh al 2050. Segons diferents fonts els LEC a Espanya actualment oscil·len entre 61-144 €/MWh

Gràfic 7



Font: elaboració pròpia.

Gràfic 8

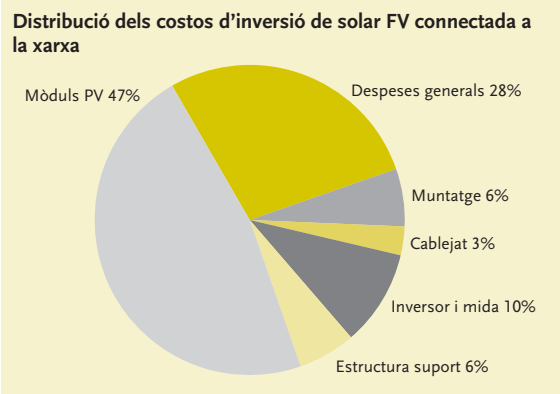


Font: elaboració pròpia a partir de referències.

amb una previsió de reduir-se a 30,5-69 €/MWh al 2050.

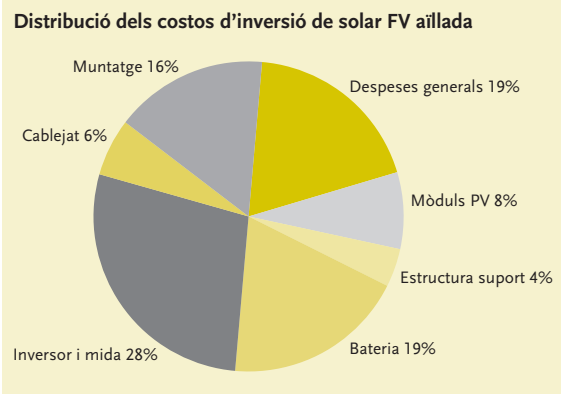
Com en el cas anterior, l'experiència del sector elèctric en l'estudi i la promoció de parcs eòlics marins a Espanya preveu uns costos inicials d'inversió superiors als presentats en la revisió internacional.

Gràfic 9



Font: MITYC, 2005.

Gràfic 10



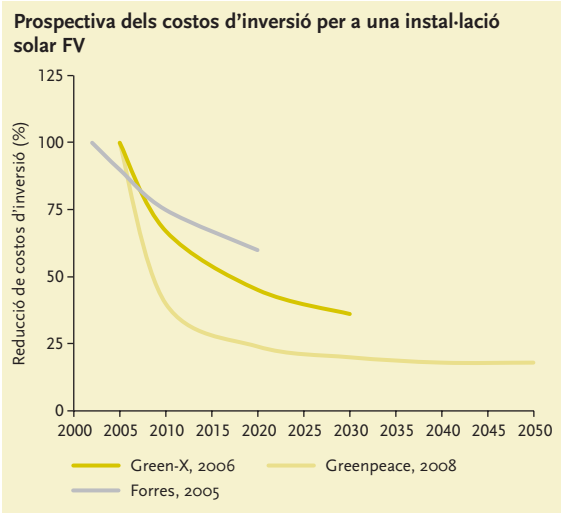
Font: MITYC, 2005.

No obstant això, s'espera una major reducció percentual d'aquests costos a causa d'un avenç tecnològic en les fonamentacions en alta mar. Els costos d'inversió estimats serien per als anys 2010, 2020 i 2030 de 3.000 €/kW, 2.500 €/kW i 2.000 €/kW respectivament.

3.3 Energia solar fotovoltaica

La principal font de costos per a l'energia solar fotovoltaica (d'ara endavant solar FV) és la inversió en els equips de captació, mentre que els costos d'operació i manteniment són molt reduïts, no arriben al 0,5% dels costos totals (IEA-ETP, 2008). Els costos d'operació inclouen tant l'assegurança de la instal·lació com el manteniment de les instal·lacions. Des de 1990 els costos de la solar FV han disminuït de forma substancial; però aquesta tendència ha canviat en els últims anys a causa del fort increment de demanda de plafons fotovoltaics en països com Espanya, Alemanya o el Japó. Actualment la demanda de plafons disminueix, per la qual cosa la tendència de costos pot variar. La distribució dels costos d'inversió en les instal·lacions fotovoltaiques es mostra en el gràfic 9 per a instal·lacions connectades a la xarxa i en el gràfic 10 per a instal·lacions aïllades segons el MITYC (2005).

Gràfic 11

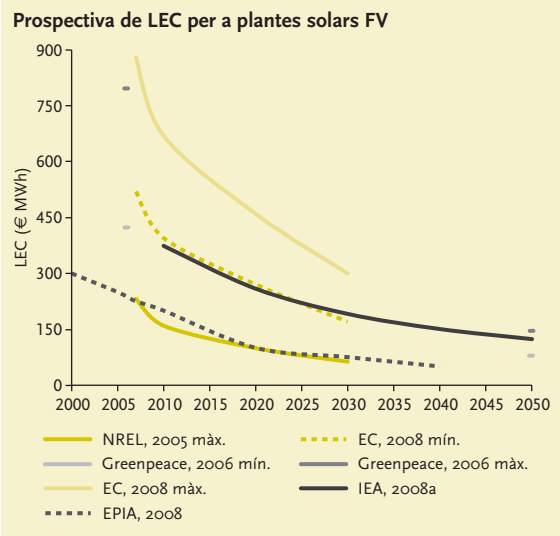


Font: elaboració pròpia a partir de referències.

Les diferents fonts consultades fan una projecció per a la reducció dels costos d'inversió a partir de mòduls FV molt notable fins a 2010, segons es mostra al gràfic 11.

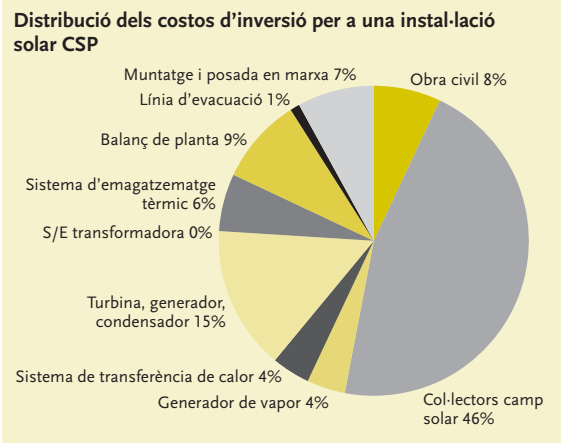
D'altra banda, la prospectiva de costos LEC de l'energia solar FV n'estima una reducció considerable, i passar dels actuals 900 €/MWh fins a menys de 300 €/MWh el 2030, com es mostra al gràfic 12. Hi ha una previsió que el LEC a Espanya en el futur se situï entre 77 i 144 €/MWh.

Gràfic 12



Font: elaboració pròpia a partir de referències.

Gràfic 13



Font: MITYC, 2005.

Actualment hi ha una certa incertesa sobre l'evolució dels preus al mercat de plafons de captació, per les raons que ja s'han comentat. La gran oferta que hi ha actualment, a causa de les fàbriques de plafons i de silici de grau solar que van començar a produir en els últims anys, producció que no es correspon amb la demanda fonamentalment pel canvi de legislació a Espanya, fa que els preus dels plafons actualment siguin molt baixos. Aquesta situació evidentment no sembla sostenible a mitjà termini, malgrat que els desenvolupaments tecnològics que han tingut lloc recentment apunten a una reducció sostinguda en els preus dels plafons. Per tant, s'estima que els costos d'inversió en instal·lacions FV podrien ser per als anys 2010, 2020 i 2030 de 3.250 €/kW, 2.500 €/kW i 2.000 €/kW respectivament.

3.4
Energia solar de concentració

Els costos d'inversió de les instal·lacions solars de concentració (d'ara endavant solar CSP) estan associats a la ubicació i a la mida de la instal·lació (Sargent & Lundy, 2003). La distribució típica dels costos d'instal·lació en centrals solars cilindroparabòliques, les més habituals, es mostra al gràfic 13.

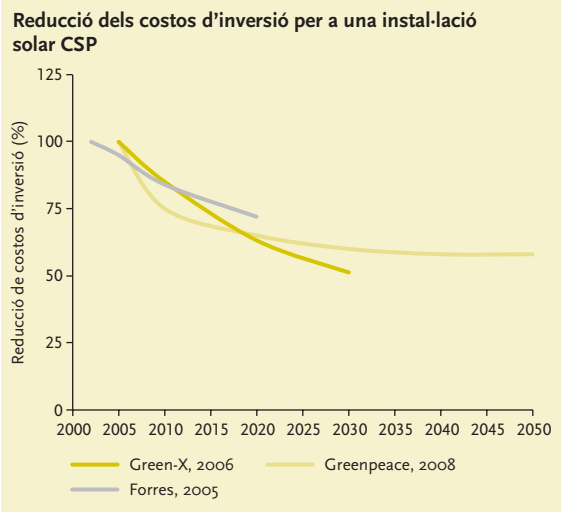
Segons les fonts consultades els costos d'inversió de les actuals plantes de generació solar CSP oscil·len entre 4 $/W i 9 $/W, mentre que el cost esperat de generació és entre 125 $/MWh i 225 $/MWh segons la localització de la planta.

S'espera una notable reducció dels costos d'inversió a mitjà i a llarg termini, que poden arribar fins a un 50% dels costos el 2030 per la inversió del 2005 (vegeu el gràfic 14). Altres fonts són més conservadores i estimen que els costos d'inversió per a una central de referència de 46 MWe amb 15 hores d'emmagatzemament tèrmic passaria dels actuals 4,4 €/We a 1,5 €/We el 2050 (que suposa un 34% de la inversió inicial).

El LEC en centrals termosolars (vegeu el gràfic 15) tendeix a reduir-se dels més de 200 €/MWh actuals a uns 100 €/MWh. Segons l'anàlisi del potencial termosolar d'Espanya, el LEC actual d'aquestes plantes oscil·laria entre 120-280 €/MWh amb una tendència per a l'any 2050 de 30-81 €/MWh.

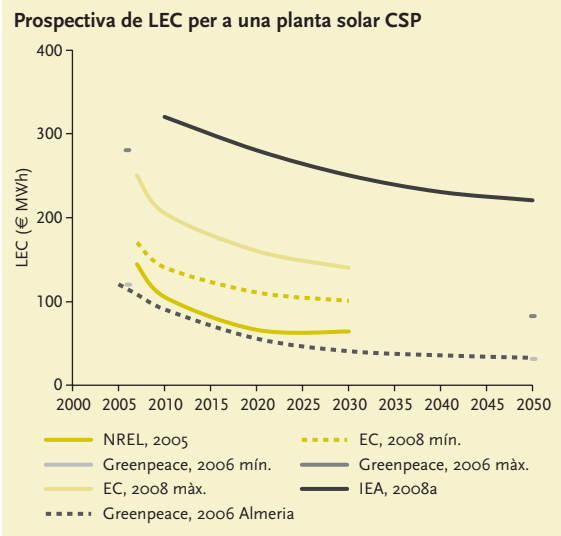
Novament, la realitat a Espanya observada per la indústria elèctrica indica uns costos superiors als que s'estimen en els estudis citats. A més, els inversors en aquesta tecnologia no esperen unes reduccions tan grans com les que es preveuen en els costos, fonamentalment per l'absència de marges tecnològics. D'acord

Gràfic 14



Font: elaboració pròpia a partir de referències.

Gràfic 15



Font: elaboració pròpia a partir de referències.

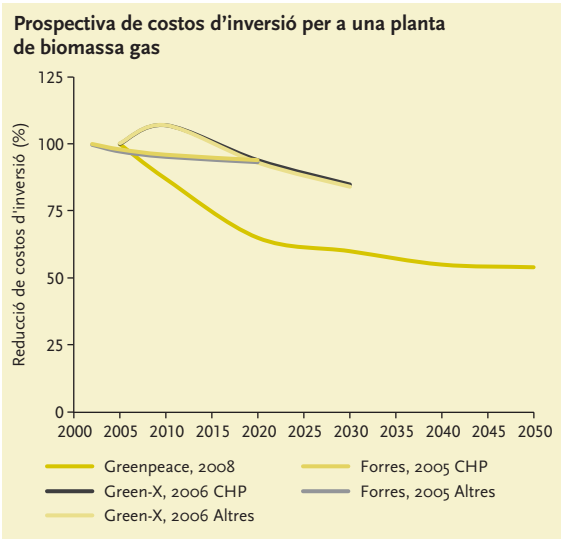
amb aquestes reflexions, les previsions a llarg termini de costos d'inversió a Espanya per a plantes solars CSP per als anys 2010, 2020 i 2030 s'estimen en 5.000 €/kW, 4.000 €/kW i 3.000 €/kW respectivament.

Aquests costos corresponen a una central solar de col·lectors cilindroparabòlics, sense hibridació amb gas i sense capacitat d'emmagatzemament. Si bé això no implica necessàriament que sigui l'òptima perquè s'instal·li (potser la hibridació amb gas sigui més adequada, i no l'emmagatzemament segons les diverses fonts consultades), l'ús d'aquesta tecnologia com a referència ofereix una bona aproximació per a aquesta anàlisi de prospectiva.

3.5 Biomassa

L'estructura de costos de la biomassa depèn de la inversió en els equips (turbina de gas, gasificador i sitja de biomassa), dels costos d'operació i manteniment i del cost dels combustibles. La inversió depèn de la tecnologia que s'utilitzi, des de 1.000 $/kW en plantes de cocombustió amb carbó fins a 6.000 $/kW en plantes BIGCC (*Biomass-fired integrated gasification combined cycle*).

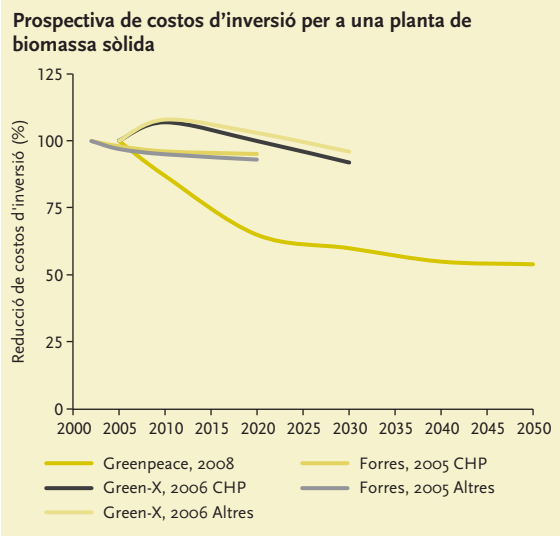
Gràfic 16



Font: elaboració pròpia a partir de referències.

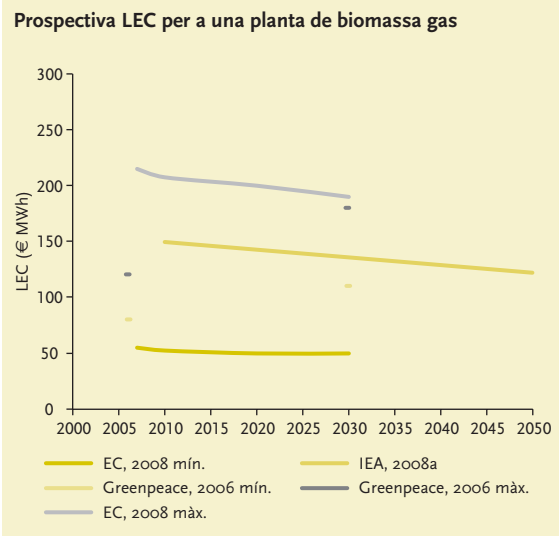
S'estima que els costos del gasificador i de la turbina de gas disminuiran notablement en les pròximes dècades. El cost del gasificador podria baixar dels 1.400 €/kW actuals fins als 700 €/kW el 2030; per la seva part, la turbina de gas podria reduir el cost d'inversió actual d'uns 600 €/kW fins als 300 €/kW el 2030.

Gràfic 17



Font: elaboració pròpia a partir de referències.

Gràfic 18



Font: elaboració pròpia a partir de referències.

Diverses fonts auguren una reducció dels costos d'inversió en aquesta tecnologia pròxima al 20% el 2030, tant per a centrals de biomassa gasosa com per a sòlida (vegeu els gràfics 16 i 17).

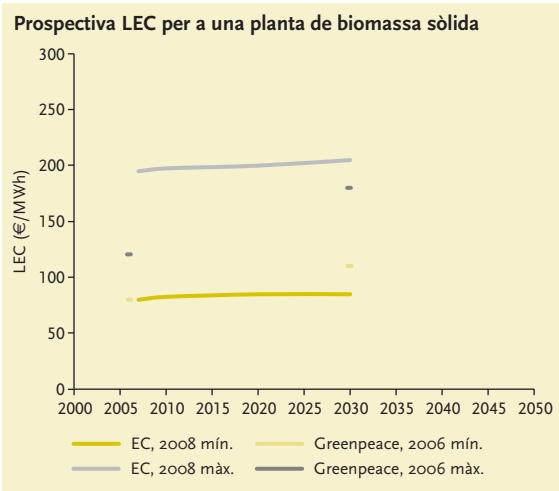
El cost de producció elèctrica de les centrals de biomassa és molt variable, i depèn fonamentalment del tipus de biomassa que s'utilitza. La previsió de variació del cost de la biomassa respon a dues tendències:

- Una revalorització a causa de la relativa escassetat dels recursos de biomassa.
- Una reducció de costos associada a la corba d'aprenentatge de producció.

Segons IEA-BIO (2007), els costos de generació actuals són entre 62 $/MWh i 185 $/MWh, amb la previsió que al 2050 es redueixi el rang comprès entre 49 $/MWh i 123 $/MWh (vegeu els gràfics 18 i 19).

A mode de conclusió, i d'acord amb dades de promoció de centrals de biomassa a Espanya, s'estima que el cost mitjà d'inversió en aquest tipus de plantes és de 3.800 €/kW. La complexitat associada a aquest tipus d'instal·lacions a la pràctica fa que no es prevegin millores significatives en aquests costos durant els propers anys.

Gràfic 19



Font: elaboració pròpia a partir de referències.

3.6 Minihidràulica

La tecnologia minihidràulica és una tecnologia madura, en la qual no s'esperen canvis significatius en els costos a mitjà termini, al marge de cànons o im-

postos que no tenen influència en el seu desenvolupament tecnològic.

Els costos d'inversió en centrals minihidràuliques depenen fonamentalment de la potència de la instal·lació. Aquests valors oscil·len entre 600 €/kW en plantes de 25-50 MW, 700 €/MW en plantes de 10-25 MW i uns 1.500 €/MW en plantes petites, de menys de 10 MW (CENER, 2006).

Els costos d'operació i manteniment d'aquest tipus de centrals va dels 6 €/MWh per a centrals mitjanes als 14 €/MWh per a centrals petites. I hi caldria afegir un cànon hidràulic de 14 €/MWh (CENER, 2006).

El cost de generació de centrals minihidràuliques està en el rang de 45-61 €/MWh en centrals petites (menys de 10 MW i 3.000 hores de funcionament), i entre 41-56 €/MWh en centrals mitjanes (entre 10 i 50 MW i de 1.800 a 2.500 hores de funcionament).

L'experiència d'empreses elèctriques espanyoles apunta a uns costos d'inversió situats a la franja superior, o fins i tot més elevats, per la qual cosa el supòsit que es dóna en aquest estudi és de 1.700 €/MW.

3.7
Resum de costos de tecnologies renovables

El quadre 4 recull la previsió dels costos d'inversió per a les diferents tecnologies analitzades contrastades amb la indústria i aplicades al cas espanyol. A més, s'inclouen els costos d'operació estimats.

Quadre 4

Costos de les diferents tecnologies de generació renovable

	Costos d'operació (€/MWh)	Costos d'inversió (€/kW)		
		2010	2020	2030
Biomassa	56		3.800	
Minihidràulica	10		1.700	
Eòlica terrestre	15	1.250	1.150	1.050
Eòlica marina	18	3.000	2.500	2.000
Solar tèrmica sense emmagatzemament*	9	5.000	4.000	3.000
Solar fotovoltaica	8	3.250	2.500	2.000

* Roberto Legaz, *Iberdrola y la generación solar termoeléctrica. Generación directa de vapor.* Febrer 2006. <http://www.fundacionenergia.es/PDFs/R.Legaz%20Seminario%20Solar.pdf>

4
Conclusions

En aquest article s'ha presentat de forma breu una aproximació al potencial tècnic i econòmic i a l'evolució dels costos de les diferents tecnologies renovables. Com ja s'ha esmentat, disposar d'aquesta informació sembla imprescindible per avaluar si és factible i per conèixer els costos dels objectius que imposa la Comissió Europea.

En primer lloc, la comparació del potencial existent amb els objectius que es manegen als diferents fòrums mostren que assolir els esmentats objectius és perfectament factible. Efectivament, encara que els objectius que s'han estimat per al PER 2011-2020 suposarien duplicar la potència instal·lada el 2008 d'eòlica terrestre i fotovoltaica, i són molt més ambiciosos per a la potència que s'ha d'instal·lar de solar tèrmica –prop de deu vegades la potència actualment en construcció a Espanya–, cal assenyalar que el potencial de les diferents tecnologies no constitueix una limitació per al desenvolupament de les energies renovables, com indiquen els estudis citats de la Universitat de Saragossa i Greenpeace, sinó que les limitacions poden sorgir per la viabilitat econòmica.

En segon lloc, s'observa com els costos de les diferents tecnologies mostren una progressió favorable, especialment en el cas de les tecnologies solars. Per tant, aconseguir els objectius marcats no hauria de suposar un sobrecost excessiu, sempre que es mantingui la progressió esmentada. Això depèn evidentment del progrés tecnològic, que es pot estimular amb polítiques d'innovació adequades o establir programes de demostració, i també, en la mesura apropiada, introduint estímuls de mercat.

La baixada de costos no s'espera tan pronunciada en el cas de l'energia eòlica, no tant per qüestions tecnològiques, sinó per raons de planificació urbanística, qüestions mediambientals o regulació regional. Això és especialment rellevant perquè és la tecnologia que més ha de contribuir, segons tots els escenaris, a

la penetració de les energies renovables. Tanmateix, cal assenyalar que és precisament aquesta tecnologia la que es troba més propera de la competitivitat amb les energies convencionals i, per tant, el nivell de suport necessari serà molt inferior (i que també hi contribuiran les esperades pujades de costos en les tecnologies tradicionals).

El resum d'aquesta anàlisi és, per tant, optimista: una gestió adequada del progrés tecnològic de les energies renovables pot permetre d'assolir els objectius que marca la Comissió Europea per a Espanya a un cost raonable. I ofereix moltes oportunitats per al desenvolupament tecnològic o industrial de la nostra economia.

Tanmateix, cal ser conscient que encara hi ha reptes per resoldre, i lliçons per aprendre de la nostra història recent: el principal repte és com aconseguir el progrés tecnològic necessari en les diferents tecnologies sense caure en bombolles especulatives, sinó amb un desenvolupament ordenat; i també com es pot aconseguir fer nostres tant com sigui possible els esmentats avenços tecnològics que, d'altra banda, són la clau per aconseguir una economia més sostenible i avançada.

Però també hi ha altres reptes significatius, que no s'han tractat en aquesta anàlisi i que és necessari resoldre adequadament per aconseguir els objectius previstos: una coordinació adequada entre les polítiques nacionals i les regionals; una estabilitat regulatòria que doni seguretat als inversors; una adequada gestió tècnica de les xarxes; la incorporació d'elements no econòmics en les polítiques de suport i, finalment, un tractament adequat de les energies renovables no elèctriques.

5

Referències

BTM (2003). BTM Consult. *Viento Fuerza 12, Una propuesta para obtener el 12% de la electricidad mundial con energía eólica para el 2020*, per EWEA i Greenpeace.

CENER (2006). *Las energías renovables en España. Diagnóstico y perspectivas*. CENER per a la Fundació Gas Natural.

EC (2006a). "European Energy and transport scenarios on energy efficiency and renewables". L. Mantzos i P. Capros. Comissió Europea, Brussel·les.

EC (2006b). "Renewable energy roadmap. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future". COM (2006) 848. Comissió Europea, Brussel·les, 10 de gener de 2007.

EC (2006c). "World energy technology outlook-2050 WETO-H2". Directorate-General for Research, Comissió Europea, Brussel·les.

EC (2008). "Energy sources, production costs and performance of technologies for power generation, heating and transport". COM (2008) 744.

EPIA (2008). *Solar Generation V – 2008 Electricidad solar para más de mil millones de personas y dos millones de puestos de trabajo en 2020*. Greenpeace, EPIA, 2007.

EWEA (2008). *Pure Power-Wind energy scenarios up to 2030*.

FORRES (2005). "FORRES 2020: Analysis of the renewable energy sources' evolution up to 2020". Abril 2005.

Greenpeace (2005). *Renovables 2050. Un informe sobre las energías renovables en la España peninsular*. Greenpeace, novembre 2005.

Greenpeace (2006). *Renovables 100%*. Greenpeace, octubre 2006.

Greenpeace (2008). "Energy [r]evolution". Novembre 2008.

Green-X (2006). "Final Report of the Project Green-X", a research project within the 5th framework program-

me of the European Commission, 2004. Disponible a http://www.green-x.at

GWEC (2006). "Perspectivas globales de la energía eólica 2006". Greenpeace-GWEC, setembre 2006.

IEA-BIO (2007). "Annual Report 2007. IEA Bioenergy".

IEA-ETP (2008). *IEA's Energy Technology Perspective*.

IEA-WEO (2008). *World Energy Outlook*.

MITYC (2005). *Plan de energías renovables en España 2005-2010*. Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç. IDAE; agost 2005.

NREL (2005). National Renewable Energy Laboratory, US, Energy Analysis Office (www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves_2005.ppt).

REE (2008). "El sistema eléctrico español 2008". Red Eléctrica de España.

RISO (2009). *Offshore wind power experiences, potential and key issues deployment*. RISO National Laboratory for Sustainable Energy, DTU. Gener 2009.

Sargent & Lundy (2003). "Assessment of parabolic trough and power tower solar technology cost and performance forecasts". Prepared for DOE and NREL, SL-5641. Maig 2003.

UNIZAR (2009). "Los estudios económicos de los centros de investigación". Escenarios 2030. N. Fueyo, A. Gómez i C. Dopazo AMF, CPS, Universitat de Saragossa. Los costes de inversión y la viabilidad de las nuevas centrales nucleares. II Jornada Anual. Asociación Española para la Economía Energética. ICAI, Madrid, 24 de juny de 2009.

US (2008). *Annual report on US wind power installation, cost and performance trends: 2007*. US Department on Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy. Maig 2008.

Regulació i marc retributiu de les energies renovables a l'Estat espanyol

Luis Jesús Sánchez de Tembleque
Comissió Nacional d'Energia

1 Un model energètic insostenible

El model de desenvolupament econòmic als països desenvolupats es basa en el consum d'energia, la principal font de subministrament de la qual són els combustibles fòssils, és a dir, el carbó, el petroli i el gas natural, i l'energia nuclear. Tanmateix, la utilització i la transformació de l'energia comporten efectes negatius sobre el medi ambient (fonamentalment emissions de CO_2, que és el principal gas precursor del canvi climàtic i de la producció de residus radioactius d'alta activitat), així com el risc d'esgotar uns recursos naturals limitats i de proliferació nuclear.

Així mateix, hi ha una gran falta d'equitat en el consum dels recursos naturals fòssils a escala global, que impedeix als països més pobres sortir de la pobresa i que, al seu torn, provoca que quan algun d'aquests països inicia el seu desenvolupament seguint el mateix model energètic dels països desenvolupats, com ocorre actualment amb la Xina o l'Índia, es generin fortes tensions en els preus energètics, atesa l'escassetat i la rigidesa de l'oferta.

La pregunta central és com podem evolucionar a temps des de l'actual model energètic insostenible cap a un altre model sostenible que permeti el desenvolupament econòmic i social dels països industrialitzats, i alhora el dels països que estan en vies de desenvolupament, prenent en consideració les característiques específiques de cada un d'ells.

Als països industrialitzats es poden pal·liar aquests problemes amb mesures sobre l'oferta (canvi tecnològic cap a tecnologies més eficients –cicles combinats i cogeneració– i menys intenses en carboni –renovables–) i sobre la demanda (millores en l'estalvi i en l'eficiència energètica –cultura de l'estalvi–). D'altra banda, és important incidir en l'R+D+I en tecnologies de captura i emmagatzemament de carboni per fer ambientalment més sostenible l'ús del carbó, i en les noves tecnologies nuclears de tercera i quarta generació.

Tots aquests aspectes s'han tractat a escala internacional i hi ha consens en els principis. Així ho han

expressat l'Organització de les Nacions Unides, la Unió Europea, l'Agència Internacional de l'Energia i el Consell Mundial de l'Energia, entre d'altres.

Específicament, es considera que les energies renovables tenen molts avantatges per a la societat, tant de tipus industrial com d'ús, de desenvolupament local i regional, de reducció del deteriorament de la balança de pagaments, de seguretat de subministrament i de millora de la qualitat ambiental. Per tot això es pot assenyalar que les energies renovables constitueixen un element de garantia de desenvolupament sostenible. No obstant això, les energies renovables també tenen inconvenients si es comparen amb els combustibles fòssils, derivats del seu major cost d'inversió, la seva dispersió en la naturalesa i la intermitència d'algunes d'elles, la qual cosa origina costos superiors en l'aprofitament energètic d'aquestes energies.

Si es potencien aquestes accions, es tendeix cap a una millor redistribució dels recursos energètics fòssils a escala mundial, se n'evita l'esgotament proper i es redueixen els danys al medi ambient, amb la qual cosa s'aconsegueix, a més, millorar la balança comercial.

En definitiva, s'ha de transmetre, per tant, a la societat i a les administracions que el desenvolupament econòmic pot ser compatible amb la sostenibilitat, si s'incrementen, entre altres factors, l'estalvi i l'eficiència energètica, l'ús de les fonts renovables i l'R+D+I energètica.

2

El marc regulador

La regulació econòmica permet establir, entre altres coses, un ampli rang de mesures que intentin integrar en el preu de l'energia els costos socials (costos ambientals i de seguretat de subministrament a llarg termini), perquè aquests costos no recaiguin en la societat en conjunt, sinó en els agents que els provoquen.

Per a això s'empren, entre altres, *mecanismes fiscals* (d'una banda, els impostos a l'energia o a les emissions de contaminants atmosfèrics o d'abocaments, i d'una altra, les exempcions fiscals), *incentius econòmics* (per fomentar les energies renovables, la cogeneració d'alta eficiència i els equips de consum eficient) i *instruments de mercat* (com el comerç de drets d'emissió, d'una banda, i el comerç de certificats verds –per fomentar les energies renovables– o blancs –per fomentar l'eficiència energètica en el consum–, d'una altra).

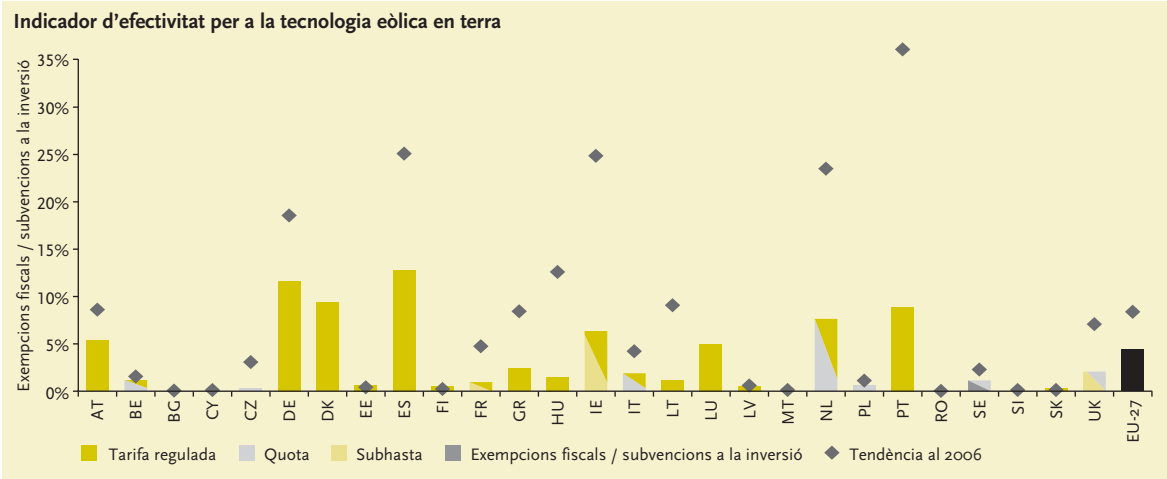
Amb això, els preus del mercat poden fer que tecnologies que usen les energies renovables i que són molt intensives en capital siguin competitives. A més, la regulació pretén proporcionar al consumidor la informació necessària perquè pugui prendre lliurement les seves decisions econòmiques i socials, per a la qual cosa ha de conèixer no solament el preu real de l'energia que demanda, sinó també el seu veritable valor, amb les implicacions ambientals i socials que té, i ha de poder orientar així la seva actuació cap a l'estalvi i l'eficiència energètica.

Finalment, la regulació és fonamental per fer arribar l'energia a les poblacions que no en tenen, i facilitar-los l'accés a les tecnologies energètiques que seran determinants en el model futur i que siguin més adequades als seus recursos i característiques. Els mecanismes de flexibilitat del Protocol de Kyoto o de la recent Directiva de renovables de la UE constitueixen bones eines reguladores per a aquestes transferències tecnològiques.

D'acord amb la comunicació de la Comissió Europea al Consell i al Parlament Europeu, COM (2008) 19 final, de 23 de gener de 2008, sobre els sistemes per a la promoció d'energies renovables utilitzats en els estats membres, el sistema de tarifa regulada (*feed-in tariff*) és el que es mostra globalment com a més efectiu i més eficient, atesos els elevats preus assolits en els sistemes de certificats i l'escassa implantació de noves instal·lacions en la resta de sistemes.

La Comissió de la UE presenta l'avaluació dels mecanismes de suport d'acord amb els dos criteris següents: un criteri que mesura l'efectivitat –definit com la capacitat d'incrementar la penetració de les renovables en el consum d'electricitat–, i un altre criteri que mesura l'eficiència –definit com la comparació entre

Gràfic 1



el nivell econòmic del suport rebut i el cost de generació de la tecnologia. Addicionalment, correlaciona l'efectivitat d'un sistema amb l'eficiència que té, entesa com el benefici anual esperat de les inversions a partir del sistema esmentat. D'acord amb l'avaluació de la Comissió Europea mitjançant el sistema "*feed-in tariff* s'assoleix una gran penetració de les energies renovables, amb el menor cost per als consumidors".

L'indicador d'efectivitat mostra l'increment d'electricitat generada comparat amb el potencial realitzable a mitjà termini (fins al 2020) per a cada tecnologia específica:

$$E^i_n = \frac{G^i_n - G^i_{n-1}}{ADD - POT^i_n}$$

E^i_n = Indicador d'efectivitat per a la tecnologia d'energia renovable *i* l'any *n*

G^i_n = Potencial de generació d'electricitat de la tecnologia d'energia renovable *i* l'any *n*

$ADD - POT^i_n$ = Potencial de generació addicional d'electricitat de la tecnologia renovable *i* l'any *n* fins al 2020

El gràfic 1 mostra l'indicador d'efectivitat per a la tecnologia eòlica en terra durant el període 1998-2006, inclosa la tendència l'any 2006.

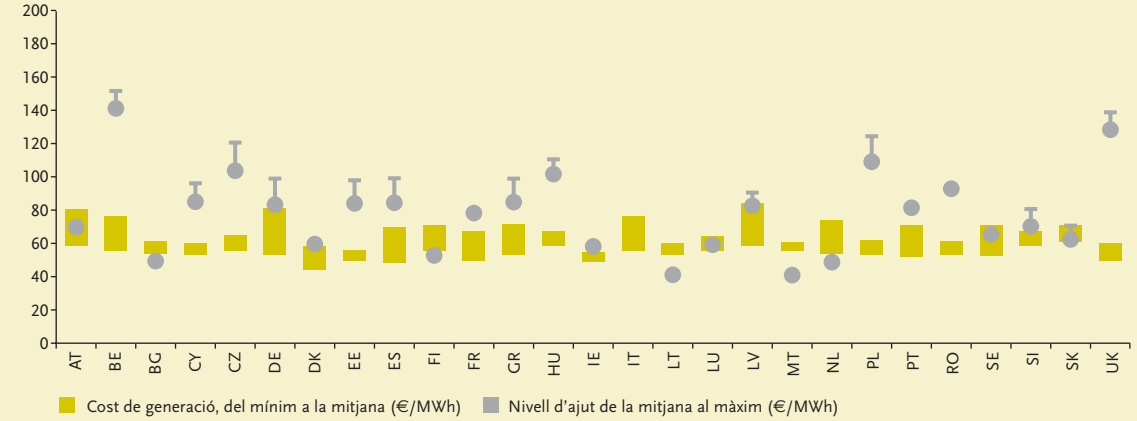
Les polítiques més efectives que han promogut l'energia eòlica, el biogàs i la tecnologia fotovoltaica s'han implantat en els països que han utilitzat tarifes regulades com a principal mecanisme de suport. Tanmateix, no tots els esquemes de tarifa regulada implementats en els estats membres han tingut el mateix èxit. Per a l'energia eòlica terrestre, Dinamarca, Alemanya i Espanya han presentat els indicadors d'efectivitat més elevats durant el període 1998-2006. L'elevada seguretat jurídica, acompanyada de reduïdes barreres reguladores i administratives en aquests països, ha estimulat un fort i continu creixement de l'energia eòlica en l'última dècada. En biogàs, els creixements més grans s'han produït a Àustria, Dinamarca, Alemanya, Grècia i Luxemburg, que han usat sistemes de tarifa regulada. En fotovoltaica, el creixement més gran correspon a Alemanya, seguida d'Espanya, Itàlia i Grècia, països en què també s'han emprat sistemes de tarifa regulada.

L'efectivitat dels mecanismes de quota per a l'energia eòlica terrestre a Bèlgica i el Regne Unit s'ha incrementat més en els anys 2005 i 2006, però encara és reduïda si es compara amb la dels països de tarifa regulada esmentats.

A França, les subhastes (*tenders*) per a l'energia eòlica i el biogàs han estat menys efectives. En canvi, el nou sistema de subhastes de Dinamarca per a l'energia

Gràfic 2

Comparació del rang de preus amb el cost marginal de generació a llarg termini de l'energia eòlica



eòlica al mar ha estat fins ara el més efectiu d'Europa per a aquesta tecnologia.

Altres mecanismes, com les subvencions a la inversió i les exempcions fiscals, són difícils de mesurar, ja que s'han usat generalment de forma conjunta o acompanyant-ne d'altres. La combinació d'aquests mecanismes ha tingut èxit per al desenvolupament de la biomassa a Finlàndia, però ha estat menys efectiva per al desenvolupament de l'energia eòlica.

L'indicador d'eficiència compara l'ingrés total rebut per una tecnologia (nivell de remuneració) amb el cost de generació de cada tecnologia.

Als diferents països es produeix una adaptació desigual entre el nivell de remuneració i el cost de generació per a les diferents tecnologies. Dos terços dels estats membres han establert nivells de remuneració suficients per a l'energia eòlica, la minihidràulica i la biomassa.

Al gràfic 2 es mostra el rang de preus (ajuda mitjana i màxima) per a l'energia eòlica i es compara amb el cost marginal de generació a llarg termini. Tots els esquemes de suport s'han normalitzat a quinze anys.

Finalment, la Comissió de la UE expressa que encara es mantenen barreres administratives i d'accés i connexió a la xarxa, com poden ser les següents:

- Inexistència de procediments d'autorització transparents.
- Inexistència de planificacions vinculants per al desenvolupament de la xarxa, a fi de poder complir els objectius de renovables.
- Condicions discriminatòries d'accés: procediments de connexió a la xarxa no objectius i transparents, així com elevats períodes de temps per obtenir l'autorització de la connexió.
- Insuficient capacitat d'accés i elevats costos de connexió.
- Absència de capacitat disponible a la xarxa.
- Absència d'informació transparent sobre la xarxa.
- Reduïts nivells d'inversió en expansió de les xarxes.

D'altra banda, la Directiva 2003/54/CE permet als estats membres imposar obligacions de servei públic per afavorir les energies renovables i establir procediments simplificats i transparents d'accés a la xarxa.

3 La regulació espanyola

L'experiència espanyola en la promoció de les renovables és una experiència d'èxit reconeguda mundialment. A Espanya han confluït una sèrie de factors clau per a aquest desenvolupament, com són una R+D+I

tecnològica (especialment en energia eòlica i en energia solar termoelèctrica), un sector industrial que ha apostat per aquestes noves tecnologies i una regulació efectiva i eficient. Per exemple, es pot assenyalar que la indústria eòlica ha representat un esforç inversor superior als 15.000 M€ en els últims anys, s'han creat més de 95.000 llocs de treball directes i indirectes, la qual cosa ha permès que Espanya se situï com a referència mundial del sector amb empreses líders al món, amb una activitat exportadora important, en la generació d'electricitat, en la fabricació de màquines i en la promoció i operació de parcs eòlics.

Tanmateix, també a Espanya hi ha hagut desajustaments que és bo conèixer, per evitar que es repeteixin:

- Durant els primers anys de la liberalització les inversions es produïen amb un ritme lent, com a conseqüència de la inseguretat reguladora en aquells anys, en els quals les tarifes i les primes es modificaven anualment sense regles transparents.
- Els objectius de planificació en biomassa i en minihidràulica no s'estan assolint, ja que en biomassa és fonamental assolir acords de subministrament a llarg termini amb agricultors o municipis, i en minihidràulica els estudis d'impacte ambiental prolonguen en excés el tràmit administratiu d'autorització.
- La potència fotovoltaica instal·lada durant l'any 2008 ha superat totes les previsions, la qual cosa ha generat actualment uns costos molt elevats per al consumidor d'electricitat. Una vegada complert l'objectiu de planificació, s'havia d'haver establert una data límit (29 de setembre de 2008) per al manteniment de les tarifes vigents aplicables a les instal·lacions noves posades en marxa abans de la data esmentada, cosa que finalment va suposar un efecte de crida, en unes circumstàncies de forta disminució dels costos mitjans de la tecnologia, amb uns tipus d'interès reduïts i una situació econòmica expansiva, amb escassa percepció del risc.

A continuació s'analitzen els trets més rellevants de la regulació espanyola en la promoció de les energies renovables i la cogeneració.

3.1 Establiment d'un pla de foment de les energies renovables

En un marc regulador liberalitzat, la planificació elèctrica té un doble caràcter: vinculant per a les xarxes i indicativa per a la generació i la comercialització. Encara que no sempre és així, els seus objectius haurien de ser els següents:

- Orientar el desenvolupament de les infraestructures de xarxa, a fi de garantir la cobertura de la demanda i integrar la nova capacitat de generació.
- Crear un enfocament estructurat a manera de planificació integrada de recursos en què s'analitzin totes les alternatives energètiques, des del costat de l'oferta i des del costat de la demanda, que inclogui la variable econòmica, de seguretat de subministrament i mediambiental.
- Permetre als operadors accedir a informació homogènia de mitjà i llarg termini sense cap cost, i eliminar així parcialment el problema de l'accés a la informació asimètrica.
- Possibilitar als reguladors la detecció d'ineficiències del mercat de mitjà i llarg termini, i donar-los a més la possibilitat d'anticipar les possibles conseqüències d'adoptar determinats mecanismes o incentius de correcció d'aquestes ineficiències.

Específicament, en relació amb les energies renovables, la planificació indicativa hauria d'analitzar els recursos energètics del país, i la capacitat tècnica (del sistema i de les xarxes) i econòmica (de les tarifes d'accés) per a la seva absorció.

A Espanya, durant els dotze anys de liberalització, s'han adoptat dos plans específics per a les energies renovables, l'objectiu previst dels quals en la Llei del sector elèctric és que l'any 2010 les energies renovables generin el 12% de la matriu d'energia primària. El 26

d'agost de 2005 es va aprovar l'últim d'aquests plans per Acord del Consell de Ministres, l'actual Pla de foment de les energies renovables per al període 2005-2010 (agost de 2005).

El Pla inicial va ser elaborat per tal de reforçar els objectius prioritaris de la política energètica, que són la garantia de la seguretat i qualitat del subministrament elèctric i el respecte al medi ambient, i amb la determinació de donar compliment als compromisos d'Espanya en l'àmbit internacional (Protocol de Kyoto, Pla nacional d'assignació) i als que es deriven de la pertinença a la Unió Europea.

L'objectiu anterior equival, per al sector elèctric, a subministrar amb energies renovables el 30,3% de la demanda d'electricitat l'any 2010. En les previsions del Pla destacava la important contribució pronosticada de l'energia eòlica, que eleva el seu objectiu de potència instal·lada fins a 20.155 MW el 2010 (amb una producció estimada de 45.511 GWh), i l'augment dels objectius de biocarburants, que passaven a 2,2 milions de tep el 2010, i de la solar termoelèctrica, que elevava el seu objectiu a 500 MW. Respecte de la biomassa, es van diferenciar els objectius entre la biomassa destinada a la generació d'electricitat i la destinada a usos tèrmics. Quant a la primera, l'objectiu de creixement en el període del Pla se situa en 1.695 MW, per a la qual cosa es va preveure la posada en marxa d'un programa de cocombustió (per a la combustió conjunta de biomassa i carbó en centrals ja existents), l'increment de la retribució a l'electricitat generada (en instal·lacions de biomassa elèctrica) i la potenciació de la Comissió Interministerial de la Biomassa, amb la pretensió de dinamitzar el mercat potencial.

La penetració de les energies renovables en la generació elèctrica s'ha d'incrementar fortament en el futur d'acord amb els objectius de la UE per al 2020, fins a assolir, en el sector elèctric espanyol, una quota amb renovables superior al 40%. Aquesta quota resulta molt ambiciosa si es considera que en els últims deu anys, malgrat la nova capacitat instal·lada, s'ha mantingut la quota de renovables pràcticament invariable i pròxima al 20%, a causa de l'increment sostingut del consum d'electricitat.

3.2 El marc jurídic i econòmic

Per al desenvolupament de les energies renovables és fonamental comptar amb un marc jurídic i econòmic estable i que incentivi les inversions coordinat amb la planificació. En aquest sentit, l'any 2003 la CNE va aprovar una metodologia que va ser enviada al Govern, i que des de llavors ha inspirat la regulació jurídica i econòmica del règim especial.

A continuació, presentem els quatre criteris fonamentals que a parer de la CNE han d'inspirar la regulació jurídica i econòmica de la producció d'electricitat en règim especial, i que es troben en la metodologia esmentada.

3.2.1 Assolir els objectius de planificació

Es considera que en els sistemes liberalitzats els incentius econòmics són fonamentals per fomentar les diferents tecnologies renovables i de cogeneració, sempre que aquests incentius siguin suficients per al desenvolupament de les inversions. En determinats casos es justifiquen fins i tot incentius que portin a rendibilitats superiors, per tal que es puguin assolir els objectius establerts en la planificació.

L'establiment en la normativa sectorial d'incentius econòmics, per tecnologies, al costat d'objectius de capacitat instal·lada constitueix un important instrument de política energètica i ambiental, que orienta la presa de decisions dels inversors en un marc regulador liberalitzat com el que correspon a l'activitat de producció d'electricitat.

3.2.2 Minimitzar la incertesa reguladora

L'estabilitat i la predictibilitat dels incentius econòmics (tarifes i primes) redueixen la incertesa reguladora, la qual cosa incentiva les inversions en nova capacitat per abordar els seus projectes, al mateix temps

que minimitza el cost de finançament i redueix el cost final per al consumidor.

La regulació ha d'oferir garanties suficients per aconseguir que els incentius econòmics siguin estables i predicibles durant tota la vida de la instal·lació. Malgrat l'anterior, també és convenient fixar mecanismes transparents en les accions que s'especifiquen a continuació:

- L'actualització anual dels incentius, per a la qual cosa és necessari associar les actualitzacions a l'evolució d'índexs robustos (com l'IPC, els bons a deu anys, etc.).
- Les revisions periòdiques, cada quatre anys, a fi d'anar adaptant el nivell dels incentius a la corba d'aprenentatge de cada tecnologia. Per seguretat jurídica, aquestes revisions només poden afectar les noves instal·lacions.

3.2.3
Facilitar l'operació del sistema

El sistema elèctric espanyol s'ha d'explotar com un sistema aïllat, donada l'escassa capacitat d'interconnexió amb Europa. En la mesura que la penetració d'instal·lacions que utilitzen les energies renovables s'incrementi, la seguretat del sistema es pot veure afectada, atesa la variabilitat en la producció.

Actualment, el règim especial aporta més del 22% de la generació elèctrica a Espanya. Per això, s'han d'establir requisits i incentius que promoguin, en la mesura que sigui possible, l'aportació de serveis complementaris i millores en la qualitat de l'energia produïda per les instal·lacions que utilitzen fonts renovables. Aquests requisits o incentius són els següents:

- L'obligació del subministrament de programes de funcionament i el seu compliment (ja que es produeixen penalitzacions per les desviacions entre el programa i la producció real).
- L'adscripció obligatòria d'instal·lacions de generació en centres de control connectats amb l'operador del sistema.
- L'establiment d'incentius econòmics per controlar la producció o l'absorció d'energia reactiva, com a mesura indirecta per controlar la tensió.
- L'obligació de les tecnologies eòliques de suportar buits de tensió, és a dir, de ser capaces de mantenir-se connectades a la xarxa davant d'una breu caiguda de tensió en la xarxa, i contribuir així, de la mateixa manera que altres tecnologies, a la resolució del problema i a la seguretat i l'estabilitat del sistema.
- La potestat de participar voluntàriament en altres serveis complementaris addicionals.

3.2.4
Incentivar la integració voluntària en el mercat

Quan les energies renovables conviuen amb les convencionals en el mercat resulten menys especials.

Amb això s'incrementa el nombre d'agents (agregadors d'energies renovables), la qual cosa dinamitza el mercat, tant el majorista com el detallista, que es veu impulsat amb l'establiment del sistema de garantia d'origen.

En el mercat, l'energia gestionable, que avui representa aproximadament el 45% del règim especial, percep un fort senyal econòmic per modular la seva cessió d'energia al sistema i proporcionar a l'operador del sistema serveis complementaris, la qual cosa és eficient.

Un avantatge afegit és que fora de l'opció de mercat, el manteniment de les instal·lacions de generació se situa fora dels períodes òptims, ja que en les tarifes regulades no hi ha diferenciació temporal.

La metodologia de la CNE parteix dels costos mitjans reals d'inversió i d'operació que declaren els titulars de les instal·lacions de generació d'una determinada tecnologia, en un determinat període regulador, per estimar, a partir d'aquests costos, les tarifes i primes que cal aplicar a les instal·lacions que puguin instal·lar-se en el període regulador següent.

Amb això, s'incentiva els futurs titulars a reduir els costos en relació amb el cost mitjà de la tecnologia, per, a continuació, en el següent període regulador, traspassar els possibles guanys d'eficiència al consumidor.

No obstant l'anterior, quan es detecti que el desenvolupament d'una determinada tecnologia pot resultar molt superior a l'evolució planificada (com ha ocorregut durant l'any 2008 a Espanya amb la tecnologia fotovoltaica), com a conseqüència de fortes reduccions dels costos derivades d'avenços tecnològics i d'economies d'escala, la regulació econòmica s'ha d'avançar, i s'ha d'orientar l'evolució tecnològica cap a les reduccions de costos i establir binomis entre quantitats objectiu anuals i tarifes, de manera que aquestes últimes puguin evolucionar automàticament a la baixa per a les plantes que s'instal·lin l'any següent (per exemple, en un percentatge definit en un 10%), quan l'any anterior s'hagi assolit la quantitat objectiu. En tot cas, per preservar la seguretat jurídica, els nous incentius econòmics han d'afectar únicament les noves instal·lacions.

La metodologia de la CNE, amb la intenció d'aportar certesa i objectivitat a la retribució del règim especial, determinava una retribució per a cada tecnologia tipus construïda a partir de valors mitjans reals d'inversió i de costos d'explotació, de manera que obtingui una taxa interna de rendibilitat dels fluxos de caixa lliures i després d'impostos (TIR) superior al cost del capital de les empreses del sector.

La metodologia es completa amb incentius a la participació en el mercat que estableixen nivells màxims i mínims (un sostre i un terra) en la retribució, de manera coherent amb la variació del preu del mercat, per adaptar les primes a una situació o altra. Amb això, el productor i el consumidor assumeixen el risc del preu del mercat en la major part del temps, però fins a un cert nivell. Sobrepassat un determinat llindar, s'elimina el risc i es percep la retribució màxima i mínima establerta. El sostre i el terra equilibren els riscos de preu, respectivament, per als consumidors i per als productors.

La regulació jurídica i econòmica del règim especial a Espanya s'estableix en la Llei 54/1997, de 27 de novembre, i es desenvolupa fonamentalment en el Reial decret 661/2007, de 25 de maig, i en el Reial decret 1578/2008, de 26 de setembre, específic per a les instal·lacions fotovoltaiques. Addicionalment, s'ha de considerar l'article 4 del Reial decret llei 6/2009, de 30 d'abril, en el qual s'estableix un registre de preassignació de la retribució per controlar el compliment dels objectius de planificació.

D'altra banda, es pot assenyalar que els incentius econòmics o primes estan evolucionant a l'alça d'una manera important, i es recullen dins de la tarifa d'accés que paga el consumidor.

En el quadre 1 es pot observar la potència instal·lada, l'energia produïda, la retribució total i el cost de les primes en els anys 2007 i 2008. Es pot afirmar que el consumidor elèctric a Espanya va pagar un 11% més cara la seva electricitat pel finançament que fa la tarifa elèctrica de les primes equivalents a la cogeneració i a les energies renovables.

L'any 2009, ens trobem amb una previsió de potència instal·lada, energia produïda i costos molt més elevada que el resultat de 2008. Les primes equivalents es preveu que assoleixin gairebé 5.400 M€ com a conseqüència fonamentalment del funcionament de la potència fotovoltaica instal·lada durant tot l'any anterior i del descens del preu del mercat (la prima equivalent es defineix com la diferència entre la tarifa regulada i el mercat), a part del creixement vegetatiu d'altres tecnologies.

3.3
L'accés i la connexió

La regulació de l'accés i la connexió a la xarxa elèctrica de les noves instal·lacions de producció d'electricitat a partir de fonts renovables és un element tan important com la seva regulació econòmica.

A Espanya la Llei del sector elèctric liberalitza les activitats de generació i la comercialització, mentre que les xarxes de transport i distribució han de funcionar en règim de monopoli natural i es liberalitzen mitjançant el dret d'accés de tercers a la xarxa, a canvi d'un peatge que paguen els consumidors (en la Llei espanyola la generació està alliberada d'aquests pagaments).

L'accés a la xarxa constitueix, doncs, un dret de productors i consumidors, perquè les energies dels

Quadre 1

Potència instal·lada, energia produïda, retribució total i cost de les primes, anys 2007 i 2008

Any	Tecnologia	Potència instal·lada (MW)	Energia venuda (GWh)	Nre. instal·la-cions	Retribució total (milers €)	Preu mitjà retribució total (cent€/kWh)	Prima equivalent (milers €)	Prima equivalent (cent€/kWh)	Sobrecost (%)
2007	Cogeneració	6.059	17.616	872	1.335.326	7,580	596.712	3,387	2,7%
	Solar	693	495	19.988	214.811	43,384	194.051	19,191	0,9%
	Eòlica	14.417	27.474	632	2.146.716	7,814	994.760	3,621	4,4%
	Hidràulica	1.909	4.120	928	318.940	7,741	146.190	3,548	0,7%
	Biomasa	558	2.173	92	192.155	8,843	101.043	4,650	0,5%
	Residus	569	2.722	33	167.806	6,165	53.674	1,972	0,2%
	Tract. residus	527	3.397	43	316.889	9,328	174.453	5,135	0,8%
Total 2007		**24.732**	**57.997**	**22.586**	**4.692.644**	**8,091**	**2.260.882**	**3,898**	**10,1%**
2008	Cogeneració	6.157	21.090	884	2.070.197	9,816	716.528	3,398	2,4%
	Solar	3.354	2.492	49.971	1.127.994	45,268	968.055	38,850	3,2%
	Eòlica	15.578	31.355	394	3.157.146	10,069	1.144.597	3,650	3,8%
	Hidràulica	1.961	4.497	941	432.393	9,615	143.755	3,197	0,5%
	Biomasa	580	2.466	98	281.613	11,420	123.326	5,001	0,4%
	Residus	579	2.734	34	239.450	8,759	63.970	2,340	0,2%
	Tract. residus	554	3.088	44	342.385	11,089	144.203	4,670	0,5%
Total 2008		**28.763**	**67.720**	**52.664**	**7.651.179**	**11,298**	**3.304.434**	**4,880**	**10,9%**

primers puguin fluir fins als segons en el marc del mercat elèctric. Per la seva banda, la connexió a la xarxa està constituïda pels elements físics i de seguretat mitjançant els quals es pot materialitzar el dret d'accés.

La Llei únicament restringeix el dret d'accés quan pot posar-se en risc el subministrament d'electricitat. El principi d'inexistència de reserva de capacitat, que declara que les instal·lacions ja connectades no tenen preferència per evacuar la seva energia sobre les noves, garanteix que aquest dret pugui ser exercit de la manera més àmplia possible, en nom d'assolir els objectius de planificació.

En el cas de sobreinstal·lació de capacitat de generació, les possibles congestions s'han de resoldre, a curt i a mitjà termini, mitjançant el despatx econòmic, aplicant criteris de mercat o, si escau, mitjançant prorrata, encara que en el cas de les renovables se n'ha declarat l'accés preferent. A llarg termini, serà la planificació (i en el seu cas, la regulació de la distribució) l'encarregada de resoldre les congestions perquè aquestes incidències no es converteixin en cròniques.

En el Reial decret 1955/2000, d'1 de desembre, s'estableix la normativa sobre el dret d'accés i connexió a la xarxa de transport i distribució. D'altra banda, en el Reial decret 661/2007, de 25 de maig, pel qual s'estableix la regulació del règim especial, es determina que les noves instal·lacions de producció han de fer front a les inversions en les instal·lacions de connexió a la xarxes de transport i de distribució, i fins i tot, en algunes circumstàncies, als reforços d'aquestes mateixes xarxes. Sens perjudici de l'anterior, la xarxa de transport es desenvolupa d'acord amb la "Planificació" aprovada pel Govern, que té en compte, entre altres coses, les zones amb més recursos renovables.

Des de l'inici de la liberalització, l'any 1998, fins a finals de l'any 2007 la potència instal·lada en règim especial va passar de 4.544 MW a 24.418 MW,[1] amb

1. 28.787 MW a finals del 2008.

la qual cosa en l'última dècada ha estat necessari integrar a la xarxa de transport i distribució gairebé 20.000 MW, fet a què ha contribuït una xarxa preexistent, en certa manera "folgada", i la nova xarxa producte de la "Planificació". En la dècada i mitja següent serà necessari integrar una quantitat de megawatts que duplica la connectada en la dècada anterior. Només la *Planificació dels sectors d'electricitat i gas 2008-2016* ja preveu per a l'horitzó 2016 una potència instal·lada en règim especial de 47.670 MW, la qual cosa suposa integrar durant nou anys més de 23.000 MW addicionals.

D'altra banda, la Llei 54/1997, de 27 de novembre, va ser modificada amb la Llei 17/2007, de 4 de juliol, per transposar la Directiva 2003/54/CE sobre normes comunes del mercat interior de l'electricitat. Així mateix, la Llei 17/2007 va incorporar altres criteris, com els següents:

- La facultat de l'operador del sistema d'establir restriccions zonals per autoritzar les noves instal·lacions de producció d'electricitat, tant en règim ordinari com en règim especial. Únicament s'han d'establir aquestes restriccions si mitjançant la incorporació de la nova potència i amb la xarxa planificada, es detecten problemes relacionats amb la seguretat del subministrament, tenint en compte l'energia que ha d'abocar la generació i el consum previst.
- La seqüència temporal perquè els gestors de la xarxa de distribució puguin informar l'accés i la connexió de noves instal·lacions de generació s'inverteix, i s'estableix com a condició prèvia determinar el punt de connexió, i la seva acceptació per part del sol·licitant, abans d'informar l'accés.

Tenint en compte la gran quantitat de potència renovable i de cogeneració que serà necessari integrar i connectar a la xarxa per complir els objectius compromesos amb la Unió Europea, i així mateix, considerant les modificacions introduïdes en la Llei del sector elèctric mitjançant la Llei 17/2007, la CNE ha elaborat una proposta de reial decret en què s'inclouen els criteris bàsics que a continuació s'enuncien, i que es refereixen a la regulació econòmica i d'accés i connexió a la xarxa de les noves instal·lacions de producció en règim especial.

Es considera que els criteris sobre l'accés i la connexió actualment vigents haurien d'evolucionar tal com s'assenyala a continuació, ja que el seu manteniment podria posar en risc el compliment dels objectius de la planificació vigent i els compromesos amb la Unió Europea. Aquest risc prové del mecanisme vigent per determinar l'accés i la connexió de noves instal·lacions de producció, ja que qualsevol sol·licitud de nova potència ha de ser atesa quan hi ha capacitat en el punt de la xarxa al qual es connecta, independentment que una vegada construïda pugui limitar-se l'abocament a la xarxa de la seva producció. Així, si hi ha altres instal·lacions de generació que afectin la capacitat d'evacuació en aquest punt, la instal·lació podrà veure limitada la seva capacitat d'abocament, en aplicació dels mecanismes previstos en la gestió tècnica del sistema, particularment amb el mecanisme de gestió de restriccions.

En un sistema liberalitzat, com és la generació d'electricitat, el compliment dels objectius de planificació es du a terme mitjançant l'establiment d'incentius econòmics (primes), que s'atorguen per l'energia abocada a la xarxa per les instal·lacions. Quan es produeixen restriccions al funcionament, les instal·lacions de generació no perceben les primes establertes, fet que, si es generalitza en el temps, pot provocar incerteses que posin en risc el compliment dels objectius de planificació.

Per això, d'acord amb els principis continguts en la Llei 54/1997, considerant l'experiència obtinguda en la dècada transcorreguda de liberalització, tenint en compte els nous objectius de planificació i assumint la major saturació de les xarxes de transport i distribució, que introdueixen una major complexitat en l'operació del sistema i les consideracions sobre la seguretat emeses per l'REE, la CNE ha considerat que la nova regulació de l'accés i la connexió per a les noves instal·lacions de règim especial a la xarxa haurà de preveure que les limitacions d'accés de les

noves instal·lacions de règim especial s'hauran de resoldre considerant la producció de les instal·lacions d'aquest règim ja connectades o amb punt de connexió ferma, a fi d'evitar l'increment de les restriccions, la qual cosa millorarà la seguretat del sistema i possibilitarà el compliment dels objectius de planificació.

Així mateix, en l'esmentada proposta s'estableixen altres millores en la regulació vigent, com són les següents:

- Establiment dels criteris per a l'aplicació de la nova eina, inclosa en la Llei, perquè l'operador del sistema pugui mantenir la seguretat (restriccions zonals).
- Compliment dels plans de desenvolupament de les xarxes de transport i distribució.
- Publicitat per part dels gestors de xarxa de l'escassetat de capacitat.
- Procediment simplificat per a instal·lacions de petita potència.
- Tot plegat, mantenint la prioritat d'evacuació en temps real de l'energia produïda per les renovables i la cogeneració.

3.4 El sistema de garantia d'origen i etiquetatge de l'electricitat

Mitjançant el sistema de garantia d'origen[2] s'introdueix un nou mecanisme indirecte de promoció de les energies renovables i de la cogeneració, addicional al règim econòmic vigent, que a Espanya es materialitza en incentius econòmics incorporats a unes tarifes regulades i a unes primes. Mitjançant els incentius econòmics s'iguala el terreny de joc perquè les energies especials puguin competir en el mercat en igualtat de condicions amb les energies convencionals (termoelèctrica, nuclear i gran hidràulica), ja que aquestes últimes no internalitzen la totalitat dels seus costos ambientals.

El sistema de garantia d'origen permet als productors demostrar davant de tercers que l'electricitat que venen ha estat generada a partir de fonts d'energia renovables i/o mitjançant mecanismes d'alta eficiència. La garantia d'origen és, doncs, una acreditació, expedida a sol·licitud de l'interessat, que assegura que un nombre determinat de quilowatts hora d'energia elèctrica, produïts en una central i en un període temporal determinat, han estat generats a partir de fonts d'energia renovables o de cogeneració d'alta eficiència.

Addicionalment, a partir de les garanties d'origen, i a anys vençuts, és possible establir una diferenciació entre els comercialitzadors segons la participació que hagin tingut en el sistema de garanties d'origen. Aquesta diferenciació es realitza per permetre al consumidor elegir l'empresa comercialitzadora en funció no només del preu o de l'atenció al client (ja que la qualitat i la seguretat del subministrament ha de ser la mateixa per a tots), sinó també en funció de la qualitat ambiental de l'energia que l'esmentada empresa va ofertar l'any anterior (en termes d'emissions específiques de CO_2 i de producció específica de residus radioactius).

Les garanties d'origen, al costat de les noves dades que cal incloure en les factures, informen el consumidor dels atributs mediambientals de l'energia anual generada en el sistema elèctric i l'adquirida per la seva empresa comercialitzadora.

A Espanya, l'Ordre ITC/1522/2007, de 24 de maig, estableix la regulació de la garantia de l'origen de l'electricitat procedent de fonts d'energia renovables i de cogeneració d'alta eficiència. Segons aquesta normativa, la CNE és responsable de gestionar un sistema de garantia d'origen que ha de servir perquè els comercialitzadors puguin demostrar que l'electricitat que

2. Les directives 2001/77/CE i 2004/8/CE, relatives respectivament a la promoció d'electricitat generada a partir de fonts d'energia renovables i de cogeneració d'alta eficiència, establien la necessitat que els estats membres de la UE introduïssin un sistema de garantia d'origen de l'electricitat renovable i eficient. A més, d'acord amb les directrius de la Comissió Europea de febrer de 2004, el sistema de garantia d'origen ha d'afavorir el que es denomina "l'etiquetatge de l'electricitat", introduït a l'article 3 de la Directiva 2003/54/CE i a l'article 6 de la Llei 24/2005, que en conjunt té com a conseqüència la diferenciació de productes dins del mercat.

van vendre l'any anterior es va generar a partir de fonts d'energia renovables i/o mitjançant mecanismes d'alta eficiència.

El funcionament del sistema es basa en un mecanisme d'anotacions en compte (anàleg a un registre públic), al qual els productors en règim especial i els comercialitzadors sol·licitaran voluntàriament la inscripció, transferència i cancel·lació de les garanties que els puguin correspondre, amb la comprovació prèvia de la informació disponible en les autoritzacions, les facturacions del règim especial, les mesures elèctriques de productors i de consumidors proporcionades pels distribuïdors i la REE, i fins i tot tenint en compte el resultat de les inspeccions de la CNE.

Durant els dos anys que fa que funciona el sistema de garanties d'origen, s'han expedit garanties que representen aproximadament el 17% de la producció nacional d'electricitat.

4 Conclusió

S'ha de transmetre, per tant, a la societat i a les administracions que el desenvolupament econòmic pot ser compatible amb la sostenibilitat. Per a això, en marcs reguladors liberalitzats, la regulació econòmica, entre altres coses, ha d'establir mecanismes per internalitzar els costos socials en els preus de l'energia i fomentar una nova cultura de l'estalvi energètic.

Un informe de la Comissió Europea, publicat l'any 2008 en ocasió de la presentació de la proposta de Directiva de renovables, fa una anàlisi comparativa de l'efectivitat i l'eficiència dels diferents marcs reguladors existents, i assenyala Espanya com a país de referència. L'èxit espanyol es basa, entre altres aspectes, en una retribució estable, predicible i rendible, derivada del marc regulador, i en una objectiva i transparent regulació de l'accés i la connexió a la xarxa.

Anàlisi econòmica dels instruments de promoció de les energies renovables: una perspectiva d'eficiència dinàmica

Pablo del Río González
CSIC

"Over the long run, perhaps the most important single criterion on which to judge environmental policies is the extent to which they spur new technology toward the efficient conservation of environmental quality"
Kneese i Schulze, 1975

1 Introducció

Diferents estudis mostren que la consecució cost-eficient (és a dir, al menor cost possible) dels objectius de renovables i/o d'emissions de CO_2 implica la combinació en el temps de diferents tecnologies de generació elèctrica i, en particular, de diferents tecnologies renovables. Per exemple, en l'àmbit de la consecució dels objectius de CO_2, l'informe de l'Agència Internacional de l'Energia (AIE; en anglès International Energy Agency o IEA) *Perspectivas Energéticas Mundiales* (IEA, 2008a) mostra que la generació elèctrica amb renovables (sense incloure la hidràulica) s'hauria de multiplicar per vuit entre el 2006 i el 2030 per aconseguir una senda d'emissions de CO_2 equivalent (CO_2 eq) compatible amb l'escenari de concentració de 550 parts per milió (ppm) de CO_2 eq.[1]

Particularment importants en aquest context serien l'eòlica (terrestre i marina) i la biomassa, i una mica menys les tecnologies solars i la geotèrmica. Tanmateix, les tecnologies solars experimentarien el creixement més gran en el període 2020-2030, en contrast amb l'eòlica terrestre, que, no obstant això, tindria el pes més gran en la generació renovable l'any 2030.

De forma similar, l'estudi de la IEA (2008b), amb l'horitzó de l'any 2050 (en lloc del 2030), confirma el pes molt significatiu de les renovables en la generació elèctrica en escenaris baixos en carboni (escenaris *Blue Map*).

A conclusions semblants arriben els tres models utilitzats en el projecte RECIPE (WITCH, IMACLIM i REMIND), que preveuen un increment considerable de les fonts renovables en el consum d'energia pri-

1. Aquest és l'escenari menys ambiciós i conservador, ja que no garantiria la consecució dels dos graus centígrads d'augment en la temperatura per al 2100 que es consideren segurs per evitar una catàstrofe climàtica. De fet, l'altre escenari (concentració de 450 ppm de CO_2 eq), que sí que és més compatible amb els dos graus esmentats, exigiria una penetració més gran de les renovables, atesa la necessitat més gran de descarbonització del sector elèctric.

mària mundial en un escenari compatible amb concentracions de 450 ppm el 2100 (Edenhofer *et al.*, 2009). RECIPE mostra que les tecnologies renovables constitueixen una opció indispensable per aconseguir els objectius de mitigació de gasos d'efecte d'hivernacle (GEH) a un cost baix. Aquest cost serà superior si la quantitat de renovables només creix com ho fa en l'escenari de referència o *business-as-usual* (és a dir, sense noves polítiques de canvi climàtic). Respecte dels costos de la mitigació, el valor econòmic d'incloure les renovables en la combinació d'opcions de mitigació és màxim quan es considera el llarg termini (fins al 2100), ja que els beneficis de l'aprenentatge tecnològic es produeixen sobretot en aquest horitzó temporal (Edenhofer *et al.*, 2009).[2]

Particularment rellevants són les renovables en el sector elèctric, la importància del qual creix amb menors concentracions de GEH. En efecte, tots els estudis (basats en simulacions), tant els de RECIPE com el de l'AIE i d'altres, mostren que, per aconseguir l'objectiu de concentració de 450 ppm, és necessària una gran descarbonització del sector elèctric, que és impossible d'aconseguir sense una gran penetració de les renovables en aquest sector. A més, com és d'esperar que molts altres sectors (en particular, el transport) incrementin l'ús d'electricitat, la descarbonització del sector elèctric guanya importància estratègica.

Els models simulen quin seria el creixement de diferents fonts energètiques per a la generació elèctrica a Europa en el període 2010-2030 per a dos escenaris: escenari de referència i escenari de polítiques, aquest últim compatible amb concentracions de 450 ppm de CO_2 eq a escala mundial.[3]

Respecte de l'evolució de les fonts esmentades entre avui i el 2030, els models coincideixen en els resultats següents per a Europa. En l'escenari de referència s'esperen augments del carbó, el gas i les renovables (a taxes moderades, i molt baixes en el cas de la hidràulica), i reduccions del petroli i de la nuclear. En l'escenari de polítiques s'esperen reduccions del carbó i del petroli, i increments en gas (més moderat que en l'escenari de referència) i, sobretot, de renovables, en particular l'eòlica i les solars. La nuclear creix en alguns models (WITCH) i es redueix en altres en l'escenari de polítiques (IEA 2007, REMIND o IMACLIM).[4]

Un altre dels resultats interessants dels models anteriors és que desenvolupar i comercialitzar noves tecnologies així com reduir els costos de les tecnologies de mitigació ja existents és crucial per mitigar les emissions de GEH i fer-ho de manera cost-eficient. Com més ambiciosos són els objectius de mitigació, més gran és la necessitat de reduir emissions i, per tant, més gran és també la necessitat de tenir eficiència dinàmica, és a dir, tecnologies a costos raonables en el futur, ja que els costos marginals de mitigació es disparen amb grans reduccions de les emissions. Edenhofer *et al.* (2009) demostren que els costos d'assolir objectius de mitigació són més elevats quan no hi participa alguna de les tecnologies renovables. Des de la perspectiva de la mitigació cost-eficient de les emissions de GEH es necessita, per tant, una revolució tecnològica amb un increment significatiu de les renovables i, en particular, de l'electricitat procedent de fonts d'energia renovables (E-FER).

A part dels objectius de mitigació de GEH, a molts països i en particular en el context europeu hi ha objectius de penetració d'energies renovables.[5] Utilitzant les simulacions realitzades amb el model GREEN-X,

2. L'aprenentatge tecnològic fa referència especialment a les millores en les tecnologies que tenen lloc durant la seva difusió com a conseqüència de les millores proposades pels usuaris de la tecnologia o que sorgeixen en el mateix procés de producció de la tecnologia. Aquestes millores, juntament amb les economies d'escala dinàmiques, provoquen a més reduccions de costos de les tecnologies en el temps. Tanmateix, els processos d'aprenentatge tecnològic no són gratuïts, ja que depenen del fet que es produeixi la difusió, la qual cosa, al seu torn, és el resultat d'inversions més o menys abundants.

3. Els resultats del projecte RECIPE es poden consultar a: http://www.pik-potsdam.de/recipe

4. Per tenir més detalls, vegeu del Río (2009c).

5. Això podria suggerir que els objectius de mitigació i els de penetració d'energies són redundants, en tant que les energies renovables són necessàries per mitigar les emissions. Tanmateix, les energies renovables no solament redueixen les emissions de GEH, sinó que tenen altres beneficis, en particular, la reducció de la dependència energètica externa.

Resch *et al.* (2009) recentment han mostrat que la consecució de l'objectiu europeu del 20% de renovables en el consum d'energia el 2020 exigeix combinar diferents tecnologies renovables. Els autors mostren que, per aconseguir aquest objectiu general del 20%, la penetració de les renovables en la demanda d'electricitat hauria d'assolir el 35%. L'escenari de menor cost per aconseguir aquest objectiu suposa combinar diverses tecnologies, amb un pes considerable de l'eòlica (terrestre i marina), la hidràulica (sobretot gran hidràulica ja instal·lada) i la biomassa, i menors participacions en aquest horitzó temporal del 2020 per a les solars i el biogàs. Els creixements relatius més grans entre els anys 2005 i 2020 en producció d'E-FER compatibles amb aquest escenari es donarien en les eòliques, la biomassa sòlida i el biogàs. El creixement de la solar termoelèctrica i solar fotovoltaica, tot i ser considerable, no permet que aquestes tecnologies tinguin un pes significatiu el 2020, encara que és possible que sí que siguin crucials en la fixació d'objectius a més llarg termini (l'any 2030 o el 2050) (del Río, 2009c).

Aquests resultats, en termes de la necessitat de combinar tecnologies, tenen fortes implicacions per a les polítiques públiques de promoció, ja que suggereixen que no n'hi ha prou a estimular únicament les tecnologies renovables que avui tenen un cost menor. El repte consisteix a disposar, a més, de tecnologies renovables en els horitzons del 2020 i el 2030 a costos raonables. Donat el període de maduració necessari de les tecnologies avui incipients, no sembla que hi hagi cap altre remei que fomentar tecnologies avui prometedores, és a dir, amb un considerable potencial de generació i capacitat de reduir els costos que tenen, actualment elevats. És evident que fomentar aquestes tecnologies més immadures en paral·lel a les més madures té un cost avui superior a si únicament es fomentessin les més madures, però els models abans esmentats mostren precisament que, en termes intertemporals (curt, mitjà i llarg termini), aquesta combinació és eficient en costos per aconseguir objectius tant d'emissions de GEH com de penetració d'energies renovables.

Per tant, des del punt de vista de les polítiques públiques, les preguntes rellevants en aquest context són: com podem aconseguir la promoció equilibrada de tecnologies amb nivells molt diversos de costos i maduresa tecnològica, de manera que s'assoleixin ambdós objectius al menor cost possible, entenent que aquest cost és la suma dels costos que es produeixen en el curt, mitjà i llarg termini per fomentar aquestes tecnologies? Aquest és precisament l'objectiu d'aquest article, que analitza els instruments de promoció de l'E-FER tenint en compte el criteri d'eficiència dinàmica.

La resta de l'article s'estructura de la manera següent. La secció 2 aporta una breu discussió sobre els enfocaments generals utilitzats per analitzar les barreres a les tecnologies renovables que justifiquen l'aplicació d'instruments de promoció de l'E-FER. Aquests instruments es discuteixen en la tercera secció. La secció quarta aprofundeix el criteri d'eficiència dinàmica i els diversos aspectes que inclou, mentre que la cinquena aporta una avaluació d'aquests instruments d'acord amb l'esmentat criteri, tenint en compte tant la teoria econòmica com l'experiència en l'aplicació dels instruments. L'article es tanca amb un apartat de conclusions.

2

Enfocaments teòrics per a l'anàlisi de les barreres a les tecnologies renovables

La penetració de les tecnologies renovables en la generació elèctrica es produeix lentament. Des del punt de vista de l'anàlisi econòmica hi ha almenys dos factors clau que expliquen aquesta lenta evolució: aquestes tecnologies sofreixen dos tipus de fallada de mercat, el que es coneix en la literatura com el problema de la doble externalitat (Rennings, 2000; del Río, 2004; Jaffe *et al.*, 2005, i Newell, 2008):

1. Externalitats ambientals negatives evitades. L'E-FER redueix les emissions de contaminants globals (gasos d'efecte d'hivernacle, GEH) i locals respecte de la generació convencional (gas, carbó

i petroli). Si els generadors elèctrics convencionals no han de pagar pel dany que causen per les seves emissions, llavors aquestes seran més elevades de les socialment desitjables, i no hi haurà incentiu per innovar en tecnologies que les mitiguen, com les renovables.

2. Externalitats tecnològiques positives generades. Aquestes externalitats tenen a veure amb la naturalesa de bé públic de la innovació tecnològica. Es relaciona amb els efectes *spillover*, que incentiven que la innovació sigui copiada per d'altres, la qual cosa redueix els guanys per a l'empresa innovadora sense que obtingui una compensació total per l'esforç que ha fet. Al seu torn, això redueix els incentius per innovar.[6]

L'existència d'ambdues fallades de mercat impedeix que el preu del carboni (derivat de l'aplicació de polítiques públiques de mitigació, ja sigui un sistema de comerç de drets d'emissió o un impost) sigui suficient per promoure aquestes tecnologies. Encara que és cert que el preu del carboni, entre altres coses, genera incentius a les inversions en R+D, els mercats de les tecnologies estan distorsionats per múltiples fallades de mercat addicionals a l'externalitat tecnològica, i inclouen la incapacitat de l'innovador de capturar tots els beneficis de la seva activitat innovadora, efectes *spillover* derivats dels efectes d'aprenentatge que tenen lloc durant la difusió de les tecnologies que redueixen els costos de producció per a altres empreses i que no són capturats per les empreses innovadores, externalitats de xarxa en grans sistemes integrats, incertesa que restringeix la inversió, restriccions creditícies, informació asimètrica entre els promotors del projecte i els prestadors, i el comportament miop (Newell, 2008; Edenhofer *et al.*, 2009). Per aquesta raó, es pot defensar una política específica per a tecnologies baixes en carboni, que complementi els instruments econòmics i faciliti la transició cap a una economia menys intensiva en carboni. Aquestes polítiques tecnològiques es poden dirigir, i han de fer-ho, a les diferents fases de la cadena d'innovació.

D'entre totes aquestes fallades de mercat i barreres,[7] val la pena destacar les que comporten barreres de tipus sistèmic (també fallades denominades sistèmiques; Nill i Kemp, 2009). La més important d'aquestes barreres sistèmiques és la denominada dependència de la senda i el bloqueig tecnològic (van den Berg i Kemp, 2008).

En efecte, una part de la literatura econòmica recent, la denominada economia evolutiva del canvi tecnològic (EEv), destaca l'existència d'inèrcia en els actuals sistemes tecnològics.[8] Aquests sistemes estan imbuïts en un context institucional que genera un fort incentiu a la continuïtat (vegeu, entre altres, Kemp, 1996; Unruh, 2000 i 2002; Marechal, 2007; del Río i Unruh, 2007; Rip i Kemp, 1998, i Foxon, 2003). Com afirma Kemp, de l'ampli ventall de possibilitats d'innovació, només unes quantes són seleccionades i utilitzades com a base per a un desenvolupament futur. La selecció està relacionada amb aspectes de costos i preus, però també amb expectatives i institucions. Les innovacions que encaixen en els règims existents tenen més possibilitats de progressar. Com a conseqüència d'això, la societat està bloquejada tecnològicament en determinades trajectòries.[9] El terme *bloqueig de carboni* (Unruh, 2000) s'ha utilitzat precisament per denominar aquesta persistència de les tecnologies intensives en carboni (malgrat l'existència d'altres de baixes en carboni).[10]

6. La protecció legal de la propietat intel·lectual, per exemple, a través del sistema de patents, pot ajudar, però les empreses només poden capturar una petita fracció dels guanys generals de la innovació (Newell, 2008).

7. Cal tenir en compte que no totes aquestes barreres representen fallades de mercat. Únicament són alhora barreres i fallades de mercat les fallades d'informació, els problemes del principal-agent i les imperfeccions en els mercats de capital. En termes purament econòmics (teoria econòmica ortodoxa), només les fallades de mercat justificarien la intervenció pública. Tanmateix, en la línia de Sorrell *et al.* (2004), tot i que en el seu cas aplicat a les tecnologies d'eficiència energètica, adoptem una perspectiva més àmplia i identifiquem en quina mesura les barreres a les inversions d'E-FER, siguin o no fallades de mercat, es poden eliminar o atenuar amb l'aplicació d'instruments.

8. Witt (2008) aporta un resum d'aquesta literatura.

9. <http://kemp.unu-merit.nl/#view>

10. Una branca emergent de la literatura econòmica sobre la mitigació ha aplicat un enfocament evolutiu a l'anàlisi d'aquest problema, amb

Segons l'enfocament de l'EEv, la rigidesa del sistema a l'hora d'experimentar grans canvis tecnològics (el bloqueig tecnològic) és el resultat de dos factors principals. Un està relacionat amb la perspectiva sistèmica del canvi tecnològic i la inèrcia "estructural" dels sistemes tecnoeconòmics. L'altre subratlla els mecanismes dinàmics que hi ha darrere d'aquest procés. Sens dubte, ambdós factors (sistèmic i dinàmic) estan interrelacionats (vegeu del Río, 2009d):

1. L'enfocament sistèmic del canvi tecnològic. L'EEv desvia el focus d'atenció des de la competència entre tecnologies individuals a tecnologies incorporades en sistemes i subsistemes vinculats entre si (Scrase i MacKerron, 2009). Les tecnologies pertanyen a "sistemes tecnològics", components interrelacionats i connectats a una xarxa o infraestructura que inclou elements físics, socials i d'informació (Unruh, 2000). Les tecnologies no solament estan vinculades amb altres tecnologies, sinó que, a més, estan interrelacionades amb els aspectes culturals i institucionals del seu entorn (Marechal, 2007). La inèrcia té lloc en l'àmbit de les tecnologies individuals i sistèmiques (interrelacionades), la qual cosa dóna lloc al bloqueig tecnològic. La interdependència sistèmica i la coevolució ocorren entre diferents elements del sistema tecnològic, i entre el sistema tecnològic i el marc institucional en el qual aquest sistema està imbuït.
   Els sistemes tecnològics no estan compostos únicament per tecnologies interrelacionades i les seves infraestructures de suport, sinó també per les relacions tècniques, d'informació, econòmiques i institucionals que els permeten funcionar juntes (Marechal, 2007; Unruh, 2002, i del Río i Unruh, 2007). Això provoca que els sistemes tecnològics siguin difícils de canviar, ja que les tecnologies existents es beneficien d'un context socioinstitucional que hi està adaptat. Els canvis tecnològics radicals requereixen molts tipus de canvis (tecnològics, socials, institucionals, econòmics i culturals).
2. L'impacte de les economies d'escala dinàmiques i els efectes d'aprenentatge. Les inversions en R+D i la difusió aporten una font de millora i reduccions de costos per a les tecnologies existents. Aquest efecte té lloc perquè la difusió permet que les tecnologies es beneficiïn dels efectes d'aprenentatge i d'economies d'escala dinàmiques. Això pot ser una font dinàmica de bloqueig tecnològic, ja que les tecnologies emergents, més cares, poden entrar en un cercle viciós: no s'adopten perquè són molt cares i són molt cares perquè no s'adopten. Només la política pública pot trencar aquesta font de bloqueig tecnològic.

La perspectiva evolutiva és rellevant per analitzar els sistemes energètics, ja que aquests sistemes aconsegueixen crear una massa crítica i, inevitablement, generen un bloqueig en trajectòries tecnològiques dominants que generen emissions considerables de GEH. En el sector elèctric, el bloqueig tecnològic pot arribar a ser fins i tot més problemàtic que en altres sectors, com a conseqüència de la seva elevada intensitat en capital i la llarga vida útil dels actius energètics (Scrase i MacKerron, 2009). Les decisions d'inversió que prenguin en la pròxima dècada bloquejaran infraestructures i tecnologies durant dècades, per la qual cosa resulta crucial assegurar que aquestes decisions són consistents amb un futur menys intensiu en carboni. A més, altres factors influeixen en el bloqueig tecnològic, i inclouen els rendiments creixents a escala, els efectes d'aprenentatge i d'economies de xarxa, i l'evolució de les tecnologies en tàndem amb les polítiques, institucions, pràctiques d'enginyeria i expectatives socials (del Río i Cadenes, 1999, i Scrase *et al.*, 2009). Aquests factors es combinen per generar inèrcia en tecnologies més emissores de carboni, el "bloqueig de carboni" abans esmentat. Tanmateix, el canvi sistèmic evolutiu ofe-

l'objectiu de subratllar la inèrcia en els sistemes tecnològics actuals (Kemp, 1996; Unruh, 2000 i 2002; Marechal, 2007; del Río i Unruh, 2007; Rip i Kemp, 1998; Foxon, 2003...).

reix als governs l'oportunitat de redirigir la transició cap a sistemes energètics sostenibles. Es tracta, per tant, d'identificar i aplicar els instruments més adequats per promoure tecnologies baixes en carboni en un règim social, tècnic i econòmic que afavoreix la inèrcia en lloc del canvi.

Ambdues perspectives (ortodoxa i evolutiva) s'han de veure com a complementàries. Ambdues identifiquen barreres poderoses a la difusió de les tecnologies renovables. De fet, l'externalitat tecnològica de la literatura ortodoxa i l'explicació de les fallades sistèmiques de l'evolutiva tenen indubtables encavalcaments. En aquest article tenim en compte ambdues perspectives en l'anàlisi de l'eficiència dinàmica dels diferents instruments de promoció de l'E-FER.[11]

En resum, l'existència de totes aquestes fallades de mercat no internalitzades en el cost/preu de les tecnologies convencionals i renovables, i el cost "privat" més elevat d'aquestes últimes, així com la presència de les altres barreres (incloses les fallades sistèmiques) justifiquen la intervenció pública, ja que aquests costos privats inferiors comportarien nivells d'adopció de tecnologies renovables inferiors als desitjables socialment.[12] Les polítiques públiques que es necessiten no són únicament les "ambientals", en el sentit d'aquelles que internalitzen l'externalitat ambiental a través d'un preu del CO_2. Són necessàries polítiques tecnològiques que ataquin l'externalitat tecnològica i altres barreres a tecnologies beneficioses des del punt de vista social i que donin lloc a la promoció activa d'aquestes tecnologies. Les polítiques de foment de l'E-FER es poden veure com una modalitat d'aquestes polítiques tecnològiques en el context energètic i ambiental.

Per tant, una de les preocupacions fonamentals a escala política i acadèmica consisteix a identificar com es pot promoure el desenvolupament de les tecnologies renovables (eficàcia) i fer-ho al menor cost possible (eficiència en costos). En coherència amb aquest criteri, s'han de promoure prioritàriament les tecnologies renovables més barates, i acudir seqüencialment a les més cares fins a assolir l'objectiu de renovables prefixat. Com més ambiciosos siguin els objectius de generació renovable, més probable serà la necessitat d'acudir a la combinació tecnològica per aconseguir aquests objectius.

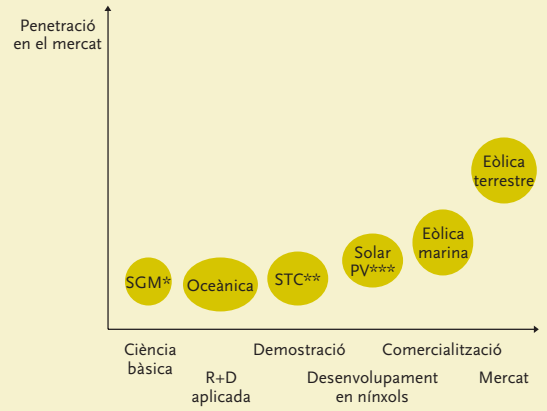
L'existència d'objectius d'emissions de GEH i de renovables a mitjà (2020) i previsiblement a llarg termini (2050) provoca que el plantejament no sigui només triar les tecnologies més barates avui, sinó aquelles que permeten aconseguir objectius de renovables avui i en el futur al menor cost possible. Dit d'una manera gràfica: el problema no és de foto fixa, sinó que més aviat som davant d'una pel·lícula. Davant l'eficiència en costos "estàtica", en la qual l'objectiu és aconseguir avui la penetració de la generació renovable al menor cost possible, promovent únicament les tecnologies més barates per aconseguir aquest objectiu (foto fixa), l'enfocament rellevant en la promoció de l'E-FER és el de l'eficiència "dinàmica" (pel·lícula), en virtut del qual s'han de promoure tecnologies amb diferents graus de maduresa (és a dir, no solament les més barates avui) per aconseguir que els costos acumulats de promoció en horitzons

11. No obstant això, per raons d'espai, no es tenen en compte explícitament en aquest article gaires factors d'origen no econòmic, però amb indubtables implicacions econòmiques, que per a la teoria evolutiva s'haurien de modificar per fomentar a curt i a llarg termini les tecnologies renovables, més enllà de la internalització de les externalitats, i que constitueixen factors adaptats a les tecnologies existents, tals com canvis en infraestructures i canvis institucionals, inclosos els canvis en els sistemes educatius. Aquestes qüestions s'han abordat en altres llocs (vegeu, per exemple, Unruh, 2000; del Río i Unruh, 2007).

12. Diversos estudis han tractat de quantificar monetàriament les externalitats negatives generades i han obtingut un cost social total afegint aquestes externalitats al cost privat. Per exemple, en un estudi recent realitzat respecte del sector de generació elèctrica als EUA per al 2006, Harmon i Cowan (2008) calculen que el cost total (social) de generació elèctrica amb carbó es trobava en un rang d'entre 7,1 i 22,4 cèntims de dòlar/kWh, corresponent a l'agregació d'un cost privat de 4,8-5,5 c$/kWh i un cost extern d'entre 2,3 i 16,9 c$/kWh. El cost total de la generació amb gas natural se situava entre 5 i 9,5 c$/kWh (cost extern: 1,1-4,5 c$/kWh). Els costos socials de les energies renovables serien entre 22,2 i 48,7 c$/kWh per a la solar (cost extern: 0,7 c$/kWh); entre 4,1 i 6,3 c$/kWh per a l'eòlica (cost extern: 0,1-0,3 c$/kWh); entre 7,2 i 12,4 c$/kWh per a la biomassa (cost extern: 0,2-3,4 c$/kWh), i entre 2,4 i 8,8 c$/kWh per a la hidràulica (cost extern: 0-1,1 c$/kWh). Observeu que una política d'internalització d'aquest cost extern no seria suficient per fer que la solar fos competitiva amb altres tecnologies.

Gràfic 1

Fases del canvi tecnològic en tecnologies de generació elèctrica renovable



* SGM = sistema geotèrmic millorat.
** STC = solar termoelèctrica de concentració.
*** Solar PV = solar fotovoltaica.
Font: elaboració pròpia a partir de Newell (2008), IEA (2008b), IEA (2008c) i del Río (2009c).

de mitjà i llarg termini (de 10 a 30 anys) siguin els menors possibles. Aquest enfocament dinàmic ha de tenir en compte que les tecnologies en general i les renovables en particular tenen el seu propi cicle de vida: neixen, maduren, es fan competitives amb les fonts de generació elèctrica convencionals i, finalment, el seu potencial de creixement s'embussa. Si se'ls permet que es desenvolupin, les tecnologies emergents d'avui seran les madures de demà. Unes tecnologies renovables es troben en una fase incipient d'aquest cicle i d'altres, en un estat avançat. No es poden tractar totes de la mateixa manera, atès que el seu grau de maduresa és diferent i totes seran necessàries per assolir objectius ambiciosos en el futur a un cost moderat.

Per tant, la qüestió de l'eficiència dinàmica i les seves implicacions de política pública (justificació de diferents tipus de suport públic per a diferents tecnologies) està íntimament relacionada amb la diversitat observada en les tecnologies renovables. Encara que aquesta diversitat es pot referir a diferents aspectes (intermitència o no de les tecnologies de generació renovable, gratuïtat o no del combustible utilitzat, beneficis ambientals més grans o més petits...), el seu grau de maduresa és un aspecte clau que cal considerar en el context de la discussió dels instruments de promoció d'aquestes tecnologies, com és el seu diferent grau de maduresa. El gràfic 1 suggereix que, dins de l'àmbit de les tecnologies de generació renovable, hi ha grans diferències respecte de la situació que tenen en el procés de canvi tecnològic.

3

Classificació dels instruments de promoció de les renovables[13]

Hi ha un ampli ventall d'instruments per a la promoció de l'E-FER en els estats membres de la UE i en altres països. Tanmateix, no tots els instruments tenen la mateixa rellevància per a la promoció esmentada. El suport públic a l'E-FER s'ha basat tradicionalment en tres instruments principals: primes, certificats verds negociables (CVN) i sistemes de subhastes. Aquests sistemes s'han completat amb altres instruments (secundaris): subvencions a la inversió, incentius fiscals i financers, i suports a la recerca, desenvolupament i innovació (R+D+I) (Uyterlinde *et al.*, 2003; del Río i Gual, 2004, i Hernández i del Río, 2007).[14] En general, els països utilitzen un instrument principal i el complementen, per a algunes tecnologies, amb altres de secundaris. És possible que instruments diferents siguin més apropiats per promoure tecnologies amb graus també diferents de maduresa tecnològica.

Primes. Es tracta d'ajuts a la producció (és a dir, per kWh generat), pagats en forma de preus garantits i combinats freqüentment amb una obligació de compra per part dels distribuïdors d'electricitat. Els

13. Aquesta secció està basada en del Río (2009 a, 2009b) i del Río i Gual (2004).

14. No obstant això, l'instrument de subhastes ha estat progressivament abandonat i avui en dia no s'aplica com a instrument principal i general per a totes les tecnologies a cap país de la UE-27. 19 estats membres utilitzen un sistema de primes; 6, un mecanisme de quota amb CVN, i un (Finlàndia) aplica un sistema d'incentius fiscals/subvencions a la inversió (Resch *et al.*, 2009).

costos del suport són finançats pels consumidors elèctrics.

Sistemes de subhasta. El govern convida els generadors renovables a competir bé per una determinada quantitat de diners, bé per una determinada capacitat d'E-FER. Dins de cada banda tecnològica, es concedeix la subvenció a les licitacions més barates per kWh. La política es finança a través del rebut de l'electricitat (Schaeffer *et al.*, 2000).

Quota amb certificats verds negociables (CVN). La demanda de CVN es genera per l'obligació imposada als distribuïdors d'electricitat que, al final de l'any, una determinada quantitat de CVN correspongui a un determinat percentatge de les seves vendes d'electricitat (la denominada "quota"). Si aquestes empreses no compleixen la seva obligació, llavors hauran de pagar una penalització. L'oferta de CVN ve donada pel fet que cada MWh d'E-FER genera automàticament un CVN, que és assignat al generador corresponent i que aquest pot vendre als distribuïdors. Per tant, aquests generadors es beneficien de dos fluxos d'ingressos procedents de dos mercats diferents: el preu de mercat de l'electricitat i el preu de mercat dels CVN. El preu del CVN és el resultat de la interacció de l'oferta i la demanda, i depèn del nivell de l'objectiu (quota) i dels costos de generació d'E-FER.

A part d'aquests instruments "principals", en els estats membres s'utilitzen diversos instruments "secundaris", complementaris dels anteriors (del Río i Gual, 2004):

Incentius fiscals i financers. Els primers funcionen a través del sistema impositiu i poden ser exempcions o rebaixes en impostos (energètics, sobre CO_2, de societats o sobre la renda), tipus d'IVA inferiors o sistemes d'amortització accelerada (Uyterlinde *et al.*, 2003, i Coenraads i Voogt, 2006).

Subvencions a la inversió. Aquestes subvencions se solen concedir com a percentatge de la capacitat instal·lada o per €/kWh de capacitat instal·lada. El seu ús està molt estès als països europeus.

Suports a l'R+D+I. El suport a l'R+D+I pot adoptar diverses formes: contractes de recerca i subvencions, deduccions impositives i premis. La realització d'activitats d'R+D+I recolzades amb fons públics pot tenir lloc tant en organitzacions i centres de recerca públics com privats i pot implicar la cooperació entre el públic i el privat (Newell, 2008). Aquest suport és particularment important per a tecnologies emergents, en estat d'immaduresa, ja que els permet millorar tècnicament i reduir els costos, i afavorir el seu avenç al llarg del cicle de vida de les tecnologies cap a les etapes de comercialització i difusió als mercats.

És important destacar que la discussió dels instruments, encara que important, no ens ha de fer oblidar que l'èxit de la promoció de l'E-FER depèn del disseny concret d'aquests instruments. Dit d'una altra manera, un mateix instrument pot funcionar millor o pitjor, depenent dels elements de disseny que inclou.

4

El criteri d'eficiència dinàmica dels instruments

Tradicionalment, l'avaluació dels instruments de promoció de l'E-FER s'ha realitzat prestant l'atenció més gran als criteris d'eficàcia i eficiència en costos (en sentit estàtic).[15] Altres criteris d'avaluació han rebut una atenció menor. Entre aquests criteris es poden esmentar els costos de transacció i administratius (que formen part del criteri d'eficiència estàtica), equitat, viabilitat política i eficiència dinàmica, definit tradicionalment com a capacitat de l'instrument per fomentar la innovació ambiental (Milliman i Prince, 1989).[16] En aquest article el focus d'atenció arrela en aquest últim criteri.

El criteri d'eficiència dinàmica es refereix a la capacitat d'un instrument per generar un incentiu continu

15. Vegeu, per exemple, Oikonomou i Jepma (2006), Konidari i Mavrakis (2007), del Río i Gual (2004) i Klessman (2009).

16. Per a una avaluació general dels instruments de promoció de l'E-FER a partir dels criteris d'eficàcia i eficiència estàtica, vegeu del Río (2009b).

a la millora tecnològica i a la reducció de costos en les tecnologies renovables. Davant el criteri d'eficiència en costos, més cenyit al curt termini, l'eficiència dinàmica és clau en un problema amb horitzons de llarg termini, com és el del canvi climàtic. L'eficiència dinàmica aporta un argument fonamental per justificar la inversió, avui, en tecnologies de mitigació que resulten relativament cares. Aquest és un benefici clau d'invertir avui en tecnologies renovables, perquè encara que, en general, l'E-FER no és avui en dia una opció cost-eficient per reduir les emissions de CO_2, és probable que sí que ho sigui en el futur si les inversions es fan avui per accelerar-ne el desenvolupament. És improbable que els objectius de renovables i de reducció d'emissions de GEH siguin en el futur menys ambiciosos del que són avui i, per tant, el canvi tecnològic continuarà sent un element clau en els dos àmbits.

Els efectes d'aprenentatge i les economies d'escala dinàmiques que tenen lloc durant la difusió són claus per entendre que, si avui no es dóna suport a les tecnologies renovables, que són avui en dia més cares que les alternatives convencionals, però que tenen un significatiu potencial de millora de la qualitat i de reducció dels seus costos,[17] no sortiran del cercle viciós: continuaran sent cares perquè no hauran estat adoptades i no seran adoptades perquè els seus costos seran excessivament elevats, la qual cosa les fa poc atractives per a potencials adoptants.[18]

La rellevància del criteri d'eficiència dinàmica suggereix la necessitat d'adoptar instruments que siguin eficaços per promocionar tecnologies renovables amb diferents graus de maduresa, que redueixin els costos de les tecnologies actuals, en estat de maduresa avançada, i promoguin la millora i la reducció de costos de les emergents i immadures. En suma, es tracta de promoure els canvis tecnològics necessaris per complir els objectius de reducció d'emissions de CO_2 i de renovables al menor cost possible en termes intertemporals (sumes del curt, mitjà i llarg termini). Això s'aconsegueix amb una combinació de diferents instruments, adaptats a les particularitats tecnoeconòmiques de les diferents tecnologies.

En alguns casos, els menys avui en dia, serà suficient fomentar aquestes tecnologies de generació renovable de manera eficaç i intertemporalment eficient en costos amb instruments generals que internalitzin l'externalitat derivada de les emissions de CO_2 a través del preu del CO_2. En altres casos, aquest preu del CO_2 no serà suficient per adoptar tecnologies de generació renovable amb costos superiors al preu de l'electricitat en el mercat a l'engròs incrementat pel preu del CO_2, però que, tanmateix, tenen un potencial considerable de reducció de costos com a conseqüència d'economies d'escala i d'efectes d'aprenentatge. En aquest cas seria convenient aplicar un mecanisme de suport addicional al preu del CO_2, com les primes. Finalment, per a tecnologies de generació renovable amb costos molt més elevats i/o en estat d'immaduresa, serà convenient aplicar marcs de suport que en permetin la difusió en petits nínxols, la qual cosa donarà lloc a reduccions de costos a través dels esmentats efectes d'escala i aprenentatge. A més, per a les més immadures i que necessitin millores tècniques substancials, serà necessari aplicar un instrument addicional: suports directes a l'R+D+I.

En resum, respecte del criteri d'eficiència dinàmica (incentiu al canvi tecnològic), és necessari tenir en compte almenys tres aspectes concrets:

1. *Diversitat tecnològica*. Un aspecte clau del criteri d'eficiència dinàmica és la capacitat d'un instrument per promoure una cistella de tecnologies que permetin complir amb objectius de reducció d'emissions de CO_2 i de renovables al menor cost possible en termes intertemporals (sumes del curt, mitjà i llarg termini). Com s'ha mostrat al llarg d'aquest article, això s'aconsegueix utilitzant instruments que afavoreixin el desenvolupament, la comercialització i la difusió de tecnologies amb diferents graus de maduresa tecnològica.

17. Com demostren diversos estudis. Vegeu, per exemple, l'informe IEA 2000.

18. Tant els models de simulació de l'evolució de les energies renovables (vegeu Huber *et al.*, 2004, i Uyterlinde *et al.*, 2003) com els models economètrics del canvi climàtic (vegeu IEA, 2007, 2008a, i Stern, 2006) han mostrat la importància d'aquests efectes d'eficiència dinàmica.

2. *R+D+I*. D'altra banda, a llarg termini el canvi tecnològic no és només el resultat de la pressió competitiva esmentada, sinó també de les inversions en R+D+I. Al seu torn, aquestes inversions es financen amb l'excedent sobre el cost de generació derivat del suport a l'E-FER per part dels generadors renovables. Menanteau *et al.* (2003) defensen que els tres instruments donen lloc a diferents resultats respecte de la distribució de l'excedent. En el cas de les primes, el canvi tecnològic tendeix a incrementar l'excedent del productor, i l'incentiva a innovar. Al contrari, en els altres dos sistemes –defensen– l'excedent que va al productor és limitat (CVN) o pot ser atribuït enterament als consumidors (subhastes). Per tant, els productors tenen un incentiu menor per innovar. Tanmateix, part d'aquest argument es basa en un excedent més gran en els sistemes de primes, cosa que és dubtosa, ja que els estudis empírics mostren que els sistemes amb un excedent més gran per al productor són els CVN (vegeu Ragwitz *et al.*, 2007). El que sí que sembla probable és que els menors marges inherents en els sistemes de subhasta limiten la capacitat de finançar inversions en R+D+I per part dels fabricants d'equips. En les primes, els promotors/inversors en projectes no tenen la mateixa pressió que en altres instruments per reduir els costos de les noves plantes d'E-FER. Segons Finon i Pérez (2007), i al contrari que en el mecanisme dels CVN, l'existència d'uns ingressos garantits amb aquest instrument permet als inversors compartir el seu benefici amb els fabricants d'equips i tecnologies.
3. *Eficàcia, efectes d'aprenentatge i economies d'escala*. En tercer lloc, com s'esmentava en l'apartat 3, els efectes d'aprenentatge i les economies d'escala constitueixen una font de canvi tecnològic i de reducció de costos. En aquest cas, una major difusió de les tecnologies els permet beneficiar-se d'aquests efectes. Per tant, existeix un efecte sinèrgic important entre els criteris d'eficàcia i d'eficiència dinàmica, atès que una major difusió de les tecnologies renovables permet millores en les mateixes tecnologies i reduccions de costos.

5

Avaluació dels instruments respecte del criteri d'eficiència dinàmica

L'objectiu d'aquesta secció és identificar els principals avantatges i inconvenients dels instruments de promoció de la generació renovable, d'acord amb el criteri d'eficiència dinàmica, i centrar-nos en la qüestió de la capacitat de cada instrument per facilitar processos de millora tecnològica per disposar de tecnologies renovables a un cost raonable a mitjà i llarg termini. Per tant, tenint en compte els tres aspectes concrets de l'eficiència dinàmica considerats en la secció anterior, ens hem de fer les preguntes següents:

L'instrument promou els esforços en R+D? Promou les millores en tecnologies menys madures, facilitant les economies d'escala i els efectes d'aprenentatge a través d'una comercialització/difusió més gran en petits nínxols? Dit d'una altra manera, l'instrument està únicament focalitzat a promoure la difusió de les tecnologies més competitives o també permet donar suport a les avui menys desenvolupades, és a dir, facilita la diversitat tecnològica? La clara sinergia que hi ha entre els criteris d'eficàcia i eficiència dinàmica (a través dels efectes d'aprenentatge i les economies d'escala) provoca que, a l'hora d'analitzar els instruments basant-se en el criteri d'eficiència dinàmica, també sigui necessari fer una anàlisi a partir del criteri d'eficàcia. Encara que es discuteixen alguns resultats respecte d'aquest últim criteri, no ens hi centrem (per a una anàlisi més exhaustiva, vegeu Comissió Europea, 2008, i del Río, 2009b). El quadre 1 mostra els avantatges teòrics i empírics de cada instrument respecte dels aspectes d'eficiència dinàmica esmentats, i respon a les tres preguntes que considerem clau en l'anàlisi de l'eficiència dinàmica: l'instrument és eficaç i ha permès realment reduir els costos de les tecnologies

Quadre 1

Avaluació teòrica i empírica dels instruments respecte a diferents aspectes del criteri d'eficiència dinàmica

	Eficàcia	
	Avaluació teòrica	**Empírica**
Primes	Eficàcia elevada, a causa de la seguretat per a l'inversor derivada d'una remuneració a llarg termini preestablerta (fins a 30 anys en alguns casos). Un menor risc per a l'inversor es trasllada també als fabricants d'equips i tecnologies renovables (Mitchell *et al.*, 2006). Mentre alguns defensen que s'ha produït una reducció dels costos d'inversió en plantes renovables allà on s'ha utilitzat el sistema de primes (Reiche i Bechberger, 2004), d'altres qüestionen aquesta reducció (Ackermann *et al.*, 2001, i Rowlands, 2005). Malgrat les històries d'èxit respecte de l'eficàcia de les primes, també hi ha un nombre de casos en què l'expansió de la capacitat en E-FER ha estat més aviat modesta (Grècia i Itàlia abans d'introduir CVN) (Rowlands, 2005).	En general, les primes han demostrat ser eficaces per incrementar la capacitat renovable a causa dels menors riscos per a l'inversor que comporten respecte d'altres sistemes (Lipp. 2007; Lauber, 2004; Meyer, 2003; Gan *et al.*, 2007; Sawin, 2004, i Menanteau *et al.*, 2003). Hvelplund (2005) observa que el sistema de primes danès va provocar que els fabricants reduïssin els preus dels seus aerogeneradors per vendre més i contribuir així a reduir els costos de la generació eòlica des dels 14 c€/kWh el 1985 fins als 8 c€/kWh el 1991 i els 4 c€/kWh el 2004.
CVN	Incertesa respecte dels ingressos futurs per als generadors d'E-FER, com a conseqüència de la incertesa sobre el nivell dels preus dels CVN. Això afecta l'eficàcia i també l'eficiència del sistema (elevada prima de risc).	Falta d'eficàcia. Estudis realitzats al Regne Unit coincideixen a mostrar una baixa eficàcia del sistema de CVN en relació amb les primes a Alemanya, pels riscos més elevats per a l'inversor en aquell cas (Butler i Neuhoff, 2008; Lipp, 2007, i Mitchell *et al.*, 2006). Aquest risc més gran ha estat particularment problemàtic per als petits generadors (Mitchell *et al.*, 2006). En contrast amb el que defensa la IEA (2008c), segons Wang (2006), el sistema de CVN suec ha donat lloc a resultats modestos en termes de capacitat instal·lada. Jacobsson *et al.* (2009) coincideixen a observar que els objectius no s'han assolit (per exemple, en el 2007, la generació va ser de 15,9 TWh, davant un objectiu de 25,6 TWh). La raó apuntada pels autors és el baix preu de la penalització per incompliment.

(Continua)

Quadre 1

Avaluació teòrica i empírica dels instruments respecte a diferents aspectes del criteri d'eficiència dinàmica

	Eficàcia	
	Avaluació teòrica	**Empírica**
Subhastes	Els baixos marges de benefici desincentiven la inversió en E-FER, ja que l'atractiu per a inversors potencials és inferior que amb altres instruments (primes). A més, en el cas que el promotor no tingui èxit en el procediment de licitacions, no recupera les despeses ocasionades per la preparació de la licitació. Finalment, podria ocórrer que, com que els promotors del projecte no tenen l'obligació de dur-lo finalment a terme, licitin a la baixa de manera oportunista per ser seleccionats (Finon i Pérez, 2007). Tots aquests factors afecten negativament el criteri d'eficàcia. A més, hi ha el risc que el cost de dur a terme el projecte sigui superior que el que s'esperava quan es va licitar. Per tant, és probable que el nombre de projectes finalment implantats sigui molt baix. Una vegada decidides les subhastes, aporten força seguretat a l'inversor sobre la seva remuneració.	L'eficàcia de les subhastes ha estat baixa. L'incentiu a licitar baix, unit a la no-obligatorietat de dur a terme els projectes, va provocar (en el NFFO britànic, Non Fossil Fuel Obligation) que aquests tinguessin una rendibilitat baixa i, per tant, que existís cert desincentiu a desenvolupar els projectes, especialment quan els costos de les tecnologies no van evolucionar a la baixa com s'esperava per alguna raó (cost més elevat dels materials, per exemple). A més, en el cas del Regne Unit es van produir restriccions en la planificació que van dificultar la realització dels projectes (Lipp, 2007; Butler i Neuhoff, 2008; Beck i Martinot, 2004, i Edge, 2009). Mitchell *et al.* (2006) observen que els contractes amb una durada de 15 anys en el NFFO britànic van aportar elevades dosis de seguretat per a l'inversor. Butler i Neuhoff (2008) observen que el preu mitjà ponderat dels contractes va caure des dels 12,34 penics/kWh el 1990 fins als 3,99 penics/kWh el 1998 (en preus de 2003). Fouquet i Johansson (2008) i Menanteau *et al.* (2003) documenten reduccions similars.
Subvencions a la inversió*	Poden representar un valuós incentiu addicional per a al desenvolupament de tecnologies poc madures.	
Incentius fiscals/fin.*	Certa eficàcia, encara que en tot cas limitada, si complementen altres instruments.	
Suport a l'R+D+I *	Poc eficaç/eficient per estimular la implantació de tecnologies renovables a curt termini.	

* L'avaluació empírica d'aquests instruments (subvencions a la inversió, incentius fiscals i financers, i suports a l'R+D+I) és escassa o inexistent en la literatura especialitzada.

(Continua)

Quadre 1

Avaluació teòrica i empírica dels instruments respecte a diferents aspectes del criteri d'eficiència dinàmica

	Diversitat tecnològica	
	Avaluació teòrica	**Empírica**
Primes	Fàcil diferenciació del suport per tecnologies (*prima esglaonada*), segons la seva situació en el procés de desenvolupament tecnològic i els seus costos de generació. Es tracta d'un instrument particularment útil per provocar el desenvolupament d'una tecnologia, per la mitigació del risc per a l'inversor (Ackermann *et al.*, 2001).	Almenys a Dinamarca i Alemanya, les primes han donat lloc a diferents tipus de tecnologies i mides dels projectes (Lipp, 2007).
CVN	Risc de donar suport únicament a les tecnologies renovables de menor cost i més properes a la maduresa (Mitchell i Connor, 2004; Lipp, 2007, i Gan *et al.*, 2007). Poc incentiu a la implantació de tecnologies actualment de cost més elevat, però necessàries per aconseguir objectius de renovables en el futur a un cost moderat.	L'instrument només ha fomentat les tecnologies més barates (al Regne Unit, l'eòlica terrestre, el gas d'abocador i alguna cosa de biomassa), però no les tecnologies més cares o menys madures (eòlica marina, solar, mareomotriu) (Lipp, 2007; Butler i Neuhoff, 2008; Fouquet i Johansson, 2008, i Elliot, 2007). A Texas, eòlica però no solar (Butler i Neuhoff, 2008). A Suècia, les tecnologies més madures, com la cogeneració amb biomassa (Wang, 2006). De fet, el compliment dels objectius a Suècia s'ha produït amb les plantes de cogeneració existents. La inversió en les noves plantes s'ha restringit a l'eòlica terrestre i a la cogeneració (Jacobsson *et al.* 2009).
Subhastes	Fomenta la competència entre els inversors d'E-FER (Uyterlinde *et al.*, 2003, i Huber *et al.*, 2004), cosa que minimitza els costos de generació i redueix la possibilitat d'implantar tecnologies de cost més elevat, excepte si les subhastes s'organitzen per tecnologies, cas en què sí que contribueixen a promoure la diversitat de tecnologies (Huber *et al.*, 2004).	Encara que en teoria l'instrument podria promoure la diversitat tecnològica, en realitat al Regne Unit no es van fomentar les tecnologies més cares (Lipp, 2007). Predominen els projectes d'aprofitament de gas d'abocador, recuperació energètica a partir de residus i eòlica terrestre (Mitchell i Connor, 2004, i Reiche i Bechberger, 2004).
Subvencions a la inversió*	Incentiu addicional per a al desenvolupament de tecnologies poc madures.	
Incentius fiscals/fin.*		
Suport a l'R+D+I*	Com menys madura és la tecnologia, més necessari és l'instrument.	

* L'avaluació empírica d'aquests instruments (subvencions a la inversió, incentius fiscals i financers, i suports a l'R+D+I) és escassa o inexistent en la literatura especialitzada.

(Continua)

Quadre 1

Avaluació teòrica i empírica dels instruments respecte a diferents aspectes del criteri d'eficiència dinàmica

	Inversió en R+D	
	Avaluació teòrica	**Empírica**
Primes	L'excedent més gran del productor en els sistemes de primes permet disposar de fons també més elevats per invertir en R+D+I. Tanmateix, aquest argument és dubtós, ja que els estudis empírics mostren que els sistemes amb un excedent més gran del productor són els CVN (Menanteau *et al.*, 2003).	Les primes permeten als fabricants de tecnologies i equips invertir més en R+D i consolidar la seva base industrial. Moltes de les empreses que manufacturen els equips i les tecnologies renovables són de països amb primes (Dinamarca, Alemanya i Espanya).
CVN		
Subhastes		
Subvencions a la inversió*		
Incentius fiscals/fin.*		
Suport a l'R+D+I*	Per definició, és imprescindible per donar suport a l'R+D+I	

* L'avaluació empírica d'aquests instruments (subvencions a la inversió, incentius fiscals i financers, i suports a l'R+D+I) és escassa o inexistent en la literatura especialitzada.
Font: elaboració pròpia a partir de del Río (2009b).

Quadre 2

Puntuació dels instruments de promoció de l'E-FER en els aspectes del criteri d'eficiència dinàmica considerats

	Eficàcia	Diversitat tecnològica	Inversió en R+D
Primes	++	++	?
CVN	–	–	?
Subhastes	–	+/–*	?
Subvencions a la inversió**	+?	+?	?
Incentius fiscals/fin.**	+?	+?	?
Suport a l'R+D+I	–	+	++

* Encara que en teoria l'instrument pot afavorir la diversitat tecnològica, la realitat és que no ha estat així al Regne Unit.
** La valoració és incerta com a conseqüència de la limitada evidència empírica.
Font: elaboració pròpia.

renovables? Permet donar suport a diferents tecnologies (diversitat tecnològica)? Afavoreix la inversió en R+D?

El quadre 2 resumeix l'avaluació d'aquests instruments respecte dels aspectes considerats i els resultats del quadre anterior.

Segons això, podríem considerar que les primes serien superiors a altres instruments respecte del criteri d'eficiència dinàmica.[19] Tanmateix, seria necessari combinar-les amb suports directes a l'R+D+I, ja que en aquest aspecte la seva avaluació és incerta.

Tenint en compte el criteri fonamental de la diferent maduresa de les tecnologies de generació renovable, és a dir, de la seva diferent posició en el procés de canvi tecnològic, podria ser interessant identificar quins instruments resulten més apropiats per a cada fase.

- Els sistemes de *CVN* serien molt poc convenients per a etapes incipients del procés de canvi tecnològic per donar suport tant a tecnologies en la fase de desenvolupament o demostració (mareomotriu) com a aquelles que ja tenen un cert grau de maduresa, però els costos de les quals estan encara a un nivell molt elevat (solar fotovoltaica). Per a aquestes tecnologies, un sistema de CVN no generaria un estímul suficient per fomentar-ne el desenvolupament. La raó és que, fins i tot amb un objectiu (quota) molt ambiciós, el preu del CVN se situaria probablement per sota del cost d'aquestes tecnologies. Això ha estat reconegut pel govern italià, que ha deixat fora del sistema de CVN la solar fotovoltaica, i la promou amb un mecanisme de primes. Teòricament, hi hauria dues alternatives per promoure les tecnologies més cares o immadures. D'una banda, es podria establir un objectiu específic (quota) per a aquestes tecnologies; el problema és que això reduiria els beneficis d'un mercat de CVN. Ens trobaríem davant d'un mercat estret, amb possiblement volatilitats elevades en el preu del CVN específic per a la tecnologia corresponent. Una altra opció consisteix a lliurar comparativament més CVN per MWh produït per aquestes tecnologies més cares que per altres de renovables. El problema d'aquesta alternativa són quants CVN caldria lliurar perquè sigui eficaç i no excessivament costós per al sistema, tenint en compte que el preu del CVN és, òbviament, variable i difícil de predir. Per tant, és millor deixar aquest instrument per a les tecnologies més madures. En aquest cas, sí que pot ser útil per incentivar la competència entre les diferents tecnologies renovables, perquè els costos d'aquestes tecnologies es redueixin. No obstant això, s'han de tenir en compte els problemes del mecanisme, fins i tot per a aquestes tecnologies més madures, derivats, fonamentalment, del risc per a l'inversor.
- Les *primes* sí que tenen en teoria la virtut/avantatge de poder adaptar el nivell de suport que concedeixen als costos de les diferents tecnologies de generació renovable. En canvi, els sistemes de CVN generen un mateix nivell de suport per a totes les tecnologies, amb independència dels costos que compor-

19. No obstant això, l'instrument ha estat criticat des de la perspectiva del criteri d'eficiència en costos (estàtica): 1) el mecanisme no minimitza els costos totals de generació, especialment si s'estableix una diferenciació de les primes per tecnologia renovable. La raó és que les primes donen lloc a distorsions entre les diferents tecnologies. 2) No estimula la competència entre projectes renovables, com a conseqüència de l'existència d'un preu garantit. 3) Finalment, hi ha dificultats per fixar les primes al nivell adequat (vegeu del Río, 2009b per obtenir més detalls).

tin.[20] La raó és que existeix un preu únic dels CVN, establert en el nivell de la intersecció de la corba de costos marginals de generació d'E-FER i l'objectiu o quota, sense distinció per tecnologia, i pel fet que el preu es fixa amb la tecnologia marginal més cara que permet assolir la quota. Aquesta diferenciació del suport en les primes permetria promoure tant les tecnologies més barates com les més cares, encara que les primes serien inapropiades per donar suport a aquelles tecnologies en etapes molt inicials del procés de canvi tecnològic o que, en tot cas, necessiten millores tècniques, per a les quals es requerirà fer inversions en R+D+I. Aquesta utilització de les primes amb diferenciació dels nivells de suport per a diferents tecnologies s'ha produït a gairebé tots els països que utilitzen aquest mecanisme, almenys a la UE (Ragwitz *et al.*, 2007). Tanmateix, s'ha de tenir en compte la dificultat d'establir aquestes primes a un nivell "adequat". La qüestió de la informació asimètrica entre regulador i generadors renovables pot donar lloc a un nivell de les primes excessivament elevat respecte del cost de les tecnologies, amb el perjudici consegüent per al consumidor. Un altre tema és l'existència d'altres barreres a part de les de cost que provoquen l'estancament de la difusió de les tecnologies renovables amb independència dels nivells de suport. A més, les primes s'han de reduir en el temps per tal que s'ajustin a l'evolució decreixent dels costos de les tecnologies.

- *Subhastes*. En teoria, l'instrument de subhastes també permetria donar suport a tecnologies amb diferents graus de maduresa, per exemple, establint un sistema de licitacions per tecnologia o, fins i tot, bandes tecnològiques, i exigint un aval als que participin en la subhasta per assegurar que, una vegada que resulten guanyadors, duen a terme els projectes. Tanmateix, com ja s'ha esmentat anteriorment, la realitat mostra que aquests sistemes no han funcionat particularment bé ni per a les tecnologies més cares ni per a les més barates. En tot cas, la pressió competitiva que provoca l'instrument entre els generadors renovables (vegeu el quadre 1) fa que sigui més adequat per a tecnologies madures.
- *Subvencions a la inversió*. Aquest instrument resulta particularment útil per donar un primer impuls a tecnologies de nivell intermedi (madures d'alt cost) amb elevats costos d'inversió inicial. Les més madures no ho necessiten i no serveix per fomentar el desenvolupament de les més immadures, ja que el que aquestes necessiten són suports adreçats a la millora en la seva fase de desenvolupament, i no a l'avenç al llarg de la seva corba d'aprenentatge a través de suports a l'adopció/difusió. Pot ser un instrument especialment eficaç i adequat per estimular l'adopció d'aquestes tecnologies "intermèdies" (sobretot, solar fotovoltaica) per part de particulars o petites empreses per a les quals l'elevada inversió inicial és un obstacle insalvable, malgrat tenir períodes de retorn de la inversió raonables. Tanmateix, l'aplicació d'aquest instrument secundari no hauria de ser redundant amb l'aplicació d'altres de principals, per evitar un excessiu suport a aquestes tecnologies a costa del consumidor/contribuent.[21]
- *Incentius fiscals i financers*. El suport subministrat per aquests instruments es pot dirigir, virtualment, a totes les fases del procés de canvi tecnològic, encara que la seva eficàcia en absència de l'aplicació d'altres instruments probablement és limitada. En particular, els préstecs a baix interès poden ser especialment interessants per fomentar la inversió en tecnologies renovables, l'elevada intensitat de capital de les quals en desincentiva l'adopció/difusió. Les desgravacions fiscals i les exempcions impositives es poden utilitzar per fomentar l'R+D+I, però això forma part de l'instrument següent.

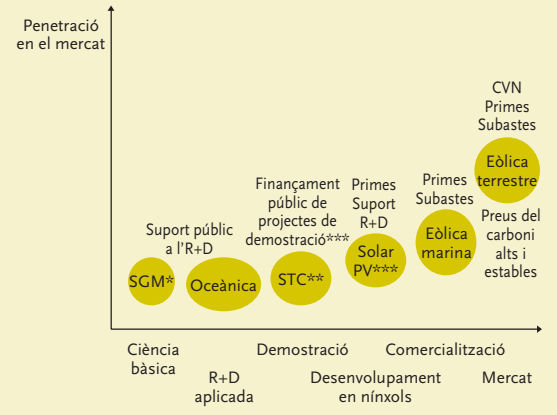
20. La discussió s'ha centrat sobretot en l'anàlisi comparativa de les primes i els CVN. L'abandonament progressiu de les subhastes per part dels pocs països que havien aplicat aquest sistema ha eliminat pràcticament aquest instrument de les anàlisis empíriques realitzades recentment, almenys en el context europeu.

21. El finançament de les subvencions a la inversió sol partir del pressupost públic.

- *Suports a l'R+D+I.* L'objectiu primordial dels instruments orientats a fomentar l'R+D+I és promoure la millora en tecnologies en estat de desenvolupament inicial o fins i tot afavorir l'aparició de noves tecnologies (recerca bàsica i aplicada). És a dir, la seva justificació econòmica fonamental rau en la correcció del que hem denominat en la introducció "externalitat negativa". Els retorns econòmics i tecnològics d'aquests suports i inversions es fan sentir, sobretot, a llarg termini. Encara que la seva importància és especialment elevada en les primeres fases, la seva contribució a les millores tècniques no se cenyeix únicament a les tecnologies menys madures, sinó que també les més madures (com l'eòlica terrestre) tenen algunes possibilitats de millora a través de la inversió en R+D.[22] Tanmateix, on resideix el problema de l'externalitat tecnològica és sobretot en les primeres fases (Newell, 2008) i on queda completament justificat el suport públic en la forma de suport a l'R+D. El gràfic 2 resumeix aquestes idees.

Gràfic 2

Aplicació d'instruments en funció de la maduresa de les tecnologies renovables



* SGM = sistema geotèrmic millorat.
** STC = solar termoelèctrica de concentració.
*** Solar PV = solar fotovoltaica.
Font: del Río (2009c), basat en Newell (2008), IEA (2008b) i IEA (2008c).

L'anàlisi anterior suggereix que, en no haver-hi un instrument que puntuï alt en tots els aspectes de l'eficiència dinàmica, es pot produir, o s'ha de produir, certa combinació d'instruments que ajudi a mitigar les debilitats dels instruments respecte d'aquest criteri, promovent tecnologies amb diferents graus de maduresa tecnològica. Aquestes combinacions es podrien produir de maneres diferents:

1. Utilitzant un instrument principal per fomentar la difusió de les tecnologies més madures i barates avui (primes, CVN o subhastes).
2. A més d'inversions en R+D, utilitzant un instrument secundari (subvencions a la inversió o incentius fiscals/financers) per donar suport a tecnologies madures d'alt cost, com la fotovoltaica, amb l'objectiu de reduir aquests costos per efectes d'aprenentatge i economies d'escala. En el cas de les primes, no seria necessari utilitzar un instrument secundari, sinó que la diferenciació dels nivells de suport seria suficient per donar suport a aquestes tecnologies madures d'alt cost. Es podria combinar un sistema de CVN per a les més madures de baix cost amb un de primes per a les d'alt cost, com és el cas de la fotovoltaica a Itàlia. En realitat, el que es pretén en aquest cas és crear petits nínxols protegits perquè les tecnologies puguin reduir els seus costos i anar creant un context tecnoinstitucional adaptat a la nova tecnologia, com ara subministradors, institucions d'educació, formadors... en el context d'un canvi de règim cap a un nou model energètic. Això es pot fer amb primes, provisió pública (utilització de la tecnologia en aplicacions en el sector públic) o regulacions directes (obligatorietat d'aplicació en determinats llocs, edificacions o aplicacions).
3. Suport a l'R+D+I o suport a projectes de demostració per generar millores tècniques en les tecnologies immadures.[23] En general, el suport

22. Sobre necessitats d'R+D de l'eòlica vegeu, per exemple, el capítol I.7 d'EWEA (2009).

23. Òbviament, s'han d'abordar també les barreres no econòmiques ni tecnològiques que poden dificultar el desenvolupament, la comercialització o la difusió de diferents tecnologies renovables.

addicional al subministrat per un preu del carboni es justifica sobretot en el cas de les tecnologies immadures, mentre que la seva legitimitat es debilita així que les tecnologies assoleixen la maduresa (Edenhofer *et al.*, 2009).

És important esmentar que, si no és adequat des d'una perspectiva d'eficiència dinàmica promoure només les tecnologies més barates avui, tampoc no ho és recolzar massivament tecnologies immadures o molt cares, sinó solament facilitar processos de millora tecnològica per disposar d'aquestes tecnologies a un cost raonable a mitjà i a llarg termini. No fer-ho així implicaria ineficiències dinàmiques per un cost excessiu de la generació renovable a curt termini.

6 Conclusions

En aquest article s'han analitzat els avantatges i inconvenients de diferents mecanismes de promoció de l'E-FER d'acord amb el criteri d'eficiència dinàmica. Els instruments tenen diferents horitzons temporals i cap no és capaç per si sol de promoure eficaçment i eficientment tecnologies amb diferents graus de maduresa al llarg del temps. Per tant, la necessitat de combinar tecnologies amb diferents graus de maduresa i costos apel·la, al seu torn, a la conveniència d'implantar una combinació d'instruments que donin suport a les diferents fases del procés de canvi tecnològic en tecnologies renovables per complir amb objectius presents i futurs de penetració de les renovables i reducció de les emissions de CO_2.

L'estat pot ser incapaç d'elegir tecnologies "guanyadores", però no ho és menys que la neutralitat tecnològica d'alguns instruments de mercat, especialment si s'utilitzen en exclusiva, i pot ser també ineficient des de la perspectiva d'eficiència intertemporal o dinàmica si solament es promouen tecnologies "guanyadores" (a curt termini). Necessitem una sàvia combinació d'estandardització, que redueixi els costos de les tecnologies baixes en carboni ja madures, i diversitat, que ampliï la cistella de tecnologies prometedores necessàries per complir objectius ambiciosos de renovables o CO_2 en el futur. És improbable que els enfocaments que siguin tecnològicament "cecs" fomentin aquesta diversitat. Al contrari, poden provocar bloqueigs tecnològics que facin difícil la consecució d'aquests objectius de manera eficaç i intertemporalment eficient. Per això és necessària la sàvia combinació d'instruments de mercat i altres instruments adaptats a les particularitats tecnoeconòmiques de les tecnologies renovables.

És necessari valorar i tenir en compte la contribució potencial de cada tecnologia en el temps com a part de la combinació de tecnologies que permeten aconseguir la transició cap a sistemes tecnològics i energètics menys intensius en carboni, i és necessari tenir en compte fases de desenvolupament de les tecnologies per implementar instruments adequats (eficaços i eficients dinàmicament) adaptats a aquests graus de maduresa.

7 Referències

Ackermann, T.; Andersson, G.; Söder, L. (2001). "Overview of government and market driven programs for the promotion of renewable power generation". *Renewable Energy*, 22, pàg. 197-204.

Beck, F.; Martinot, E. (2004). *Renewable energy policies and barriers*. Cleveland, Cutler J. (ed.). *Encyclopaedia of Energy*. Academic Press/Elsevier Science. Nova York / Amsterdam.

Butler, L.; Neuhoff, K. (2008). "Comparison of Feed-in Tariff, Quota and Auction Mechanisms to Support Wind Power Development". *Renewable Energy*, 33, pàg. 1854-1867.

Coenraads, R.; Voogt, M. (2006). "Promotion of renewable electricity in the European Union". *Energy and Environment* 17(6), pàg. 835-848.

Comisión Europea (2008). "The support of electricity from renewable energy sources. Accompanying document to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources". {COM(2008) 19}. SEC (2008) 57. Brussel·les.

Del Río, P. (2004). "Public policy and clean technology promotion. The synergy between environmental economics and evolutionary economics of technological change". *International Journal of Sustainable Development* 7(2), pàg. 200-216.

Del Río, P. (2009a). "La promoción de la electricidad renovable en España en el contexto europeo". *Información Comercial Española* (ICE) 847, pàg. 59-74.

Del Río, P. (2009b). "Tipología y evaluación de los marcos de apoyo a la generación eléctrica renovable". Capítol inclòs en l'obra col·lectiva *Tratado de Energías Renovables.* Editorial Aranzadi i Iberdrola. Madrid (en premsa).

Del Río, P. (2009c). "Power and Heat sector". B. Bodirsky; R. Crassous-Doerfler; H. van Essen; J.C. Hourcade; B. Kampman; H. Lotze-Campen; A. Markowska; S. Monjon; K. Neuhoff; S. Noleppa; A. Popp; P. del Río González; S. Spielmans; J. Strohschein; H. Waisman. "How can each sector contribute to 2C?". RECIPE Working paper, disponible en línia a www.pikpotsdam.de/recipe.

Del Río, P. (2009d). "Assessing the dynamic efficiency of internal mitigation projects. An evolutionary perspective". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 14(3), pàg. 203-213.

Del Río, P.; Cadenas, A. (1999). "Cambio tecnológico, Irreversibilidades y Desarrollo Sostenible: Implicaciones para las Políticas Públicas desde una Perspectiva Evolutiva". *Economía Industrial,* 327, pàg. 151-163.

Del Río, P.; Gual, M.A. (2004). "The Promotion of Green Electricity in Europe: Present and Future". *European Environment Journal,* 14, pàg. 219-234.

Del Río, P.; Unruh, G. (2007). "Overcoming the lock-out of renewable energy technologies in Spain: the cases of wind and solar electricity". *Renewable and Sustainable Energy Review,* 11(7), pàg. 1498-1513.

Edenhofer, O.; Carraro, C.; Hourcade, J.C.; Neuhoff, K.; Luderer, G.; Flachsland, C.; Jakob, M.; Popp, A.; Steckel, J.; Strohschein, J.; Bauer, N.; Brunner, S.; Leimbach, M.; Lotze-Campen, H.; Bosetti, V.; de Cian, E.; Tavoni, M.; Sassi, O.; Waisman, H.; Crassous Doerfler, R.; Monjon, S.; Dröge, S.; van Essen, H.; del Río, P.; Türk, A. (2009). *The Economics of Decarbonization.* Report of the RECIPE project. Potsdam-Institute for Climate Impact Research. Potsdam. http://www.pik-potsdam.de/recipe

Edge, G. (2009). "A harsh Environment: The Non-Fossil Fuel Obligation and the U.K. Renewables Industry". K. Mallon (ed.). *Renewable energy policy and politics: a guide for decisión-making.* Earthscan. Londres, pàg. 163-184.

Elliot, D. (2007). "Supporting renewables: feed in tariffs and quota/trading systems". D. Elliot (ed.). *Sustainable Energy. Opportunities and Limitations.* Palgrave/MacMillan. Nova York, pàg. 174-189.

EWEA (2009). *Wind Energy - The Facts.* Bruselas. http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WETF/1565_ExSum_ENG.pdf

Finon, D.; Pérez, Y. (2007). "The social efficiency of instruments of promotion of renewable energies. A transaction-cost perspective". *Ecological Economics,* 62, pàg. 77-92.

Fouquet, D.; Johansson, T. (2008). "European renewable energy policy at crossroads—Focus on electricity support mechanisms". *Energy Policy,* 36, pàg. 4079-4092.

Foxon, T. (2003). *Inducing Innovation for a Low-carbon Future: Drivers, Barriers and Policies.* The Carbon Trust.

Londres. Disponible a: http://www.thecarbontrust.co.uk/carbontrust/about/publications/FoxtonReportJuly03.pdf, 2003.

Gan, L.; Eskeland, G.; Kolshus, H. (2007). "Green electricity market development: Lessons from Europe and the US". *Energy Policy*, 35, pàg. 144-155.

Harmon, R.; Cowan, K. (2008). "A multiple perspectivas view of the market case for green energy". Technological Forecasting and Social Change, 76(1), pàg. 204-213.

Huber, C.; Faber, T.; Haas, R.; Resch, G.; Green, J.; Ölz, S.; White, S.; Cleijne, H.; Ruijgrok, W.; Morthorst, P.E.; Skytte, K.; Gual, M.; del Río, P.; Hernández, F.; Tacsir, A.; Ragwitz, M.; Schleich, J.; Orasch, W.; Bokemann, M.; Lins, L. (2004). *Green-X. Deriving optimal promotion strategies for increasing the share of RES-E in a dynamic European electricity market*. Final report of the project GREEN-X, Energy Economics Group. Vienna University of Technology. Viena.

Hvelplund, F. (2005). "Denmark". D. Reiche (ed.). *Handbook of Renewable Energies in the European Union: Case Studies of the EU-15*. Peter Lang Verlag. Frankfurt.

IEA (2006). *World Energy Outlook 2006*. París.

IEA (2007). *World Energy Outlook 2007*. París.

IEA (2008a). *World Energy Outlook 2008*. París.

IEA (2008b). *Energy Technology Perspectives*. París.

IEA (2008c). *Deploying renewables. Principles for effective policies*. París.

Jacobsson, S.; Bergek, A.; Finon, D.; Lauber, V.; Mitchell, C.; Toke, D.; Verbruggen, A. (2009). "EU renewable energy support policy: faith or facts?". *Energy Policy*, 37(6), pàg. 2143-2146.

Jaffe, A.; Newell, R.; Stavins, R. (2005). "A tale of two market failures: Technology and environmental policy". *Ecological Economics*, 54(2-3), pàg. 164-174.

Kemp, R. (1996). "The transition from Hydrocarbons: The issues for Policy". S. Faucheux, D. Pearce, J. Proops (eds.). *Models of Sustainable Development*. Edward Elgar. Cheltenham (Regne Unit), pàg. 151-175.

Klessman, C. (2009). "The evolution of flexibility mechanisms for achieving European renewable energy targets 2020 –ex-ante evaluation of the principle mechanisms". *Energy Policy* (en premsa).

Konidari, P.; Mavrakis, D. (2007). "A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments". *Energy Policy*, 35(12), pàg. 6235-6257.

Lauber, V. (2004). "REFIT and RPS: Options for a harmonised community framework". *Energy Policy*, 32(12), pàg. 1405-1414.

Lipp, J. (2007). "Lessons for effective renewable electricity policy from Denmark, Germany and the United Kingdom". *Energy Policy*, 35, pàg. 5481-5495.

Marechal, K. (2007). "The Economics of climate change and the change for climate in economics". *Energy Policy*, 35(10), pàg. 5181-5194.

Menanteau, P.; Finon, D.; Lamy, M. (2003). "Prices versus Quantities: Choosing Policies for Promoting the Development of Renewable Energy". *Energy Policy*, 31, pàg. 799-812.

Meyer, N. (2003). "European schemes for promoting renewables in liberalised markets". *Energy Policy*, 31, pàg. 665-76.

Milliman, S.; Prince, R. (1989). "Firm incentives to promote technological change in pollution control".

Journal of Environmental Economics and Management, 17, pàg. 247-265.

Mitchell, C.; Connor, P. (2004). "Renewable energy policy in the UK 1990–2003". *Energy Policy,* 32 (17), pàg. 1935-1947.

Mitchell, C.; Bauknecht, D.; Connor, P. (2006). "Effectiveness through risk reduction: a comparison of the renewable obligation in England and Wales and the feed-in system in Germany". *Energy Policy,* 34, pàg. 297-305.

Newell, R. (2008). *A U.S. Innovation Strategy for Climate Change Mitigation*. Discussion Paper 2008-15. Hamilton Project, Brookings Institution. Washington, DC.

Nill, J.; Kemp, R. (2009). "Evolutionary approaches for sustainable innovation policies: from niche to paradigm". *Research Policy,* 38(4), pàg. 668-680.

Oikonomou, V.; Jepma, C.J. (2008). "A framework on interactions of climate and energy policy instruments". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 13(2), pàg. 131-1Ragwitz, M.; Held, A.; Resch, G.; Faber, T.; Haas, R.; Huber, C.; Coenraads, R.; Voogt, M.; Reece, G.; Morthorst, P.E.; Jensen, S.G.; Konstantinaviciute, I.; Heyder, B. (2007). *OPTRES – Assessment and optimisation of renewable energy support schemes in the European electricity market*. Supported by the European Commission (D.G. Energy and Transport). Brussel·les.

Reiche, D.; Bechberger, M. (2004). "Policy differences in the promotion of renewable energies in the EU member Status". *Energy Policy,* 32(7), pàg. 843-9.

Rennings, K. (2000). "Redefining innovation-eco-innovation research and the contribution from Ecological Economics". *Ecological Economics* 32, pàg. 319-332.

Resch, G.; Ragwitz, M.; Panzer, Reinhard, H. (2009). "20% RES by 2020... an assessment of the new EU RES policy framework". *10th IAEE European Conference*. Viena.

Rip, A.; Kemp, R. (1998). *Technological Change*. S. Rayner; E. Malone (ed.). *Human Choice and Climate Change*. Volum 2. Battelle Press. Columbus. Ohio, pàg. 327-399.

Rowlands, I. (2005). "Envisaging feed-in tariffs for solar photovoltaic electricity: European lessons for Canada". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9, pàg. 51-68.

Sawin, J. (2004). *Mainstreaming Renewable Energy in the 21st Century*. World Watch Institute. Washington DC.

Schaeffer, G.J.; Boots, M.; Anderson, T.; Mitchell, C.; Timpe, C.; Cames, M. (2000). *Options for design of tradable green certificate systems*. ECN-C--00-032. ECN. Pettern (Holanda).

Scrase, I.; Mackerron, G. (2009). "Lock-in". I. Scrase; G. Mackerron (ed.). *Energy for the Future. A new Agenda*. Palgrave.

Scrase, I. *et al*. 2009. "Energy policy implications". I. Scrase; G. Mackerron (ed.). *Energy for the Future. A new Agenda*. Palgrave.

Sorrell, S.; O'malley, E.; Schleich, J.; Scott, S. (2004). *The economics of energy efficiency*. Edward Elgar. Cheltenham (Regne Unit).

Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change. The Stern Review*. Cambridge University Press. Nova York.

Swisher, R.; Porter, K. (2006). "Renewable Policy Lessons from the U.S.: The Need for Consistent and Stable Policies". K. Mallon (ed.). *Renewable energy policy and politics: a guide for decisión-making*. Earthscan. Londres, pàg. 185-198.

UNRUH, G.C. (2000). "Understanding carbon lock-in". *Energy Policy*, 28(12), pàg. 817-830.

UNRUH, G.C. (2002). "Escaping carbon lock-in". *Energy Policy*, 30, pàg. 317-325.

UYTERLINDE, M.; DANIELS, B.; DE NOORD, M.; DE ZOETEN-DARTENSET, C.; SKYTTE, K.; MEIBOM, P.; LESCOT, D.; HOFFMAN, T.; STRONZIK, M.; GUAL, M.; DEL RÍO, P.; HERNÁNDEZ, P. (2003). Informe final del proyecto ADMIRE-REBUS Assessment and Dissemination of Major Investment Oppprtunities for Renewable Electricity in Europe using the REBUS tool. Finançat per la Comissió Europea. ECN. Pettern (Holanda).

VAN DEN BERG, J.; KEMP, R. (2008). "Transition lessons from Economics". J. van den Berg; F. Bruinsma (ed.). *Managing the transition to renewable energy*. Edward Elgar. Cheltenham (Regne Unit), pàg. 81-128.

WANG, Y. (2006). "Renewable electricity in Sweden: an analysis of policy and regulations". *Energy Policy*, 34, pàg. 1209-1220.

WITT, U. (2008). "What is specific about evolutionary economics?". *Journal of Evolutionary Economics*. DOI: 10.1007/s00191-008-0107-7.

Integració de les energies renovables en el sistema: necessitats de generació de suport

Carlos Vázquez
Manuel Fernández Álvarez
Gas Natural SDG, SA

1
Situació actual

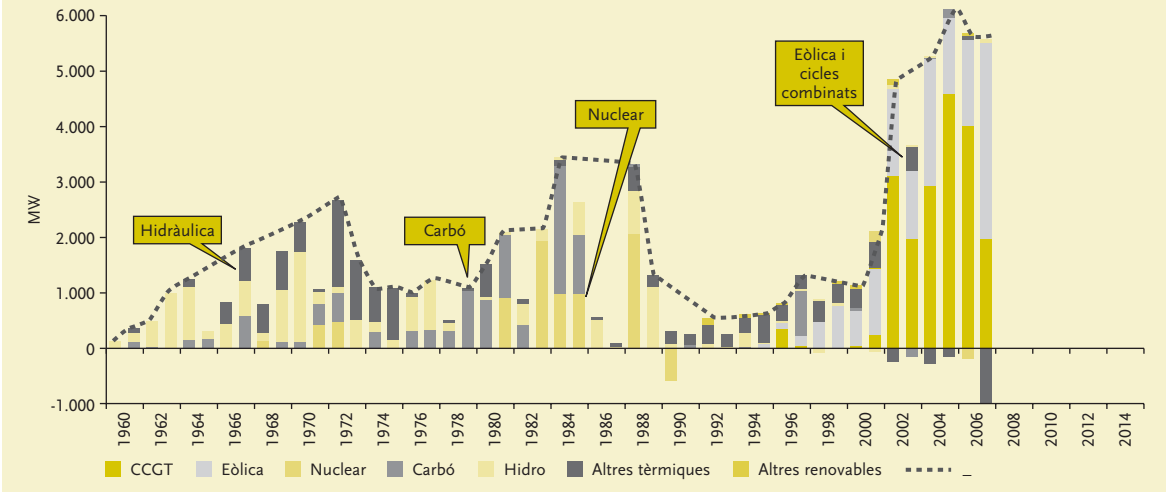
1.1
Mercat

Des de l'1 de gener de 1998, el funcionament del sistema elèctric espanyol es basa en un esquema de mercat. Seguint l'exemple d'Anglaterra i Gal·les de 1992 i l'impuls de la directiva europea de 1996, la Llei 54/1997 va fixar les bases per al funcionament del sector en règim de competència. Pel que fa al parc generador, la característica essencial que distingeix aquest sistema dels mecanismes previs regulats és la llibertat d'instal·lació per als equips de producció; és a dir, qualsevol agent té la llibertat de decidir, seguint els seus propis criteris, si instal·la o no un nou equip de generació, quina tecnologia i quines característiques ha de tenir aquest equip, quan es du a terme la inversió i, en definitiva, tots els detalls del procés de construcció de nova capacitat. La contrapartida d'aquesta llibertat d'entrada és que el sistema ja no assegura als agents la rendibilitat de les seves inversions sinó que, depenent dels preus que apareguin al mercat durant l'operació de les plantes, els agents poden obtenir menys rendibilitat de l'esperada o poden recuperar els seus costos d'inversió folgadament. El sistema es limita a garantir l'existència d'un sistema de preus que reflecteixi el valor de l'energia en cada instant i una regulació estable que permeti prendre les decisions d'inversió en un entorn predicible. A partir d'aquestes dues premisses, els riscos associats a l'evolució dels preus i del mercat són a càrrec dels inversors.

La regulació de mercat, basada fonamentalment a posar la iniciativa de les decisions d'inversió en mans dels agents, ha aconseguit atreure una quantitat molt important de nova generació al llarg d'aquests més de deu anys, malgrat que molts dels aspectes de detall han estat polèmics. Des de l'any 2001 s'han instal·lat a Espanya més de 22.000 MW de potència en cicles combinats de gas, amb inversions aproximades d'entre 10.000 i 15.000 milions d'euros, que han permès mantenir nivells adequats de garantia de subministra-

Gràfic 1

Addicions de nova capacitat per tecnologia



ment i d'eficiència en la inversió. La regulació de mercat ha aconseguit atreure els capitals necessaris per respondre a l'increment de la demanda i a les necessitats creixents del sistema, i dur a terme tota l'expansió que s'ha requerit. En aquest sentit, es pot afirmar que la liberalització ha estat un èxit.

L'entrada de nous generadors ha permès, a més, l'evolució de l'estructura empresarial, que s'ha anat renovant i obrint amb l'entrada progressiva de nous agents. La quota de l'empresa de mida més gran en generació ha passat de pràcticament un 50% el 1998 a valors al voltant del 30% el 2009. D'altra banda, el nombre d'agents presents en la generació ha crescut de manera significativa amb l'entrada d'agents d'altres països i/o provinents del món del gas. El resultat és un sistema empresarial amb un nivell significativament més alt de competència i amb barreres d'entrada prou baixes per permetre un funcionament àgil i eficient pel que fa a la inversió.

1.2 Energies renovables

Addicionalment a la llibertat d'instal·lació per als equips generadors, la Llei 54/1997 va establir un mecanisme subsidiari paral·lel, destinat a donar suport al desenvolupament de certs tipus de generació que es consideraven convenients des del punt de vista de política energètica, però que no resultaven prou barats per competir en el mercat, de tal manera que no haguessin aparegut per si sols. Aquest mecanisme es denomina règim especial.

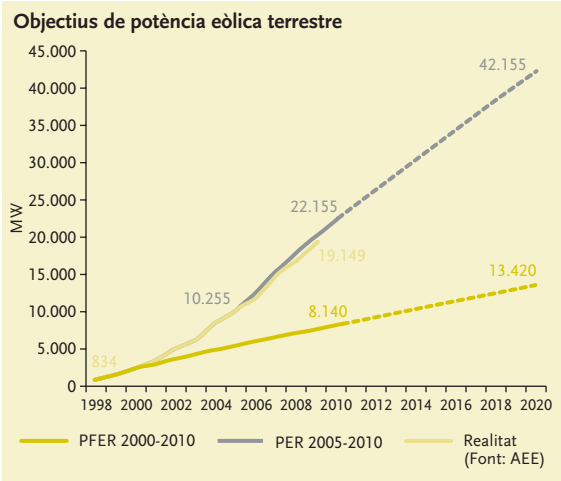
Les instal·lacions que es poden beneficiar dels mecanismes de suport al règim especial són les plantes de producció a partir d'energies renovables, així com les que generen electricitat a partir de residus i les de cogeneració. La seva regulació ha sofert canvis substancials al llarg dels anys. Com a part del desenvolupament de la Llei 54/1997, el Reial decret 2818/1998 va establir un mecanisme pel qual els generadors de règim especial venien la seva energia a l'empresa distribuïdora de la seva zona, que la incorporava al mercat disminuint la seva demanda neta. Els generadors renovables rebien per això el preu mitjà del mercat, el mateix que rebien la resta dels generadors, més una prima addicional, exclusiva per al règim especial. Com a exemple, per als generadors eòlics, aquesta prima feia que el preu total rebut fos aproximadament un 90% superior al dels generadors ordinaris. Aquest esquema d'incentius s'emmarcava dins del Pla de fo-

ment de les energies renovables de 1999, que establia objectius de penetració per a les diferents tecnologies.

A mesura que el volum de generació renovable augmentava, les autoritats van començar a preocuparse de no poder controlar aquesta producció de manera efectiva. En efecte, en vendre la seva energia a través de les distribuïdores, els productors de règim especial no estaven preparats per seguir les instruccions de l'operador del sistema –Red Eléctrica de España (REE)–, ni tenien incentius per predir de manera precisa la seva producció ni per, en general, reaccionar a les necessitats operatives del sistema. Per això, el RD 436/2004 va establir dos mecanismes de remuneració del règim especial. El primer (funcionament a mercat) mantenia l'esquema original del RD 2818/1998 de *pool* més prima, però imposava a aquests generadors la venda directa de la seva producció al mercat i els exigia implícitament requisits d'operació anàlegs als que s'exigien als grups del règim ordinari. El segon mecanisme (funcionament a tarifa) mantenia la possibilitat de vendre a través de la distribuïdora, amb uns requisits d'operació progressivament més durs, i remunerava l'energia del règim especial a un preu fix independent del preu de l'energia al mercat. La idea era que les condicions econòmiques de l'opció de mercat fossin més favorables que la tarifa, de manera que la majoria dels productors optessin per passar a aquest primer mecanisme i només els més petits, amb dificultats tècniques per complir amb els nous requisits d'operació, es mantinguessin a tarifa. Per exemple, el 2004 la remuneració a tarifa era aproximadament un 10% inferior a la de mercat.

Com a resultat, la major part de les instal·lacions van optar per l'opció de mercat. El 2008, més del 90% de l'energia eòlica i més del 70% del total del règim especial es remunerava d'aquesta manera. A més, els incentius van resultar ser generosos i els objectius del Pla de foment de les energies renovables (PFER) de 1999 es van sobrepassar àmpliament. El 2005 el Govern va publicar una nova revisió de l'esmentat Pla de foment de les energies renovables, que augmentava de manera molt ambiciosa els objectius del règim especial. Per al cas eòlic, per exemple, els objectius per

Gràfic 2



al 2020 del nou pla eren més del triple dels objectius fixats sis anys enrere.

D'altra banda, els increments dels preus del petroli i de la resta dels combustibles als mercats internacionals es van començar a traslladar de manera important als preus de l'electricitat a partir de l'any 2006[1] i, per tant, a la remuneració de les energies renovables que funcionaven amb l'opció de mercat. Això va comportar un augment de la rendibilitat dels projectes renovables que podria semblar que no era coherent amb les característiques quasi regulades d'aquest negoci i que fins i tot es va propagar al llarg de la cadena de valor –increments del preu del sòl, del preu dels equips, etc. Per intentar limitar aquestes fluctuacions de preus i garantir una rendibilitat raonable de manera estable per al sector, el RD 661/2007 va establir dos tipus de mesures. La primera consisteix a fixar uns valors màxims i mínims que limiten el valor del preu del mercat elèctric que es considera a efectes de calcular la remuneració del règim especial. Això permet estabilitzar de manera directa els ingressos d'aquestes tecnologies. A la pràc-

1. Aquests sectors es caracteritzen per tenir un nivell alt d'emissions –suposen una part apreciable del total de les emissions de cada país– concentrades en un nombre no gaire gran d'instal·lacions –cosa que facilita el control i permet implantar més fàcilment els mecanismes.

tica, aquesta estabilització és només parcial, ja que la diferència entre el valor màxim i el mínim és elevada, però suposa un pas en la direcció de desacoblar la remuneració del règim especial dels preus internacionals del petroli i altres combustibles, que no estan relacionats amb el volum de renovables que s'ha fixat com a objectiu per al sistema.

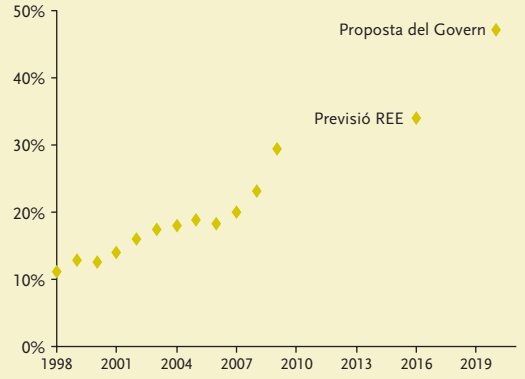
La segona mesura del RD 661/2007 es refereix a la possibilitat de modificar els valors de les primes que rep el règim especial en funció del grau de compliment dels objectius del Pla de foment de les energies renovables, a fi d'assegurar que el nivell d'inversió és coherent amb els objectius fixats i que les primes són adequades a aquest nivell d'inversió. Típicament, això permetrà reduir progressivament les primes a mesura que els avenços tecnològics redueixin els costos d'inversió de les tecnologies renovables i facin menys necessaris els mecanismes de suport. S'intenta evitar així que apareguin valors anormalment alts de rendibilitat de les inversions en el sector, per tal de buscar un desenvolupament ordenat del sector mateix. Addicionalment, l'any 2009 es va crear un preregistre d'instal·lacions de règim especial per millorar el control de les autoritats sobre l'evolució de la potència instal·lada en cada tecnologia i poder aplicar aquesta revisió de manera més eficient.

Recentment, el compromís de la Unió Europea contra el canvi climàtic –conegut com 20-20-20– imposa assolir un nivell del 20% del total de l'energia de la zona procedent d'energia de fonts renovables. Els plans d'implantació elaborats per Espanya col·loquen una bona part del pes d'aquesta obligació sobre el sector elèctric, i fixa objectius –encara no vinculants– per al 2020 que impliquen que pràcticament el 40% de la producció elèctrica sigui renovable.

En resum, tot això ha permès passar de menys de 20.000 GWh d'energia associada al règim especial –amb una part molt reduïda de producció eòlica– l'any 1998 a gairebé 80.000 GWh el 2009. I les previsions per al futur mostren increments fins i tot més elevats; en alguns estudis es calculen més de 175.000 GWh per al 2020. Així, el règim especial passaria de cobrir poc més del 10% de la demanda el 1998 a subministrar-ne més del 20% l'any 2008, i pràcticament el 50% el 2020.

Gràfic 3

Quota del règim especial en el mercat peninsular espanyol



Espanya s'ha situat com un dels primers països del món en generació eòlica –en la Unió Europea, en termes absoluts, Alemanya i Espanya destaquen sobre tots els altres països com els majors productors eòlics; en termes relatius, la quota de penetració eòlica d'Espanya, Portugal i Dinamarca és significativament superior a la de la resta d'Europa. Per a això, ha estat necessari emprar una gran quantitat de recursos per finançar els mecanismes de suport. La previsió de costos regulats per al 2010 indica que serà necessari destinar gairebé 6.000 milions d'euros a les primes del règim especial, a més del pagament directe que rebran els grups renovables en forma de preu de l'energia. Es tracta d'una xifra sens dubte elevada: és, per exemple, superior al total dels costos de les xarxes de distribució i suposa al voltant de la cinquena part dels costos totals de subministrament. A mesura que la quota de renovables continuï creixent, el cost dels incentius també ho farà. Per exemple, el cas extrem anterior de 175.000 GWh el 2020, si es mantinguessin els valors unitaris de les primes que estableix la normativa en aquest moment, suposaria que el valor total dels incentius a l'energia renovable aquell any superaria el valor total de l'energia en el mercat, inclosos tant els pa-

gaments a preu de mercat a l'energia ordinària com a l'energia renovable.

En la definició de la política energètica s'han de tenir en compte els objectius mediambientals que les renovables ajuden a complir i també els costos que indueixen en el sistema i en l'economia en general. Aspectes com l'existència d'un dèficit d'ingressos en el sistema –els ingressos han estat durant diversos anys inferiors als costos– o la crisi econòmica iniciada a finals del 2008 –que posa en el punt de mira l'eficiència del sector i la necessitat de tenir costos competitius amb altres països d'Europa– han reforçat en els últims anys la importància d'incloure els aspectes associats als costos dins de l'anàlisi reguladora.

1.3
Emissions de CO_2

Addicionalment a tot l'anterior, Espanya està subjecta al sistema europeu de comerç de drets d'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle. Com a part de la posada en pràctica del Protocol de Kyoto, la Unió Europea va adoptar la Directiva 2003/87/CE que definia l'esquema de comerç d'emissions que va començar a funcionar el gener de 2005. L'objectiu era mantenir els nivells d'emissions de CO_2 d'un conjunt de sectors industrials, entre els quals hi ha el sector elèctric,[2] per sota d'un cert nivell fixat administrativament. A més, es tractava de fer-ho minimitzant els costos associats. Per a això, el mecanisme fixava el volum total d'emissions desitjat per al període i el repartia entre els diferents agents involucrats en forma de drets d'emissió, de manera que cap agent dels sectors afectats per la directiva no podia emetre CO_2 a l'atmosfera sense tenir un dret d'emissió que li donés suport. I, a més, es permetia als agents intercanviar i negociar amb aquests drets. Qualsevol agent per a qui la reducció d'emissions suposi un cost molt elevat té l'oportunitat de comprar drets d'emissió a un altre agent per a qui la reducció no sigui tan costosa, de manera que el primer agent compliria una part de les seves obligacions de reducció mitjançant accions realitzades pel segon. Gràcies a això, el primer agent podria reduir els seus costos mediambientals i el segon obtindria un benefici addicional del mercat. Més encara, el sistema permet a més l'ús de mecanismes especials (CDM, *Clean Development Mechanism* –MDL, mecanismes de desenvolupament net–; JI, implementació conjunta), que a la pràctica impliquen que les emissions addicionals a Europa es puguin compensar també amb una reducció d'emissions a certs països en desenvolupament. El resultat de tot això és que l'assignació inicial no determina qui emet i qui no ho fa, sinó que els drets es reajusten mitjançant compres i vendes fins a arribar a la solució òptima.

Apareix un preu dels drets d'emissió, associat a un mercat europeu d'aquest producte, que tots els agents adopten com a referència a l'hora de prendre les seves decisions sobre les emissions de CO_2, tant els agents potencialment deficitaris –que han de decidir si redueixen les seves emissions o compren més drets al mercat–, com els potencialment excedentaris –que han de decidir si venen al mercat els drets que se'ls han assignat o si els usen i no redueixen les seves emissions. Aquest esquema, en conjunt, aconsegueix reduir la contaminació per CO_2, i al mateix temps fer-ho de la manera més econòmica possible, i assolir una solució més eficient que la que donaria una simple assignació administrativa. L'assignació inicial influeix en els beneficis de cada agent, però no en l'eficiència global del mercat.

La primera fase d'aquest mercat inclou els anys compresos entre el 2005 i el 2007. Cada un dels estats membres va realitzar, mitjançant els anomenats Plans nacionals d'assignació, un repartiment inicial de drets que va assignar entre els agents de manera gratuïta. Amb aquesta assignació gratuïta s'intentava reduir l'impacte econòmic per a les empreses del nou sistema. Una bona part de les mesures de reducció d'emissions adoptades com a conseqüència d'aquest mercat va estar relacionada amb la substitució de generació elèctrica amb carbó per generació amb gas. Ambdues

2. Aquests sectors es caracteritzen per tenir un nivell alt d'emissions –suposen una part apreciable del total de les emissions de cada país– concentrades en un nombre no gaire gran d'instal·lacions –cosa que facilita el control i permet implantar més fàcilment els mecanismes.

tecnologies havien de fer front a un cost addicional, associat a les seves emissions, però aquest cost resultava molt més alt per al carbó que per al gas, ja que per a la mateixa producció d'energia el carbó emet pràcticament tres vegades més CO_2 que el gas. Això feia que el carbó perdés competitivitat als mercats elèctrics davant el gas, i la substitució –amb la reducció d'emissions consegüent– es produïa de manera automàtica pel funcionament mateix dels mercats. Per a aquesta fase, els preus de CO_2 no van ser prou alts en cap cas per incentivar la construcció de centrals que empressin energies renovables, fet que es pot interpretar com que, amb els nivells de reducció d'emissions requerits, les renovables eren una solució significativament més cara per al problema de les emissions que la substitució de carbó per gas. A mesura que avançava aquesta primera fase del mercat els agents es van adonar que l'assignació inicial havia estat molt generosa i que seria senzill complir els límits imposats sense esforços especials. Això va fer que els preus caiguessin de manera notable, especialment al final del període.

En aquests moments estem immersos en la segona fase, 2008-2012, i els governs continuen negociant les condicions de la tercera. S'espera que sigui possible traslladar al període següent els drets que sobrin en aquest, per evitar l'efecte de final d'escenari que es va produir el 2007, pel qual els preus tendeixen a prendre valors extrems al final del període. També es preveu que els drets s'assignin mitjançant subhastes, en lloc de mitjançant assignacions gratuïtes, per evitar les distorsions associades a aquesta assignació inicial.

Addicionalment, el Parlament Europeu va adoptar, el desembre de 2008, l'anomenat compromís 20-20-20, que implica que per a l'any 2020 els nivells d'emissions de CO_2 hauran de ser un 20% més baixos que els de 1990 –l'acord preveu la possibilitat d'imposar un objectiu més restrictiu del 30% si s'arriba a un acord internacional satisfactori– i el 20% de l'energia final de la Unió Europea haurà de provenir de fonts renovables, a més d'aconseguir la millora de l'eficiència energètica en un 20%. Això comporta establir un conjunt d'objectius entrellaçats, que en certa forma s'encavalquen. Per exemple, l'exigència d'una certa quota d'energies renovables és una restricció addicional al mercat d'emissions, que imposa una solució –l'ús d'un percentatge alt d'energies renovables– que pot resultar més cara que altres alternatives i que comporta, per tant, renunciar a la solució més econòmica per reduir les emissions. D'altra banda, l'existència de subsidis addicionals per a la producció renovable té com a efecte l'entrada al mercat d'una font de reducció d'emissions que no depèn del preu del carboni, i que per tant introdueix una pressió a la baixa sobre el preu de les emissions que desincentiva altres mesures. En general, els tres objectius s'interrelacionen de formes no òbvies, de manera que s'influeixen i es distorsionen mútuament. Les relacions entre ells són també un element rellevant en les discussions reguladores.

1.4 Altres incentius

Diversos tipus addicionals d'objectius de política energètica i mecanismes de suport a diferents tecnologies coexisteixen amb aquests dos mecanismes al mercat espanyol.

Des de la liberalització el 1998, el sistema ha comptat amb subvencions, gairebé sempre explícites, al carbó nacional destinades a assegurar un volum mínim de funcionament de les centrals que empraven aquest combustible o, més aviat, un volum mínim d'activitat per al sector miner relacionada amb la producció d'electricitat. Aquestes mesures s'han justificat tant mitjançant arguments basats en la necessitat de reduir la dependència energètica –la major part dels combustibles que es consumeixen a Espanya són importats– com mitjançant arguments de tipus socioeconòmic. Aquest tema ha tornat a l'actualitat recentment, ja que el Govern està tramitant un nou sistema de quotes mínimes de carbó nacional,que s'espera que entri en vigor a mitjan any 2010 i que duri aproximadament tres anys, el potencial de distorsió sobre el mercat del qual és preocupant.

La tarifa elèctrica també compta amb mecanismes explícits de suport a l'eficiència energètica. En el passat, aquests elements no han estat gaire fructífers, fonamentalment a causa de l'existència d'unes tarifes regulades amb valors inferiors als costos de producció que incentivaven el consum en lloc de l'eficiència.

Recentment s'ha anunciat també un paquet d'estímul al cotxe elèctric, i és probable que en el futur continuïn apareixent nous mecanismes de suport a diferents elements o aspectes del sector. Tots ells se superposen al mercat, de tal manera que formen una regulació complexa d'analitzar en què l'espai que es deixa per al funcionament del mercat cada vegada és més petit i on cada vegada és més gran el nombre de decisions que són bàsicament resultat de les normes administratives, i no fruit de la competència en el mercat. Com podem compatibilitzar els elements en competència del mercat amb els elements guiats per mecanismes de suport fixats administrativament és una qüestió clau que el sector haurà de resoldre en els anys vinents.

2

Dificultats i reptes

La complexa combinació de mercat, regulacions i incentius que forma l'engranatge regulador espanyol està donant com a resultat una combinació energètica amb un pes creixent de les energies renovables. En aquest article no es pretén abordar la discussió sobre si aquesta és la solució més convenient per al subministrament elèctric d'Espanya, ni tampoc analitzar els molts equilibris i alternatives que es plantegen a l'hora de decidir aquesta combinació entre els objectius mediambientals, els d'eficiència econòmica i els de seguretat de subministrament. Al contrari, la discussió dels apartats següents pren com a dada d'entrada ja fixada la incorporació massiva d'instal·lacions renovables al mercat i es concentra en una sèrie d'aspectes en certa manera més tècnics: analitzar les implicacions d'aquesta nova combinació energètica, les necessitats que imposa al sistema en forma de requisits de suport i la influència que té sobre el conjunt del mercat.

Fins fa uns anys, el volum de les energies renovables era relativament petit i la volatilitat que induïen en l'operació del sistema se situava en el mateix ordre de magnitud que la volatilitat originada per les variacions de la demanda. Així, per absorbir la generació eòlica el sistema podia emprar recursos similars als que havia estat utilitzant històricament per gestionar la demanda, i els costos més rellevants del règim especial eren les primes que rebia. En aquests moments, el volum de generació eòlica és molt més gran, i també ho són les variacions de producció que té; els recursos tradicionals ja no són suficients per gestionar la producció renovable i els costos addicionals necessaris per fer front a la volatilitat que comporta comencen a créixer de manera important. El sistema està entrant en una segona fase en la implantació de les energies renovables, en què els costos indirectes –de suport– tindran tant pes com els costos directes –les primes. Es tracta d'una situació que és important anticipar, ja que implica decisions d'inversió amb terminis de maduració llargs, i a més perquè la península Ibèrica serà probablement una de les primeres regions de mida rellevant del món que funcioni d'aquesta manera.[3]

Al llarg de la resta d'aquesta secció, es repassen les conseqüències més rellevants d'aquesta entrada a gran escala de les renovables sobre el mercat elèctric. Són majoritàriament efectes que ja existeixen, però que s'agreujaran notablement en el futur. En primer lloc, s'analitzen les implicacions sobre l'operació a curt termini, a continuació les implicacions sobre els senyals d'inversió i, finalment, els efectes sobre la generació ja existent.

3. Alemanya, malgrat que té un volum de generació eòlica alt, comparable al d'Espanya, està fortament interconnectada amb altres sistemes amb nivells inferiors de producció renovable, de manera que la penetració d'energia intermitent del conjunt del "mercat rellevant" es dilueix de forma apreciable. La situació és semblant a Dinamarca, on l'alta capacitat hidroelèctrica del sistema nòrdic aporta a Dinamarca una font molt gran de flexibilitat amb què gestiona les variacions del seu parc eòlic.

2.1
Operació

2.1.1
Volatilitat eòlica

La característica principal de la generació eòlica des del punt de vista de l'operació del sistema és que no és gestionable: les màquines produeixen quan bufa el vent, i els agents generadors no poden influir de cap manera sobre quant vent hi haurà en el futur immediat, o sobre quan seran els instants amb més vent. A més, amb les tècniques actuals tampoc no és fàcil predir la producció de manera raonablement precisa per a horitzons més grans a unes quantes hores.

De manera que el mercat elèctric, que típicament tancava la gran majoria de les operacions en l'anomenat mercat diari –les 24 hores d'un dia determinat s'assignen en el matí del dia anterior– es troba amb una gran quantitat de generadors que no són capaços de fer una oferta precisa en aquest horitzó perquè no saben quant produiran, i que s'han de limitar a fer una oferta aproximada i anar corregint-la en els horitzons de termini més curt. Els mercats més pròxims al temps real, que típicament es reservaven per a ajustos o per a situacions més o menys excepcionals, es converteixen ara en el lloc on es fa la part més rellevant de la casació de l'energia eòlica.

El problema no és tant el canvi en la manera de funcionar del mercat, que podria no tenir efectes perjudicials, sinó que aquest escurçament dels horitzons de negociació té implicacions sobre els costos del sistema. La major part dels generadors –excloent l'energia nuclear i una part de la hidràulica– poden organitzar la seva producció per respondre a les necessitats detectades en l'horitzó del mercat diari. És a dir, els grups tenen prou flexibilitat per negociar la seva energia en el mercat diari i ajustar la producció als resultats d'aquest mercat, de manera que el que es produeix coincideixi amb el que es ven. Tanmateix, no tots els grups tenen flexibilitat per seguir les consignes que resultin de les casacions en horitzons més curts. No és possible fer que un grup de carbó, per exemple, passi d'estar aturat a produir si se li notifica només amb unes quantes hores d'antelació.

Les característiques de la generació eòlica donen lloc a variacions de producció molts grans, que poden arribar al 100% de la seva generació programada, i que tenen lloc en intervals molt curts de temps –una hora, o unes quantes hores. Al llarg de l'any 2009 el sistema ha experimentat fluctuacions d'eòlica del voltant dels 6.000 MW –si es compara, les desviacions de la demanda respecte del que s'ha programat rarament sobrepassen uns centenars de megawatts– i aquestes xifres continuaran creixent a mesura que s'instal·li més generació renovable en el sistema. Quan la generació eòlica augmenti ràpidament, un altre grup ha de ser capaç de baixar la seva producció per compensar-ho, i si la generació eòlica cau, hi ha d'haver un altre equip que augmenti la seva càrrega per reemplaçar l'energia que l'eòlic està deixant de produir. Si això no succeeix, el sistema es torna inestable i pot arribar a produir-se una apagada. Però no tots els generadors són capaços de respondre en terminis tan curts; aquest grau de flexibilitat requereix una energia més ràpida que només una part dels grups són capaços de donar i que, per tant, resulta més costosa que si aquestes desviacions s'haguessin conegut en el mercat diari.

En resum, són dos els factors que fan que el problema sigui complex: un elevat volum d'energia subjecte a variacions, i un termini molt curt en què es coneixen i tenen lloc les esmentades variacions.

2.1.2
Reserva per pujar

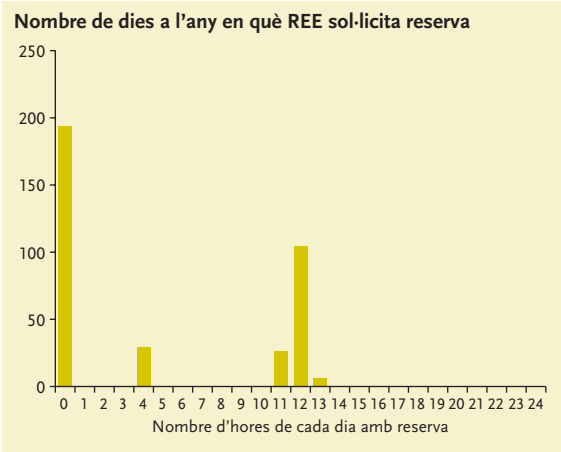
Històricament, quan es va dissenyar el sistema el 1998, se suposava que serien els generadors hidràulics els que aportarien predominantment la flexibilitat, en forma d'energia de resposta ràpida, que pogués requerir el sistema, i perquè poguessin posar-la a disposició de l'operador del sistema es va dissenyar el que es coneix com a mercat de reserva terciària, en què els agents propietaris de les unitats de generació

sol·liciten el preu que volen cobrar per cada MWh d'energia ràpida que aportin –s'ha definit que l'energia s'ha de subministrar en un termini de 15 minuts– i REE fa ús d'aquestes ofertes a mesura que les necessita. Addicionalment, al llarg dels anys de desenvolupament del mercat molts generadors tèrmics s'han mostrat capaços de donar també aquest servei, sempre que ja haguessin estat acoblats prèviament al sistema com a conseqüència de l'operativa del mercat diari, i han participat amb èxit en el mercat de reserva terciària.

Tanmateix, des del 2007 REE ha observat que en determinats moments la quantitat d'energia eòlica casada és tan alta que el volum d'energia que caldria produir en forma de resposta ràpida si el vent deixés de bufar o si la generació eòlica parés per qualsevol altra causa és tan alt que ja no n'hi ha prou amb el potencial hidràulic i amb els grups tèrmics que ja estan acoblats. En moltes ocasions, REE ha detectat la necessitat d'acoblar cicles combinats de gas addicionals, l'única missió dels quals és mantenir-se preparats per pujar càrrega i reemplaçar als grups eòlics si la generació d'aquests grups es deté. Dit d'una altra manera, per ser capaços de respondre amb suficient velocitat, els cicles combinats necessiten estar prèviament acoblats a la xarxa i en moltes ocasions l'operador del sistema ha hagut de sol·licitar-los que s'acoblin, atès que contràriament no hagués pogut disposar de suficient reserva per pujar. En els últims dos anys, s'ha requerit acoblar potència tèrmica addicional per aquest motiu durant aproximadament un 50% dels dies, generalment en períodes de 12 hores al dia, durant les hores de més demanda. No obstant això, en els últims mesos REE també ha començat a requerir potència de reserva per a períodes més curts (de quatre hores), que representen condicions d'operació encara més costoses en termes econòmics.

D'una banda, la situació mostra la necessitat de comptar amb generació de cicle combinat de gas com a suport de la producció eòlica. A mesura que augmenti la penetració d'aquesta tecnologia renovable, més gran serà la necessitat de potència flexible que s'ha de mantenir acoblada al sistema a mode de reserva.

Gràfic 4



Valors aproximats. Estimació pròpia de dades REE.

Els costos d'explotació de les centrals de gas augmentaran forçosament. Aquests grups estan passant de funcionar en estats propers a la càrrega plena i amb perfils d'operació estables, en què se'n maximitza l'eficiència, a operar amb molta freqüència al mínim tècnic, pujant i baixant càrrega ràpidament, i funcionant a plena càrrega únicament unes quantes hores. Això inevitablement comporta un encariment dels costos operatius, tant per les pèrdues de rendiment com per desgastos extraordinaris de les màquines, que es veu reflectit en els preus del mercat. Es tracta d'un cost indirecte de l'energia eòlica que ja està tenint lloc i que es farà més evident en els anys vinents. A més, quan la producció eòlica és alta, coexisteixen en el sistema simultàniament una necessitat elevada de reserva tèrmica, i per tant de grups de gas acoblats al sistema, amb unes vendes altes dels generadors eòlics al mercat, que desplacen la generació de cicle combinat, cosa que fa que pocs grups tèrmics s'acoblin per si mateixos i que sigui més elevat el nombre d'aquests grups que s'han d'acoblar únicament per criteris de reserva, amb el cost extra conseqüent que això comporta.

Serà necessari modificar la normativa actual dels serveis complementaris. El disseny que es va fer el 1998 s'aprofitava de la idea que la reserva terciària seria predominantment hidràulica i que, per tant, es-

tar preparat per donar aquesta energia no tindria cap cost addicional per als generadors, per tal de poder eliminar d'aquesta manera el pagament fix per reserva que s'havia plantejat en altres sistemes. Només els generadors que efectivament augmenten la seva producció per reemplaçar-ne d'altres a requeriment de l'operador del sistema reben un pagament. S'aconsegueix així simplificar notablement el disseny del mercat i obtenir una casació molt simple i transparent. Tanmateix, en el nou context molts cicles combinats de gas hauran d'arrencar i mantenir-se al mínim tècnic per estar preparats per donar la reserva quan els sigui requerida, i incorreran en costos per fer-ho. Si aquests grups no reben un pagament fix associat a la seva disponibilitat per donar reserva, independentment de si finalment són requerits o no, difícilment podran proporcionar el servei. En aquest moment s'està tramitant una proposta per modificar els procediments d'operació i donar cabuda a una solució d'aquest tipus.[4] És important que aquest desenvolupament normatiu sigui prou eficient per permetre el desenvolupament d'un mercat en el qual els grups tèrmics puguin oferir sense dificultat la seva flexibilitat a l'operador del sistema i ser remunerats adequadament per això.

2.1.3
Reserva per baixar

L'altre efecte rellevant de l'increment de la capacitat eòlica sobre l'operació del sistema és el relatiu a la necessitat de reduir la producció quan la generació renovable augmenta. Si en una hora en què hi ha un nombre elevat de generadors tèrmics produint plena càrrega –típicament, una hora de demanda alta– puja sobtadament la producció eòlica, és senzill compensar-lo reduint la generació dels equips tèrmics. Els grups més cars baixaran càrrega progressivament, per quedar-se al mínim tècnic, fins a cobrir l'increment d'energia dels grups renovables que sigui necessari compensar. Tanmateix, en una hora en què la demanda sigui baixa –per exemple, durant la matinada– és possible que fins i tot reduint tota la producció dels generadors tèrmics al mínim tècnic no sigui suficient per compensar l'increment eòlic.

En aquest cas, una vegada esgotada la solució d'augmentar la demanda mitjançant grups hidràulics de bombament, la capacitat dels quals és generalment limitada, no queda més remei que desconnectar alguns grups. Si es tracta d'un generador tèrmic, això comporta un cost addicional per al grup que s'ha de parar, ja que ha de tornar a arrencar al cap d'unes hores. El perfil d'operació que el sistema requereix d'aquest generador, que inclou una parada en vall, representa un cost d'operació més gran que, igual com en el cas de les reserves per pujar, implica un encariment de l'explotació dels generadors afectats i s'acabarà veient reflectit en els preus.

No obstant això, mentre sigui possible restablir l'equilibri del sistema mitjançant la desconnexió d'un cicle combinat de gas, el problema es limita a introduir un cost extra d'operació en el sistema, però no apareixen problemes significatius d'operació, ja que els grups tenen la flexibilitat suficient per respondre. Quan ja no hi ha cicles combinats acoblats i és necessari desconnectar un grup de carbó, el problema és més greu, ja que la seva flexibilitat és més limitada i desconnectar-los pot deixar-los fora del sistema durant més temps. Així mateix, quan tampoc no hi ha grups de carbó acoblats per desconnectar no és possible treure del mercat una central nuclear sense posar en perill el sistema, i és precís desconnectar generadors eòlics.

Aquestes situacions, que semblen molt improbables, han tingut lloc a Espanya durant l'inici del 2010 amb certa freqüència. Per exemple, durant el mes de febrer, REE va desconnectar generació eòlica sis dies, la qual cosa suma un total de més de 50 GWh eòlics que van deixar de produir-se. Situacions similars es van donar a Alemanya durant el mes d'octubre del 2009, en què els preus del mercat van arribar a prendre valors negatius de -500 €/MWh.

4. En els últims anys, des del 2007, REE ha fet ús del mecanisme de restriccions per assegurar un pagament als generadors que s'acoblen per donar reserves, malgrat que les restriccions no corresponen exactament a aquest concepte. Es tracta d'una solució provisional, amb algunes dificultats associades, que en el llarg termini és preferible reemplaçar per un esquema dissenyat específicament per a aquest problema.

De manera anàloga al que es descrivia per al cas de la reserva per pujar, resulta clar que la volatilitat de la generació eòlica introdueix un cost addicional d'operació per a la generació flexible, que resol un problema del sistema però que ha de ser remunerada per això, i que és precís reformar els mecanismes d'operació per adaptar-los a aquest nou entorn. En efecte, en aquest moment no estan clars els criteris amb què es decideix quins grups han de parar en una situació d'aquest tipus i quins grups poden romandre acoblats, i tampoc els mecanismes per remunerar aquestes parades. És necessari, doncs, establir procediments perquè la flexibilitat en l'operació es negociï com un servei complementari més, amb criteris d'eficiència econòmica, i evitant en la mesura que sigui possible que els sistemes de cobrament de les primes renovables distorsionin el mercat.

Una possibilitat alternativa que es discuteix sovint per fer front al problema de l'excés d'energia eòlica a les valls és la de comptar amb una demanda flexible que pugui absorbir la producció excedentària. Les centrals hidràuliques de bombament i els cotxes elèctrics són els millors candidats per exercir aquest paper. En general, es tracta de fonts alternatives de flexibilitat que competeixen amb la flexibilitat que aporten les centrals tèrmiques. Si els mercats estan ben dissenyats i els senyals econòmics són els correctes, qualsevol tecnologia que pugui resoldre el problema de manera més barata que la generació tèrmica serà rendible i els inversors decidiran dur-la a terme sense necessitat d'estímuls addicionals. En el cas dels bombaments això és especialment clar, i ja s'estan desenvolupant a Espanya diverses centrals de bombament els projectes de les quals ja existien des de fa anys però que només s'han fet rendibles i que ha estat possible portar-los a la pràctica en aquest moment, quan l'escenari de penetració massiva de generació eòlica sembla clar. També s'aplica un raonament similar al cotxe elèctric, que rebrà una remuneració extra pel suport que proporciona al mercat –en realitat, rebrà un benefici que servirà per abaratir el cost de compra d'energia dels usuaris del cotxe elèctric– que ajudarà a fer-lo més atractiu.

2.2 Inversió

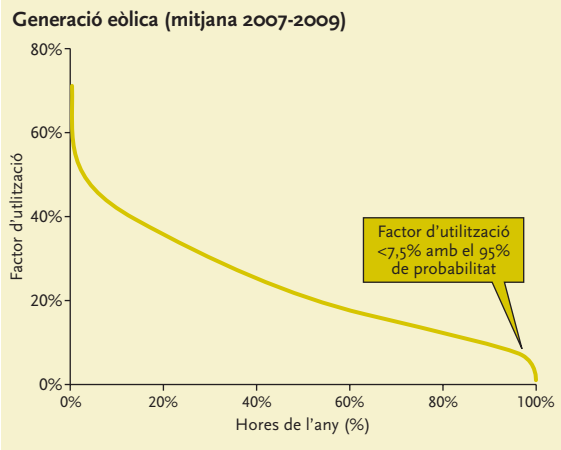
2.2.1 Contribució a la cobertura de la demanda de la generació eòlica

L'apartat anterior se centrava en la necessitat d'aconseguir que els grups de generació flexible proporcionessin suport a les energies renovables, reduint o augmentant a curt termini la seva producció per compensar les variacions de l'energia eòlica. Un aspecte diferent del mateix problema és la necessitat que s'instal·lin en el sistema suficients generadors perquè sigui possible donar servei a la demanda en els casos en què el vent no bufi. L'èmfasi és, en aquest cas, la inversió.

Els estudis de fiabilitat s'empren de manera habitual en els sistemes elèctrics per avaluar si un determinat conjunt de generadors és suficient o no per servir de manera acceptable a una certa demanda. Un tipus d'estudi de fiabilitat, molt senzill, és el que es coneix com a anàlisi de cobertura de la punta de demanda, en què únicament es té en compte un escenari, construït de manera que sigui possible considerar que la probabilitat que a la pràctica es doni un cas més desfavorable és suficientment petita.

REE realitza diverses vegades a l'any estudis d'aquest tipus per analitzar si el volum d'inversió en el sistema espanyol és satisfactori des del punt de vista de la fiabilitat. L'estudi consisteix, molt esquemàticament, a intentar cobrir la demanda horària més alta prevista per al període d'estudi –en general, la demanda de l'hora amb més consum de l'any– amb unes condicions possibles però desfavorables: per a la generació hidràulica, se suposa que ha tingut lloc un any molt sec i es pren únicament la potència que hi pot haver disponible en aquestes condicions; per a la generació tèrmica se suposa que en l'hora de màxima demanda es produeix a més la fallada fortuïta d'una certa quantitat de potència, i per a la generació eòlica es considera que la punta de demanda coincideix amb una hora de poc vent, i únicament s'usa la

Gràfic 5



potència eòlica disponible amb una probabilitat del 95% de ser superada.

Això resulta en una proporció de contribució a la punta de la generació eòlica d'aproximadament el 7,5%. És a dir, que de cada 100 MW eòlics instal·lats en el sistema només es pot comptar amb 7,5 MW a efectes de garantir la fiabilitat del sistema. Cada megawatt de demanda es pot cobrir o bé amb un valor aproximat d'1,15 MW de potència de cicle combinat o bé amb més de 13 MW de generadors eòlics. La generació produïda a partir del vent aporta energia al sistema, però pràcticament no aporta fiabilitat. La potència requerida de la resta de tecnologies per garantir el subministrament quan hi ha potència eòlica en el sistema és pràcticament la mateixa que la que s'hagués requerit si no s'hagués instal·lat l'esmentada potència eòlica. Tanmateix, els grups d'altres tecnologies que s'instal·lin tindran factors d'utilització més baixos, ja que la seva energia no serà necessària en algunes altres hores de l'any, quan la generació eòlica pugui produir.

La possibilitat que no bufi el vent en els instants crítics per al subministrament és inherent a la instal·lació de generació eòlica. Es requereix, per tant, l'existència d'una tecnologia complementària que pugui subministrar a la demanda en els moments en què la producció renovable no està disponible per falta de recurs (vent, sol, etc.). La capacitat de suport és necessària per evitar que el sistema caigui, i sense aquest tipus de suport les energies renovables no poden donar un servei fiable als consumidors. D'aquesta manera, a l'efecte d'analitzar la inversió, s'ha de considerar que el conjunt del generador renovable més la seva corresponent capacitat de suport formen un tot; no s'ha de construir el primer sense la segona[5] i tampoc no es pot estudiar l'un sense l'altra.

2.2.2 Senyals econòmics d'inversió

El problema és llavors aconseguir que s'instal·li en el sistema la potència de suport que requereixen les plantes eòliques. En un sistema de mercat, és la iniciativa pròpia dels agents la que s'ha d'encarregar de construir aquesta capacitat. El regulador s'ha de limitar a assegurar que hi ha els incentius adequats perquè aquestes inversions apareguin quan siguin necessàries.

L'esquema bàsic dels mecanismes d'incentiu a la inversió en els mercats d'electricitat es pot il·lustrar a partir d'un esquema simplificat del mercat[6] on totes les transaccions tenen lloc en el mercat de curt termini (mercat al comptat o *spot*) i es valoren al preu que resulti de la interacció entre l'oferta i la demanda en aquest mercat de curt termini, que coincideix de manera aproximada amb el cost marginal de producció en cada hora –simplificant, el cost variable d'operació de la tecnologia més cara que és necessària en cada hora per cobrir la demanda. Els generadors amb costos similars als del grup que fixa el preu en una determinada hora obtindran un benefici d'operació baix, mentre que els que tinguin costos variables més baixos que aquest rebran una remuneració per sobre del seu

5. En general, és crític per a la promoció de les energies renovables garantir que hi ha suficients mesures de cobertura, ja que un únic incident de fallada de subministrament podria comportar una pèrdua important d'imatge davant de l'opinió pública, que associa l'increment de la producció renovable a una pèrdua de qualitat en el subministrament final, la qual cosa dificultaria notablement el desenvolupament d'aquestes tecnologies.

6. Això es coneix habitualment com a mercats només d'energia o *energy-only markets*.

cost. Aquest últim marge d'operació serveix per compensar el generador per haver hagut de fer inversions més costoses a fi d'aconseguir un cost operatiu menor.

Cada un dels agents observa els preus, estima els beneficis futurs que obtindrà amb cada una de les inversions potencials, i decideix per si mateix quanta generació i de quin tipus vol construir. Els preus actuen com a senyals econòmics d'inversió, de manera que indueixen els agents a fer les inversions que més convenen al sistema.[7] A la pràctica, tanmateix, hi ha diversos factors que posen traves a aquest procés i fan que els senyals econòmics que resulten dels preus de curt termini no siguin suficients. A més de l'existència de barreres d'entrada a la inversió, que òbviament distorsionarien el procés d'entrada de nova capacitat i que impedirien que els senyals econòmics es transformin en decisions d'inversió, que han de ser eliminades sempre que sigui possible, un dels factors més rellevants de distorsió és el risc.

El cas més evident és el d'una central purament de punta –la central amb els costos variables més alts del sistema–, construïda només per funcionar en els moments més crítics en què la demanda és més alta. En moltes de les ocasions en què aquesta planta estigui operant, serà ella la que marqui el preu del mercat i amb prou feines obtindrà remuneració per recuperar els seus costos d'inversió. Únicament obtindrà un preu significativament superior als seus costos de combustible en les escasses hores en què sigui la demanda la que fixi el preu –és a dir, les hores en les quals tota la generació disponible s'estigui utilitzant a plena càrrega i malgrat tot no sigui suficient per cobrir la demanda, de manera que es faci necessari racionar-la. L'estricta teoria econòmica indica que aquestes escasses puntes de preu, moments amb preus molt elevats i amb una durada molt curta, justifiquen per si mateixes la inversió en la planta de punta. Tanmateix, en un mercat sense més pagaments que els que resultin dels preus *spot* de l'energia, a la pràctica la incertesa sobre la remuneració d'un grup que operés d'aquesta manera és extremament alta –poden passar diversos anys sense que es donin aquest tipus de puntes de preus– i dissuadirien qualsevol inversor sensat d'emprendre un projecte així. Siguem més precisos, els inversors requeririen primes de risc tan altes que aquest tipus de centrals només es construirien si la freqüència de les puntes de preus fos molt més elevada del que és acceptable en un sistema i del que és econòmicament òptim. A més, l'existència de preus màxims als mercats, que limiten el valor de les puntes de preus, també contribueix a agreujar el problema.

Per aquest motiu, a fi de cobrir el risc, en la major part dels mercats reals hi ha un percentatge molt alt de transaccions que tenen lloc en els mercats a termini; moltes d'elles en l'entorn de la comercialització –vendes directes dels generadors als consumidors– però també algunes altres en forma de transaccions entre els agents en els mercats de *trading*. Això ajuda a gestionar una bona part del risc de les operacions i s'ha demostrat com una eina bàsica de l'operativa en els mercats. Tanmateix, en els mercats a termini encara és molt difícil poder negociar contractes amb un horitzó superior als dos anys i, per tant, no és possible esmorteir prou els riscos de la inversió. Actualment, els riscos associats a la volatilitat dels ingressos de la punta no es poden cobrir contractant.

Es tracta d'una fallada de mercat, derivada fonamentalment de les dificultats en la percepció del risc de falta de subministrament per part de la demanda. Mentre persisteixi, la major part dels països han optat per suplir-la i dissenyar mecanismes complementaris que compensin la falta de liquiditat dels mercats de termini molt llarg i facilitin la inversió. Aquests mecanismes complementaris suposen generalment pagaments a les centrals en funció de la seva capacitat instal·lada. A Espanya, en concret, hi ha un pagament

7. Si un mercat determinat tingués, per exemple, una proporció excessiva de plantes de punta, aquestes marcarien preu amb freqüència i el preu mitjà en general seria elevat. Això faria que una inversió potencial en una planta de base resultés molt rendible, encara que el seu cost fix fos més elevat, i atrauria nous entrants en aquesta tecnologia. Al seu torn, a mesura que entressin més plantes de base, els grups de punta deixarien de marcar preus en algunes hores, la qual cosa empenyeria els preus del mercat a la baixa i els incentius per construir nous grups de base es reduirien progressivament, fins a assolir un equilibri en el qual els preus tenen un nivell tal que permet als grups de base obtenir una rendibilitat raonable. Aquest equilibri, d'altra banda, coincideix amb combinació tecnològica de mínim cost.

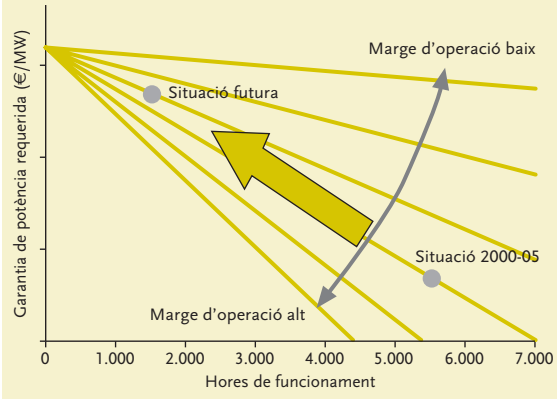
per als generadors que hi ha, amb un valor fixat administrativament de 20.000 €/MW, per a cada megawatt instal·lat en règim ordinari amb posterioritat a l'entrada en funcionament del mercat, que se sol conèixer com a pagament per garantia de potència.

La idea subjacent en molts d'aquests procediments és que aquest pagament serveixi per remunerar aproximadament els costos d'inversió de l'últim grup –sent més precisos, de la tecnologia amb menors costos d'inversió que es pot instal·lar en el sistema per donar cobertura a la punta–, i que coincideix amb la part dels costos d'inversió que s'hauria de recuperar a partir de les puntes de preus. Qualsevol altra alternativa d'inversió –és a dir, qualsevol altra tecnologia amb costos d'inversió més elevats– ha d'aconseguir la resta de la seva remuneració a partir dels preus del mercat. Així, totes les tecnologies reben un pagament fix relativament petit, que és el pagament mínim necessari per mantenir un incentiu a la inversió, però les decisions sobre quins tipus de tecnologies s'instal·len en el sistema continuen estant governades pel mercat, i cada agent decideix per si mateix si prefereix construir un grup de base o un de punta en funció de les seves previsions sobre l'evolució dels preus i les seves possibilitats de recuperar la inversió addicional de les tecnologies de base.

En la major part dels països, el valor del pagament per capacitat s'ha fixat en l'entorn dels costos fixos anualitzats d'una turbina de gas de cicle obert, que és la tecnologia amb costos fixos més baixos de les disponibles. A Espanya, tanmateix, el valor emprat ha estat sempre significativament més baix. L'entrada dels generadors de gas en cicle combinat a partir de l'any 2001 va representar un salt tecnològic important en relació amb les tecnologies anteriors, i això es va traduir en el fet que els cicles combinats van funcionar amb factors de càrrega alts en els primers anys de la liberalització. Així, l'incentiu a la inversió necessari per atreure nous cicles combinats –els seus costos fixos anualitzats menys els seus beneficis d'operació al mercat– era significativament menor que el necessari per atreure una turbina de gas. Això és una conseqüència, bàsicament, del fet que els cicles combinats eren una

Gràfic 6

Canvi en els requisits de garantia de potència



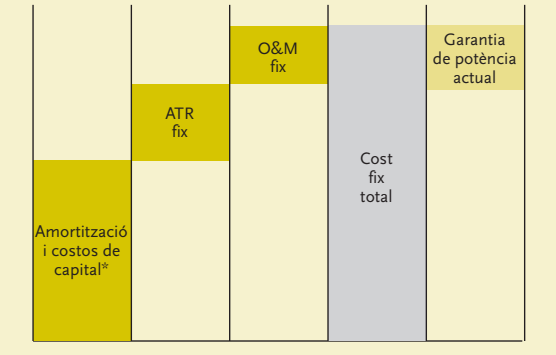
tecnologia molt atractiva per al parc de generació, que el sistema necessitava incorporar inversió d'aquest tipus i, per tant, els mateixos preus del mercat contribuïen a fer atractiva la inversió en aquestes plantes. Gràcies a això, el regulador va poder reduir de manera substancial el pagament per garantia de potència, molt per sota dels valors que haguessin permès construir una turbina de gas de cicle obert. En aquest entorn, aquesta era una mesura adequada, i va ser possible atreure inversió sense problemes.

Ara, però, les circumstàncies han canviat. Les hores en què els preus del mercat són per damunt dels costos d'operació dels cicles combinats són escasses, l'entrada massiva d'energies renovables ha reduït notablement els seus factors d'utilització –i s'espera que la tendència s'accentuï en els anys vinents– i, en general, els marges d'operació que capturen els cicles combinats ja no són tan alts. El valor actual del pagament per garantia de potència no permet construir un nou cicle combinat, ni tampoc cap altra tecnologia de règim ordinari; ha quedat desfasat pel canvi de circumstàncies en el mercat.

L'incentiu per garantia de potència que es necessita per atreure nova inversió actualment coincideix amb el cost fix d'una turbina de gas. Després d'un període en què els cicles combinats eren anormalment competitius, ara totes les tecnologies tornen a tenir reque-

Gràfic 7

Turbina de gas. Costos fixos



* Se suposa una rendibilitat del 7%, igual a la que s'estableix per al càlcul de la tarifa regulada dels parcs eòlics en el RD 661/2007.

riments similars. És necessari, doncs, restablir els valors normals de garantia de potència, els que permetrien recuperar la inversió d'una turbina de gas, que són del voltant de quatre vegades superiors als actuals. Això inclou tant l'amortització de les instal·lacions, com el cost de capital –la remuneració necessària per tenir una rendibilitat raonable–, com la resta dels costos fixos que la planta suporta, especialment el cost fix d'operació i manteniment (O&M), i la part fixa del peatge per ús de la xarxa de gas (ATR).

Dins d'aquests costos, un element que s'ha d'analitzar amb atenció són els costos associats a les infraestructures gasistes. Els nous requisits d'operació dels grups tèrmics, en especial la necessitat de molta més flexibilitat de la que ha estat habitual en el passat, suposa canvis importants sobre l'operació del sistema de gas. Els cicles combinats tendiran a funcionar moltes menys hores, però encara hi haurà moltes ocasions en les quals hagin de produir a plena càrrega. Això significa que les infraestructures de gas requerides seran les mateixes, però es mantindran sense utilitzar durant una part important del temps, amb l'encariment conseqüent. D'altra banda, caldran noves infraestructures, fonamentalment d'emmagatzemament, per fer front a un règim de funcionament amb més fluctuacions derivat de la producció renovable no gestionable. Totes elles són fonts de costos indirectes per al sistema, que també han de ser remunerades d'una manera o una altra. Si aquests increments de cost es traslladessin a les tarifes per ús de la xarxa de gas, suposaria un encariment dels costos fixos de la generació que al seu torn s'hauria de repercutir sobre l'incentiu a la inversió.

En aquest moment d'alta penetració de renovables, coexisteixen dos efectes la combinació dels quals implica riscos per al sistema. D'una banda, és necessària més potència que mai destinada a funcionar poques hores –potència de suport– i, d'altra banda, els incentius per invertir en nova capacitat són més febles que en el passat. Vist tot plegat, s'han de recalcular els valors de la garantia de potència, atès que si no és així no s'instal·larà la nova potència de suport que necessiten les renovables i no serà possible mantenir la fiabilitat del sistema. El canvi en la manera de funcionament dels cicles combinats ha tingut com a conseqüència imprevista l'encariment de la potència de suport. Tanmateix, el regulador ha de ser àgil a l'hora de reconèixer aquest canvi de circumstàncies i reflectir-lo en els preus de la garantia de potència, perquè la necessitat d'aquesta potència serà cada vegada més gran a mesura que entrin més grups renovables, i s'ha de mantenir el senyal econòmic d'inversió.

2.3 Equips existents

Finalment, la instal·lació de generació renovable també té efectes sobre les plantes de generació existents.

2.3.1 Risc regulador

En els últims deu anys s'han construït a Espanya més de 22.000 MW de generació tèrmica –la immensa majoria, cicles combinats de gas–, tots ells a iniciativa dels agents i tots ells en un entorn de mercat. Aquests projectes es van planificar per funcionar amb factors d'utilització entorn del 60%, que era la millor previsió sobre el seu mode d'operació en el moment en què es van construir, i molt probable-

ment haguessin funcionat d'aquesta manera si les energies renovables no haguessin modificat notablement aquest panorama. El 2009, el factor d'utilització dels grups tèrmics va estar per sota del 40%, i les estimacions arriben a estar per sota del 20% per al futur. No és que els grups no siguin necessaris, ja que, com es discutia en els apartats anteriors, la seva potència continua sent indispensable en el sistema per aportar-hi cobertura i flexibilitat, sinó que les hores d'utilització baixen dràsticament, ja que durant molts períodes, quan els grups renovables sí que produeixen, els generadors tèrmics no són necessaris.

Tenint en compte que l'element bàsic de remuneració dels cicles combinats són els ingressos que obtenen de les seves vendes al mercat, aquesta dràstica reducció del seu mode de funcionament implica inevitablement una reducció equivalent dels marges d'operació i, per tant, dels ingressos de l'inversor. La remuneració de les inversions en cicles combinats s'ha reduït de manera molt notable després de l'entrada a gran escala de generació renovable al mercat.

No obstant això, en un esquema competitiu no ha d'estranyar que algunes inversions no siguin rendibles i que d'altres obtinguin beneficis extraordinaris. És part de l'essència del mercat que les decisions d'inversió que finalment resultin més favorables per al sistema rebin més ingressos i que les que es vegin perjudicades per algun canvi imprevist en les condicions del mercat tinguin una rendibilitat menor. En aquest sentit, les decisions dels agents estan subjectes a tot un conjunt de riscos que poden modificar radicalment els seus beneficis. Per exemple, un canvi en els preus del petroli, o del gas, pot reduir de manera important el marge operatiu d'una determinada tecnologia, i afectar-ne els ingressos. Factors com els preus dels combustibles, l'evolució de la demanda, les estratègies dels competidors, l'hidraulicitat i molts d'altres són riscos als quals l'inversor està subjecte quan opera en un mercat i que poden fer que la seva rendibilitat passi d'un extrem a un altre en funció de com evolucionin. Tots ells són riscos de mercat.

En el moment de prendre la decisió de construir una planta, cada agent ha d'avaluar l'impacte d'aquests riscos i incorporar-los al seu procés de decisió. Si finalment decideix invertir, aquests riscos formaran part inherent del negoci en el qual està entrant i, a mesura que es materialitzin en un sentit o en un altre, serà el mateix agent qui n'haurà d'absorbir l'impacte sobre els resultats. L'únic que és necessari perquè aquest procés funcioni correctament és que el regulador mantingui unes regles de joc estables, de manera que els inversors coneguin bé els riscos a què s'enfronten. Dit d'una altra manera, en una bona regulació els inversors estan subjectes al risc del mercat, que hauran d'intentar controlar, i estan lliures de riscos reguladors, ja que aquests escapen al seu control.

Les decisions de política energètica que han fet créixer l'energia d'origen renovable que s'injecta en el sistema no són un risc de mercat, sinó un risc regulador. Les fonts de generació el volum de les quals respon bàsicament a criteris regulats –el règim especial– estan creixent de manera molt important, i redueixen progressivament el buit que queda per al mercat. És la regulació la que decideix el nivell de creixement i el seu ritme, i la que està desplaçant de la cobertura de la demanda els generadors que es regeixen essencialment per criteris competitius. No són circumstàncies normals del mercat que formin part dels riscos que cada agent ha d'assumir, sinó que són decisions administratives que han modificat el marc de joc dels participants en el mercat i que era molt difícil que aquests poguessin anticipar –el gràfic 2 il·lustra com l'objectiu d'energia eòlica per a l'any 2020 establert pel Govern el 1999 es va incrementar a més del triple en la revisió de l'any 2005–, però que han afectat dràsticament la seva retribució.

Els agents que van decidir la seva inversió en el mercat abans que s'incrementessin els objectius renovables no s'haurien de veure perjudicats per la decisió administrativa posterior d'apostar pel creixement de la potència del règim especial, que indirectament comporta també canviar la manera de funcionament de les plantes tèrmiques existents. Per a aquests inversors, el canvi dels criteris de foment de les renovables comporta un risc originat per la regu-

lació, difícilment previsible i certament no controlable. Són aquests riscos reguladors els que s'han d'evitar en implantar polítiques energètiques.

No obstant això, la possibilitat d'originar un problema d'aquest tipus no ha de ser un obstacle perquè el regulador desenvolupi les mesures de política energètica que consideri necessàries. Són moltes les circumstàncies en les quals s'han introduït canvis en el mercat –la liberalització el 1998 o el comerç d'emissions el 2005 en són només dos exemples– que no són incompatibles amb l'estabilitat de la regulació. La manera d'evitar que es produeixin efectes indesitjats per als agents del mercat consisteix a compensar els afectats de forma que el canvi regulador resulti neutre per a ells. Això permet, d'una banda, mantenir l'equitat del sistema i impedir que alguns agents es vegin perjudicats per decisions del regulador que no podien preveure, i d'altra banda, afavoreix el comportament a llarg termini del sistema i, en particular, de la inversió, en permetre als agents confiar en el fet que les regles són estables i que els seus futurs costos de capital no quedaran penalitzats pel risc regulador.

En el cas de la introducció de la generació renovable, la forma més senzilla d'establir aquesta compensació consisteix a aprofitar el mateix tipus de mecanismes que s'utilitzen per donar un senyal d'inversió. És possible fer un reajustament del valor dels pagaments per capacitat que també permeti compensar la pèrdua de rendibilitat dels cicles combinats existents causada per la política energètica. Es tracta que els generadors que van entrar al mercat en el passat rebin un cert amortiment dels efectes que comporta per a ells passar de funcionar com a generador d'energia pràcticament de base a funcionar únicament com a generació de suport, com a resultat d'un conjunt de decisions administratives.

2.3.2
Eficiència dinàmica

Es pot considerar que la necessitat de compensar els cicles combinats pel canvi regulador és un símptoma d'algun altre desajust. Al mercat, la inversió s'adapta per ella mateixa i de forma progressiva als canvis de circumstàncies, de manera que si apareix en el mercat una gran quantitat de generació eòlica, el normal és que l'entrada de nous equips s'hi adapti, i es reconfiguri el parc perquè torni a ser una solució de cost mínim, de manera automàtica i sense necessitat d'establir mecanismes especials d'adaptació. Per exemple, l'entrada de més renovables pot donar lloc a un retard en l'entrada de grups tèrmics, o al fet que entrin centrals més adequades per funcionar en punta o, en general, que els inversors adaptin les seves decisions al nou entorn.

Tanmateix, això no ha estat possible en els últims anys. L'entrada de generació eòlica ha estat tan ràpida i imprevista que moltes decisions d'inversió han quedat desadaptades al cap d'uns quants anys. No ha estat possible decidir la instal·lació dels grups tèrmics tenint en compte l'entrada de la producció renovable. Aquest problema no està necessàriament associat a l'existència d'un objectiu ambiciós d'energia eòlica, sinó que està associat a la dificultat d'anticipar l'objectiu esmentat i prendre decisions d'inversió en conseqüència en la resta del sistema. Els agents que van decidir construir els cicles combinats no podien saber que les seves circumstàncies d'operació serien unes altres. Si, en lloc del ràpid creixement de la generació renovable, els objectius s'haguessin conegut amb prou antelació per influir en les decisions d'inversió i la trajectòria hagués estat prou gradual per minimitzar el volum de generació que queda desadaptada, el parc hagués evolucionat per si sol, s'hauria format una combinació tecnològica adaptada a l'alta penetració eòlica i el sobrecost per al sistema hagués estat menor.

Aquesta falta de gradualitat és la que fa que els grups tèrmics hagin tingut un perjudici associat al risc regulador i que hagin de ser compensats per això. Aquest cost addicional en què incorre el sistema es deu al fet que les renovables s'han incorporat de manera brusca en lloc de gradual. Aquest ritme d'entrada de les energies verdes forma part de la política energètica –i no té sentit discutir-ho ni aprovar-ho sense tenir en compte els requisits mediambientals a què respon la política esmentada–, però és important reconèixer que l'alternativa

més ràpida introdueix un cost extra en el sistema que ha de ser remunerat. Les solucions que representen una implantació gradual de les polítiques energètiques permeten un funcionament més complet del mercat i augmenten de manera notable l'eficiència en costos del sistema.

3
Conclusions i propostes

Espanya està sent pionera en la introducció de les energies renovables en el subministrament elèctric. Gràcies a l'esforç realitzat en els últims anys, el sistema està assolit un nivell en el qual el volum d'aquest tipus d'energies ja representa un percentatge significatiu de la demanda. Això ha estat possible, entre altres factors, per l'existència de generació de cicle combinat que ha donat suport a aquest desenvolupament, i implicarà canvis en les condicions de funcionament del mercat, que ara s'haurà d'adaptar a les característiques peculiars –fonamentalment pel que fa a la volatilitat i dificultat de predicció– de les tecnologies renovables. Hi ha diversos efectes adversos per al sistema associats a l'entrada massiva d'energies verdes al mercat que s'han identificat en les seccions anteriors. Cap d'ells no ha de representar un obstacle insalvable per a la implantació de les energies verdes, però tots ells necessiten que s'adoptin mesures adequades per gestionar-los i per evitar que originin l'aparició de problemes importants en el funcionament del mercat.

3.1
Operació

Les necessitats de flexibilitat en l'operació augmentaran notablement amb el creixement de la producció renovable i els mecanismes de serveis complementaris actuals no estan dissenyats per a certes maneres de funcionament que en el futur seran cada vegada més habituals.

És necessari reformar els procediments d'operació del sistema i, en particular, els mecanismes per assignar reserves terciàries de manera que es reconegui que els grups tèrmics hauran d'incórrer en costos addicionals, previs al lliurament de l'energia terciària, per poder prestar algun d'aquests serveis, i cal tenir en compte a més que respondre a les necessitats del sistema pot implicar costos i redespatxos que afectin diverses hores consecutives en l'horitzó d'operació. En definitiva, l'operació dels grups tèrmics per poder proporcionar els requeriments del sistema es complicarà de manera notable i, en conseqüència, els mecanismes de reserves s'han d'adaptar per facilitar que aquestes siguin assignades amb criteris econòmics i de mercat.

3.2
Inversió

Una part important dels generadors renovables amb prou feines aporta potència a la cobertura de la punta i necessita que hi hagi altres recursos disposats a donar-los cobertura quan no puguin produir. El nivell actual dels incentius a la inversió que hi ha en el sistema espanyol –garantia de potència– ja no és suficient per atreure nova capacitat, necessària per a l'esmentada cobertura.

S'ha de recalcular el valor mínim del pagament per capacitat que és necessari per atreure inversió en potència de punta, per a això cal emprar les dades de costos i ingressos de mercat més recents sobre totes les tecnologies que poden aportar la potència esmentada i cal tenir en compte que les condicions d'inversió per als cicles combinats són ara menys favorables que fa uns anys. Tot això ha de servir per actualitzar el valor de la garantia de potència. Les estimacions indiquen que serà necessari augmentar-lo al voltant de quatre vegades per aconseguir que entri nova capacitat en el sistema quan sigui requerida i evitar que la fiabilitat del sistema es deteriori progressivament.

3.3
Equips existents

L'entrada de generació renovable ha desplaçat energia de les inversions realitzades anteriorment, en

general cicles combinats, cosa que ha afectat la rendibilitat que té. És necessari compensar l'efecte de la regulació sobre les decisions empresarials preses de forma racional abans que canviés la regulació –no s'ha de garantir la remuneració d'aquests grups, només evitar que els canvis reguladors els perjudiquin.

Una solució senzilla per dur-ho a terme és emprar el mecanisme de garantia de potència per, a més d'atreure noves inversions, esmorteir el risc regulador dels agents ja existents. És necessari calcular quin és el valor de garantia de potència que es requeriria per restablir l'equilibri en la remuneració d'aquests grups i comprovar si és suficient que rebin l'incentiu a la inversió –amb els valors actualitzats– o si han de rebre un pagament per capacitat una mica més gran que reflecteixi que les seves inversions han quedat desadaptades com a conseqüència de les decisions de política energètica.

Eficiència energètica i ecoeficiència en la indústria: el paper de les energies renovables

Alfonso Aranda Usón
CIRCE, Centre Politècnic Superior, Universitat de Saragossa

1 Introducció

L'Agència Internacional de l'Energia, des del seu informe al G8 el juliol de 2006, i la Comissió Europea insisteixen en la necessitat de contenir o disminuir l'augment de la demanda energètica i d'augmentar el pes dels recursos renovables en la cistella energètica.

L'eficiència energètica s'ha d'integrar a un concepte més ampli d'ecoeficiència, que considera consums directes (energia final) i consums indirectes (energia incorporada als productes i serveis). A l'eficiència en energia final se li ha prestat atenció en els plans per fomentar l'estalvi i l'eficiència energètica per part de l'Administració pública. Però els consums indirectes en materials, transport i aigua necessaris per fabricar els productes que consumim indueixen gran quantitat de consum energètic, i aquest punt de vista s'assoleix des de l'ecoeficiència.

Una primera raó que justifica la disminució dels consums energètics i el canvi de model és l'elevada i preocupant dependència energètica d'Espanya de l'exterior. Entre el 75% i 85% de l'energia primària que es consumeix s'importa de l'exterior (*La energía en Espanya*, MITiC, 2008).

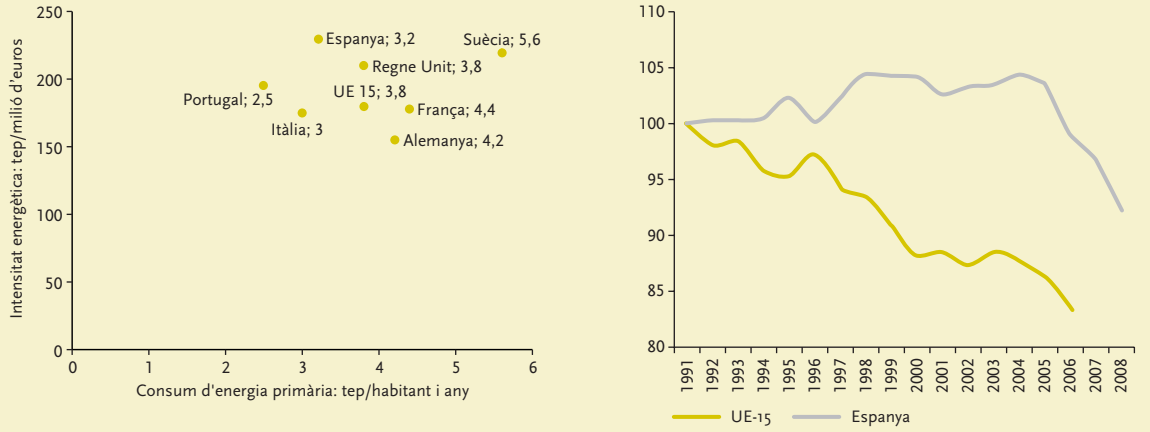
Les solucions cal buscar-les en les alternatives energètiques, des del punt de vista de l'oferta, i en l'estalvi i l'eficiència, des del punt de vista de la demanda. Quant a les alternatives energètiques, el pes que tindran les energies renovables, sempre que es compleixin les expectatives del Pla d'energies renovables 2005-2010, serà del 12,1% del total del consum d'energia primària l'any 2010. Queda un altre 87,9% preocupant, que s'ha de disminuir en termes absoluts si volem qualificar de sostenible el nostre desenvolupament a mitjà termini.

En la mateixa Estratègia Espanyola d'Eficiència Energètica (E4) es reconeixen les limitacions del model espanyol en termes de disminució de consums.

L'indicador d'intensitat energètica relaciona els consums energètics amb la riquesa generada (producte interior brut, PIB) d'un país. En el gràfic 1 podem observar que Espanya és un dels països de la UE menys

Gràfic 1

Intensitat energètica i consum d'energia final per càpita a Espanya i a diferents països de la UE



Font: Eurostat.

eficient en termes d'intensitat energètica i que, tanmateix, el consum per habitant és relativament baix encara que superior a Itàlia i Portugal, països amb què comparteix climatologia. La intensitat energètica final d'Espanya va ser el 2006 un 24% superior a la mitjana de la UE-15 i un 18% superior a la mitjana de la UE-27.

Les conclusions són clares: a Espanya hi ha un baix consum per habitant en termes relatius amb altres països europeus, fins i tot d'àrees geogràfiques amb una climatologia semblant.

El consum d'energia final per càpita va tenir un increment del 3% entre els anys 1996 i 2006 en la UE-27; en el cas d'Espanya aquest increment va ser del 28%, de manera que es va passar de 3,29 tep a 3,70 tep. Concretament, entre els anys 1980 i 2006, el consum d'energia final s'ha incrementat a Espanya en un 102,4%. Durant la segona meitat dels vuitanta es va produir un fort creixement econòmic a Europa i encara més gran a Espanya, en un context de reducció de preus energètics i d'entrada del nostre país a la Comunitat Europea, cosa que ha donat lloc a un creixement mitjà del consum final d'energia del 3,80% anual en els últims tretze anys.

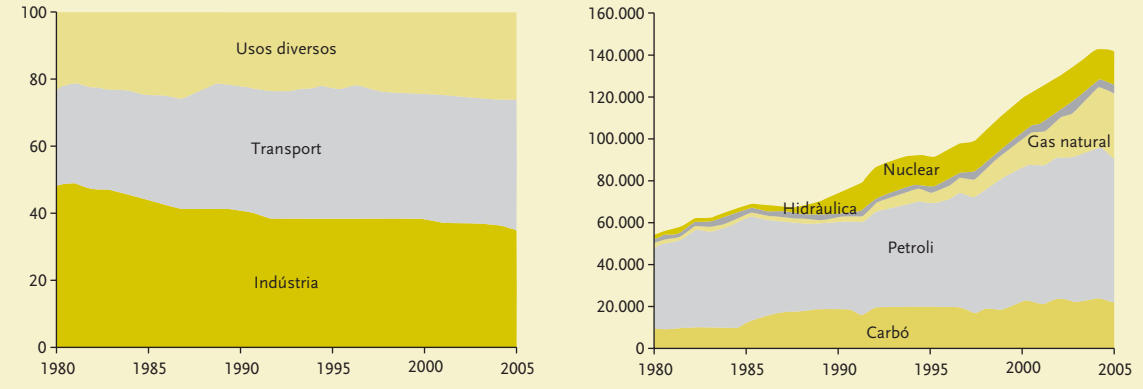
La tendència decreixent que mostra l'indicador d'intensitat energètica de la UE (gràfic 1) és comuna en països membres, com França, Alemanya, Irlanda o el Regne Unit. A Espanya, des de l'any 2006 s'aprecia una caiguda en l'indicador d'intensitat energètica com a conseqüència de la posada en marxa dels plans d'acció de la E4 i de la desacceleració econòmica soferta al nostre país, encara que no és clar quant es deu a cada causa.

Respecte del repartiment del consum d'energia primària, en les últimes dècades el sector industrial (34%) ha cedit pas al sector del transport (38,2%) i a usos diversos (28,8%), on s'aglutinen els sectors terciari, residencial, comercial i de serveis (gràfic 2).

Quant a les fonts energètiques, en l'actualitat la meitat del consum total d'energia primària es basa en productes petrolífers. Al contrari, el gas natural ha passat de ser un recurs testimonial –1,5% del consum el 1975– a cobrir al voltant del 21,5% del nostre consum primari l'any 2008, i es presenta com la font amb més perspectives de creixement a mitjà termini. L'energia nuclear, molt reduïda el 1975 (3,4%), representa actualment un 11,1% del consum total d'energia. El carbó, en disminució, té avui un pes en l'estructura de consum primari del voltant del 14,2%. Finalment, les energies renovables, que actualment representen el 7,5% aproximadament del consum d'energia primària, han augmentat la seva aportació en valor absolut i se n'ha diversificat l'origen, especialment en l'última dècada.

Gràfic 2

Evolució del repartiment i del consum d'energia primària (ktep)



Font: Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme.

Quadre 1

Eficiència en la transformació d'energia primària en final per a l'electricitat a Espanya

Transformació d'energia	Eficiència %
Carbó	35,9
Fueloil	37,1
Nuclear	33,0
Gas natural	50,8
Renovables	79,0

Font: IDAE.

2

Consum d'energia elèctrica

El 14,8% de l'energia final que es consumeix a Espanya és electricitat (MITiC, 2008). Aquesta dada adquireix més representativitat en donar-la en termes d'energia primària, ja que el 38,2% d'aquesta energia es dedica a la generació d'electricitat. L'any 2008 l'eficiència del sector elèctric espanyol va ser, per tant, d'un 38,8%, derivat de les pèrdues en la generació i el transport i la distribució. És a dir, des del punt de vista de l'ecoeficiència, l'electricitat és una font energètica amb baixa eficiència (segons la combinació elèctrica actual a Espanya). El quadre 1 permet comparar els rendiments de diverses tecnologies.

El gràfic 3 reflecteix la tipologia d'instal·lacions generadores d'electricitat que hi ha a Espanya. S'hi aprecia un alt grau d'instal·lacions de cicle combinat i renovables. Si a la potència incorporem les hores de treball a l'any obtenim l'energia generada.

3

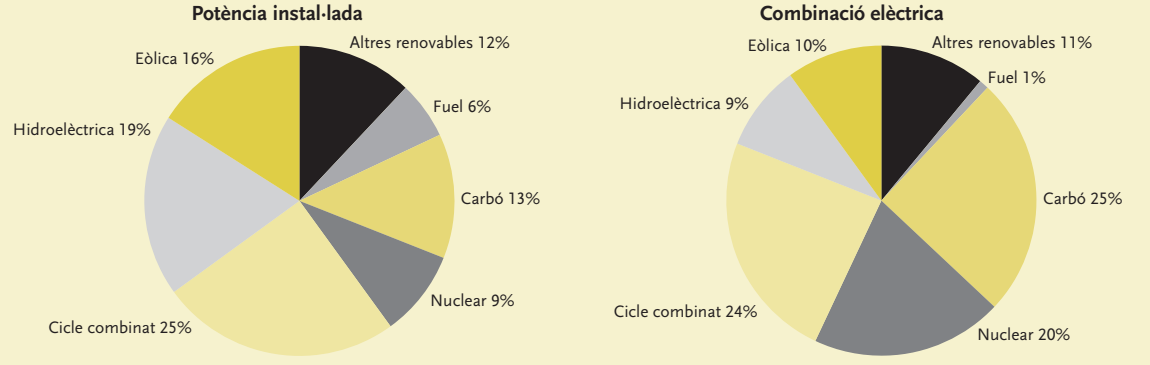
Estratègia espanyola de canvi climàtic i energia neta 2007-2012-2020

El protocol de Kyoto va quantificar els objectius de països industrialitzats en una reducció del 5,2% respecte de les seves emissions de gasos d'efecte d'hivernacle (GEH) registrades l'any 1990. L'objectiu per a Espanya és del +15% (respecte de la situació de 1990). Tanmateix, les emissions de GEH a Espanya van augmentar el 2007 un 1,8% respecte de l'any anterior, amb la qual cosa se situen en un 52,3% respecte dels nivells de 1990 (any base fixat pel Protocol de Kyoto), segons l'informe *Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España 1990-2007*, presentat per Comissions Obreres i el World Watch Institute (Rodrigo i Santamarta, 2008) (gràfic 4).

Els autors afirmen que aquest incompliment obligarà Espanya a pagar prop de 4.000 milions d'euros

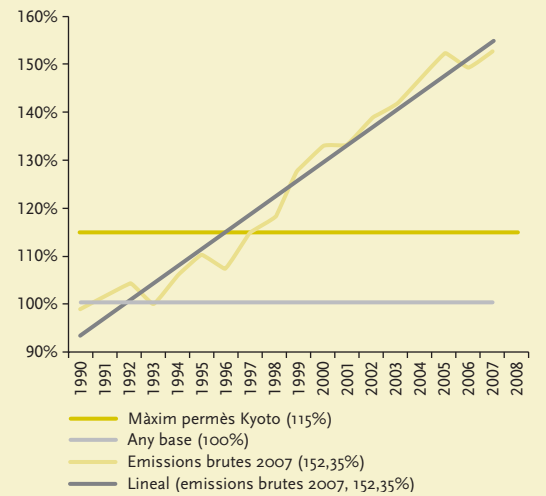
Gràfic 3

Potència en generació elèctrica instal·lada a Espanya el gener de 2009 i combinació elèctrica espanyola de 2008



Gràfic 4

Evolució de les emissions de GEH a Espanya (1990-2007)



Font: Rodrigo i Santamarta, 2008.

per poder comprar drets d'emissió al mercat internacional i així complir el Protocol de Kyoto.

Per sectors, les emissions totals en CO_2 eq a Espanya entre 1990 i 2007 han estat les següents:

- Sector energètic. És el major responsable del conjunt de les emissions, ja que el 2007 va representar el 78,7% del total, amb un augment del 63,4% respecte de l'any 1990. El volum més gran d'emissions es deu a la generació d'electricitat (24,3%) i al transport per carretera (22,9%), on les emissions s'han duplicat des de 1990 (van créixer un 97% entre els anys 1990 i 2007).
- Els processos industrials diferents a la combustió, com la producció de ciment (3,9%), la indústria química i la metal·lúrgica, van representar el 2007 el 8%, amb un augment del 33% respecte de l'any base de 1990, inferior a la mitjana. La resta del sector industrial representava un 16,1% del total de les emissions.
- L'agricultura i la ramaderia representen el 10,6% del total de les emissions de GEH, amb un augment del 14% respecte de l'any base, molt inferior al dels altres sectors emissors.
- Els residus representen el 2,9% del total de les emissions de GEH, amb un augment del 74% respecte de l'any base. Les emissions de metà són les més importants.

L'Estratègia Espanyola de Canvi Climàtic i Energia Neta - Horitzó 2007-2012-2020 (EECCEL) té com a objectiu prioritari que les emissions de GEH no superin el 37% respecte de l'any base. Per aconseguir-ho tindran un paper protagonista les energies renovables. Les fonts d'energia han de ser significativament més netes que les utilitzades avui dia i han de tenir una ràpida penetració en el mercat perquè el seu efecte es deixi notar.

4

Polítiques d'eficiència energètica a Espanya

4.1
Estratègia Espanyola d'Eficiència Energètica 2004-2012 (E4)

Les línies bàsiques de l'E4 per potenciar l'eficiència energètica a Espanya passen per:

- Incentivar la utilització de les energies renovables.
- Impulsar les centrals de generació de cicle combinat de gas per produir electricitat.
- Promoure l'estalvi i l'eficiència energètica mitjançant incentius econòmics.
- Potenciar la penetració de biocombustibles.

L'E4 s'articula mitjançant el Pla d'acció 2005-2007 (PAE4) i 2008-2012 (PAE4+), que consta de mesures que afecten set sectors: indústria, transport, edificació, serveis públics, equipament residencial i ofimàtic, agricultura i transformació d'energia. L'E4 ha representat una inversió en el trienni 2005-2007 de 7.926,3 milions d'euros, entre recursos privats i públics (729,1 milions d'euros, la meitat dels quals han estat aportacions de la tarifa elèctrica, 350,22 milions). Per sectors, el volum més gran d'estalvi energètic previst, un 44% del total, es localitza en el transport: 3,1 milions de tones equivalents de petroli (tep).

Les principals mesures de l'E4 són les següents:

- Realització d'auditories energètiques en diversos sectors industrials.
- Implantació de plans de transport en totes les empreses i centres d'activitat de més de 200 treballadors, a fi de reduir l'ús del vehicle privat.
- Millora de la gestió de les infraestructures amb l'estricte control de la velocitat a les carreteres per tal d'optimitzar el trànsit.
- Renovació del parc automobilístic (Pla Prever, sistema fiscal...).
- Aprovació del Codi tècnic de l'edificació i del procediment de certificació energètica d'edificis.
- Substitució de 7 milions de làmpades incandescents per làmpades de baix consum.
- Renovació de les instal·lacions d'il·luminació del sector terciari.
- Substitució de 840.000 làmpades de vapor de mercuri per les de vapor de sodi en l'enllumenat públic exterior.
- Pla Renove d'electrodomèstics, que ha comportat la renovació de dos milions d'aparells en tres anys.

El PAE4+ estima que generarà entre el 2008 i el 2012 un estalvi d'energia primària acumulat de 87,9 milions de tones equivalents de petroli (l'equivalent al 60% del consum d'energia primària a Espanya durant l'any 2006). La inversió total serà de 22.185 milions d'euros.

La metodologia de treball de l'E4 compara dos escenaris de futur. Un escenari base, en el qual es fa una prospectiva sense modificar les tendències alcistes de consums energètics. I un altre escenari, el d'eficiència o objectiu de l'E4, en el qual s'inclouen els resultats de les mesures plantejades en l'estratègia. La comparació d'ambdós escenaris porta a l'estalvi potencial que es pot obtenir.

El consum d'energia primària en aquest escenari d'eficiència de l'E4 superarà els 180 milions de tep en el 2012, la qual cosa comporta un increment del consum d'energia final del 41,7%, de manera que es passarà dels 2,3 tep/hab. de l'any 2000 a 3,2 tep/hab. l'any 2012. Per tant, s'assumeix que encara que hi hagi un grau més elevat d'eficiència energètica, el consum final serà més gran, per la qual cosa es produirà la divergència dels estàndards de sostenibilitat. El gràfic 5 mostra el repartiment sectorial del consum final d'energia previst l'any 2012 en els dos escenaris, i amb això els estalvis d'energia estimats amb l'E4.

Sectorialment, és la indústria qui presenta, juntament amb l'agricultura, un objectiu més reduït d'estalvi (8,9% i 7,9%, respectivament, d'estalvi d'energia primària respecte de l'any base 2005), ja que en algunes branques industrials les entrades (*inputs*) energètiques tenen un pes rellevant en l'estructura de costos, i es tracta del sector en el qual més millores d'eficiència

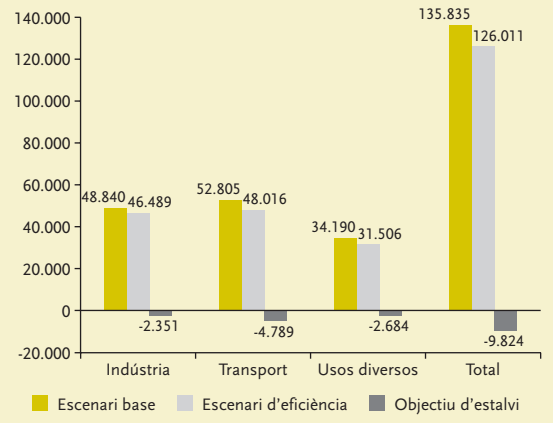
Quadre 2

Objectius més importants de l'E4

	Pla d'acció de l'E4+ 2005-2012			
	Estalvi energètic		Emissions evitades	Inversió total
	Final (ktep)	Primària (ktep)	($ktCO_2$)	(k€)
Indústria	18.166	25.764	61.607	2.160.179
Transport	35.320	38.747	121.962	2.905.864
Edificis	8.660	16.788	39.529	16.766.008
Equipament residencial i ofimàtic	2.009	5.255	11.725	3.325.522
Agricultura	1.454	1.698	5.285	1.192.648
Serveis públics	750	1.930	4.227	1.725.194
Transformació de l'energia	0	9.758	26.258	1.989.756
Total	**66.360**	**99.940**	**270.593**	**30.065.171**

Gràfic 5

Consum d'energia final el 2012 per sectors



Font: E4.

s'han introduït i més s'ha controlat el creixement del consum d'energia.

En conjunt, el consum final d'energia l'any 2012 se situa en uns 126.000 ktep, amb una taxa mitjana de creixement del 2,8% anual des de l'any 2000.

El cost de cada tCO_2 eq evitades per l'E4 ascendeix a 111 euros i el cost de cada kWh d'energia final estalviat, a 0,038 euros.[1] S'observa que els avantatges econòmics de l'estalvi d'energia són clars, però els d'estalvi d'emissions de GEH són molt petits, donat l'alt cost que tenen associat. Per tant, es requereix un canvi de model, ja que els models actuals són insostenibles també des del punt de vista econòmic.

El consum d'energia primària en el període 2000-2012 s'incrementarà un 39% si es compleix l'escenari d'eficiència, i si considerem l'increment total en el període 1990-2012 serà del 101%. Sense les accions promogudes per l'E4, aquest increment seria d'un 109%. La millora en la productivitat, les noves tecnologies, la implantació d'energies renovables i una R+D adequada han d'incentivar fites de disminució de consums en termes absoluts.

Són necessàries, per tant, altres accions que recolzin les iniciades en aquesta estratègia per aconseguir un resultat d'estalvi i eficiència.

4.2 Pla d'energies renovables 2005-2010

L'estalvi i l'eficiència energètica han d'anar de la mà de la transformació neta de l'energia primària en energia final. L'any 1999, l'Institut per a la Diversificació i l'Estalvi d'Energia (IDAE) va posar en marxa el Pla de foment de les energies renovables 1999-2010 (PFER) per tal que les fonts renovables arribessin a cobrir l'any 2010 com a mínim el 12% de la demanda total d'energia primària, d'acord amb un escenari general d'estalvi energètic.

Si bé des de l'aprovació del Pla, en el període 2000-2004, el consum global d'energies renovables va aug-

1. L'estalvi d'energia final de 66.360 ktep (quilotones equivalents de petroli) equival a 771.803.666.666 kWh.

mentar de manera significativa en 2,7 Mtep a escala nacional, aquest creixement es va considerar insuficient per assolir els objectius del PFER, ja que només suposava un compliment del 28,4% de l'objectiu d'increment global.

Per això, l'agost de 2005 es va aprovar un nou Pla d'energies renovables 2005-2010 (PER) per tal de reforçar els objectius prioritaris de la política energètica, que són la garantia de la seguretat i qualitat del subministrament elèctric i el respecte al medi ambient, i amb la determinació de donar compliment als compromisos d'Espanya en l'àmbit internacional i europeu.

D'acord amb el context energètic més probable, el denominat escenari "tendencial", els objectius del PER 2005-2010 apunten que el 12,1% del consum d'energia primària l'any 2010 sigui proveït per energies renovables, a més d'una producció elèctrica amb aquestes fonts del 30,3% del consum brut d'electricitat i un consum de biocarburants del 5,83% sobre el consum de gasolina i gasoil per al transport aquell mateix any.

Per complir els objectius anteriorment esmentats, el PER estableix la posada en marxa i/o el manteniment d'un conjunt de mesures per a les diferents àrees tecnològiques, entre les quals es poden destacar les següents:

- En l'àrea eòlica, la revisió de la planificació del sector de l'electricitat i el desenvolupament de centres de coordinació de parcs eòlics que agrupin instal·lacions d'una mateixa empresa o d'un determinat àmbit territorial.
- En l'àrea hidroelèctrica, es proposa mantenir les condicions del Reial decret 436/2004, així com fomentar concursos públics en infraestructures de l'estat i aprofitar els cabals ecològics.
- Respecte de l'energia solar tèrmica, les principals mesures són l'aprovació del Codi tècnic de l'edificació i l'aplicació de suports públics a les inversions. En l'àrea solar termoelèctrica, es proposa incrementar el límit del marc legal fins als 500 MW. Així mateix, en l'àrea solar fotovoltaica es proposa mantenir les primes establertes en l'actualitat.
- En l'àrea de la biomassa, es planteja recolzar la tecnologia de cocombustió i l'autorització de primes superiors per a la generació elèctrica amb biomassa.
- Finalment, en l'àrea de biocarburants, es proposa estendre l'esquema actual d'incentius fiscals.

5

Les polítiques d'eficiència energètica a la UE

Una vegada analitzades les polítiques energètiques fetes a Espanya, convé contextualitzar-les amb els objectius més importants per al 2020 de la UE-25, que es resumeixen en els següents:

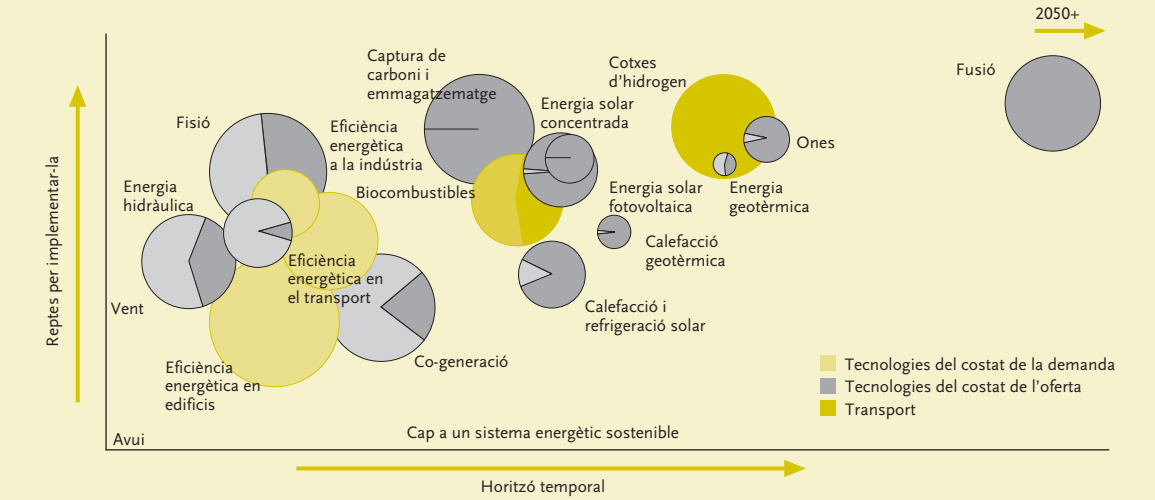
- Reduir en un 20% les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle comparades amb les de l'any 2005 (i en un 30% si hi ha un acord global entre països).
- Incrementar la participació de les fonts renovables al 20% de la combinació energètica (incloent un 10% de biocarburants).
- Millorar l'eficiència energètica estalviant el 20% del consum d'energia primària.

Les polítiques que està implantant la UE per aconseguir els objectius de l'any 2020 són l'estalvi energètic, la substitució de combustibles fòssils, la utilització de les energies renovables i l'energia nuclear, i la captura i emmagatzemament de CO_2.

La UE ha fet l'anàlisi de les tecnologies disponibles fins a l'any 2050 que s'observa en el gràfic 6. Des del costat de la demanda, és a dir, de l'eficiència energètica hi ha molt per fer en el sector de l'edificació, el transport i l'industrial. El potencial és bastant gran. Des del costat de l'oferta, hi ha una gran varietat d'opcions, moltes d'elles ja avançades, com la fissió nuclear i l'energia eòlica. Altres tecnologies estan bastant més madures, com la hidràulica i la cogeneració. A mitjà termini, en l'horitzó del 2020-2030, apareixen com a grans substituts d'aquestes tecnologies la captura i emmagatzemament de CO_2; la solar per a la generació elèctrica, tant fotovoltaica com de concentració, i per a la generació de calor, col·lectors

Gràfic 6

Tecnologies per assolir la sostenibilitat en els sistemes energètics



tèrmics i cicles d'absorció de fred, i aprofitaments geotèrmics. Una mica més llunyans en el temps, se situen en petita escala els aprofitaments geotèrmics per a la generació d'electricitat i l'energia marina de les ones.

6

Eficiència energètica i ecoeficiència

Valero (1994) defineix eficiència com la quantitat d'*output* obtingut per unitat d'*input* utilitzat, i el cost, com la inversa de l'eficiència, és a dir, la quantitat d'*inputs* necessaris per obtenir una unitat d'*output*.

La definició més bàsica d'eficiència energètica es deriva de la primera llei de la termodinàmica i de la relació entre les mesures d'energia útil (Berndt, 1978; Patterson, 1996). Quan es tenen en compte la calor residual i altres pèrdues, l'eficiència es converteix en el 100%, ja que l'energia no "desapareix", però es degrada, passa d'una forma disponible a altres formes menys disponibles. Per exemple, l'energia en forma de vapor d'alta pressió pot realitzar més treball útil que la mateixa quantitat d'energia en forma de calor a baixa temperatura. El concepte d'*exergia* proporciona una mesura general de la capacitat per dur a terme un treball útil i pot ser aplicat tant a les entrades com a les sortides de processos de conversió. L'exergia d'un portador d'energia pot ser diferent de la seva calor continguda (energia), encara que ambdós es mesuren en kWh. L'exergia es consumeix en els processos de conversió.

El concepte d'exergia condueix a una segona definició de l'eficiència energètica, basada en la segona llei de la termodinàmica. L'eficiència mesurada, segons aquesta segona definició, és amb freqüència més petita que la primera, i suggereix un potencial més gran de millora. Per exemple, segons la definició derivada de la primera llei d'eficiència, un equip de calefacció amb resistència elèctrica per efecte Joule pot tenir una eficiència superior al 99%. Tanmateix, amb la segona llei disminueix fins al 5%, atès que l'electricitat consumida amb alt contingut energètic es converteix en calor en l'ambient de molt baix contingut energètic. Aquesta segona definició se sol aplicar en nivells tecnològics alts, com pot ser un procés industrial, més que a un consumidor final o individu d'un sector.

El plantejament d'un model energètic ecoeficient s'ha de fer des de quatre enfocaments fonamentals, els quatre "pro-":

- Productes: aquest enfocament tracta d'analitzar l'eficiència del producte en tot el seu cicle de vida, des de les matèries primeres que entren en el seu procés de fabricació, fins a l'ús en la seva vida útil i els residus que es generen en el seu rebuig.
- Processos: els processos de fabricació de béns i serveis tenen un grau de millora que és necessari aprofitar per optimitzar-los mitjançant l'aplicació de noves tecnologies, noves tècniques de fabricació, i la millora en la gestió dels recursos. Amb això s'aconsegueix estalvi i eficiència energètica.
- Procediments: les mesures en productes i processos s'han de validar mitjançant una metodologia i uns procediments que serveixin per a diferents sectors, de manera que el coneixement de les millors tècniques disponibles[2] (MTD) arribi a tots els agents interessats sense necessitat d'una gran especialització.
- Promoció i difusió de mesures per obtenir el màxim efecte multiplicador possible.

La consciència mediambiental és fonamental a l'hora de gestionar qualsevol empresa de manera mediambientalment sostenible. Els recursos consumits i els residus produïts s'han de minimitzar, amb la intenció de reduir l'impacte sobre el medi ambient i aconseguir així, alhora, reduir els costos econòmics d'explotació de l'empresa. Aquest concepte es denomina ecoeficiència.

El terme *ecoeficiència* va ser encunyat pel World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) en la seva publicació de l'any 1992 *Changing Course*, segons el qual una empresa es pot considerar ecoeficient "quan és capaç d'ofertar productes i serveis a un preu competitiu, que satisfan necessitats humanes, incrementant la seva qualitat de vida i reduint progressivament l'impacte mediambiental i la intensitat de l'ús de recursos al llarg del seu cicle de vida, almenys fins al nivell de capacitat de càrrega del planeta", és a dir, quan és capaç de produir més amb menys.

L'ecoeficiència ha d'estimular la creativitat i la innovació, en la recerca de noves maneres de fer les coses. Les oportunitats d'ecoeficiència poden sortir en qualsevol punt al llarg de tot el cicle de vida del producte. De fet, les oportunitats per a l'ecoeficiència es poden trobar en la reenginyeria dels processos, en la valoració dels coproductes (ecologia industrial i logística inversa), en el redisseny dels seus productes (eines d'ecodisseny i anàlisi de cicle de vida) i en el replantejament dels mercats (funcionalitat dels productes, economia dels serveis...).

7 Eines d'ecoeficiència

7.1 Anàlisi de cicle de vida

Per aconseguir la minimització de l'impacte mediambiental, la gestió empresarial s'ha de fer tenint una visió global del procés, des del bressol fins a la tomba, de manera que es coneguin els recursos consumits per unitat de producte i els residus que es generen. Aquesta perspectiva només s'assoleix amb l'anàlisi del cicle de vida (ACV), que constitueix una eina de gestió mediambiental per assolir l'ecoeficiència.

La metodologia ACV, que analitza el producte des de l'origen fins al final, és l'eina més eficaç d'ajut a dissenyadors i empreses per identificar oportunitats de millora ambiental per als seus productes i processos.

7.2 L'ecodisseny de productes

L'ecodisseny es pot definir com el conjunt d'accions orientades a la millora mediambiental d'un producte en l'etapa inicial de disseny, mitjançant la millora

2. Els documents que recullen aquestes MTD en l'àmbit europeu són els denominats documents BREF; hi ha 33 documents aprovats ja per la Comissió Europea i actualment estan en revisió 9 d'aquests documents. Es poden consultar a http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/ipcc/mtd.htm

de la funció que exerceix, la selecció de materials amb menys impacte per a la seva fabricació, l'aplicació de processos de mínim impacte ambiental, la millora en el transport i en l'ús del producte, i la minimització dels impactes en la disposició final del producte.

Keoleian i altres (1993) i Montmany i Rieradevall (2005) van presentar un conjunt d'estratègies generals de disseny per complir els requeriments ambientals que apareixen resumits en el quadre 3.

Quadre 3

Estratègies generals de disseny

Categoria	Estratègia
Extensió de la vida del producte	Durabilitat Assegurament de l'adaptabilitat Increment de la fiabilitat Extensió de les opcions de servei Simplificació del manteniment Facilitat de reparació Permís de refabricació Facilitat de reutilització
Reducció de l'impacte ambiental	Facilitat del reciclatge Utilització de materials reciclats
Selecció del material	Substitució de materials tòxics Reciclabilitat Ús de recursos renovables Disminució del pes i del volum
Conservació de recursos	Reducció del consum de materials Ús d'energies renovables Atemporalitat
Generació del producte	Substitució per processos més eficients en l'ús d'energia i materials Millora del control de procés Control d'inventaris Disminució d'emissions Tractament adequat
Distribució eficient	Optimització del transport Reducció d'envasos i embalatges Utilització d'altres materials d'embalatge Utilització de nous combustibles més respectuosos amb el medi ambient
Millora de la gestió	Valorització energètica dels residus Proveïdors més responsables Ecoetiquetatge i publicitat

Font: adaptat de Keoleian *et al.* (1993) i Montmany i Rieradevall (2005).

7.3 La logística inversa

La logística inversa gestiona el retorn de les mercaderies a la cadena de subministrament de la forma més efectiva i econòmica possible. D'aquesta manera, s'encarrega de recuperar i reciclar envasos, embalatges i residus perillosos, així com dels processos de retorn d'excessos d'inventari, devolucions de clients, productes obsolets i inventaris estacionals. Fins i tot s'avança al final de la vida del producte, per tal de donar-li sortida en mercats de més rotació.

Rogers i Tibben-Lembke (1998) mostren algunes xifres per a l'estat real de la importància de la logística inversa. Els costos de logística s'estima que representen aproximadament el 10,7% de l'economia dels Estats Units. D'aquests costos, la logística inversa representa aproximadament el 4% i el 0,5% del total del PIB dels Estats Units.

A tall d'exemple, cal destacar que el volum total de residus que generen a Espanya el sector automobilístic, el d'electrodomèstics de línia blanca i de línia marró, i el de tecnologies de la informació ascendeix a més d'1.200.000 tones anuals. D'aquestes tones, 780.000 són de metalls i més de 100.000 corresponen a plàstics i vidres.

En l'empresa moderna és usual veure que aquesta recupera productes o materials dels seus clients, ja sigui per revalorar-los o com a servei de postvenda. Aquest procés invers va ser anomenat logística inversa per Luttwak (1971) i avui forma part d'una tendència, la cadena de subministrament inversa, en la qual els fabricants dissenyen processos eficaços per reutilitzar els seus productes (Guide i Van Wassenhove, 2002).

7.4 L'economia dels serveis

Aquesta estratègia consisteix bàsicament a no vendre productes industrials, sinó el servei que els esmentats productes presten. Per exemple, una empresa dedicada a la producció de rentadores oferiria un

servei de bugaderia, en el qual es responsabilitzaria del correcte funcionament, manteniment i eventual retirada de la rentadora, ja que seria propietat de l'empresa i no del client.

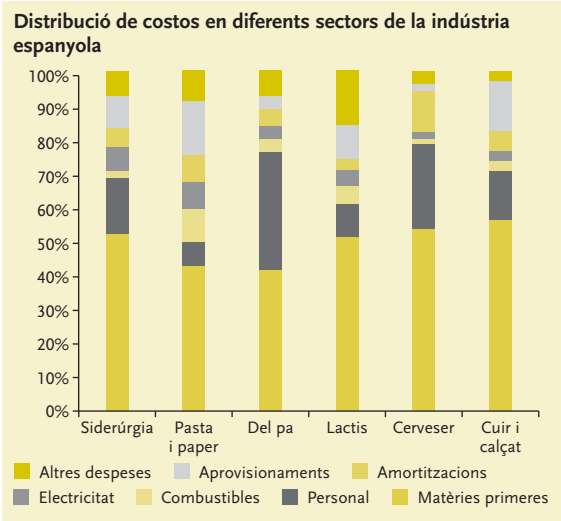
Oferir serveis als clients motiva les empreses a fabricar productes duradors, d'alta qualitat, fàcilment reparables i actualitzables a mesura que millora la tecnologia, i en els quals sigui còmoda i barata la reutilització de components per a la fabricació de nous productes per posar al servei dels seus clients aplicant processos de logística inversa.

7.5 L'ecologia industrial

L'anàlisi dels fluxos d'energia i materials de l'economia és un aspecte àmpliament estudiat per l'economia ecològica (Georgescu-Roegen, 1971; Martínez i Roca, 2000) i, concretament, l'anàlisi del metabolisme industrial és estudiada per l'ecologia industrial (Ayres i Simonis, 1994). L'ecologia industrial observa el funcionament dels processos productius industrials com sistemes oberts i, per tant, en cert grau insostenibles. Segons Ayres i Simonis (1994), un sistema és tancat si no hi ha recursos o abocadors externs. En aquest sentit, la Terra és un sistema tancat. Un cicle tancat de fluxos pot ser sostingut indefinidament només per mitjà d'un flux continu d'energia lliure. Això es deriva de la segona llei de la termodinàmica, que indica que l'entropia global s'incrementa en cada procés reversible. Un sistema industrial és un sistema obert en el qual els nutrients són transformats en rebuigs, però no són significativament reciclats.

Els problemes mediambientals creats per les indústries tenen el seu origen en l'ús de processos de producció lineals, basats en l'extracció de matèries primeres i combustibles fòssils, el processament de les matèries i l'energia, i la devolució dels residus als sistemes naturals. En contraposició, els metabolismes circulars proporcionen un model de sistema industrial per a una economia sostenible i productiva. Aquests metabolismes tenen caràcter renovable, i sense residus, ja que en aquesta economia cíclica natural cada residu d'un procés es converteix en la matèria primera d'un altre, i així els cicles naturals es tanquen. Aquesta és la base de l'ecologia industrial, que constitueix, per tant, un nou enfocament del disseny industrial de productes i processos, i de la implementació de noves estratègies sostenibles de fabricació.

Gràfic 7



Font: E4 (2004-2012).

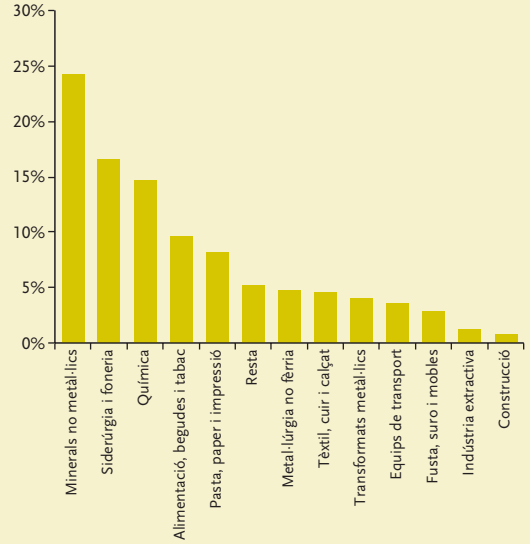
8 Sector industrial

Un dels greus errors del model de creixement de l'economia espanyola i de la seva pèrdua de productivitat és la seva ineficiència energètica. En el cas d'Espanya, l'augment experimentat en el consum d'energia final (CEF) entre els anys 2001 i 2004 ha estat del 14,7%, mentre que el VAB industrial ha crescut a un ritme d'un 9,4%, la qual cosa dóna senyals d'un empitjorament de l'indicador d'intensitat energètica de la indústria, indicador que mesura l'eficiència del sector industrial pel que fa a consum energètic.

En el gràfic 7 s'aprecia l'escàs pes energètic en l'estructura de costos de la indústria, llevat del sector

Gràfic 8

Distribució del consum energètic en el sector industrial a Espanya



Font: Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, 2007.

de pasta i paper, i per tant constitueix una primera explicació de per què no hi ha més eficiència energètica en el sector industrial a Espanya.

Així, en el sector siderúrgic, gran consumidor energètic, l'energia elèctrica representa un 7% en l'estructura de costos, i la resta de combustibles, un 2,3%. En el sector del paper, inclosa l'energia primària usada en les cogeneracions, l'electricitat representa un 8%, i la resta de combustibles, un 10%.

El cost de les matèries primeres en molts d'aquests sectors és elevat, mediambientalment valorades com a cost d'extracció. Carpintero (2005) assenyala que els sectors econòmics que més contribueixen al creixement econòmic són els que proporcionalment generen més contaminació.

Històricament, l'eficiència industrial creix a Espanya a una taxa molt baixa, un 0,5% anual. L'any 2007, tres sectors acaparaven el 55% del consum industrial total: minerals no metàl·lics, siderúrgia i foneria, i químic (gràfic 8).

És necessari matisar les dades del gràfic 8. La indústria de la fusta, suro i mobles, i la de pasta, paper i impressió consumeixen més del 10% del total del sector industrial. En part, això es deu al fet que la major part de les instal·lacions de cogeneració estan en aquests sectors. Aquests sistemes són grans consumidors d'energia, cosa que fa augmentar dràsticament les emissions generades. Tanmateix, la cogeneració és un dels sistemes més eficients de generació conjunta d'electricitat i calor, i per tant cal potenciar-ne el desenvolupament i la implantació. Aquesta dada serveix per reflexionar sobre si el sistema comptable de consums energètics i imputació d'emissions de GEH ha de ser en origen (en els processos) o en destinació (en els productes acabats), i si cal aplicar-lo al consumidor de l'energia o al generador. Les dobles comptabilitats han d'ajudar a prendre decisions en aspectes com aquest. No s'ha de mesurar només en el focus emissor, sinó al llarg de tot el cicle de vida del producte.

Per fonts energètiques, el principal consum d'energia en el sector industrial el representa el gas natural, amb un 42,7% (13.292 ktep); seguit de l'electricitat, que suposa un 29% (9.021 ktep), i amb menor importància relativa dels productes petrolífers, 16,1% (5.013 ktep); el carbó, 7,7% (2.395 ktep), i finalment les energies renovables, que augmenten lentament com a font d'energia final per a la indústria. La suma de les energies renovables considerades (alguna cosa de solar tèrmica –1,29 ktep– i gairebé tot de biomassa) ascendeix a 1.352 ktep, el 4,3%.

A escala nacional, el sector industrial representa el 15% de l'ocupació total, amb 3.123.100 empleats, cosa que genera un VAB de 132.419 milions d'euros, xifra que suposa també un 15% del VAB nacional. A més, aquest sector és responsable del 24,4% de les emissions de GEH totals. A Espanya hi ha 3.174.393 empreses (2008), el 93,9% de les quals són empreses sense assalariats o microempreses.

Quatre sectors de les activitats empresarials sostenen gairebé dues terceres parts del total d'activitats empresarials: el comerç (23,8%), les activitats immobiliàries (19,5%), la construcció (14,1%) i l'hoteleria (8,9%), i cap d'elles no està classificada com

a empresa industrial, que per la seva part té una participació de només el 7,6%, la qual cosa representa el percentatge menor en les activitats empresarials.

8.1
Cap a un nou model energètic industrial

Els objectius que necessàriament s'han de complir per aconseguir un nou model són els següents, tots ells derivats del concepte d'*ecoeficiència*:

- Fomentar la utilització de l'ecodisseny en el sector industrial.
- Impulsar, promocionar i implantar l'economia dels serveis en l'economia.
- Implantar l'ecologia industrial en els polígons existents i els de nova promoció.
- Aprofitar les oportunitats de la logística inversa al nostre territori.
- Sistematitzar l'ús de l'anàlisi del cicle de vida dels productes.
- Fomentar el consum racional i eficient de l'energia.
- Fomentar la robustesa i la durabilitat dels productes.
- Informar el consumidor final sobre aspectes mediambientals del producte que compra i divulgar-los. Etiquetatge energètic dels productes.
- Adequar la normativa de les instal·lacions en règim especial connectades a xarxa per facilitar la incorporació de petites instal·lacions en els polígons industrials que potenciïn les energies renovables i la generació distribuïda.

En el sector industrial, part de l'energia final consumida ho és com a matèria mateixa en els processos productius (aproximadament el 26,0% de l'energia final consumida l'any 2000). Els subsectors químic (5.711 ktep) i de la construcció (2.021 ktep) representen el 85% de la utilització dels productes energètics com a matèria primera. Tot i ser significatiu aquest consum d'energia final per a usos no energètics, l'Estratègia d'Estalvi i Eficiència Energètica no hi ha marcat objectius d'estalvi.

8.2
El paper de les energies renovables en la indústria espanyola

La viabilitat econòmica de les energies renovables se sol avaluar a partir d'un balanç econòmic que considera la inversió que cal fer i els costos i ingressos d'explotació.

Tanmateix, també hi ha costos i beneficis externs que en l'actualitat no es consideren en avaluar la viabilitat del projecte (el cas més il·lustratiu és el del benefici sobre el medi ambient, encara que també cal destacar la independència energètica de l'exterior, la vertebració del territori, la creació de llocs de treball, el desenvolupament de tecnologia pròpia...), però que en cas que s'internalitzessin i es quantifiquessin en termes econòmics inclinarien clarament la balança cap al costat de les renovables.

La millora de les tecnologies de les energies renovables i la reducció dels costos que tenen repercuteixen positivament sobre l'activitat industrial. Per exemple, l'aprofitament energètic dels residus de tipus orgànic (biomassa residual) o les aplicacions de la solar tèrmica de baixa temperatura en empreses del sector agroalimentari ofereixen la possibilitat d'incrementar-ne els beneficis com a resultat de reduir el consum que fan de combustibles fòssils. Ja que són els dos aprofitaments més típics en la indústria, en els apartats següents analitzem ambdós casos.

8.2.1
Energia solar

L'energia solar és una font d'energia inesgotable a escala humana que permet plantejar múltiples possibilitats d'utilització. Les tres formes d'aprofitament més habituals són l'energia solar tèrmica, la solar termoelèctrica i la solar fotovoltaica.

L'energia solar tèrmica consisteix en la captació de la radiació del Sol i la seva transformació en calor per al seu aprofitament en diverses aplicacions mitjançant els captadors solars.

Un captador solar és un dispositiu capaç de captar l'energia que aporta la radiació solar i utilitzar-la per escalfar un fluid (generalment aigua amb anticongelant) a una certa temperatura. L'aplicació més generalitzada de l'energia solar tèrmica és complementar la producció d'aigua calenta, i és capaç de cobrir fins a un 70% de les necessitats tèrmiques al llarg de l'any. Per tant, l'habitual és que aquest tipus de sistemes serveixi de suport a un sistema energètic convencional (caldera, escalfador, etc.).

Encara que menys estesa, l'energia solar tèrmica també s'utilitza com a suport a instal·lacions d'escalfament de piscines exteriors o cobertes, instal·lacions de calefacció per terra radiant (ja que requereixen temperatures més baixes que els sistemes de radiadors convencionals) o instal·lacions de producció de fred per mitjà d'equips d'absorció, capaços d'aprofitar la calor produïda pels captadors durant els mesos d'estiu i convertir-la en fred.

Els sistemes d'energia solar tèrmica s'utilitzen majoritàriament en el sector terciari (66% en el sector domèstic i 28% en el sector dels serveis) per a l'aportament d'aigua calenta sanitària en els serveis domèstics que proveeixen.

Els ingressos econòmics que s'obtenen són els derivats de l'estalvi de combustible substituït. Normalment l'esmentat combustible és gasoil C, gas natural o electricitat. Així, per a un sistema que proveeix un consum anual d'unes 20.000 tèrmies a l'any (uns 40 m² de superfície col·lectora), corresponent per exemple a un edifici multifamiliar o d'habitatges en bloc de 25 habitatges amb una ocupació de 100 persones, el retorn de la inversió (*pay back*) oscil·la entre els 16 i 19 anys, depenent del combustible utilitzat (gas natural, gasoil o electricitat). Quan la mida augmenta fins a un consum de 350.000 tèrmies anuals (600 m² de superfície col·lectora), per exemple, d'un hotel de quatre estrelles amb 450 llits aproximadament, s'obté un període de retorn de la inversió de 13 anys i una TIR de projecte del 6% per al cas del gas natural i del 7% per al cas del gasoil C.

8.2.2 Biomassa

Entre les energies renovables que s'utilitzen en els processos productius del sector industrial, destaca l'ús de productes d'origen orgànic (vegetal, animal o procedent de la seva transformació) per produir energia. Productes tan diferents com la palla de cereal, els purins, les closques d'ametlla, els llots de depuradora i la llenya s'agrupen sota el terme genèric de *biomassa*.

La característica comuna de tots ells és que l'energia que contenen és energia solar emmagatzemada directament o indirectament a través d'un procés recent de fotosíntesi. Els principals usos energètics de la biomassa són la generació de calor (aigua o aire calent, vapor, etc.), d'electricitat o de carburants.

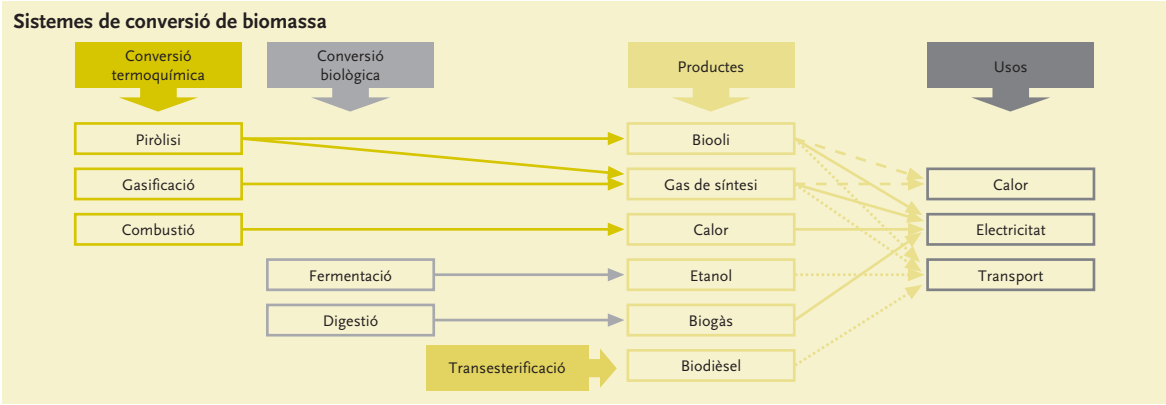
Hi ha dos beneficis mediambientals de la biomassa que són distintius d'aquesta font d'energia. En primer lloc, a diferència dels combustibles fòssils, la combustió de la biomassa no contribueix a augmentar la concentració de gasos d'efecte d'hivernacle, perquè el diòxid de carboni que s'allibera forma part de l'atmosfera actual (és el que absorbeixen i alliberen contínuament les plantes durant el seu creixement) i no del subsòl, capturat en èpoques remotes, com el carbó, el gas o el petroli. En segon lloc, l'aprofitament energètic de la biomassa suposa en moltes ocasions convertir un residu en un recurs.

Són importants per la seva quantia els residus obtinguts en empreses de primera transformació de la fusta (serradores i fàbriques de taulers), els generats en l'extracció d'oli de pinyolada d'oliva i els obtinguts en l'elaboració de fruits secs (closca d'ametlla). La utilització d'aquestes restes és molt variable, encara que de manera general és la biomassa residual més aprofitada. En aquests casos l'estacionalitat es deu a les variacions de l'activitat industrial que els genera.

L'energia que s'obté a partir de la fracció orgànica dels residus sòlids urbans (RSU) és un altre tipus de biomassa. Hi ha plantes de tractament d'RSU en les quals, després d'una etapa de classificació, la fracció orgànica s'incinera en un forn i es produeix vapor tant

Gràfic 9

Sistemes de conversió de biomassa



per escalfar edificis com per generar electricitat. Als abocadors, la descomposició de la biomassa genera un gas ric en metà (biogàs o gas d'abocador), que es pot recollir per poder utilitzar-lo com a combustible en motors de gas.

La biomassa residual humida engloba les aigües residuals d'origen orgànic, resultat de l'activitat humana a les ciutats mateixes, les instal·lacions agropecuàries i les indústries. Se sol sotmetre a tractaments biològics que produeixen tres beneficis: l'aprofitament energètic de la biomassa, la disminució de la seva càrrega contaminant i la generació de subproductes amb un gran valor fertilitzant. El procés de conversió de la biomassa residual humida és la digestió (anaeròbia per a aigües amb altes concentracions de matèria orgànica i aeròbia per a aigües no molt carregades). La digestió produeix un gas amb un alt contingut en metà que es coneix com a biogàs i que s'usa com el gas natural.

Quan es vol generar energia amb biomassa, es pot optar per diferents sistemes tecnològics. L'elecció entre un sistema i un altre depèn de les característiques dels recursos, de la quantia disponible i del tipus de demanda energètica requerida.

El gràfic 9 esquematitza els diferents sistemes de conversió de la biomassa (a més dels productes obtinguts i dels seus principals usos), entenent la biomassa com l'extracció del seu potencial energètic o la seva transformació en un producte valuós des del punt de vista energètic, com és el cas dels biocarburants.

En general, els sistemes comercials que hi ha al mercat per a l'aprofitament de la biomassa residual seca es basen en processos de conversió termoquímica. Aquests processos inicien certes reaccions químiques mitjançant l'aportament de calor. Hi ha tres tecnologies diferents: pirròlisi, gasificació i combustió.

Des del punt de vista econòmic, hi ha dos casos molt comuns que s'usen en la indústria: la utilització de biomassa com a combustible en calderes per a calefacció o calderes industrials, i la cogeneració amb biomassa en petites instal·lacions.

Biomassa per a usos tèrmics

Els costos inicials d'una instal·lació de biomassa són diferents segons la potència nominal de què es tracti, però en tot cas són superiors al d'una instal·lació convencional de gas natural (al voltant del doble) i una mica més grans al d'una instal·lació de gasoil. Tanmateix, el cost del combustible és bastant més baix que el de fonts d'energia fòssil, com el gasoil o el gas natural. En el quadre 4 es mostren els paràmetres característics d'una instal·lació tipus de biomassa.

Aquestes dades es contrasten amb les obtingudes d'altres instal·lacions que utilitzen combustibles fòssils (quadre 5) per analitzar de manera aproximada l'avantatge comparatiu des del punt de vista econòmic de la biomassa davant altres tecnologies.

Quadre 4

Caracterització d'un sistema de calefacció domèstica amb biomassa			
Potència bruta	1.000 kW	IPC estimat	3%
Vida útil	20 anys	Inversió	200 €/kW
Hores operació anual	1.000 hores/any	Costos d'operació i manteniment	3 c€/kWh
Producció neta	65 tep/any	Rendiment global	75%
Recursos propis	100%	PCI combustible	3.000 kcal/kg
Increment anual de costos d'explotació	IPC		

Quadre 5

Caracterització d'un sistema de calefacció domèstica amb combustible fòssil			
Potència bruta	1.000 kW	IPC estimat	3%
Vida útil	20 anys	Inversió	100 €/kW
Hores operació anual	1.000 hores/any	Costos d'operació i manteniment	4,5 c€/kWh (gas nautral) 7 c€/kWh (gasoil)
Producció neta	70 tep/any	Rendiment global	82%
Recursos propis	100%	PCI combustible	10.000 kcal/m³
Increment anual de costos d'explotació	IPC		

Quadre 6

Caracterització d'un sistema de generació elèctrica amb cultius energètics			
Potència bruta	5.000 kW	Ingressos explotació (tarifa fixa 2008)	15,1501 c€/kWh
Vida útil	20 anys	Increment anual del preu de l'energia	IPC-0,25 (fins a 2012) IPC-0,5 (des de 2012)
Hores operació anual	7.500 hores/any	IPC estimat	3%
Producció elèctrica	37.500 MWh/any	Inversió	1.800 €/kWh
Recursos propis	100%	Costos d'operació i manteniment	7 c€/kWh
Increment anual de costos d'explotació	IPC	Rendiment global	22%

Analitzant els dos casos, el resultat de la comparativa llança una recuperació de la sobreinversió en calderes de biomassa de 7 anys respecte del cas del gas natural, i de 3 anys respecte del cas del gasoil C. A partir d'aquí, les diferències són positives cap a la biomassa. L'anàlisi incremental a partir de la TIR (flux de caixa o *cash flow* anual de combustible fòssil menys flux de caixa anual de biomassa) té com a resultat una rendibilitat del 17% quan es tracta de gas natural i del 43% quan es tracta de gasoil C.

Biomassa per a usos elèctrics

Una de les aplicacions més usuals de la biomassa són les instal·lacions de cogeneració per a la producció conjunta de calor i electricitat. Es poden utilitzar com a biomassa els residus agrícoles, els forestals, els d'indústries agropecuàries, o biomassa específica per a aquesta finalitat, com són els cultius energètics, amb propietats en la seva composició química i amb poder calorífic adequat per a la combustió en caldera.

Segons el tipus de combustible utilitzat, els ingressos per kWh generat i venut a la xarxa són diferents. L'anàlisi econòmica ofereix resultats molt positius, amb períodes de retorn de la inversió de 4 anys i taxes de rendibilitat més grans del 25%. Al contrari, la tecnologia utilitzada és en ocasions poc madura, per la qual cosa les avaries i els imprevistos sorgeixen amb més freqüència de l'esperada, i les hores anuals

Quadre 7

Caracterització d'un sistema de generació elèctrica amb biogàs			
Potència bruta	2.000 kW	Ingressos explotació (tarifa fixa 2008)	10,2935 c€/kWh
Vida útil	20 anys	Increment anual del preu de l'energia	IPC-0,25 (fins a 2012) IPC-0,5 (des de 2012)
Hores operació anual	7.000 hores/any	IPC estimat	3%
Producció elèctrica	14.000 MWh/any	Inversió	1.500 €/kWh
Recursos propis	100%	Costos d'operació i manteniment	2,5 c€/kWh
Increment anual de costos d'explotació	IPC	Rendiment global	27%

d'operació estimades disminueixen, al mateix temps que la vida útil dels equips.

Una altra forma cada vegada més desenvolupada de produir electricitat és mitjançant la utilització de biogàs generat en digestors, a partir del tractament de residus biodegradables (fonamentalment ramaders), de llots d'estacions depuradores d'aigües residuals, d'efluents industrials i de la fracció orgànica dels residus sòlids urbans. La mida de les instal·lacions a partir de la qual la producció tèrmica o elèctrica amb biogàs es pot considerar viable és generalment gran.

En el sector industrial, el biogàs és comunament aplicat en empreses cerveseres, sucreres, d'alcohols, làcties, oleiques, etc. Per la seva part, en el sector ramader es requereixen grans extensions d'explotacions intensives i, a causa de la competència d'altres tecnologies, com l'assecatge de purins mitjançant gas natural, el biogàs s'utilitza molt poc en l'actualitat.

En el quadre 7 podem veure els paràmetres que es consideraran per a l'estudi de viabilitat d'una planta tipus de generació elèctrica amb biogàs.

Analitzant aquestes dades en un compte de resultats, obtenim una TIR del projecte del 30% i un període de recuperació d'uns 4 anys. Com es veu, les dades econòmiques són molt interessants. Tanmateix, les condicions de garantia d'abastament de matèria primera per a la generació de biogàs, així com els possibles increments en els costos d'explotació o disminució d'hores de treball, a causa de problemes d'operació i manteniment per la dificultat del tractament dels residus, generen incerteses que fan necessàries rendibilitats altes perquè hi hagi promotors disposats a desenvolupar aquest tipus de projectes.

9 Conclusions

Amb l'avenç en el desenvolupament dels països, cada vegada són més apressants els problemes en el medi ambient i es fa imprescindible protegir-lo des de tots els sectors. Les iniciatives a favor d'un desenvolupament sostenible han generat actuacions concretes, com per exemple la sèrie de normes ISO 14000 sobre gestió ambiental d'empreses, les ISO 14040 sobre estandardització d'anàlisi de cicles de vida, les reglamentacions de la Unió Europea EMAS (*Eco-Management and Audit System*), o plans de l'Administració, com l'Estratègia Espanyola d'Eficiència Energètica 2004-2012 i el Pla d'energies renovables 2005-2010 al nostre país.

En un futur, una gran part de la gestió mediambiental de les empreses tindrà lloc en la interfase entre empresa i consumidor. A través de l'elecció de productes de menor impacte ambiental, el consumidor tindrà la possibilitat d'influir sobre els fabricants perquè dissenyin/fabriquin productes amb el mínim impacte ambiental possible. D'aquesta manera, les característiques mediambientals d'un producte passaran a ser un factor decisiu, com són el preu o la qualitat.

Pràcticament totes les mesures i iniciatives dutes a terme pels diferents països es fonamenten en l'optimització dels processos i deixen sense valorar els productes o serveis mateixos com a potencial de mi-

llora. És a dir, no hi ha un enfocament cap a l'ecoeficiència dels productes, sinó que són necessàries accions complementàries per obtenir la disminució neta del consum energètic.

Per exemple, l'E4 promou en el període 2005-2012 un estalvi energètic respecte a un escenari tendencial de 99.940 ktep d'energia primària, que evitarien l'emissió de 270.593 ktCO_2 eq amb una inversió total de 30.000 milions d'euros en aquell període. Ara bé, l'estalvi energètic té lloc en termes relatius, no en termes absoluts. L'escenari eficient final incorpora un increment del consum del 40% respecte de l'any 2000.

Els paràmetres més importants que cal tenir en compte en una política adequada d'estalvi i eficiència energètica enfocada als productes són la durabilitat, la fiabilitat, la reparació, la reutilització, la reciclabilitat, la desmaterialització, l'ecoetiquetatge, les ecotaxes, la promoció i publicitat (formació i informació), la distribució eficient (optimitzar i minimitzar el transport) i la valorització o metabolització energètica dels residus. Aquest enfocament s'ha de complementar amb els actuals d'eficiència energètica i integració d'energies renovables en els processos.

La comptabilitat energètica i d'emissions de GEH actual per sectors econòmics segueix la comptabilitat econòmica tradicional des del punt de vista d'activitat CNAE. Aquesta comptabilitat és vàlida quan es vol aplicar a paràmetres macroeconòmics de productivitat energètica, o consum o emissions per habitant... és a dir, en termes econòmics, socials, laborals, etc. Des del punt de vista energètic i mediambiental, donat el caràcter horitzontal de l'energia i que tots els sectors estan interconnectats, és molt complicat millorar un procés de producció i saber que no ha repercutit negativament en cap altre. Per això per aplicar l'ACV dels productes i serveis és necessària la comptabilitat per producte fabricat o servit. Si es pretenen estudiar els productes en comptes dels processos, cal imputar l'energia i les emissions al consumidor, i no al productor.

Des del punt de vista de l'ecoeficiència, l'enfocament de l'estalvi i l'eficiència energètica no solament té en compte els consums directes, sinó a més els consums indirectes. Una manera d'estalviar energia i emissions és consumir menys materials, aigua i energia.

En l'actualitat, en els processos industrials hi ha tecnologies viables tècnicament i econòmicament per a l'aprofitament de l'energia solar per a la generació de calor de baixa temperatura, i de la biomassa tant per generar electricitat i calor d'alta i mitjana temperatura mitjançant cogeneració, com per generar calor de procés.

10 Referències

AENOR, Norma UNE 150-040:1996 (1996). *Análisis de ciclo de vida. Principios generales*. AENOR.

AENOR, Norma UNE-EN ISO 14040:1998 (1998). *Gestión medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y estructura*. AENOR.

Agencia Internacional de la Energía (2008). *World Energy Outlook*. Novembre.

Ayres, R.; Simonis, U. (1994). *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Tokio, Nova York, París: The United Nations University.

Berndt, E.R. (1978). "Aggregate energy, efficiency and productivity measurement". *Annual Review of Energy*, 3, pàg. 225-273.

Carpintero, O. (2005). *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*. Madrid: Fundación César Manrique. Economía vs Naturaleza.

Comisión Europea (2006a). Comunicació de la Comissió, de 10 de gener de 2007, "Hacia un plan estratégico europeo de tecnología energética". [COM (2006) 847 final - no publicada al Diari Oficial].

Comisión Europea (2006b). Comunicació de la Comissió, de 19 d'octubre de 2006, "Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial". [COM (2006) 545 - no publicada al Diari Oficial].

Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda (març 2006). *Código técnico de la edificación*. Madrid: Ministerio de Vivienda.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Cambridge: Harvard University Press.

Guide, V.D.R.; Van Wassenhove, L.N. (febrer 2002). *The Reverse Supply Chain*. Harvard Business Review.

IDAE (2003). *Estrategia Española de Eficiencia Energética (E4) 2004-2012*. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España.

IDAE. *Plan de energías renovables 2005-2010*. Ministerio de Industria Turismo y Comercio de España.

Keoleian, G.A.; Koch, J.E.; Menerey, D. (1993). *Life cycle design guidance manual. Environmental requirements and the product system*. EPA/600/R-92/226.

Luttwak, E. (1971). *A Dictionary of modern war*. Nova York: Harper & Row.

Martínez Alier, J. (1987). *Ecological Economics, Energy, Environment and Society*. Oxford: Basil Blackwell.

Martínez Alier, J.; Roca Jusmet, J. (2000). *Economía ecológica y política Medioambiental*. Mèxic: Fondo de Cultura Económica.

Ministerio de Economía (2008). *Síntesis de indicadores económicos*. Subdirección General de Previsiones y Coyuntura.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España. *Boletín Trimestral de Coyuntura Energética. Tercer Trimestre de 2009*.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España (2008). *La energía en España*. Secretaría General de Energía.

Ministerio de Industria Turismo y Comercio de España. *Planificación de los sectores de electricidad y gas. Revisión 2005-2011*.

Ministerio de Medio Ambiente de España (2007). *Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020*. Novembre.

Ministerio de Medio Ambiente de España (2007). *Medidas urgentes de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020*. Novembre.

Ministerio de Medio Ambiente de España. *Inventario nacional de gases de efecto invernadero (2005)*.

Ministerio de Medio Ambiente de España. *Plan nacional de asignación 2005-2007*.

Ministerio de Medio Ambiente de España (2007). *Análisis preliminar de la huella ecológica en España*.

Ministerio de Medio Ambiente de España. *Plan nacional de asignación 2008-2012*.

Montmany, M.; Rieradevall, J. (2005). *Ecoproducte – Ecodisseny*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona. Institut de Cultura: Museu de les Arts Decoratives. Departament d'Imatge i Producció Editorial.

Patterson, M. G. (1996). "What is energy efficiency: concepts, indicators and methodological issues". *Energy Policy*, 24(5), pàg. 377-90.

Rodrigo, F.; Santamarta, J. (mayo 2008). *Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2007)*. Madrid: Comissions Obreres i World Watch Institute.

Rogers, D.S.; Tibben-Lembke, R.S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Practices and trends.* Reno, Nevada: Reverse Logistics Executive Council.

Valero Capilla, A. (1994). "Reflexiones sobre los costes energéticos de la sociedad actual". *Economía Industrial*, núm. 297, pàg. 117-123.

Aplicacions de les energies renovables al sector de l'edificació

Xavier García Casals
Consultor

1 Introducció

El model d'organització i desenvolupament que ha desplegat l'espècie humana al planeta Terra, amb una nul·la internalització dels requeriments imposats per les condicions de contorn del sistema en el qual vivim, ens ha conduït a una situació límit que s'ha posat en evidència de forma contundent amb la crisi climàtica que ha provocat.

La resposta del sistema climàtic, una vegada superada la capacitat de càrrega que hi ha posat l'espècie humana, és molt més contundent fins i tot que el que han projectat els models relativament conservadors de l'últim informe de l'IPCC (S. Solomon *et al.*, 2007), que desencadenen ja *mecanismes de resposta lenta* com la fosa de capes de gel continentals (per exemple, Groenlàndia) i l'alliberament de carboni del pergelisòl que no es preveia que entressin en joc fins d'aquí a diverses dècades (PIRC, 2008; J. Hansen *et al.*, 2008).

El forçament a què ja hem sotmès el sistema climàtic, sense necessitat de forçaments addicionals, és suficient per desencadenar un canvi climàtic amb impactes de gran magnitud (J. Hansen *et al.*, 2008). Per tant, només comptem amb la inèrcia del sistema climàtic per modificar els nostres models d'organització i desenvolupament abans d'assolir els punts de no retorn, de tal manera que s'evitin les conseqüències del forçament climàtic que estem exercint. Aquest context introdueix un component fonamental: el de la *urgència* a desenvolupar i implementar els canvis a prou escala per invertir les tendències i la reacció del sistema climàtic.

Tal com indica N. Stern (2006), no es tracta d'un tema de costos, ja que actuar en la direcció desitjada resulta vint vegades més econòmic que els costos de compensar els efectes d'aquest canvi climàtic. El verdader desafiament rau, per tant, a ser capaços d'introduir aquest canvi amb els curts terminis[1] de temps dispo-

1. Assolir un màxim en les emissions mundials de CO_2 per a l'any 2015-2020 ja sembla avui dia una tasca titànica.

nibles,[2] per a la qual cosa necessitem posar en joc *mecanismes de resposta ràpida* en tots els nostres sistemes (polític, social, econòmic, tècnics...) amb la capacitat d'introduir canvis a escala (l'única manera d'ajustar-nos als requeriments). I en aquest context, el sector edificació té un paper molt important, tant per la seva grandària (pes en la demanda energètica i les emissions), com per la seva capacitat d'articular alguns d'aquests mecanismes de resposta ràpida.

El consum d'energia per mantenir en operació els engranatges de la nostra organització social és el responsable principal de les emissions de GEI (gasos d'efecte d'hivernacle), i el sector de l'edificació actualment té un pes molt important en l'estructura de consum energètic, i també un gran potencial per alliberar-nos d'aquest pes.

En aquest article, després d'una breu revisió a l'estat actual del sector, presentem alguns escenaris sobre quina en pot ser l'evolució futura i les opcions de reducció de la demanda energètica i de la cobertura d'aquesta demanda mitjançant energies renovables, així com de contribuir a fer viable que es redueixi l'empremta de carboni d'altres sectors.

Tradicionalment hi ha una forta tendència a enfocar aquestes anàlisis des d'un punt de vista excessivament sectorial dins del sistema energètic, i sense transcendir a altres sistemes del nostre model d'organització. En el context actual, aquests enfocaments tan parcials ja no tenen la capacitat de produir la velocitat de canvi necessària (opcions molt baixes de generar canvis a escala), per la qual cosa cal analitzar el problema des d'un punt de vista integral dins del sector energètic, i alliberar mecanismes dins d'altres sistemes diferents als d'àmbit tècnic, com el propi sistema econòmic. I en aquest context, solucions que semblaven ser les òptimes dins de l'enfocament sectorial parcial poden deixar d'estar en el centre d'atenció per obrir pas a d'altres solucions amb un potencial de canvi molt superior.

2. Els curts terminis de temps disponibles són conseqüència directa de la nostra falta d'actuació en el passat. Retardar una actuació decidida incrementa els requeriments de velocitat de canvi, i probablement ara ja som en el límit de tenir alguna probabilitat d'afrontar-ho amb èxit.

Aquests plantejaments d'integració intersectorial i entre els diferents sistemes del nostre model d'organització requereixen com a característica diferencial alliberar l'atribut *d'intel·ligència global* com a denominador comú subjacent en l'estructura de tots els sistemes en els quals estructurem el nostre model d'organització i desenvolupament. Així, hem d'envoltar-nos ràpidament d'edificis intel·ligents, xarxes elèctriques intel·ligents, sistemes de transport intel·ligents..., però també de sistemes econòmics intel·ligents, sistemes socials intel·ligents i sistemes polítics intel·ligents. La velocitat de canvi del sistema menys intel·ligent serà la que marcarà la velocitat de canvi global que com a societat podem desenvolupar. Per tant, no n'hem d'oblidar cap en la seva evolució cap a la intel·ligència, per molt que en l'actualitat ens resulti molt més autoreconfortant i satisfaci més el nostre ego limitar-nos a parlar de sistemes tècnics intel·ligents.

Per tant, si bé dedicarem una part d'aquest article a anàlisis tècniques relatives al potencial d'estalvi i a la integració de renovables en el sector de l'edificació, tant des d'un punt de vista sectorial com des d'un punt de vista intersectorial, també presentarem resultats associats al potencial de canvi en involucrar l'evolució del sistema econòmic cap a una major intel·ligència, i deixarem entreveure les implicacions de l'evolució que experimentin altres sistemes.

2 Context del sector edificació

En aquest apartat presentem una breu recapitulació de la situació del sector edificació al nostre país pel que fa al seu impacte en el consum d'energia i integració de renovables.

2.1 Contribució a la demanda energètica i a les emissions de CO_2

El primer element que cal tenir present a l'hora d'analitzar la repercussió del sector edificació en el con-

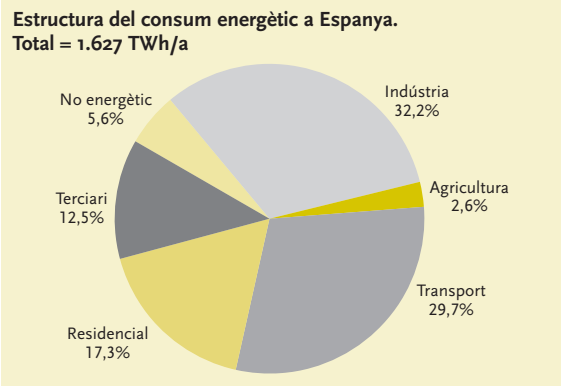
sum d'energia és l'absoluta absència de monitoratge del consum energètic al nostre parc d'edificis. Per tant, qualsevol avaluació que ens trobem té implícita un considerable grau d'incertesa a causa que l'assignació al sector edificació s'ha hagut de fer per via indirecta.

Tenint en compte els balanços energètics de l'AIE (Agència Internacional de l'Energia) com a representatius de la informació oficial sobre l'estructura de la demanda energètica a Espanya, en l'últim balanç disponible (any 2006) trobaríem que el pes assignat al sector edificació ascendeix al 22,0% del consum energètic, per darrere dels sectors transport (39,3%) i industrial (28,6%). Tanmateix, en els balanços de l'AIE el tractament que es fa de l'electricitat no és en termes d'energia primària,[3] per la qual cosa no és directament comparable als altres consums energètics, i falseja les comparacions percentuals. Si emprem el rendiment mitjà del sistema de generació elèctrica derivat de les pròpies dades del balanç de l'AIE i corregim els termes d'energia elèctrica als diferents sectors, tenim una foto més indicativa de l'estructura actual de la demanda energètica sectorial a Espanya (gràfic 1). En aquestes condicions, el sector edificació representa un 29,9% del consum energètic total, per darrere del sector industrial (32,2%) i per davant del sector transport (29,7%).

Però hi ha tres elements que fan que el pes del sector edificació sigui, o pugui ser en el futur, fins i tot superior al que hem indicat, i sense tenir en compte les seves interrelacions amb les emissions associades al transport per la demanda de mobilitat dels ocupants dels edificis:

- L'energia emmagatzemada als materials i el procés de construcció dels edificis no es veu reflectida en el balanç de l'AIE dins del sector edificació, sinó dins dels sectors indústria i transport.
- Les incerteses associades a la falta de monitoratge del consum energètic al sector edificació.

Gràfic 1



Estructura del consum energètic a Espanya, considerant el rendiment mitjà del sistema elèctric per avaluar l'electricitat en termes d'energia primària.
Font: elaboració pròpia a partir d'*Energy balances IEA 2006* (consultat l'11 de setembre de 2009).

- La falta d'internalització de la demanda de confort potencial al parc d'edificis a Espanya.

A la UE, la xifra oficial[4] que s'usa per quantificar el pes del sector edificació en el consum d'energia és del 40%.

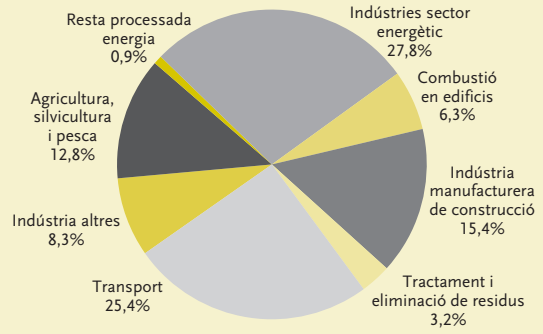
Quant a emissions de CO_2, en el gràfic 2 presentem la informació processada a partir de la versió publicada en el 2009 pel Ministeri de Medi Ambient de l'inventari d'emissions (MARM, 2009). Segons aquesta foto, la participació del sector edificació en el total d'emissions seria molt inferior a la que es dedueix de la seva contribució al consum energètic que hem presentat anteriorment, que es deu exclusivament al fet que l'única contribució reflectida al sector edificació de cara a l'inventari d'emissions és la que es deu a la combustió directa en edificis, i no queden incorporades totes les emissions indirectes degudes al sector edificació i associades a l'ús d'una forma d'energia final (com l'electricitat), que s'ha transformat en un altre sector energètic (l'industrial en aquest cas) al qual s'han carregat les emissions corresponents a la seva producció. Aquest repartiment de les emissions dis-

3. Excepte curiosament per a l'energia nuclear, que sí que es considera energia primària.

4. Vegeu, per exemple, la Directiva 91/76/CE sobre eficiència energètica i la Directiva 2002/91/CE sobre eficiència energètica en l'edificació.

Gràfic 2

Estructura de les emissions de CO_2 eq a Espanya. Any 2007



Font: elaboració pròpia a partir de dades del MARM, 2009.

torsiona força la foto sobre quin és l'origen perquè es produeixin aquestes emissions. Al gràfic 2, però, podem observar la contribució a les emissions de les indústries de la manufactura i la construcció, molt vinculades al sector edificació.

2.2 Regulació, planificació i altres mecanismes de resposta lenta

La regulació energètica dels edificis ha experimentat a Espanya un procés llarg i, en certs sentits, tortuós (X. García Casals, 2004) de renovació en els últims 15 anys. A X. García Casals (2007a) es pot trobar una recapitulació fins poc abans que aparegués el reial decret que establia la certificació energètica d'edificis nous a Espanya, i a X. García Casals (2008a, 2008b, 2008c i 2008d) algunes de les problemàtiques que persistien després del primer any de funcionament del procés de certificació energètica d'edificis, gran part de les quals encara són vigents.

Actualment la regulació energètica dels edificis nous s'articula a través del codi tècnic de l'edificació (CTE), del qual a continuació recollim alguns punts rellevants:

- Establert al RD 314/2006, amb acabament del període transitori per entrar en vigor el 29/9/2006 pel que fa a l'envolupant de l'edifici i el 29/2/2008 pel que respecta als sistemes energètics dels edificis (RITE, Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis: RD 1027/2007).
- Introdueix exigències d'eficiència sobre la demanda energètica de l'edifici i sobre alguns dels seus sistemes energètics. Tanmateix, aquestes exigències són en molts casos limitades en relació amb el potencial d'estalvi disponible.[5]
- L'exigència d'eficiència no és absoluta, és a dir, no limita la demanda energètica de l'edifici (els seus kWh/m²), sinó que és relativa a una referència variable. Per tant, no és una exigència orientada a objectius de delimitar en un valor conegut[6] la demanda del parc d'edificis.
- Introdueix requeriments de cobertura de part de la demanda d'aigua calenta sanitària dels edificis amb energies renovables a la majoria dels edificis.
- Introdueix requeriments de la instal·lació d'una petita potència fotovoltaica als grans edificis del sector terciari (però no als edificis residencials).

Com a mecanisme per impulsar l'eficiència del sector més enllà dels límits regulatoris (CTE), s'ha introduït la certificació energètica dels edificis, que el RD 47/2007, amb acabament del període voluntari el 31/10/2007, estableix com a obligatòria per als *edificis de nova construcció*, si bé actualment només hi ha 5 comunitats autònomes que han incorporat legislativament el procediment. A Espanya encara no hi ha un

5. En el cas de l'envolupant és especialment cert per als edificis de baixa compacitat, on el CTE (el codi tècnic de l'edificació) és menys exigent que l'antiga NBE CT 79. En el cas dels sistemes, el RITE deixa importants buits com la limitació de rendiment de refrigeradors o de potència de bombament, i és massa permissiu en altres casos com la potència dels ventiladors.

6. Un dels problemes més grans que tenim en l'actualitat en relació amb el parc edificatori és la falta de monitoratge i coneixement de l'estructura de la demanda energètica. En altres països, com el EUA, l'administració du a terme un monitoratge de l'estructura de consum energètic del seu parc d'edificis, de manera que és possible definir mecanismes de qualificació dels edificis orientats a objectius. Un exemple seria el programa Energy Star de l'EPA per a edificis existents, que compara el consum energètic d'un edifici amb el de l'estructura del parc d'edificis existents, i es comencen a guanyar estrelles a partir d'edificis les prestacions energètiques dels quals es trobin per sobre de les del 75% del parc d'edificis existents.

procediment de certificació d'edificis existents, encara que s'espera que estigui disponible al llarg de l'any 2010.[7]

El procediment de certificació oficial d'edificis nous probablement a Espanya encara no s'ha guanyat la confiança del sector, fet que contribueix a incrementar encara més el temps de resposta perquè aquest mecanisme, que ja de per si és de resposta lenta, deixi sentir els seus efectes. Les causes d'aquesta situació són múltiples (X. García Casals, 2008c), i probablement una de les determinants és la credibilitat de la metodologia i les eines imposades i una altra, les dificultats de comunicació i transparència en el procés. Elements com el que un edifici de millor qualificació pugui tenir més consum energètic que un altre amb una qualificació pitjor (edificis no residencials), que es pugui modificar fàcilment la qualificació d'un edifici en modificar els paràmetres d'entrada a les eines de càlcul sense sortir de l'àmbit d'un projecte determinat, la impossibilitat d'incloure a les eines de càlcul algunes solucions d'elevada eficiència, que es penalitzin intrínsecament algunes fonts energètiques dins de les eines de càlcul decantant la solució adoptada cap a la menys eficient,[8] etc., sens dubte no han resultat gens beneficiosos per a la internalització de la certificació dins del procés de definició dels edificis per impulsar el mercat cap a cotes d'eficiència més elevades. Probablement alguns d'aquests inconvenients, o tots, es resoldran amb el temps, però el seu efecte sobre la dilatació[9] del temps de resposta d'aquest mecanisme d'incentivament del mercat ja és irremeiable.

D'altra banda, al llarg d'aquests últims anys s'ha experimentat un creixement relativament ràpid de procediments de certificació ambiental dels edificis de caràcter voluntari però de reconegut prestigi internacional (LEED, BREEAM). Aquestes certificacions tenen un caràcter molt més integral que la certificació energètica oficial, però el seu abast encara és limitat en relació amb el total del parc d'edificis, i encara continuen funcionant com a elements *a posteriori* amb poca interacció amb el procés de disseny de l'edifici. Sens dubte, constitueixen eines apropiades per incentivar l'evolució del sector edificació, però continuen formant part dels mecanismes de resposta lenta.

Pel que fa a la planificació associada a la integració d'energies renovables als edificis, el PER (Pla d'energies renovables) va establir la seva planificació fins al 2010. Recollim a continuació la situació de les diferents tecnologies renovables susceptibles de ser integrades a l'edificació:

- Solar tèrmica de baixa temperatura:
  - Objectiu PER per a 2010 de 4,9 Mm^2 (3,43 GW_p @ 0,7 kW/m^2), amb una generació tèrmica[10] de 4,4 TWh/a.
  - Superfície instal·lada a finals de 2008 (P. Polo, 2009): 1,71 Mm^2 (1,20 GW_p @ 0,7 kW/m^2).
  - La major part de la potència instal·lada vinculada al sector edificació.
  - Evolució prevista: dificultat per assolir l'objectiu PER 2010 malgrat el caràcter obligatori imposat pel CTE, i incertesa sobre l'aportació real d'aquesta potència instal·lada perquè no hi ha cap mecanisme per garantir la generació d'energia. La presència d'un mecanisme vinculat a la generació d'energia més que a la instal·lació de potència, com ara les tarifes regulades dins del règim

7. Els esborranys que han circulat fins ara sobre la certificació energètica d'edificis existents inclouen un cronograma d'implementació que desplaça, fins després d'uns 8 anys de l'entrada en vigor del corresponent RD, l'inici de la certificació d'edificis amb potències tèrmiques instal·lades per sota de 400 kW. És a dir, que si entrés en vigor el 2011, fins al 2019 no es començaria a activar aquest mecanisme de mercat que ja de per si té una resposta lenta; terminis excessius per les exigències de canvi de model energètic que ens imposen les condicions de contorn del nostre sistema climàtic (el 2015 s'hauria d'assolir el màxim mundial en emissions de CO_2, i a Espanya s'hauria d'assolir abans...).

8. Així, per exemple, per a l'electricitat del sistema elèctric peninsular es considera amb un coeficient d'emissions de 649 g CO_2/kWh, mentre que el valor total a Espanya per al 2008 (CNE) era de 390 g CO_2/kWh, i dins de la Península encara inferior.

9. S'ha de tenir present que el procés d'introducció de la certificació energètica d'edificis a Espanya ve de 1993.

10. Segons la productivitat emprada en el PER de 892 kWh/m^2-a. Cal dir que aquesta productivitat elevada suposa usar les instal·lacions amb elevat CF i, per tant, amb SF limitades. En qualsevol cas, en no controlar-se la generació de les instal·lacions solars, ja que el monitoratge del compliment del pla només es basa en la potència (superfície) instal·lada, la generació que realment aporti aquesta superfície de col·lectors solars és indefinida.

especial del sistema elèctric, proporcionaria més garantia de resultat i activació del mercat.

- Solar fotovoltaica:
  - Objectiu PER per a 2010 de 0,4 GW_p.
  - Potència instal·lada fins a 2008 (en el marc del RD 661/2007 que va introduir el mecanisme capaç d'activar el mercat) d'uns[11] 3,5 GW_p, la majoria no en edificis. El 2008 es va arribar a instal·lar[12] una potència superior a 2,5 GW_p/a.
  - El 2008 apareix el RD 1578/2008 que talla bruscament[13] el ritme de desenvolupament de la fotovoltaica i introdueix les quotes de potència que limiten a un màxim de 0,4 GW_p/a la potència total que es pot instal·lar, dels quals 0,0267 GW_p/a corresponen a les instal·lacions en edificació amb potència inferior a 20 kW_p. Una altra novetat d'aquest RD és la creació d'un registre de preassignació de retribucions, en dissonància amb els plantejaments de la Directiva 2009/28/CE relativa al foment de l'ús de les energies renovables; incrementa de forma significativa[14] la burocràcia i les traves administratives per desenvolupar instal·lacions fotovoltaiques, especialment de forma desproporcionada per al cas de les instal·lacions integrades als edificis perquè són més petites.
- Biomassa per al sector edificació:[15]
  - Objectiu PER per a 2010 de 28,6 TWh/a.
- Eòlica integrada a l'edificació:
  - No objectius PER-2010.
  - No mecanismes d'activació implementats (la minieòlica no disposa de prima específica dins del règim especial).
- Bombes de calor aerotèrmiques:
  - No objectius PER-2010.
  - No mecanismes d'activació implementats.
- Bombes de calor geotèrmiques:
  - No objectius PER-2010.
  - No mecanismes d'activació implementats.

Per a les altres tecnologies renovables el desenvolupament industrial de les quals s'ha aconseguit activar amb el mecanisme de tarifes (eòlica,[16] solar termoelèctrica), ens trobem amb una situació molt semblant a la de la fotovoltaica: els valors de la potència instal·lada han superat àmpliament els límits planificats en el PER, i s'han apropat ràpidament als valors que necessitaríem per fer realitat la transició del nostre sistema energètic en el termini disponi-

11. Segons la CNE, hi havia 3,35 GW_p facturant.

12. Taxa que, com comentarem més endavant, és de les requerides per aconseguir una descarbonització del sistema elèctric en els terminis disponibles per compatibilitzar el nostre sistema energètic amb les restriccions del sistema climàtic.

13. Cal dir que aquesta situació s'ha repetit a finals del 2009 per a la resta de tecnologies renovables, amb la introducció dels mateixos instruments (quotes i registre de preassignació de retribucions), amb la mateixa conseqüència final: frenar el desenvolupament de les tecnologies renovables al nostre país de forma brusca i molt poc sensible a la realitat dels mercats que havien permès situar el nostre país en posició d'incloure la transformació del sistema energètic en els terminis disponibles. Així, per exemple, en el cas de la solar termoelèctrica, tecnologia que podria tenir un paper fonamental en la descarbonització del nostre sistema elèctric, el PER marcava un objectiu a 2010 de 0,5 GW, mentre que el 2009 hi havia sobre la taula propostes de projectes per desenvolupar durant els pròxims anys amb un total de 15,6 GW de potència que ja havien pagat l'aval de punt de connexió. La quota corresponent es va fixar en el Reial decret llei 6/2009, amb un màxim de 2,4 GW per instal·lar fins a l'any 2013, amb la conseqüent frenada brusca que això implica per a la indústria i les entitats financeres que estaven disposades a desenvolupar aquesta tecnologia.

14. Al llarg del primer any d'entrada en vigor del RD 1578/2008, el Ministeri d'Indústria va arribar a emetre fins a 4 o 5 requeriments addicionals successius d'informació per donar per completada l'admissió al registre, fet que convertia el procés en un calvari.

15. L'objectiu del PER és sobre l'ús total de biomassa tèrmica, que inclou tant el sector edificació com l'industrial, i arriba per al 2010 a 47,3 TWh/a. Tenint en compte que la fracció d'aquesta biomassa tèrmica que correspon al sector edificació és el 2010 igual a la de l'any 2004 (60,4%), obtenim una estimació de l'objectiu de biomassa tèrmica per al sector edificació en el valor indicat. D'altra banda, cal ressaltar que aquesta contribució de la biomassa és sobretot deguda als usos tradicionals que ja estaven implementats anteriorment al PER. En efecte, el 1999, l'aplicació de la biomassa tèrmica arribava ja a 39,9 TWh/a, per la qual cosa l'increment planificat per al 2010 és de 7,4 TWh/a en relació amb el que teníem el 1999 i de 6,8 TWh/a respecte al que teníem el 2004.

16. El factor diferencial de l'eòlica respecte a les altres renovables que s'han activat al marc regulatori espanyol (solar fotovoltaica i solar termoelèctrica), és que la sortida comercial d'aquesta tecnologia no s'ha produït a Espanya, sinó que es va produir anteriorment gràcies al suport regulatori en altres països (Dinamarca, EUA, Alemanya), i aquí a Espanya hem entrat en la fase d'acompanyament a l'assentament comercial de forma compartida amb d'altres països. En el cas de les tecnologies solars, les hem agafat en la fase d'enlairament i sent el nostre país el focus principal d'implementació, per la qual cosa la seva vulnerabilitat a la inseguretat regulatòria és molt superior.

ble.[17] Això s'hauria d'haver interpretat com un èxit del mecanisme de suport al desenvolupament de les renovables al nostre país en la seva primera fase, la de sortida. Però davant d'aquesta situació, la resposta política i regulatòria ha estat introduir graons bruscos i una gran inseguretat legislativa, i truncar d'aquesta manera de soca-rel la inèrcia que havien adquirit els sectors industrial i financer, i posar seriosament en perill la continuïtat d'aquests desenvolupaments al nostre país, pràcticament anul·lant la possibilitat que puguem desplegar les renovables al ritme que requeriríem.[18]

Per tant, podem concloure que els mecanismes que actualment hi ha en joc per al sector edificació són bàsicament mecanismes de resposta lenta (requereixen grans períodes de temps per produir canvis significatius), que per ara afecten solament el parc d'edificis nous (no incentiven cap canvi al gran parc d'edificis existents que hem construït de manera accelerada i ineficient al llarg dels últims anys), i que presenten manques importants (i, en alguns casos, introdueixen barreres significatives) de cara a materialitzar l'evolució requerida del sector edificació cap a la seva descarbonització i eficiència energètica.

L'evolució del sector edificació cap a nivells d'eficiència i descarbonització més elevats pot ser molt més ràpida i contundent del que s'està plantejant a Espanya. En aquest sentit resulta il·lustratiu fixar-se en els programes d'edificis de consum molt baix que s'estan impulsant en altres països, així com els terminis per assolir aquests objectius d'aquí a pocs anys.[19]

Un dels plantejaments recents més ambiciosos i que mostren la rapidesa amb què es pot desenvolupar el potencial del sector edificació, així com la urgència a escometre de forma decidida actuacions en aquest sector, és el de la nova regulació sobre el sector edificació al Regne Unit, dissenyada de forma orientada a objectius per fer viable l'objectiu global de reduir en un 80% les emissions de GEI en aquest país per a l'any 2050. En essència, aquesta regulació apunta a la neutralitat en carboni dels edificis per al 2016-2019, per al qual, però, s'han adonat (CCC, 2009) que cal habilitar mecanismes amb una resposta més ràpida que permetin materialitzar canvis a escala. Prenent com a referència la regulació energètica dels edificis l'any 2006, la nova regulació es proposa reduir un 25% el 2010 i un 44% el 2013 el consum energètic dels nous edificis residencials, per arribar al 2016 a la seva neutralitat[20] en carboni. Per al 2019 el requeriment de neutralitat en carboni s'estendrà a la resta d'edificis no residencials, i per al 2030 s'haurà completat la rehabilitació energètica de tot el parc d'edificis residencials.

17. En aquestes condicions, ens podem preguntar a què obeeixen els objectius de planificació de renovables a Espanya? Evidentment no és ni al recurs renovable disponible, ni a la urgència de canvi del sistema energètic, ni a la capacitat de desenvolupament comercial de les tecnologies. Atès que és difícil pensar en una raó més important que les exposades, la pregunta és, si més no, força inquietant. De fet, resulta absurd que una planificació feta sense cap orientació a objectius actuï com a barrera al desenvolupament de les renovables al nostre país. Un signe de maduració important dels nostres sistemes polític i administratiu seria analitzar l'origen d'aquesta important disfunció planificadora i posar els mitjans perquè es no repeteixi en el futur, però lamentablement no sembla que aquesta sigui la tendència establerta.

18. A diferència de fa 10 anys, en què pràcticament tot el món creia que era impossible assolir aquests ritmes de desplegament de les renovables per incapacitat dels sectors industrial i financer, ara l'evidència s'imposa i el fet de no poder desenvolupar les renovables al ritme que requeriríem és responsabilitat exclusiva del nostre sistema polític-administratiu. De fet, en el context actual de limitació de capacitat inversora, el nostre sistema polític-administratiu funciona com un espanta-inversors, i ens nega la possibilitat d'accedir a aquest recurs escàs en els pròxims anys en què s'imposarà l'evidència de la urgència de canvi.

19. Sense intenció de ser exhaustius, podem esmentar la regulació al Regne Unit, amb l'objectiu que tots els edificis residencials siguin neutres en carbó l'any 2016; Plus Energie a França per al 2020; ZEB (Zero Energy Buildings) als EUA; NATHERS 10-star a Austràlia; NZE Housing al Canadà; Zero Utility Cost Houses al Japó; Null Energiehaus a Alemanya; Passivhause adoptat com a estàndard obligatori a Suècia i diverses ciutats d'Alemanya; Arquitecture 2030 Challenge als EUA, amb un 60% de reducció de consum el 2010, un 80% de reducció per a 2020 i assolir la neutralitat per al 2030, etc.

20. L'objectiu de neutralitat inclou, en el cas del Regne Unit, el conjunt de l'energia actualment regulada (calefacció, refrigeració, aigua calenta sanitària, ventiladors, bombes i il·luminació), i la no regulada (cuina, equipament elèctric). Per fer ressaltar el gran efecte de l'energia no regulada per assolir una neutralitat real al sector edificació, n'hi ha prou a comentar que al Regne Unit representa un 36% del total d'emissions d'un edifici residencial construït segons la regulació el 2006. Per tenir clara la necessitat d'incorporar els equipaments, només cal recordar l'inútil malbaratament energètic que en els últims temps ha introduït l'*estand by* de molts dels electrodomèstics als edificis.

3

Escenaris i potencial d'estalvi i integració de renovables

En aquest punt exposem els resultats d'alguns escenaris relatius a la capacitat d'estalvi del sector edificació i a la integració de les renovables. En el punt 5.1.1 mostrem resultats d'un altre escenari d'evolució de la demanda energètica i integració de renovables en el sector de l'edificació sota la perspectiva del potencial d'incentivar nous models de negoci basats en l'eficiència energètica.

Els escenaris energètics que reproduirem a continuació per al sector edificació són força conservadors, en el sentit que el potencial d'estalvi és significativament superior al que s'exposa, tal com mostra per exemple la planificació regulatòria per al sector edificació al Regne Unit (apuntant a la neutralitat dels edificis per als anys 2016-2019). Tanmateix, aquests escenaris ens permeten tenir una avaluació quantificada de com es pot desenvolupar el sector de l'edificació si el mantenim en una trajectòria BAU,[21] o si hi introduïm mesures d'eficiència orientades a objectius.

3.1 Escenaris de demanda i potencial de l'enginyeria bioclimàtica

L'herència que ens han deixat els elevats ritmes de creixement del sector edificació al nostre país fins a l'any 2009 (edificació anual per sobre de 100 km²/any), junt amb el fet que en l'actualitat la seva demanda energètica es troba lluny d'estar totalment internalitzada, fan que aquest sector pugui esdevenir amb diferència el dominant des del punt de vista de la demanda energètica i, per tant, pugui condicionar en gran manera les nostres possibilitats de reconduir el nostre model de desenvolupament cap a la sostenibilitat.

Davant d'aquesta situació, i tenint en compte l'absència d'escenaris oficials[22] sobre l'evolució del sector, resulta interessant desenvolupar escenaris de demanda energètica del sector de l'edificació i utilitzar-los per valorar el paper que poden tenir les eines disponibles al nostre abast (energies renovables, enginyeria bioclimàtica) per assolir els objectius perseguits. La comparació d'aquests resultats amb la planificació actual ens permetrà poder valorar-ne la idoneïtat i entreveure els canvis necessaris.

Abans de plantejar-se l'ús d'energies renovables actives als edificis, s'ha d'aprofitar el potencial d'estalvi i eficiència que ens proporciona l'enginyeria bioclimàtica.[23] De fet, podríem entendre l'aportació de l'enginyeria bioclimàtica com la de les formes passives d'energies renovables[24] que es poden integrar a l'edifici. El potencial d'una bona enginyeria bioclimàtica és molt gran, i pot arribar a edificis passius amb demanda nul·la d'energia, de tal manera que en integrar-hi elements actius d'energies renovables l'edifici es converteixi en un generador net d'energia i, així, es pot invertir radicalment la situació actual.

A fi d'emmarcar correctament el pes del sector edificació a Espanya, a X. García Casals (2007b) es van presentar els resultats d'escenaris (nivell de detall provincial) de demanda energètica al sector edificació de cara a l'any 2050, a fi de poder valorar tant el pes absolut que es pot esperar que adquireixi aquest sector, com el potencial d'estalvi que es podria assolir mitjançant l'enginyeria bioclimàtica i l'aplicació de tecnologies d'energies renovables.

L'escenari es basa en la projecció de la superfície edificada desenvolupada a X. García Casals (2005), assumint que la taxa de creixement net anual de la super-

21. BAU (*business as usual*), escenari que suposa seguir amb les tendències actuals.

22. Com l'absència d'una regulació energètica dels edificis orientada a objectius que, per tant, ens permeti quantificar de forma directa on ens condueix la situació actual.

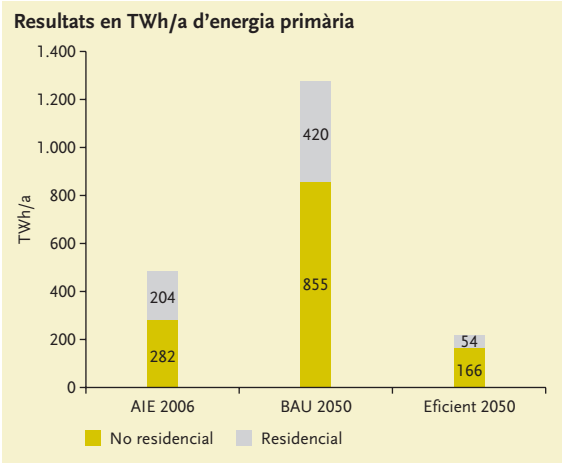
23. L'enginyeria bioclimàtica analitza i avalua la interacció energètica de l'edifici amb el seu entorn, els seus sistemes i els seus equipaments, i cerca solucions que permetin cobrir els requisits de confort en els espais habitables de l'edifici minimitzant la demanda energètica.

24. En sentit ampli, incloent tant els aportaments energètics passius procedents del medi exterior com les "aportacions negatives" associades a la implementació de mesures d'eficiència energètica.

fície edificada assoleix un valor màxim entorn de l'any 2010 i posteriorment tendeix a zero l'any 2050, moment en què s'assoliria un equilibri entre la construcció d'edificacions noves i la demolició d'edificis antics.

Respecte a la demanda energètica d'aquest parc d'edificis, es desenvolupen dos escenaris, un BAU i un altre d'eficiència, ambdós assumint que es cobreix completament la demanda de confort dels edificis. L'escenari BAU assumeix que el total[25] del parc d'edificis el 2050 compleix[26] els límits actualment imposats pel CTE per a les demandes energètiques regulades.[27] Per a la resta de les demandes energètiques s'assumeixen valors tipus. L'escenari eficient assumeix que per al 2050 s'assoleix en la mitjana del parc d'edificis l'estàndard de Passiv Haus,[28] i que

Gràfic 3



Comparativa del consum d'energia primària del sector edificació actual (AIE, 2006) i dels escenaris a 2050 desenvolupats a X. García Casals (març/abril 2007).

també s'aconsegueix delimitar la demanda energètica dels equipaments, i de forma molt conservadora[29] considera per passar a energia primària que el rendiment mitjà de generació i transport del sistema elèctric es manté el 2050 igual al de l'escenari BAU (45%).

Al gràfic 3 mostrem els resultats finals dels dos escenaris a 2050 en termes d'energia primària, comparats[30] amb la demanda energètica del sector edificació el 2006 segons l'AIE. L'escenari BAU, amb seus 1.275 TWh/a de consum d'energia primària[31] el 2050 se situa significativament per sobre dels 486 TWh/a segons l'AIE per al 2006. Part d'aquest increment es deu a la internalització del conjunt de la demanda de confort, i part al creixement del parc d'edificis. Al con-

25. Tant edificis nous com els existents que han estat rehabilitats fins a aquest nivell d'exigència. Pel que respecta a la rehabilitació, aquesta hipòtesi per a l'escenari BAU és força optimista tenint en compte la situació actual de la rehabilitació energètica d'edificis al nostre país.

26. Pel que fa als sistemes, i per a tot el parc d'edificis, s'assumeix que el rendiment mitjà estacional de les calderes és del 95% (gran millora respecte a la situació actual), que el COP estacional (test del factor de funcionament estacional) dels equips de fred és de 2,8 (també una gran millora respecte a la situació actual, amb l'agreujant que el RITE no imposa valors mínims per a aquest paràmetre), i que el rendiment mitjà de generació i transport del sistema elèctric puja fins i tot un 45% el 2050.

27. La distinció entre demandes regulades i no regulades és bastant imprecisa al nostre país. En rigor, establiríem com a "regulats" els factors de la demanda sobre els quals hi ha límits regulatoris que en delimiten de forma directa el valor. Però en aquestes condicions, cap dels factors de demanda no es podrien considerar regulats, atès el caràcter de limitació relativa que imposa el CTE fins i tot sobre les demandes de l'envolupant. En sentit més lax entendrem com a demandes regulades les de calefacció i refrigeració (encara que les limitacions sobre la refrigeració encara són molt més laxes i fins i tot inexistents, tant pel que fa a l'envolupant com als equips). La resta de demandes energètiques les denominarem no regulades, i estarien constituïdes per l'ACS, la il·luminació, els equipaments, la ventilació i el bombament. El terme *no regulada* s'ha d'entendre com que la regulació no imposa límits directes sobre el valor absolut de la demanda. Sobre algunes d'aquestes demandes no regulades, el CTE no imposa cap limitació (equipament, bombament, il·luminació residencial...), sobre d'altres solament imposa limitacions parcials (resta il·luminació), sobre d'altres imposa limitacions poc exigents (ventilació), i sobre d'altres, com l'ACS, s'imposen límits sobre la cobertura renovable però no queden establerts els límits sobre la demanda absoluta per a totes les situacions possibles, i els límits de cobertura renovable es poden eludir (normativa municipal, casos particulars edificis...).

28. Estàndard ja adoptat per alguns països com ara Suècia i diversos llocs d'Alemanya, i que fins i tot s'ha plantejat imposar com a normativa europea. Encara és possible, i més en l'escenari temporal 2050, portar el nivell d'estalvi més enllà d'aquests valors, tal com mostren els requeriments de neutralitat de carboni el 2016 del nou context regulatori del Regne Unit.

29. Per al 2050 el que és coherent amb el nivell de reducció d'emissions de GEI que s'està plantejant és que pràcticament el 100% del sistema elèctric es cobreixi amb renovables.

30. La comparació no pot ser en termes absoluts perquè els valors de l'AIE (2006) són per al total nacional, i els escenaris a 2050 es van desenvolupar per a l'Espanya peninsular. Però sí que ens serveix per ubicar en termes qualitatius els dos escenaris presentats.

31. Per enquadrar correctament aquests resultats convé comparar-los amb la demanda d'energia total peninsular, que l'any 2003 va assolir 1.482 TWh/a en termes d'energia primària, i que projectada tendencialment a l'any 2050 (X. García Casals, 2005) assoleix 2.252 TWh/a en termes d'energia primària.

trari, l'escenari eficient mostra un consum d'energia primària de 220 TWh/a, la meitat de l'actual.

L'estalvi al sector edificació associat a l'aplicació de l'enginyeria bioclimàtica, és a dir, de l'ús de les energies renovables passives,[32] quedaria valorat per a l'any 2050 en 1.055 TWh/a, amb 220 TWh/a de demanda d'energia primària que construirien el camp potencial d'aplicació de les energies renovables actives al sector edificació. D'aquests resultats podem extreure dues conclusions:

- El potencial més gran de reducció d'emissions al sector de l'edificació es troba en l'enginyeria bioclimàtica.
- Si les energies renovables actives s'apliquen al sector edificació havent esgotat el potencial de l'enginyeria bioclimàtica, és factible plantejar-se la inversió de la situació energètica del sector edificació, i passar d'un consumidor net d'energia primària a un productor net d'energia.

3.2
Potencial de les energies renovables al sector edificació

Per cobrir la demanda energètica del sector edificació amb energies renovables disposem de dues aproximacions diferents: d'una banda, l'aproximació tradicional basada en la implementació de sistemes energètics en els propis edificis o el seu entorn immediat per a l'ús local de l'energia produïda[33] (sistemes solars tèrmics i sistemes de biomassa), que denominarem *l'opció descentralitzada*. D'altra banda, hi ha l'opció que denominarem *opció centralitzada*,[34] basada en el fet que per complir amb les restriccions de sostenibilitat el sector de generació elèctrica evolucionarà[35] cap a sistemes de generació basats en tecnologies renovables; l'opció centralitzada planteja cobrir la demanda del sector edificació mitjançant electricitat, basant-se en una xarxa elèctrica intel·ligent i introduint una participació activa de la gestió de la demanda. Els sistemes fotovoltaics interconnectats a la xarxa elèctrica serien dins de l'opció centralitzada, ja que si bé la seva ubicació física és distribuïda als propis edificis, l'element fonamental que els permet proporcionar una contribució significativa al sistema energètic és l'existència d'una xarxa elèctrica interconnectada i intel·ligent.

3.2.1.
Potencial i limitacions de la generació renovable descentralitzada

En aquest apartat, i a partir dels resultats dels escenaris anteriorment exposats per a la demanda energètica del sector edificació l'any 2050, revisem els requeriments de desenvolupament de les energies renovables en una aproximació descentralitzada.

Pel que respecta a la biomassa, en els últims anys hem assistit a una embranzida de les aplicacions tèrmiques al sector de l'edificació, fonamentalment mitjançant la introducció al mercat de calderes de biomassa procedents del centre d'Europa[36] i de països escandinaus, en els quals ja hi ha una llarga tradició de l'ús d'aquestes calderes per cobrir la demanda tèr-

32. Entès en sentit ampli, com hem indicat, per incorporar les aportacions passives de l'entorn i l'eficiència.

33. Dins d'aquesta categoria entrarien també els sistemes fotovoltaics autònoms, és a dir, els que no estan connectats a la xarxa elèctrica i incorporen un banc de bateries per acoblar localment la generació amb la demanda. Considerem, però, que aquesta opció tecnològica manca de sentit on arriba la xarxa elèctrica, tant per costos com per eficiència en l'ús dels mòduls fotovoltaics, i més en el context d'una xarxa elèctrica que evoluciona cap a nivells creixents d'intel·ligència. Addicionalment considerem que el gruix del parc d'edificis es trobarà interconnectat a la xarxa elèctrica. Les aplicacions fotovoltaiques autònomes continuaran tenint sentit als edificis aïllats de la xarxa elèctrica, però l'impacte energètic d'aquests edificis sobre el total del parc el considerem menyspreable. Respecte als sistemes geotèrmics i aerotèrmics, ja que empren electricitat amb un COP molt inferior al d'un sistema solar tèrmic o de biomassa ben dissenyats, els considerarem com a sistemes centralitzats perquè requereixen un aportament significatiu d'electricitat de la xarxa per facilitar l'aprofitament del recurs tèrmic ambiental distribuït.

34. Si bé el concepte *centralitzat* cal entendre'l de forma diferent a l'actual, ja que la generació de la xarxa elèctrica estarà molt més distribuïda (fins i tot localitzada als propis edificis), i la característica diferencial d'intel·ligència també es trobarà distribuïda per la xarxa.

35. I molt probablement en terminis sensiblement inferiors als del sector edificació.

36. Especialment austríaques.

mica del sector edificació. Aquesta embranzida s'ha vist potenciada per l'entrada en vigor del CTE, ja que les calderes de biomassa permeten cobrir els requeriments de la HE4 (aportament solar tèrmic) sense les limitacions de l'energia solar tèrmica, i la reconversió de les empreses associades a les calderes de carbó en l'edificació. Des dels inicis de l'entrada de la biomassa tèrmica al sector edificació del nostre país, s'han fet intents[37] per explorar l'extensió de les fonts de biomassa més enllà dels combustibles tradicionalment emprats als països d'origen de la tecnologia (pèl·lets i estelles de fusta), a altres fonts de biomassa residual disponibles al nostre país (closques d'ametlla, ossos d'oliva, closques de pinyó...). És difícil de conèixer actualment l'extensió que ha assolit l'ús de la biomassa tèrmica al sector edificació al nostre país per la falta de registre de les instal·lacions,[38] encara que probablement no s'assoleixin els objectius del PER per al 2010 (28,6 TWh/a).

Pel que fa a l'ús energètic de la biomassa al sector edificació, cal contextualitzar-lo en relació amb la disponibilitat d'aquest recurs al nostre país, a fi d'avaluar fins a quin punt és apropiat i sostenible plantejar la cobertura de la demanda energètica del sector edificació amb biomassa. A X. García Casals (2005) es presenta una avaluació del potencial total de totes les energies renovables a l'Espanya peninsular. Pel que respecta a la biomassa, l'avaluació del potencial disponible esgota al màxim les possibilitats i incorpora, a més de les categories convencionals de biomassa, un plantejament de màxims en els cultius energètics i la valorització energètica de la muntanya baixa. La conclusió principal que s'obté és que la biomassa és al nostre país un recurs escàs que té moltes aplicacions potencials i que, per tant, s'ha d'emprar amb molta precaució.

Quantificant aquests aspectes, el sostre del potencial de biomassa disponible és de 426 TWh/a en termes d'energia primària.[39] Explotar al màxim aquest potencial requeriria emprar un 21,5% del territori peninsular. Al gràfic 4 mostrem en valor relatiu aquest recurs de biomassa davant de la demanda del sector edificació.[40] Com podem observar, fins i tot prenent com a base la demanda tèrmica del sector edificació l'any 2006, el total del recurs disponible és gairebé el total de la demanda, i en relació amb l'escenari BAU per a l'any 2050 de la demanda del sector edificació, el recurs de biomassa disponible ascendiria solament a un 44,5% de la demanda tèrmica del sector edificació. Si a més tenim en compte que la biomassa energètica haurà de tenir un paper fonamental[41] en la reconversió del sistema elèctric i del transport cap a la sostenibilitat, resulta evident que les aplicacions tèrmiques directes[42] de la biomassa no constitueixen una solució apropiada[43] per al conjunt del sector edificació al nostre país.[44]

37. Aquests intents no han estat exempts de problemàtiques associades a l'ús de cremadors no apropiats per a aquestes fonts de biomassa.

38. El desembre del 2009, l'Associació Espanyola de Valorització Energètica de la Biomassa (AVEBIOM) va llançar la iniciativa de crear un observatori de calderes de biomassa. En l'edició de gener de 2010 de la revista *Bioenergy International España, BIE*, que editen des d'AVEBIOM, sembla que estarà disponible la primera versió d'aquest observatori.

39. Valor total incloent-hi la biomassa residual i el biogàs. En el cas de limitar el recurs als cultius energètics, cultius forestals de rotació ràpida i aprofitament de la muntanya baixa, el potencial disponible és molt inferior: 273 TWh/a.

40. Per disgregar la demanda tèrmica, hem suposat que la demanda de refrigeració es cobreix amb màquines d'absorció de simple efecte amb un COP = 0,6.

41. Cal tenir en compte que per a algunes d'aquestes aplicacions la biomassa és l'única font renovable disponible i, per tant, resulta prioritari reservar aquest recurs escàs per a aquestes aplicacions. Com a exemples podem esmentar els sistemes de transport que no es poden electrificar (avió, transport de mercaderies per vaixell i transport de mercaderies a llarga distància per carretera), i la regulació del sistema de generació elèctrica mitjançant hibridació de centrals termosolars.

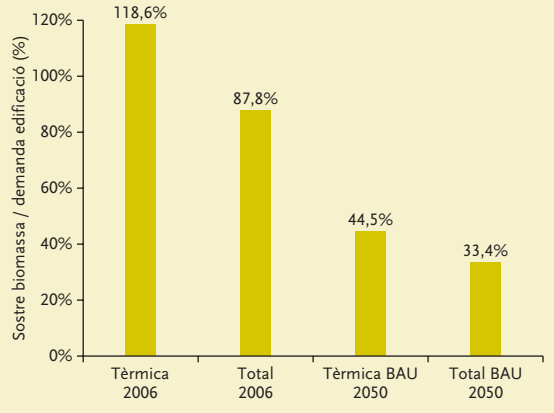
42. Les aplicacions de cogeneració distribuïda sobre la base de la biomassa poden tenir el seu nínxol al sector edificació sota el context d'un sistema energètic basat en energies renovables.

43. La biomassa tèrmica directa no es pot veure com una solució apropiada *per al conjunt* del parc edificatori al nostre país a llarg termini per l'escassetat del recurs. Però a causa de la immediatesa de la seva disponibilitat, sí que constitueix una opció adequada per al procés de transició, i en el futur pot ser una solució adequada per a una part relativament petita del parc d'edificis.

44. Els objectius de biomassa del PER per al 2010, en termes relatius al sostre del recurs peninsular disponible segons X. García Casals (2005), són de l'11,1% per a les aplicacions tèrmiques, del 15,3% per a les aplicacions elèctriques i del 6,0% per al transport, de tal manera que en total el PER planteja emprar un 32,3% del màxim recurs disponible de biomassa. Aquest percentatge de sostre de recurs disponible per desenvolupar és molt superior al plantejat per a qualsevol dels altres recursos renovables disponibles al nostre país, especialment pel que fa a les tec-

Gràfic 4

Sostre energètic de la biomassa peninsular com a percentatge de la demanda energètica del sector edificació



Font: X. García Casals, 2005.

Pel que respecta a l'energia solar tèrmica aplicada al sector edificació, el primer aspecte que cal tenir present és que requereix d'una font energètica auxiliar de suport per mantenir un factor de capacitat prou elevat que permeti justificar-ne la inversió. En el context de generació descentralitzada basada en renovables, l'única opció per al sistema de suport és emprar biomassa.

A X. García Casals (2007b) es presenta una primera avaluació dels requeriments del recurs que cal emprar per cobrir la demanda energètica del sector edificació amb energies renovables distribuïdes. Pel que fa a la demanda d'energia tèrmica (calefacció, refrigeració[45] i ACS), la cobertura es planteja mitjançant un sistema híbrid solar-biomassa, dissenyat[46] per proporcionar una fracció solar del 35% amb un factor de capacitat del sistema solar del 20%. En aquestes condicions, per cobrir la demanda energètica de l'escenari BAU seria necessari instal·lar 210 Mm² de col·lectors solars i emprar 678 TWh/a de biomassa per complementar l'aportació solar. Pel que respecta a la superfície de col·lectors solars requerida, està molt allunyada de l'objectiu actual del PER per al 2010 (4,9 Mm²), i la instal·lació a les cobertes del parc d'edificis projectat per a l'any 2050 entraria en conflicte amb els requisits de superfície per cobrir la demanda elèctrica dels edificis, fins i tot amb fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica (X. García Casals, 2007b). Quant al requeriment de biomassa per complementar l'aportament solar, la quantitat necessària continua sent superior al sostre del recurs disponible,[47] per la qual cosa aplicar-la resultaria inviable.

Segons aquests resultats, és evident que un pas previ imprescindible per cobrir la demanda energètica del sector edificació amb energies renovables és explotar al màxim les possibilitats de l'eficiència energètica i l'enginyeria bioclimàtica per delimitar en origen la demanda energètica del sector. Per a la demanda del sector edificació a l'escenari 2050 eficient presentat anteriorment, la cobertura de la demanda d'energia tèrmica mitjançant sistemes híbrids de solar tèrmica-biomassa requeriria emprar 93 TWh/a de biomassa i instal·lar 28,6 Mm² de superfície de captació. Aquests valors, que encara estan molt per sobre de les planificacions actuals, ja queden dins del potencial disponible que, en principi, proporciona viabilitat a aquesta opció tecnològica.

Tanmateix, pel que respecta a la biomassa, aquest plantejament requeriria emprar un 21,8% del sostre de recurs total disponible, i arribar a un 34,1% si ens limitem a l'ús del potencial de cultius energètics, cultius forestals de rotació ràpida i aprofitament de la muntanya baixa. Tenint en compte els requisits d'ús de biomassa en altres sectors energètics sense altres alternatives basades en energies renovables, aquests percentatges continuen sent excessius i difícils de justificar.

nologies solars, i encara que s'arribessin a assolir els objectius del PER, es podria esperar poc desenvolupament addicional d'aquest recurs.

45. En aquest cas, fins i tot assumim que hi ha una penetració important de màquines d'absorció de doble efecte, de manera que el COP mitjà de tots els sistemes de fred solar (màquines d'efecte simple i doble) és de COP = 1.

46. Condicions que es corresponen aproximadament a les que optimitzen un *combisystem* en la Comunitat de Madrid des del punt de vista de minimitzar el cost normalitzat de l'energia tèrmica d'origen solar.

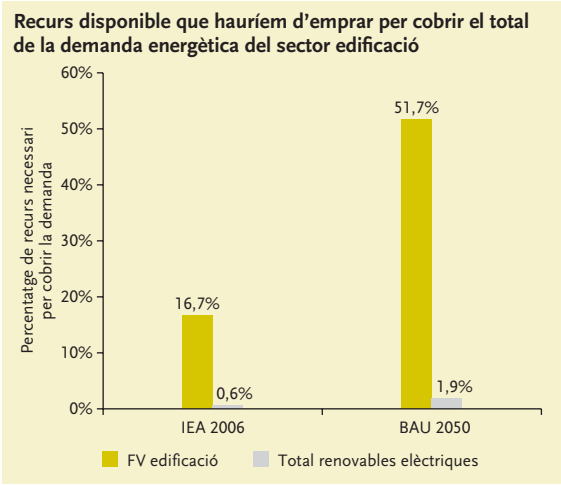
47. El sostre del recurs disponible és un 62,8% de la demanda de biomassa del sistema híbrid, que es redueix a un 40,3% si només considerem la biomassa procedent de cultius energètics, cultius forestals de rotació ràpida i aprofitament de la muntanya baixa.

3.2.2
Integració del sistema energètic i desenvolupament del gran potencial del sector edificació

En el context actual té poc sentit plantejar-se una opció descentralitzada i sectorial per cobrir la demanda energètica del sector edificació amb energies renovables; s'imposen per eficiència i per costos els enfocaments integrats del sistema energètic.

D'una banda hi ha el tema de l'accessibilitat als recursos renovables dominants al nostre país. El sistema elèctric evoluciona ràpidament cap a la integració de renovables a gran escala, per la qual cosa la integració del sector edificació amb el sistema elèctric allibera una gran quantitat de recursos renovables per aplicar-los directament a la cobertura de la demanda energètica del sector edificació, i eliminar les restriccions de disponibilitat de recurs que analitzàvem a l'apartat anterior. Els valors del potencial de generació elèctrica d'origen renovable a l'Espanya peninsular (X. García Casals, 2005) són de 569 TWh/a per a la fotovoltaica integrada als edificis, i de 15.798 TWh/a per al conjunt de renovables. En relació amb els nivells de demanda actuals (AIE 2006 i BAU 2050),[48] per integrar el sector edificació amb el sistema elèctric mitjançant l'electrificació de la demanda tèrmica amb l'ús de bombes de calor eficients,[49] el gràfic 5 ens mostra la quantitat de recurs disponible que hauríem d'emprar per cobrir el total de la demanda energètica del sector edificació. Com podem observar, fins i tot recorrent només a la fotovoltaica integrada a l'edificació podríem plantejar la cobertura de la demanda, però el potencial més elevat rau en la possibilitat d'accedir al conjunt de recursos renovables del nostre país, que ens permeten cobrir la demanda energètica del sector edificació emprant quantitats molt baixes del recurs total disponible i amb costos molt inferiors al que suposaria un enfocament descentralitzat (X. García Casals, 2006b).

Gràfic 5



Quantitat de recurs de generació elèctrica d'origen renovable que seria necessari emprar per cobrir els nivells de demanda actual (AIE, 2006) i tendencial (BAU, 2050) del sector edificació amb l'electrificació de la demanda tèrmica amb bombes de calor eficients (COP = 6). Resultats relatius al sostre de generació de la fotovoltaica integrada a l'edificació i del total de renovables.
Font: X. García Casals, 2005.

D'altra banda, aquesta integració del sector edificació en el sistema elèctric també representa beneficis molt importants per a un sistema elèctric basat en renovables, de manera que el sector edificació abandona el tradicional paper passiu per convertir-se en un important actor actiu, que permeti facilitar sistemes elèctrics 100% renovables. Com es mostra a X. García Casals (2006a), l'operació d'un sistema 100% renovable per cobrir la demanda elèctrica BAU de l'Espanya peninsular, si bé és tècnicament[50] viable, implica la dissipació d'una gran quantitat de capacitat de generació elèctrica d'origen renovable per regular el sistema elèctric. Aquesta energia elèctrica "residual", de cost addicional nul, exigeix la integració del sistema energètic per poder valorar aquest recurs, tant

48. Per al cas de l'escenari eficient, en el qual la demanda es redueix mitjançant l'aplicació de l'enginyeria bioclimàtica tal com hem exposat en punts anteriors, els requeriments d'ús del recurs renovable disponible serien considerablement inferiors.

49. Per a aquesta avaluació s'han pres valors del COP = 6, considerablement superiors als actualment disponibles al nostre país, però inferiors als que imposa la regulació japonesa a partir del 2010.

50. I econòmicament més favorable que un escenari que continuï ancorat en combustibles fòssils.

des de la perspectiva de l'eficiència tècnica com de l'econòmica.

Però més enllà dels plantejaments d'accedir a més potencial de generació renovable, i d'evitar el poc sentit que té haver de dissipar aquesta electricitat "residual" conseqüència de la regulació d'un sistema energètic no integrat, la gran contribució activa del sector edificació en el context d'un sistema energètic basat en renovables és la que pot deixar mitjançant la gestió de la demanda (DSM). A l'escenari cap al qual evolucionem, on la integració a gran escala de renovables a la xarxa elèctrica requereix el desplegament d'intel·ligència pel sistema, la gestió de la demanda des d'un sector tan important quant a volum de demanda com és el de l'edificació es converteix en un component fonamental per poder regular i operar adequadament el sistema energètic. En aquest context del sistema elèctric, les "vàlvules" que regulen l'operació passen d'estar en una ubicació centralitzada tradicional[51] a estar distribuïdes pel conjunt de la xarxa en els punts de consum. I en aquesta situació, és tan important o més l'actuació des de la DSM com a facilitador d'integració de renovables en la xarxa, com la pròpia generació a partir de fonts d'energies renovables.

Aquest plantejament ens obliga a abandonar l'enfocament actual en el qual només considerem la instal·lació d'equips d'energies renovables als edificis com a participació del sector en la introducció de renovables. D'ara endavant, i sempre que el desplegament d'intel·ligència pels sistemes polític, administratiu i econòmic acompanyin, la participació del sector edificació en la introducció de renovables es pot universalitzar, de manera que qualsevol consumidor als edificis pugui contribuir a la integració de renovables en el sistema energètic, independentment que hi hagi la possibilitat d'instal·lar sistemes de generació *in situ*. Aquest plantejament, a més, ens proporciona eines per implementar els canvis a escala (mecanismes de resposta ràpida) que necessitem en el context actual d'urgència.

51. La regulació centralitzada tradicional, on la demanda no obeeix als requeriments del sistema i tota la regulació es fa des d'uns quants centres de generació, és inviable en un context de gran integració de generació renovable distribuïda per la xarxa.

4

Electrificació del sector edificació

Tradicionalment hem tingut la idea que resultava més eficient, energèticament parlant, cobrir la demanda d'energia tèrmica dels edificis amb energia tèrmica[52] que no pas amb energia elèctrica. El concepte subjacent en aquesta idea és el baix rendiment amb què tradicionalment convertíem l'energia dels combustibles fòssils en electricitat a les centrals tèrmiques (30%-40%). Aquest concepte també és el que hi ha darrere del plantejament tradicional que la cogeneració és més eficient, ja que l'aprofitament de la calor residual produïda en la generació d'electricitat mitjançant combustibles fòssils (o qualsevol altre combustible químic o nuclear) condueix a un estalvi d'energia primària[53] (i, per tant, d'emissions) respecte a l'opció de generar independentment electricitat i energia tèrmica a partir de combustibles fòssils. Tanmateix, hem d'estar disposats a revisar aquests conceptes per l'evolució del nostre sistema energètic, ja que les solucions més apropiades per al passat no tenen perquè ser les més adequades en el present i en el futur propers.

L'elevada descarbonització que pot experimentar el nostre sistema de generació elèctrica[54] representa un canvi radical que ens força a canviar el concepte tradicional que la generació tèrmica amb calderes, o fins i tot la cogeneració, representen les solucions més eficients.

El coeficient d'emissions del sistema elèctric espanyol en el 2008 va ser de 390 g CO_2/kWh_e (CNE, 2009), i inferior per al sistema elèctric peninsular (entorn de 325 g CO_2/kWh_e).[55] Fins i tot en aquestes

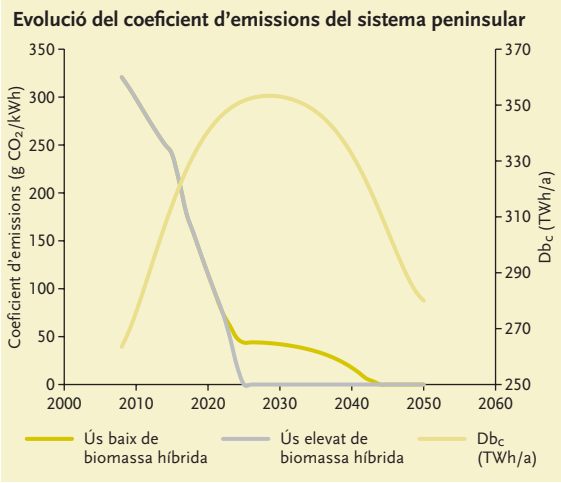
52. Calderes de combustible.

53. Quan aquest estalvi d'energia primària és superior a un 10% qualifiquem la cogeneració com d'alta eficiència.

54. Per la creixent penetració d'energies renovables que haurem d'impulsar en els pròxims anys si volem tenir opcions d'estabilitzar el sistema climàtic del nostre planeta.

55. Resulta interessant observar que el coeficient d'emissions de l'electricitat peninsular implementat a les eines de certificació energètica oficials a Espanya és de 649 g CO_2/kWhe (IDAE, 2009), totalment

Gràfic 6



Font: escenari d'evolució del coeficient d'emissions de CO2 del sistema elèctric peninsular associat als escenaris (X. García Casals, 2009d).

condicions, si tenim en compte que una caldera de gas natural[56] d'elevat rendiment (95%) produeix unes emissions de 215 g CO_2/kWh_t, l'electrificació de la demanda tèrmica de l'edifici mitjançant bombes de calor amb unes prestacions disponibles al mercat espanyol (COP = 3,5) ens portaria a unes emissions de 93 g CO_2/kWh_t en el sistema elèctric peninsular, que tenint en compte l'estàndard japonès per a les bombes de calor domèstiques en el 2010 (COP ≈ 6,5) es podria reduir a 50 g CO_2/kWh_t.

Aquesta situació es pot accentuar molt més en els pròxims anys, en què assistirem a una ràpida descarbonització del sistema de generació elèctrica mitjançant energies renovables. Al gràfic 6 presentem l'evolució del coeficient d'emissions del sistema elèctric associat a l'escenari de substitució dels parcs de generació nuclear i fòssil del sistema elèctric peninsular, publicat a X. García Casals (2009a), que, com podem observar, no difereix massa dels escenaris oficials de països com el Regne Unit, amb una carbonització actual del sistema elèctric considerablement superior a la nostra (CCC, 2009). En un sistema elèctric amb un coeficient d'emissions baix (per introducció de renovables), i emprant bombes de calor de bones prestacions, fins i tot la cogeneració perd sentit perquè deixa de proporcionar estalvis d'energia primària.

De fet, cal entendre les bombes de calor com a tecnologies que aprofiten energia tèrmica d'origen renovable[57] (solar, per ser més precisos) emmagatzemada en l'aire (bombes aerotèrmiques) o a terra (bombes de calor geotèrmiques). En una bomba de calor amb COP = 4, treballant en manera calor, tres quartes parts de l'energia tèrmica aportada provenen d'energia renovable (solar), i la quartat par restant prové de l'electricitat consumida per la bomba de calor, amb una contribució renovable que creixerà ràpidament al llarg dels pròxims anys. En augmentar el COP de les bombes de calor, augmenta l'aportació renovable local, i en reduir-se el coeficient d'emissions del sistema elèctric, augmenta l'aportació renovable "centralitzada".[58] Eventualment, en assolir un sistema de generació elèctrica 100% renovable, l'aportament d'energia tèrmica als edificis equipats amb bombes de calor (per a calefacció, refrigeració i ACS) seria 100% renovable.

Per tant, veiem com al sector de l'edificació no se li obre solament una opció, sinó tot un ventall d'opcions per assolir en els pròxims anys una integració del 100% de renovables per cobrir la demanda energètica. La primera bateria d'eines per implementar són les d'eficiència energètica i bioclimatisme, és a dir, mesures encaminades a reduir la demanda d'energia final de l'edifici. I per al romanent de la demanda energètica de l'edifici, la que calgui aportar de forma activa, s'obren dues[59] vies per satisfer aquesta demanda energètica: sistemes descentralitzats d'energies renovables d'origen tèrmic, i electrificació amb bombes de calor

allunyat dels valors actuals, que pot contribuir a desfigurar la qualificació energètica d'edificis i a desplaçar les solucions adoptades cap a més emissions.

56. Amb qualsevol altre combustible fòssil les emissions serien superiors.

57. Directiva 2009/28/CE relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables.

58. El terme *centralitzat* s'ha d'interpretar com a "procedent de la xarxa elèctrica", però no implica cap posicionament sobre la participació de la generació distribuïda a aquesta xarxa elèctrica.

59. I totes les combinacions possibles entre les dues.

a partir d'un sistema elèctric centralitzat la generació del qual estigui basada en energies renovables.

Que s'imposi una aquestes dues vies depèn de diversos factors, entre els quals, en primera instància, podem esmentar els dos següents:

- Sinergies entre els diferents serveis energètics que cal cobrir. En aquest sentit, cal tenir en compte que a mitjà termini, una vegada aplicades les mesures d'eficiència energètica, els serveis energètics de climatització de l'edifici (calefacció i refrigeració) cediran el protagonisme actual sobre la demanda energètica total de l'edifici a altres serveis que forçosament s'han de satisfer per via elèctrica (il·luminació, equipament, bombes, ventiladors...). En aquestes condicions, emprar el mateix vector energètic (l'electricitat) per cobrir les demandes energètiques de climatització ofereix avantatges logístics respecte a l'opció d'introduir nous vectors energètics.
- Costos econòmics de les diferents opcions. En el marc de mercat lliure, les opcions d'un cost inferior s'imposen a les de costos superiors. En aquest aspecte, l'opció elèctrica basada en bombes de calor eficients i un sistema elèctric centralitzat proveït per energies renovables té tots els punts per resultar econòmicament més favorable[60] que els sistemes basats en energies renovables tèrmiques descentralitzats.

Addicionalment a aquests factors, en un futur molt pròxim i associats al desenvolupament de les xarxes intel·ligents, poden aparèixer factors addicionals com ara els mecanismes de mercat associats a la gestió de la demanda, que facin que l'opció d'electrificació completa del sector residencial resulti encara més interessant i favorable davant les opcions d'energies renovables tèrmiques distribuïdes.

Finalment, hem d'apuntar que per treure'n profit, i, a més, introduir sinergies importants amb l'evolució cap a la sostenibilitat del sistema energètic total, l'opció d'electrificació del sector edificació no ha d'esperar que s'hagi assolit un 100% d'energies renovables en el sistema elèctric. Posar en joc mecanismes de mercat com els certificats d'energia renovable (REC) per a l'electricitat adquirida per l'edifici, i fins i tot el sistema de garanties d'origen de l'electricitat de règim especial, ens permet des d'avui mateix tenir edificis funcionant amb un 100% d'energies renovables al mateix temps que introdueixen un estímul de mercat que acceleri la transició del sistema elèctric cap al 100% renovable.

5 Els grans canvis pendents

Fins aquí hem apuntat la importància del sector edificació en el sistema energètic, la rellevància de l'enginyeria bioclimàtica per delimitar la demanda energètica d'aquest sector, i les opcions, el potencial i les limitacions de la cobertura de la demanda energètica del sector amb energies renovables.

Tanmateix, per desenvolupar els potencials i que esdevinguin realitats cal introduir els mecanismes apropiats que modifiquin les tendències i catalitzin el canvi desitjat.

Alguns d'aquests mecanismes els podríem classificar com a mecanismes de resposta lenta pels períodes de temps dilatats[61] que calen perquè aconsegueixi cristal·litzar un canvi significatiu en la direcció desitjada. Dins d'aquesta categoria entrarien la regulació energètica (CTE), els mecanismes de certificació oficial (CALENER), i els mecanismes de certificació voluntària[62] (LEED, BREEAM...). Més enllà de les limitacions associades a l'actual regulació i certificació oficial

60. A X. García Casals, 2006a, es pot trobar un estudi específic per al cas dels sistemes de refrigeració solar.

61. Això és especialment cert al sector edificació, per la seva elevada inèrcia i el seu caràcter difús.

62. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) i BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) són dues metodologies de certificació d'edificis amb un abast molt més integral que la certificació energètica d'edificis oficial a Espanya (CALENER), i encara que demostren un potencial de mobilització del mercat de l'edificació en la direcció de la sostenibilitat superior al de la certificació oficial, continuen constituint mecanismes de resposta lenta per l'elevat període de temps que hauria de transcórrer fins que exercissin un impacte significatiu sobre el sector de l'edificació en conjunt.

a Espanya, tots aquests mecanismes comparteixen la característica comuna de tenir una "resposta lenta" i, per tant, una capacitat molt limitada de catalitzar l'evolució necessària del sector en els períodes de temps disponibles.

Per tant, cal posar en joc altres mecanismes de resposta ràpida per produir l'evolució necessària en el període de temps disponible. Sorprenentment, aquests mecanismes de resposta ràpida comencen a sorgir just en aquest moment, que s'han convertit en imprescindibles atesa la nostra incapacitat d'activar a temps els mecanismes de resposta lenta. Ara, el desafiament és aconseguir facilitar-los el camí perquè s'incorporin als nostres sistemes i permetin materialitzar el canvi a escala que necessitem. En aquest punt, comentem alguns d'aquests mecanismes i presentem alguns exemples del potencial de canvi dins del sector edificació.

5.1 L'alba de la intel·ligència

Per curiós que sembli, des de fa molt poc hem començat a sentir parlar de la *intel·ligència* com un component diferencial d'alguns dels nostres sistemes, la incorporació dels quals es percep com un pas fonamental per aconseguir mantenir-nos dins de les condicions de contorn que ens imposa el nostre sistema climàtic.

Al llarg de la història de la humanitat, els sistemes que hem anat articulant han estat governats per components en general bastant distants del concepte d'intel·ligència col·lectiva o global que ara comença a despuntar. Mentre l'impacte de l'espècie humana s'ha trobat bé per sota de la capacitat de càrrega del planeta, aquesta absència d'intel·ligència no ha transcendit a l'àmbit global,[63] per la qual cosa ha estat sistemàticament desplaçada.[64] Però en la situació actual, en què la nostra activitat ha sobrepassat ràpidament i clarament la capacitat de càrrega del sistema terrestre, ens trobem amb la necessitat urgent de recórrer a aquesta intel·ligència com una de les poques taules de salvació a les quals encara ens podem agafar.

Tanmateix, no se'ns ha d'escapar l'enfocament parcial que es dóna a aquesta característica d'intel·ligència, que curiosament en limita l'abast a l'enfocament dels sistemes tècnics desenvolupats per l'ésser humà: xarxes elèctriques intel·ligents, sistemes de transport intel·ligents, edificis intel·ligents... És cert que en l'actualitat és quan s'han alliberat a gran escala les tecnologies capaces d'introduir intel·ligència en els nostres sistemes tècnics, però això no ens ha d'encegar en relació amb l'abast necessari de la incorporació d'intel·ligència en els nostres sistemes si volem ser capaços de produir el canvi necessari en el poc temps de què disposem.

L'abast de la incorporació d'intel·ligència s'hauria d'estendre al conjunt dels nostres sistemes:

- Sistema polític
- Sistema administratiu
- Sistema social
- Sistema econòmic
- Sistemes tècnics (xarxa elèctrica intel·ligent, sistema de transport intel·ligent, edificis intel·ligents...)

I és precisament dins d'alguns d'aquests sistemes, diferents als sistemes tècnics, on rau el major potencial per produir canvis a escala que permetin apartar prou la nostra trajectòria evolutiva dels escenaris BAU.

A continuació il·lustrem amb algun exemple l'impacte potencial de la incorporació d'intel·ligència en alguns d'aquests sistemes. En concret, centrem la nostra atenció en els sistemes econòmic, social i tècnic, tot dins del sector edificació.

Però no hem de perdre de vista que sense la necessària incorporació d'intel·ligència en el sistema polític i en el sistema administratiu no serà possible materialitzar el potencial de canvi que ens brinda la incorporació d'intel·ligència en els altres sistemes. I en aquest sentit, maduresa i responsabilitat són els pri-

63. Si bé en l'àmbit local sempre s'han deixat sentir els efectes d'aquesta falta d'intel·ligència.

64. Resulta bastant indicatiu i encertat el títol de la pel·lícula *The Age of Stupid*, que es va estrenar el setembre de 2009, que descriu com el 2055 un supervivent de la catàstrofe climàtica planetària analitza què passava a la Terra l'any 2008.

mers símptomes d'intel·ligència global que cal internalitzar.

Però tampoc no ens hem de deixar enganyar amb la falsa il·lusió que n'hi ha prou a incorporar la intel·ligència als sistemes tècnics. Sense una incorporació d'intel·ligència en el sistema econòmic i social la major part dels beneficis d'incorporar intel·ligència en els sistemes tècnics quedaran fora del nostre abast.

És curiós observar la diferent atenció que prestem als processos de realimentació ràpida i realimentació lenta als grans problemes que ens afecten. Si prenem com a exemple la problemàtica associada al canvi climàtic i a la insostenibilitat de la nostra societat, hi ha dos processos relacionats que mereixen la nostra atenció.

D'una banda, hi ha la resposta del sistema climàtic, a la qual dediquem esforços importants de modelatge. Tanmateix, en els models que actualment usem no es troben implementats els processos de realimentació climàtica lenta (com la fosa de la capa de gel de Groenlàndia o l'alliberament de carboni del pergelisòl). Implícitament hem assumit que aquests processos de realimentació lenta tenen un temps de resposta superior al que ens portarà reconduir les concentracions atmosfèriques de CO_2 eq cap a valors segurs, per la qual cosa pretenem basar els acords internacionals en les necessitats de reducció d'emissions en models que no incorporen aquests mecanismes físics. Però el sistema climàtic ha avançat la manifestació dels seus mecanismes de realimentació lenta uns vuitanta anys respecte del que pronosticaven els nostres models, i ha fet evident que el canvi climàtic s'esdevé a una velocitat molt superior a la que pronosticaven els models de l'IPCC a l'informe de l'any 2007, i a partir dels quals es va establir el punt de partida[65] de la taula de negociacions del COP15 a Copenhaguen.

D'altra banda, tenim l'estructura bàsica del nostre sistema econòmic, basada en la venda de productes en lloc de proporcionar serveis, i immers en una vorà-gine de creixement il·limitat intrínsecament insostenible. És a dir, un sistema econòmic amb un fonament radicalment oposat a la sostenibilitat, i amb una força destructora molt superior a la de totes les mesures pal·liatives que intentem introduir. En aquestes condicions, en lloc d'apostar per mecanismes de resposta ràpida (com la reestructuració del sistema econòmic per basar-lo en prestacions energètiques en la línia del que hem comentat en aquest punt), ens centrem exclusivament a aplicar mecanismes de realimentació lenta, com els processos de certificació energètica dels edificis que, en el millor dels casos,[66] produiran un efecte significatiu en temps d'aquí a uns cent anys, un temps superior al termini de què disposem per resoldre el problema. De fet, quan ens enfrontem a un període de crisi com l'actual, les respostes dels sistemes polític i administratiu es dirigeixen exclusivament a injectar sèrum als mecanismes bàsics del model econòmic que ens ha conduït a la situació actual, en lloc d'impulsar el canvi necessari.

5.1.1 Reconversió estructural del sistema econòmic

En l'actualitat, pràcticament qualsevol actuació que plantegem per encaminar-nos cap a la sostenibilitat xoca frontalment amb l'estructura del nostre sistema econòmic, i atesa la força predominant d'aquest sistema com a motor de la nostra societat, les actuacions en sostenibilitat queden totalment relegades a un segon pla, a una decoració sense cap capacitat de canvi, sobreimposada al corrent principal que, desbocat, ens continua portant en la direcció contrària a la sostenibilitat.

L'única opció que ens queda per operar el canvi en els curts terminis de temps disponibles és alinear la força principal que mou la nostra societat amb els requeriments de sostenibilitat, en el que es coneix com

65. Malauradament, el resultat del COP15 a Copenhaguen va quedar fins i tot molt per sota dels requeriments d'aquests punts de partida, i endarrereix una vegada més l'adopció de mesures consistents amb l'evidència científica, i dificulta encara més la resolució de la problemàtica plantejada com a conseqüència dels retards addicionals.

66. És a dir, en el cas que estiguin ben implementats i aconsegueixin estirar el mercat cap la direcció desitjada, que no sempre passa.

una economia energètica basada en prestacions. En el moment en què aconseguim que l'origen del benefici econòmic estigui íntimament lligat a l'eficiència i estalvi energètic en lloc d'estar-ho al malbaratament, haurem alineat la principal força motriu del nostre sistema amb els nostres interessos globals, i haurem alliberat el mecanisme principal per introduir canvis a escala.

Per il·lustrar la viabilitat i el potencial d'aquest plantejament, en aquest punt exposem alguns resultats de X. García Casals (2009b) en què es planteja un model de negoci d'edificació sostenible per desenvolupar a la comunitat autònoma de Navarra. A X. García Casals (2009a) es pot trobar una altra aplicació d'aquest enfocament per al cas de la mobilitat sostenible.

Un dels aspectes fonamentals d'aquesta transformació és trencar el mal plantejament d'eficiència econòmica en l'estructura productiva del sector de l'edificació actual: el constructor/promotor no paga les factures operació de l'edifici (desconnexió econòmica entre constructors/promotors i usuaris). Per això, la principal font d'ingressos del constructor/promotor d'obra nova o rehabilitació ha d'estar associada a la venda dels serveis energètics que demana l'usuari de l'edifici amb una garantia de resultats. La manera més clara de proporcionar aquesta garantia de resultats, amb un important ganxo comercial de cara a l'usuari de l'edifici, és proporcionar aquests serveis d'energia final mitjançant una tarifa prefixada que fins i tot pot romandre estable al llarg del temps i, d'aquesta manera, alliberar l'usuari final dels riscos inflacionistes del consum d'energia.

A X. García Casals (2009b) es planteja un escenari que permet explorar el potencial d'una línia de negoci d'aquestes característiques fins a l'any 2050. Començant amb l'elaboració d'un escenari d'evolució dels mercats de construcció d'obra nova i rehabilitació a Navarra, així com escenaris de demanda energètica dels edificis[67] (residencials i no residencials) desenvolupats per l'empresa i de la resta del parc d'edificis,[68] s'avaluen les diferents línies de benefici d'una empresa de construcció que arribi a incloure un 30% del volum d'obra disponible, i ofereix tant l'obra com els serveis energètics d'aquests edificis.[69] A tall d'exemple, al gràfic 7 mostrem l'evolució dels diferents components de demanda energètica en l'horitzó de l'escenari dels edificis residencials, tant els desenvolupats per l'empresa com els de la resta del parc d'edificis. Com es pot observar, fins i tot davant d'un plantejament bastant optimista de com evolucioni el parc d'edificis de referència, continua havent potencial d'estalvi addicional que pot desenvolupar l'empresa que implementi aquest model de negoci; d'aquesta manera, accelera[70] l'evolució del parc d'edificis cap a la sostenibilitat.

Al gràfic 8 mostrem l'evolució de les diferents línies de benefici d'aquesta idea de negoci al llarg de l'escenari que hem analitzat. Com podem veure, les línies de benefici dominants a mesura que passa el temps són les associades a la prestació de serveis energètics, i queden relegades a un segon terme les associades a la venda[71] d'obra (nova o rehabilitada). En termes de valor actual net, la principal línia d'ingressos de la idea de negoci proposada és l'associada a deixar serveis energètics al sector residencial, seguida per la rehabilitació d'edificis residencials amb un volum de negoci

67. Els edificis desenvolupats per l'empresa que implementa aquest model de negoci inclouen una major integració de fotovoltaica que els de la resta del parc d'edificis. Tanmateix, s'ha assumit aquesta integració fotovoltaica en termes de paritat de costos, és a dir, que el cost total de l'electricitat fotovoltaica generada es correspon amb el cost per a l'usuari de l'edifici d'aquesta electricitat si la comprés de la xarxa, per la qual cosa no proporciona uns beneficis addicionals per a l'empresa.

68. L'estalvi diferencial dels edificis desenvolupats per l'empresa que implementa aquest pla de negoci respecte a la resta d'edificis del parc constitueix la font principal d'ingressos de la línia de negoci. Aquesta és la forma d'articular l'economia energètica basada en prestacions, ja que és el propi nucli del model de negoci el que empeny cap a l'obtenció de nivells més elevats d'eficiència als edificis desenvolupats.

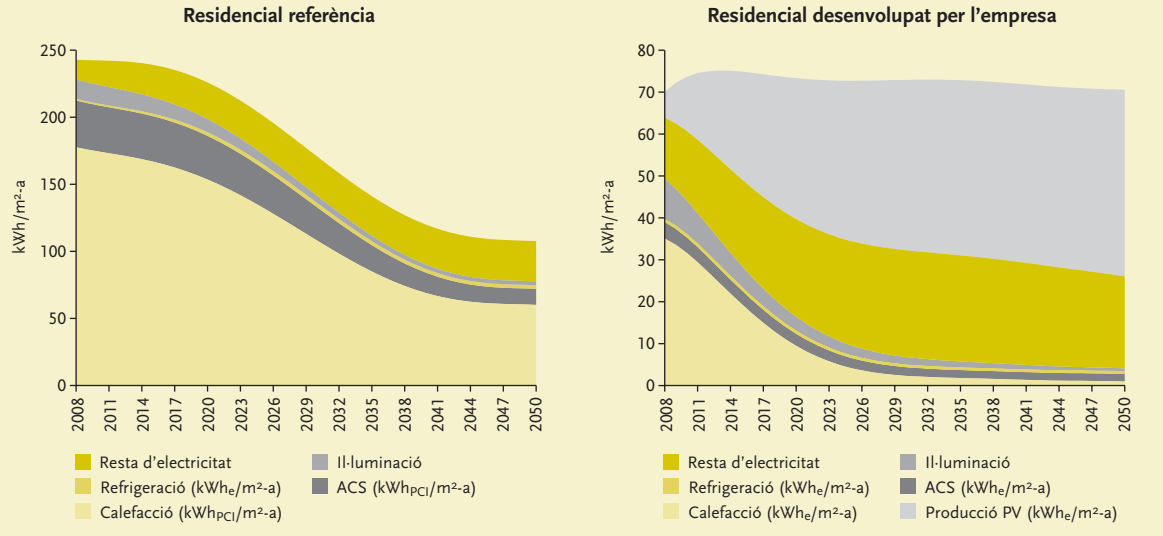
69. A l'escenari que es desenvolupa, la prestació de serveis energètics es limita als edificis a l'obra dels quals (nova o rehabilitació) ha participat l'empresa que implementa aquesta línia de negoci, perquè és sobre aquests edificis que hi ha la capacitat de controlar el nivell d'eficiència assequible.

70. De fet, si el parc d'edificis de referència és pitjor, més gran és el marge de benefici d'aquesta línia de negoci, per tant, pot entrar al mercat amb més força i més fàcilment.

71. Basades en escenaris tendencials d'evolució del preu de l'obra nova i rehabilitada.

Gràfic 7

Evolució de l'estructura de demanda energètica en edificis residencials a Navarra



Evolució tant per als edificis eficients desenvolupats per l'empresa implementant la línia de negoci com per a la resta del parc d'edificis residencials.
Font: X. García Casals, 2009b.

molt semblant al de la prestació de serveis energètics als edificis no residencials. A continuació hi ha la línia d'ingressos associada a la rehabilitació d'edificis terciaris i, finalment, i amb volums de negoci molt inferiors, trobem les línies d'ingrés de construcció nova residencial i no residencial.

5.1.2
Gestió de la demanda i de la generació distribuïdes

En l'apartat anterior mostràvem com es podia articular una línia de negoci en el marc de l'economia energètica basada en prestacions per al sector de l'edificació, lligant directament la generació de beneficis a la consecució d'uns nivells d'eficiència millors mantinguts al llarg de la vida útil de l'edifici, de tal manera que el propi motor del sistema econòmic fos l'encarregat de desplegar el potencial d'eficiència al parc d'edificis.

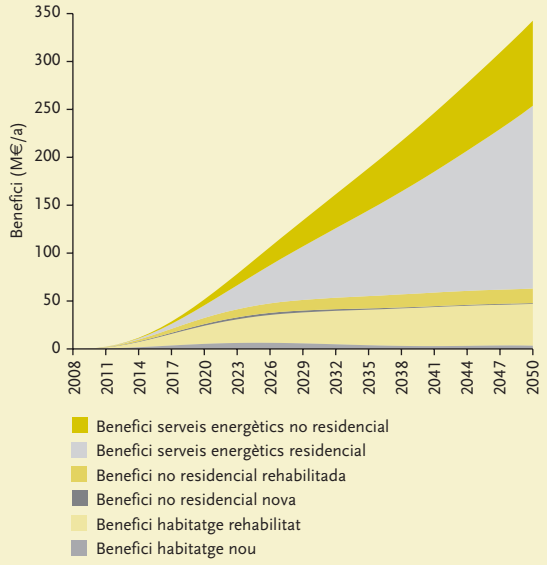
Però tal com comentàvem anteriorment, el sector de l'edificació pot anar molt més allà en actuar com a facilitador de la integració d'energia renovable en un context d'integració del sistema energètic. I aquesta faceta addicional també es pot articular mitjançant una línia de negoci paral·lela a la que hem exposat al punt anterior, de manera que aquesta activació de la gestió de la demanda pugui desenvolupar un abast màxim en produir una línia d'ingressos addicionals per als consumidors d'energia dels edificis que els permeti compensar parcialment les despeses energètiques. L'articulació[72] d'aquesta línia de negoci mitjançant un agregador de la demanda[73] permet introduir un esglaó en el desplegament d'intel·ligència per la xarxa elèctrica, i assolir cotes de participació de la DSM molt superiors a les que ens proporcionaria una simple implementació d'intel·ligència a la xarxa elèctrica; per tant, es converteix en un ingre-

72. Aquesta articulació està íntimament relacionada amb l'aplicació d'intel·ligència en els sistemes polític, administratiu i econòmic.

73. En aquest punt limitem l'abast de l'agregador de la demanda al sector edificació, però de forma natural aquest servei es podria unir amb el corresponent per al sector de transport desenvolupat a X. García Casals, 2009a.

Gràfic 8

Evolució de l'estructura de beneficis d'una línia de negoci de construcció eficient a Navarra



Font: X. García Casals, 2009b.

dient fonamental per integrar les renovables a gran escala.

En aquest punt presentem alguns resultats del model de negoci desenvolupat a X. García Casals (2009c). Partint d'uns escenaris d'evolució del parc d'edificis i la seva demanda energètica en la comunitat autònoma de Navarra, es planteja un model de negoci basat en la gestió de la demanda i la generació distribuïdes. El parc d'edificis es reparteix entre edificis residencials i no residencials i, al seu torn, entre edificis eficients[74] i la resta del parc d'edificis.[75] Al gràfic 9 mostrem ja l'evolució de l'estructura de demanda energètica dels edificis no residencials; la dels residencials ja l'hem presentat en l'apartat anterior.

La línia de negoci proposada té com a principals proveïdors de serveis els consumidors finals[76] (serveis de DSR[77]), que són retribuïts amb una estructura tarifària adequada, i com a clients tots els actors del sistema i del mercat elèctric que poden treure un benefici de l'articulació efectiva de la DSR (operador del sistema, distribuïdores i comercialitzadors). El valor afegit que deixen a aquests clients per estabilitzar el seu nínxol de mercat és la capacitat de coordinació independent dels diferents actors i, sobretot, la capacitat d'agregació de la demanda, de tal manera que els serveis complementaris que ofereix el DSR passin de tenir un caràcter esporàdic i no controlat[78] a tenir un caràcter de capacitat ferma per regular, operar i planificar el sistema elèctric. I és mitjançant aquest caràcter de capacitat ferma que ofereix l'empresa proposada en aquesta línia de negoci que els clients poden accedir al màxim benefici que proporciona la DSR per a la seva operació, i, per tant, estan disposats a pagar pel servei que ofereix la nova empresa i que se surt del seu àmbit d'actuació convencional.

D'altra banda, la línia de negoci proposada incorpora serveis de gestió de la generació distribuïda (DG) que es complementen perfectament amb els serveis de DSM,[79] i que permeten maximitzar els beneficis, tant els econòmics, per a l'empresa que desenvolupi la línia de negoci, com els tècnics, per al sistema elèctric, i tot això interactuant amb els mateixos actors que per implementar la línia de negoci de DSM. Pel que fa a la DG, es poden diferenciar clarament dues línies d'actuació:

- Gestió de la DG propietat dels usuaris finals que actuen com a proveïdors de serveis de DSR. Mitjançant la interacció de l'esmentada DG amb la

74. Els impulsats per model de negoci de construcció sostenible com el que hem comentat en l'apartat anterior.

75. Una característica diferencial entre els edificis eficients i la resta del parc d'edificis és que els primers presenten una electrificació molt superior de les seves demandes tèrmiques. Aquest aspecte és important per les possibilitats d'oferir serveis complementaris a l'operador del sistema elèctric.

76. I els que addicionalment es deixen SVA (serveis de valor afegit) com ara auditories amb seguiment d'eficiència energètica i econòmica.

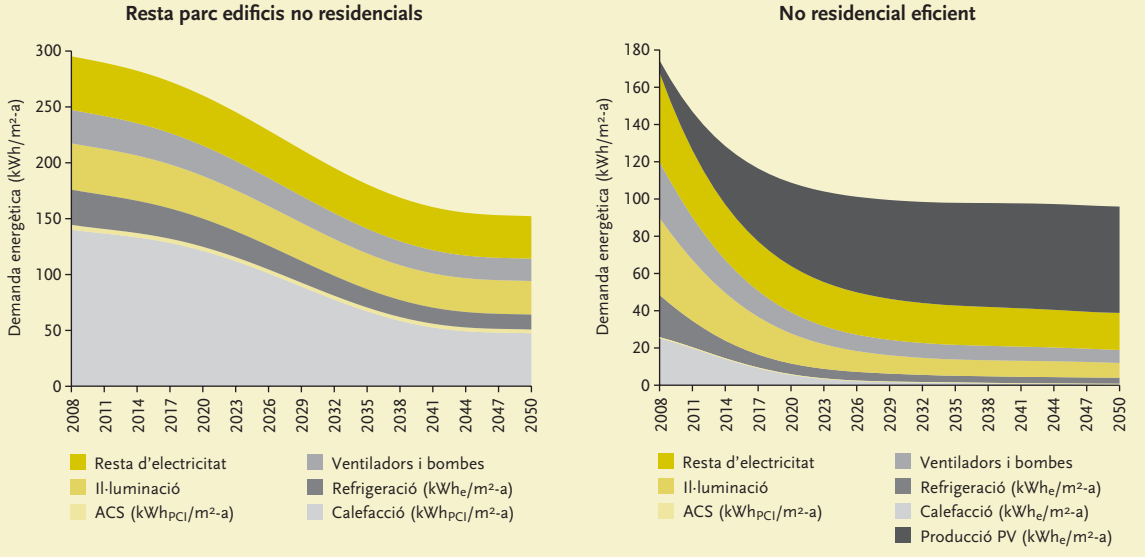
77. DSR, *Demand Side Response*. Es tracta de DSM posant èmfasi en la resposta de la demanda tant als senyals de preus com a les necessitats d'operació del sistema elèctric.

78. Que correspon al plantejament actual de les companyies elèctriques (on aquests serveis no es retribueixen i resten a l'atzar).

79. De fet, els serveis de gestió de la DG són essencialment serveis de DSM, ja que la gestió de la DG s'obté per la gestió de la demanda i la capacitat d'acumulació distribuïdes.

Gràfic 9

Evolució de l'estructura de demanda energètica en edificis no residencials a Navarra



Evolució tant per als edificis eficients desenvolupats per l'empresa implementant la línia de negoci com per a la resta del parc d'edificis no residencials.
Font: X. García Casals, 2009c.

demanda i amb la capacitat d'acumulació dels diferents serveis energètics, l'empresa podria fixar per endavant una corba de generació ferma (la part injectada a la xarxa) que, a més, la podria ajustar segons l'estructura del mercat elèctric. Aquest servei complementari per gestionar la DG estaria associat a una retribució addicional. De la mateixa manera, l'empresa podria instal·lar capacitat de DG de propietat que explotaria sota el mateix concepte de generació ferma predicible.

- Gestió de la DG d'altres generadors aliens als proveïdors de serveis de DSR. En aquest cas, l'empresa oferiria serveis de demanda-UP als generadors, de manera que la seva electricitat es pogués integrar al sistema elèctric. Així, per exemple, mitjançant un contracte subscrit amb l'operador d'un parc eòlic, en situacions en les quals la demanda és baixa i l'operador del parc eòlic hauria de regular la seva generació, enviant un senyal adequat al centre de control de l'empresa aquesta podria activar la DSR per desplaçar la demanda d'altres bandes horàries a aquell moment amb dèficit de demanda, i integrar aquesta generació addicional i rebre una retribució per aquest servei complementari.

El gràfic 10 recull l'evolució al llarg del període considerat de les diferents línies d'ingressos associades a aquest model de negoci.

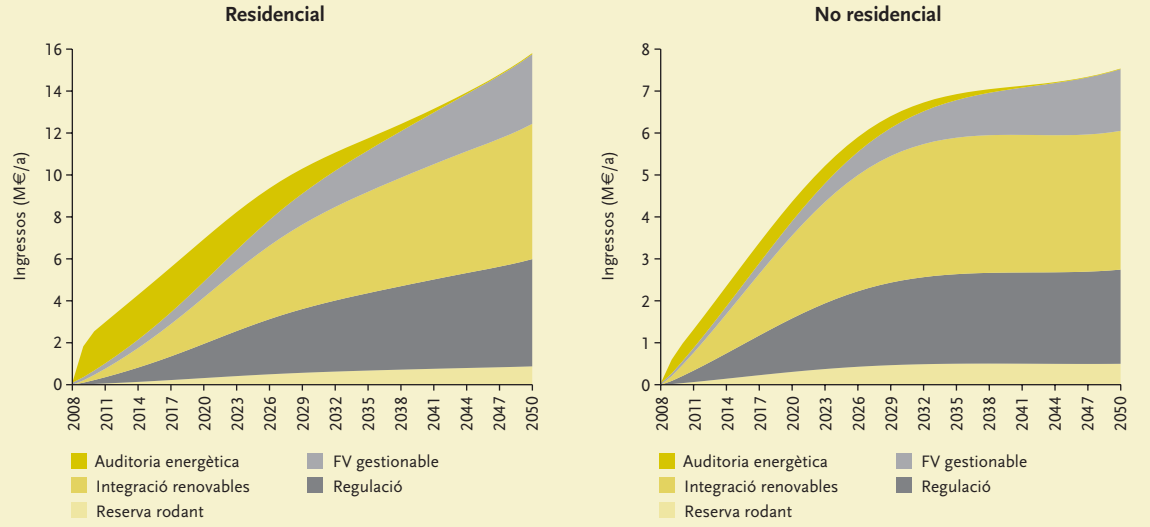
6 Conclusions

A continuació recollim les conclusions principals d'aquest article.

El sector edificació actualment ja té un gran pes en l'estructura de consum energètic d'Espanya, però davant d'un escenari BAU d'evolució d'aquest escenari es pot convertir en el sector dominant. Per tant, és imprescindible incorporar mesures d'eficiència i estalvi, així com d'integració d'energies renovables, en aquest sector per mantenir-nos dins de les exigències que ens imposen les condicions de contorn del nostre sistema climàtic.

Gràfic 10

Estructura d'ingressos de línia de negoci basada en la gestió de la demanda i la generació distribuïdes al parc d'edificis de Navarra



Font: X. García Casals, 2009c.

La primera aplicació de les energies renovables al sector edificació prové de l'enginyeria bioclimàtica, que activa els diferents mecanismes d'aportaments renovables passius (en sentit ampli, en incorporar les mesures d'eficiència), a fi de desviar la trajectòria d'aquest sector dels escenaris BAU que comporten una demanda d'energia enorme.

Les opcions descentralitzades d'aplicació d'energies renovables al sector edificació (solar tèrmica i biomassa), si bé poden tenir un paper rellevant en el procés de transició es troben amb serioses limitacions de disponibilitat de recursos i de costos per fer-se càrrec del conjunt de la demanda energètica d'aquest sector.

L'opció centralitzada d'aplicació d'energies renovables al sector edificació, articulada a través de la xarxa elèctrica i en un context d'integració del sistema energètic, permet a aquest sector accedir a un potencial molt superior d'energia renovable amb un cost inferior, alhora que el converteix en un actor important per fer viable un sistema energètic proveït amb energies renovables.

El gran potencial de l'aplicació de les energies renovables al sector edificació es troba realment en el potencial que té per actuar com a facilitador de la integració d'energies renovables en el sistema energètic mitjançant la gestió de la demanda i la prestació d'altres serveis complementaris al sistema elèctric i a les centrals de generació amb emergies renovables. Aquest plantejament està associat a l'evolució del sistema elèctric amb el desplegament d'intel·ligència, que condueix a una situació en la qual el control principal del sistema elèctric passa d'estar localitzat a la banda de la generació centralitzada, com fins ara, a distribuir-se per la xarxa en els punts de demanda. Socialment també té repercussions molt importants, ja que qualsevol consumidor (i qualsevol edifici) pot tenir una participació activa en la integració de renovables, independentment i més enllà de les seves possibilitats d'integrar generació renovable al propi edifici. Per desplegar aquest gran potencial del sector edificació, cal que el desplegament d'intel·ligència per la xarxa elèctrica vagi acompanyat d'un desplegament d'intel·ligència pels sistemes polític, administratiu i econòmic.

Si bé el sector edificació es caracteritza per una gran inèrcia que fa dubtar de la capacitat de participar de forma activa al ràpid canvi que requereix el nostre sistema energètic, activar els mecanismes de mercat adequats (desenvolupament d'intel·ligència en els sistemes polític, administratiu i econòmic) li poden proporcionar, en el context d'un sistema energètic integrat i una xarxa intel·ligent, una gran capacitat de participació de la qual no podrem prescindir.

7

Bibliografia

CCC (2009). "Meeting Carbon Budgets – the need for a step change". *Progress report to Parliament*. Committee on Climate Change. Octubre.

CNE (2009). *Sistema de garantía de origen y etiquetado de la electricidad. Año 2008*. Març.

García Casals, X. (2004). *Regulación y certificación energética de edificios: asignatura pendiente en España*. IIT-04-0221. Maig.

García Casals, X. (2005). *Renovables 2050: un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular*. Greenpeace España.

García Casals, X. (2006a). *Renovables 100%: un sistema eléctrico renovable para la España peninsular y su viabilidad económica*. Greenpeace, octubre.

García Casals, X. (2006b). "Solar Cooling Economic considerations: Centralized versus Descentralized options". *ASME Journal of Solar Energy Engineering*, vol. 128, pàg. 231-236, maig.

García Casals, X. (2007a). "El ahorro y la eficiencia energética en el sector de la edificación". Pérez Arriaga, J.I.; García Casals, X.; Mendiluce Villanueva, Mª; Miras Salamanca, P.; Sánchez de Tembleque, L.J. *La gestión de la demanda de energía en los sectores de la edificación y el transporte*. Fundación Alternativas.

García Casals, (2007b). "Potencial de la ingeniería bioclimática y las renovables en el sector edificación". *Era Solar*, núm. 137, pàg. 70- 83, març/abril.

García Casals, (2008a). "Problemática de las referencias variables en la certificación y regulación energética de edificios. Argumentos para revisar conceptos". *Certificación de eficiencia energética: la calificación de los edificios*. Grupo de trabajo GT-EEDF, 9º CONAMA (Congreso Nacional de Medio Ambiente), desembre.

García Casals, X. (2008b). "Efecto del dimensionado de los equipos en la certificación energética de edificios. Argumentos para revisar conceptos". Grupo de trabajo GT-EEDF, 9º CONAMA (Congreso Nacional de Medio Ambiente), desembre.

García Casals, X. (2008c). "Apuntes sobre el estado actual de la certificación energética de edificios". Grupo de trabajo GT-EEDF, 9º CONAMA (Congreso Nacional de Medio Ambiente), desembre.

García Casals, X. (2008d). "Problemática en la limitación del CTE sobre la demanda de refrigeración de los edificios. Argumentos para revisar conceptos". Grupo de trabajo GT-EEDF, 9º CONAMA (Congreso Nacional de Medio Ambiente), desembre.

García Casals, X. (2009a). *Propuesta línea negocio en movilidad sostenible*. Informe para la Fundación Navarra para la Diversificación, maig.

García Casals, X. (2009b). *Propuesta línea negocio en edificación sostenible*. Informe para la Fundación Navarra para la Diversificación, juny.

García Casals, X. (2009c). *Propuesta línea negocio en gestión de la demanda y la generación distribuidas*. Informe para la Fundación Navarra para la Diversificación, juny.

García Casals, X. (2009d). "Escenarios para un modelo basado en 100% de energía renovables para el 2050". *Un nuevo modelo energético para España*. Fundación Ideas para el Progreso, maig.

Hansen, J.; Sato, M.; Kharecha, P.; Beerling, D.; Berner, R.; Masson-Delmotte, V.; Pagani, M.; Raymo, M.; Royer, D.L.; Zachos, J.C. (2008). "Target Atmospheric CO_2: Where Should Humanity Aim?". Open Atmos. Sci. J., vol. 2, pàg. 217-231.

IDEA (2009). *Condiciones de aceptación a procedimientos alternativos a LIDER y CALENER. Anexos*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; Ministerio de Vivienda, maig.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2009). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España años 1990-2007*. Comunicación a la secretaría del convenio marco sobre cambio climático. Secretaría de Estado de Cambio Climático, març.

PIRC (2008). "Climate Safety". Public Interest Research Centre.

Polo, P. (2009). "Actualidad del sector solar térmico. 0.466 Mm^2 instalados en España durante 2008. Encuesta de mercado ASIT". *Era Solar*, núm. 151, pàg. 70-72, agost.

Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B; Tignor, M.; Miller, H.L. (ed.) (2007). "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Chang". *IPCC Fourth Assessment Report* (AR4).

Stern N. (2006). *The economics of the climate change*.

Directiva europea, perspectives de futur

José María González
Associació de Productors d'Energies Renovables

Hi ha una certa tendència entre la societat espanyola a infravalorar la importància dels acords assolits pels nostres representants a la Unió Europea. Més que la distància física fins a Brussel·les és la sensació que el que es debat a Europa és molt lluny de les nostres vides quotidianes. Això pot ser cert a vegades, encara que hem d'entendre que pel nostre marc jurídic les decisions acordades a Brussel·les acaben per adaptar-se, tard o d'hora, a la nostra legislació i es converteixen en les nostres regles de joc.

El cas de la Directiva 2009/28/CE relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables, que va entrar en vigor el 25 de juliol de 2009, és una bona mostra de com la política europea marca el camí pel qual hem d'anar, sobretot quan els objectius no són orientatius sinó vinculants. Abans de valorar en profunditat la Directiva i les repercussions que tindrà sobre el panorama energètic nacional a mitjà i a llarg termini, cal assenyalar en aquest punt que els objectius que es marquen en la nostra combinació energètica són fruit de l'acord i no es tracta d'imposicions. Les persones interessades a defensar d'altres tecnologies no renovables, les crítiques de les quals pesen tant com les empreses que representen, no haurien d'oblidar que els acords assolits, els objectius compromesos i, en definitiva, la política energètica europea té el suport dels diferents governs dels estats membres.

1

Per què una Directiva sobre renovables?

La motivació última darrere dels objectius que marca la Directiva 2009/28/CE és reduir la dependència energètica i l'efecte que la variabilitat dels preus dels hidrocarburs té sobre el conjunt de l'economia del vell continent. L'escalada dels preus del petroli de l'última dècada que va desembocar en el màxim històric de 147 dòlars el barril el juliol de 2008 ha condicionat, com va passar amb la crisi del petroli, les polítiques energètiques a nivell mundial. La correlació

clara entre el preu del barril i l'IPC és una mostra de la debilitat d'un entramat econòmic que necessita diàriament energia per funcionar i que no disposa de reserves d'hidrocarburs. La dependència energètica, que a Europa és de prop del 50% i que al nostre país supera el 80%, fa a les economies del vell continent especialment vulnerables a les pujades del preu dels hidrocarburs. Les importacions energètiques, essencialment gas, carbó i petroli però també el combustible nuclear, van superar el 89% de les necessitats energètiques el 2008 i l'efecte que aquestes importacions tenen sobre la nostra balança comercial és devastador.

La Unió Europea, conscient de la gravetat del panorama energètic, va impulsar l'objectiu del 20-20-20 per lluitar contra la dependència energètica. No es tracta únicament que el 2020 el 20% del consum d'energia final provingui de fonts renovables sinó de millorar en un 20% el rendiment energètic, fer el mateix però consumint menys energia. L'efecte combinat d'augmentar el percentatge d'energies renovables i millorar el nostre rendiment és més proper a una mesura purament econòmica que a un arravatament ecologista. En paraules de José Manuel Barroso, president de la Comissió Europea, "si tenim el valor de canviar, podem disminuir el cost de les importacions de gas i petroli en 50.000 milions d'euros d'aquí al 2020".

Els avantatges d'un canvi d'aquesta magnitud no se cenyeixen únicament al valor quantitatiu de les importacions evitades o als drets d'emissió de CO_2 que deixaria de pagar-se en tendir cap a una generació més baixa en carboni. La pressió política que determinats països exerceixen sobre Europa, pel "simple" fet de ser subministradors energètics, disminuiria de forma efectiva. La repercussió de les declaracions del president Chávez o els intents d'adquisició de companyies energètiques espanyoles per part de companyies russes són exemples clars d'aquesta pressió política. Ja en el programa electoral del president Obama es podia llegir que "la transferència de riquesa cap als països productors de petroli, molts d'ells obertament hostils als nostres interessos, és una amenaça per a la nostra seguretat nacional".

2

L'evolució cap a les energies renovables, un canvi a escala mundial

L'evolució cap a un major aprofitament dels recursos propis és una constant a tot el món. Aquesta evolució ve motivada per les previsions i recomanacions de les principals agències internacionals encapçalades per l'Agència Internacional de l'Energia, que preveuen un escenari de fort creixement de la demanda energètica mundial a mitjà i a llarg termini degut, principalment, a un major consum de les economies emergents (Brasil, Índia, la Xina, etc.). Com es podrà satisfer aquest consum? En primer lloc, assumint que cap tecnologia, per si sola, no pot donar una solució. En segon lloc, entenent que, a causa dels compromisos mediambientals de reducció d'emissions de CO_2, la combinació energètica ha d'evolucionar cap a un futur amb menys presència de carboni.

Ara com ara, totes les tecnologies són necessàries per satisfer les creixents necessitats energètiques. El petroli, el carbó, el gas natural o l'energia nuclear són tecnologies de les quals no podem prescindir. Ara bé, l'evolució natural de la combinació energètica és que el percentatge de les tecnologies convencionals vagi disminuint a favor d'una major presència d'energies renovables. En part perquè les energies netes permeten reduir les emissions no solament de CO_2, sinó també de NOx i SO_2, encara que, com hem vist, la raó principal de la utilització de renovables és disposar d'energia autòctona i reduir les importacions energètiques.

3

Objectius globals de la Directiva 2009/28/CE

La Directiva europea estableix uns objectius ambiciosos d'implantació d'energies renovables a tot Europa. Per a l'any 2020, el 20% del consum d'energia final de tota la Unió Europea provindrà de fonts d'energia renovables. Aquest objectiu tindrà una incidència

important en el transport, on el 10% de l'energia ha de ser renovable (amb mitjans de transport elèctrics o la utilització de biocarburants). Tanmateix, la repercussió més important la tindrà la combinació energètica de generació elèctrica. Més del 40% de l'electricitat del vell continent es generarà de forma renovable. Si els objectius fixats en la Directiva es compleixen, les energies renovables es convertiran en la tecnologia més important de generació elèctrica en només deu anys.

A part de la xifra esmentada per Durao Barroso de 50.000 milions d'euros d'estalvi d'importacions de gas i petroli fins al 2020 i de la necessària evolució cap a una major independència energètica, hi ha d'altres raons per justificar aquesta important aposta europea per les energies netes.

4

PANER, el full de ruta cap als objectius nacionals

L'objectiu europeu del 20% no és un objectiu comú per a cada estat membre. Cada un dels països que formen part de la Unió Europea s'ha compromès a un percentatge determinat d'energies renovables en la seva combinació energètica tenint en compte el seu potencial renovable i l'estat actual de desenvolupament d'aquestes tecnologies dins de les seves fronteres. Suècia, que el 2005 era a prop del 40%, té l'objectiu més ambiciós per al 2020, el 49%; Malta representa l'altra cara de la moneda, que haurà d'assolir el 10% ja que actualment gairebé no disposa d'energies netes. Espanya es troba en una posició intermèdia i l'objectiu marcat coincideix amb el global de la Unió: el 2020, el 20% del consum d'energia final bruta s'haurà de satisfer mitjançant energies renovables.

La Directiva crea un instrument que marcarà els compromisos exactes per tecnologies, el Pla d'Acció Nacional d'Energies Renovables (PANER). Els estats membres estaven obligats a elaborar un esborrany de l'esmentat pla el desembre d'aquest any i, a l'esborrany espanyol, el Govern marcava un objectiu superior al mínim acordat a Brussel·les. Segons aquest primer esborrany, el 22,7% del consum d'energia final bruta provindrà d'energies renovables el 2020. Amb aquest percentatge les energies netes es convertiran en el principal generador d'electricitat a finals d'aquesta dècada. Aquestes previsions provoquen les crítiques d'empreses amb interessos en altres tecnologies de generació, crítiques que empitjoraran segons s'avanci cap als objectius establerts.

5

La futura combinació energètica i la Directiva

El fet de convertir-se en el major generador d'electricitat en només una dècada no ha passat desapercebut al sector energètic, especialment perquè aquestes previsions han coincidit amb una crisi importantíssima de la demanda d'electricitat. Aquest fet, unit a les importants inversions que s'han fet al llarg de l'última dècada en centrals tèrmiques, deixa algunes companyies en una posició preocupant. Les centrals de cicle combinat de gas natural no han demostrat a la pràctica que siguin tan rendibles com augurava la teoria a causa de la reducció dràstica d'hores de funcionament per una major participació de les energies renovables i, fonamentalment, per la reducció de consum elèctric a causa de la crisi financera.

D'acord amb les previsions del Govern a l'esborrany del Pla d'Acció Nacional, les energies renovables generaran més del 42% de l'electricitat el 2020. La importància que tindran en la pròxima dècada les energies netes ja ha desencadenat tota una campanya per part de tecnologies tradicionals que veuen amenaçada la rendibilitat de les seves inversions. Tanmateix, convé recordar un fet. Mentre que el desenvolupament de les energies netes gaudeix d'un paraigua de legalitat constituït pels objectius vinculants compromesos amb Brussel·les, les decisions empresarials són lliures. De la mateixa manera que les empreses són sobiranes per prendre les seves decisions estratègiques d'inversió i gaudir dels beneficis que aquestes decisions propor-

cionin, haurien de ser conseqüents i assumir les pèrdues que una mala estimació del comportament del mercat poden produir.

La futura combinació energètica estarà fortament condicionada per l'evolució de la crisi econòmica al nostre país, que marcarà les tendències de consum elèctric, i pels objectius en matèria de renovables. Amb aquests dos condicionants, el Govern preveu complir els objectius de reducció d'emissions, tant els compromesos per Kyoto com els que preveu la Unió Europea, i augmentar el nostre grau d'autoproveïment en un 10%, que reduirà la nostra dependència de les importacions energètiques.

Una vegada comprovada la tendència clara, tant en l'àmbit nacional com en l'europeu, d'una major penetració de les energies renovables en la combinació energètica, només ens queda preguntar-nos com i de quina manera aquest canvi afectarà el nostre medi ambient, la nostra societat i, el que també és important, les nostres butxaques.

6

Beneficis mediambientals i socials

Hi ha arguments importants a favor de les energies renovables que tenen poc a veure amb els aspectes econòmics i amb els beneficis mediambientals i socials. Per posar-ne un exemple, en el cas de la biomassa una major utilització d'aquesta tecnologia redunda positivament en el tractament de residus biològics. L'obtenció de biogàs mitjançant biodigestors utilitza com a font energètica les dejeccions líquides de la ramaderia (purins), fems sòlids de les granges, residus vegetals, la fracció orgànica dels residus urbans... Aquests sistemes per obtenir energia, tant elèctrica com tèrmica, permeten convertir un problema en una solució. Uns residus que, d'altra manera, s'haurien de tractar de manera costosa perquè no suposessin un problema mediambiental es converteixen en una font energètica més que evita importacions energètiques i estalvia emissions de CO_2, alhora que genera una gran quantitat de llocs de treball en zones rurals.

Segons la Confederació d'Organitzacions de Silvicultors d'Espanya (CUS), l'aprofitament de la biomassa dels nostres boscos evitaria entre el 50% i el 70% dels incendis que, cada any, es produeixen al nostre país. De nou un avantatge que té poc a veure amb el sector energètic però que constitueix un argument de pes per desenvolupar les energies netes, especialment en països tan castigats pels incendis en l'època estival com ho són els de l'àrea mediterrània.

Un altre argument de pes que ja s'ha apuntat té a veure amb el desenvolupament econòmic i social de les zones rurals. Històricament s'ha produït una descapitalització de la força de treball a les zones rurals a causa de la promesa d'unes perspectives laborals millors a les ciutats. Les energies netes permeten revertir aquesta situació i no només en el cas de la biomassa. Els recursos renovables són lluny de les ciutats o, per ser coherents, les ciutats s'han allunyat sempre d'aquests recursos. No resulta agradable viure en un lloc amb molt de vent o en zones on el Sol crema. Un ràpid cop d'ull a la implantació de les energies renovables per comunitats autònomes constata aquest fet. Castella i Lleó, Castella-la Manxa i Galícia són les comunitats que encapçalen el rànquing, seguides per Aragó i Andalusia.

El sector genera una bona quantitat de llocs de treball. Segons l'informe *Treballant pel clima* de Greenpeace, les energies netes generen entre 4 i 30 vegades més llocs de treball per megawatt que les tecnologies convencionals. Aquesta diferència s'explica per la necessitat de concentrar les energies renovables, més difuses, en formes energètiques útils per a l'home, en forma de combustibles o d'electricitat.

7

Les renovables són cares?

Sembla clar que una major contribució de les energies renovables serà positiva, tant per al nostre medi ambient com per a la nostra societat. Tanmateix les energies renovables han tingut tradicionalment fama de ser cares. Aquesta imatge prové de les dècades en

què les tecnologies renovables estaven en una etapa d'investigació i desenvolupament, qualitat que contrastava amb un preu baix del petroli. Encara que els costos de generació s'han reduït d'una forma espectacular, i ho continuen fent, la percepció de les energies renovables com a cares s'ha perpetuat, a vegades amb el malintencionat ajut d'actors interessats. A llarg termini no hi ha discussió possible, parlem d'un recurs infinit contra un altre de finit. Addicionalment, el fet que la demanda d'hidrocarburs augmenta a més velocitat que l'oferta i que els jaciments on l'explotació és més barata són els primers a esgotar-se, la corba de preus dels combustibles fòssils només pot augmentar al llarg del temps. Al contrari, les energies renovables recorren a major velocitat la seva corba d'aprenentatge com més s'utilitzen, que comporta una reducció més ràpida dels costos a mesura que n'augmenta la demanda.

Tanmateix, la discussió principal no és sobre el futur sinó sobre el present. En l'actualitat, per motius que ja s'han comentat, s'utilitza de manera interessada la quantia de les primes a les energies renovables com si aquestes primes manquessin de sentit. Res més lluny de la realitat. Les primes reflecteixen el cost que altres tecnologies no poden, o no volen, internalitzar. El cost d'utilitzar un recurs i no reposar-lo, el cost que hi hagi guerres per obtenir aquest recurs, el cost que la nostra economia sigui totalment vulnerable al preu d'aquest recurs, el cost de les malalties respiratòries produïdes per la contaminació de l'aire, el cost que el nostre clima es vegi forçat per les concentracions de CO_2... Tots aquests costos no els internalitzen les tecnologies convencionals, de la mateixa manera que les companyies de tabac no paguen els tractaments dels malalts de càncer de pulmó, però que no el paguin no significa que no incorrin en aquests costos. Les primes no són només una forma de donar suport a les tecnologies emergents sinó també de reconèixer uns costos en què les energies renovables no incorren i d'altres sí.

Tanmateix, la millor de les matemàtiques és que són una ciència pura. Els nombres no enganyen. Es podran fer lectures més interessades o menys, però, al final, les dades hi són per qui les vulgui contrastar. És cert que l'any 2008 el sector de les energies renovables va rebre 2.605 milions d'euros en primes, això és innegable. Però també és cert que van estalviar importacions de combustibles fòssils per valor de 2.725 milions d'euros, que es van evitar emissions de CO_2 per valor de 499 milions d'euros i que el preu al mercat a l'engròs, gràcies a la presència de les energies renovables, es va reduir en 4.919 milions d'euros (els últims dies de febrer, sense anar més lluny, gràcies a què en algunes hores tota la demanda es va cobrir amb energia nuclear i eòlica, el preu intradiari del mercat a l'engròs d'electricitat va ser zero durant diverses hores).

Evidentment les energies renovables surten "cares" a algunes companyies però no al conjunt de la societat espanyola. Les primes de les energies renovables constitueixen una de les millors inversions del Govern espanyol. Una aposta decidida per aquestes tecnologies, coherent amb l'objectiu adquirit davant de Brussel·les, és fonamental perquè les economies nacional i europea evolucionin cap a un creixement més sostenible i no solament mediambientalment parlant.

Perspectives i aplicacions a Catalunya de les energies renovables. La necessitat d'un nou model energètic

Josep Maria Font
COMSA EMTE

1 Introducció

"La sostenibilitat mediambiental del subministrament i consum energètic s'ha de millorar per reduir riscos mediambientals i per a la salut. Això requereix mesures que incrementin l'eficiència energètica, la modernització de les tecnologies emprades per produir i utilitzar energia, la substitució dels combustibles contaminants per combustibles més nets, i el desenvolupament de les energies renovables."[1]

Aquesta afirmació la fa el Grup de Cooperació Interinstitucional establert en el si de l'ONU per tractar els temes energètics, en el marc d'un informe en què analitza la importància de l'energia per assolir els Objectius del Mil·lenni, i en què es condensen els elements que marquen la realitat actual del sector energètic: protecció del medi ambient, reducció dels combustibles fòssils i desenvolupament de les energies renovables.

L'energia elèctrica constitueix un bé essencial en la societat actual, tant als països desenvolupats com a les economies emergents o en vies de desenvolupament. Com assenyala el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 (revisió de 2009): "La garantia i la qualitat del subministrament energètic constitueixen un dret de la societat, representen un element imprescindible del nostre benestar i de la competitivitat de les nostres empreses, ja que l'energia és un bé de primera necessitat".

En la societat del benestar en què vivim estem plenament habituats a disposar de subministrament elèctric garantit. Així, si en arribar a casa nostra intentem encendre un electrodomèstic i aquest no funciona, rarament ho atribuirem al fet que en aquell moment no disposem de subministrament elèctric, sinó que pensarem que l'aparell en qüestió està espatllat o no està endollat. La garantia de subministrament elèctric es dóna per feta.

1. *The Energy Challenge for Achieving the Millennium Development Goals*, 22 de juliol de 2005, UN-Energy (http://esa.un.org/un-energy).

Quant a la qualitat, la normativa aplicable en la matèria desglossa aquest concepte en un triple vessant: continuïtat, qualitat del producte i qualitat del servei.[2] Pel que fa a la "qualitat del producte", està determinada per criteris purament tècnics (característiques de l'ona de tensió, variacions del valor eficaç de la tensió i de la freqüència, i interrupcions de servei i buits de tensió de durada inferior a tres minuts),[3] i en respon el titular de la xarxa per la qual transita l'energia elèctrica (és a dir, distribuïdor i transportista).[4]

A Catalunya, la Llei 18/2008, de 23 de desembre, de garantia i qualitat del subministrament elèctric, estableix obligacions i drets, tant a càrrec dels distribuïdors com dels consumidors i usuaris, per garantir aquesta "qualitat", entesa com a subministrament continu, i amb característiques tècniques suficients.

Davant d'aquest criteri de qualitat purament tècnic, la protecció del medi ambient i la major consciencia-ció del consumidor mitjà obren la via a un nou vessant del concepte *qualitat*: la qualitat d'origen.

En altres sectors el mercat ha fet un pas més enllà de la simple funcionalitat o qualitat material del producte, i n'ha penalitzat l'origen. Així, prenent com a exemple la indústria pelletera, el coneixement més gran del consumidor mitjà l'ha portat a valorar no solament si l'abric de pell en qüestió que li ofereixen compleix la seva funció correctament, sinó que s'interessa pel seu origen i penalitza certs productes. Aquest canvi s'explica en gran part pel fet que el consumidor mitjà disposa i accedeix a més informació del producte, per la qual cosa la seva capacitat d'assimilar i d'integrar la informació rebuda a l'hora de consumir se suma a la informació cada vegada més gran que els subministradors ofereixen en la seva batalla per captar clients.

Igualment, el mercat energètic ha de fer un pas més i permetre al consumidor optar per un subministrament segur i d'origen net, en la mesura que sigui tècnicament possible. Aquesta qualitat d'origen permetrà el posicionament estratègic de certes empreses i obligarà les més reticents a acceptar un nou model energètic i a adaptar-s'hi.

Per tant, ara ja podem pensar que qualsevol model energètic que ens plantegem ha de jugar amb dues variables fonamentals:

- la necessitat d'assegurar un subministrament energètic segur, accessible i fiable que garanteixi el creixement econòmic i el manteniment de la societat del benestar (*garantia més qualitat tècnica*), i
- aconseguir un subministrament energètic que minimitzi l'impacte mediambiental, en el marc de la lluita contra el canvi climàtic (*qualitat d'origen*).

En el cas de la generació elèctrica, a les dues premisses indicades anteriorment cal sumar-hi les característiques pròpies de l'electricitat. D'una banda, hi ha la impossibilitat d'emmagatzemar-la de manera massiva, la qual cosa exigeix una coordinació perfecta entre oferta i demanda a fi d'assegurar la seguretat i qualitat del sistema.

En aquest sentit, les energies renovables, pel seu propi caràcter renovable, poden contribuir, en períodes en què l'oferta sobrepassi la demanda, a la utilització d'aquest excedent com a font primària en processos d'emmagatzemament d'energia que la necessiten, tals com la reversibilitat de les centrals hidràuliques o l'obtenció de piles d'hidrogen.

D'altra banda, per al funcionament correcte de les infraestructures necessàries per al seu transport i distribució (activitats regulades), és imprescindible la planificació i la gestió general que garanteixin un subministrament segur i de qualitat a tots els consumidors, i que al seu torn preservin els drets reconeguts als productors en el marc d'una economia de mercat i llibertat d'empresa.

Així, mentre la producció i la comercialització de l'energia elèctrica són activitats liberalitzades, la

2. Reial decret 1955/2000, d'1 de desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.

3. Article 102, Reial decret 1955/2000, d'1 de desembre.

4. Cremades García, J.; Peinado Gracia, J.I. (2009). "El consumidor de energía eléctrica", *Tratado de regulación del sector eléctrico*. Thomson-Aranzadi.

planificació, la distribució i el transport continuen sent activitats regulades. Això comporta que el productor elèctric estigui immers en un sector a mig camí entre la liberalització i la regulació, i en ple procés de canvi de model, la qual cosa condueix a una adaptació constant i costosa a les noves directrius legals.

A escala econòmica, el sector de les energies renovables ha guanyat presència industrial en certes tecnologies en l'actual context de crisi econòmica. Hem d'aprofitar la nostra posició avantatjosa fruit de grans esforços d'inversió, d'R+D i desenvolupament tecnològic, que ens han permès arribar on som, per exercir un lideratge mundial amb el qual pocs sectors es poden comparar.

El ràpid creixement experimentat i l'alt nivell tecnològic adquirit han cristal·litzat en un sector industrial exportador net que va permetre a l'economia espanyola ingressar 1.227 milions d'euros el 2008,[5] de manera que les exportacions en el sector de les energies renovables van assolir gairebé un 2% del total de les exportacions espanyoles.[6] Tal aportació a la balança comercial hauria de convertir les energies renovables en estratègiques, i no per abordar el sector únicament en compliment dels objectius imposats des de la UE. Així, més que limitar-se a fer els deures, és necessari que ens qüestionem si estem traient tot el partit que podem al sector, i que duguem a terme una reflexió profunda sobre quina ha de ser la nostra aposta. Pel seu caràcter anticíclic, el sector de les energies renovables no solament és essencial com a part del sector energètic, sinó que aporta clars efectes positius sobre l'economia i ajuda a una més prompta sortida de la crisi, al mateix temps que contribueix al ja famós canvi de model productiu.

Finalment, es pot recordar que l'activitat de generació energètica està condicionada pel caràcter consumible i no garantit dels combustibles fòssils tradicionals, el seu repartiment desigual i les conseqüències geopolítiques que això genera (dependència energètica i conflictes internacionals).[7]

2

Evolució del sector de l'energia: cap a un nou model energètic

El model energètic actual està dominat pels combustibles fòssils, malgrat la seva escassetat, la dependència energètica que generen i els efectes negatius sobre el medi ambient que tenen. Segons l'últim informe marc publicat per la CNE sobre cobertura de la demanda energètica, l'any 2008 la principal aportació continua sent la de centrals que utilitzen com a matèria primera combustibles fòssils (centrals de carbó i cicles combinats).[8]

Quant a les dades del 2009, l'avenç publicat per l'REE del seu *Informe anual sobre comportamiento del sistema eléctrico español* durant aquest últim any[9] mostra un descens generalitzat de gairebé totes les tecnologies que componen el règim ordinari, entre les quals s'inclouen les tecnologies basades en combustibles fòssils, la producció de les quals ha disminuït un 12,7% respecte de l'any anterior. Tanmateix, respecte de la cobertura de la demanda, veiem que la primacia dels combustibles fòssils es manté.

En tot cas, aquesta situació no resulta sostenible de cara al futur, ja que, tal com recull l'informe *Prospectiva estratègica de l'energia en l'horitzó del 2030*, encarregat per l'ICAEN,[10] els estudis a futur preveuen l'augment de preus dels combustibles fòssils i proble-

5. *Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España*, APPA, novembre de 2009.

6. ICEX, Estadístiques espanyoles de comerç exterior. Cal destacar que, a diferència del sector de les renovables (sector exportador net), el saldo total de la balança comercial d'Espanya l'any 2008 ha estat importador (-94.159.913 milers d'euros).

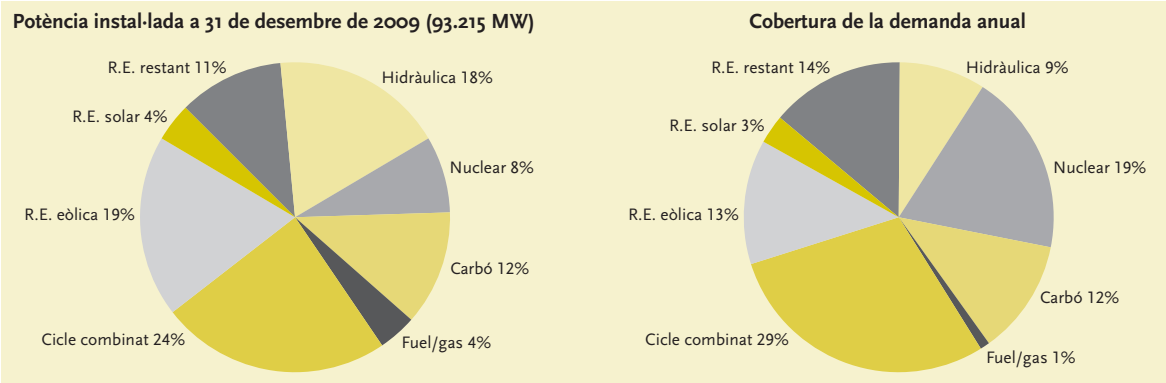
7. Com a exemple, es destaca la crisi del gas entre Rússia i Ucraïna, amb clares conseqüències econòmiques per a la Unió Europea.

8. Informe marc sobre la demanda d'energia elèctrica i gas natural i la seva cobertura per a l'any 2009, CNE, 22.12.2009 (http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/cne158_09.pdf).

9. Dades encara provisionals; font: http://www.ree.es/sistema_electrico/informeSEE-avance2009.asp.

10. Informe *Prospectiva estratègica de l'energia en l'horitzó del 2030*, encarregat el juny de 2004 per l'Institut Català de l'Energia (ICAEN) a ERF Gestió i Comunicació Ambiental, SL.

Gràfic 1



R.E.: règim especial.
Font: avenç de l'informe 2009. *El sistema eléctrico español*, REE.

mes de desproveïment a causa del seu esgotament progressiu.[11]

La importància dels interessos que hi ha en joc (seguretat nacional, garantia de subministrament i lluita contra el canvi climàtic) fa inajornable la recerca d'un nou model energètic que ens permeti prescindir progressivament dels combustibles fòssils per buscar fonts de producció d'energia autòctones, inesgotables i respectuoses amb el medi ambient. És aquí on troba el seu fonament l'aposta per les energies renovables, no solament per part dels estats, que busquen garantir el seu desenvolupament econòmic i el benestar dels seus ciutadans, sinó també per part del sector privat, inversors i empreses conscients de la importància i la projecció d'aquest sector, i dels mateixos ciutadans, que n'han d'impulsar el creixement mitjançant l'exercici d'un consum energètic responsable.

Tanmateix, una vegada presa la decisió d'embarcar-se en la promoció en matèria de renovables, l'inversor es troba amb un maremàgnum de directrius, plans i normatives, que no sempre semblen avançar en la mateixa direcció. I això per no parlar del difícil encaix d'actituds antagòniques davant les energies renovables (Nimby, *Not in My Back Yard*).

A escala europea és important destacar la recent Directiva 2009/28/CE, relativa al foment de l'ús procedent de fonts renovables.[12] El seu objectiu és clar: crear el marc jurídic necessari per aconseguir l'objectiu 20-20-20 fixat per la Comissió Europea el gener de 2007, i que es resumeix en el fet que, d'aquí al 2020, la Unió Europea redueixi les seves emissions en un 20% (respecte de 1990), el 20% de l'energia procedeixi de fonts renovables i el rendiment energètic augmenti en un 20%.

Aquesta directiva, vinculant per als estats membres, estableix principis clars de suport a les energies renovables, i subratlla la importància d'aquestes fonts de producció d'energia com a generadores d'ocupació i desenvolupament local, no només a nivell de grans operadors sinó sobretot de pimes i productors independents.

Igualment, la Directiva destaca la importància dels mecanismes de suport a escala estatal i regional, i romp una llança per les tantes vegades atacades "primes i tarifes". Aquest règim retributiu favorable busca assegurar la rendibilitat de la inversió i, per tant, atreure el capital necessari per contribuir al desenvolupament tecnològic, millorant l'eficiència

11. Com reconeix la revisió 2009 del Pla de l'energia de Catalunya, l'actual descens del preu del petroli i altres combustibles fòssils es deu a circumstàncies conjunturals (recessió econòmica i conseqüent disminució de la demanda energètica).

12. Directiva 2009/28/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 23 d'abril de 2009, relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables i per la qual es deroguen les directives 2001/77/CE i 2003/30/CE, DOUE L140 de 5.6.2009, pàg. 16.

de les instal·lacions i afavorint la maduració del sector.

Des de certs àmbits s'ataca sistemàticament aquest sistema de suports econòmics a les renovables al·legant amb lleugeresa que suposa un cost per al consumidor, i en general per a la societat. Tanmateix, la Directiva és clara en afirmar que el règim retributiu ha de reflectir no només els costos tecnològics, sinó igualment els costos i beneficis socials i mediambientals que aporten les energies renovables. Segons la Directiva, els mecanismes de suport s'han de mantenir fins que el preu de l'electricitat reflecteixi el cost real i els beneficis aportats per part d'aquestes fonts d'energia.

La Directiva 2009/28/CE també cerca alleugerir les nombroses traves amb què es troba el promotor d'aquest tipus d'instal·lacions. Així, propugna la racionalització dels procediments administratius (i fins i tot preveu, per a certs casos, la possibilitat de substituir l'exigència d'autorització per una simple comunicació). Igualment, insisteix en la importància de garantir als productors l'accés a les xarxes de transport i distribució, sens perjudici d'haver de pagar els costos de connexió corresponents, això sí, objectius, transparents i no discriminatoris.

Per tot el que s'ha exposat, la transposició de la Directiva a la legislació espanyola suposa l'oportunitat d'impulsar el sector aportant solucions a problemes amb què es troben dia rere dia els promotors (tramitacions àrdues, inseguretat jurídica, dificultats per aconseguir l'accés i la connexió o costos excessius...). La transposició esmentada esperem que tingui lloc durant aquest any 2010,[13] coincidint amb la presidència espanyola del Consell de Ministres de la UE. Si s'endarrereix encara més es posaria a Espanya en una situació difícilment justificable, ja que de portes enfora insistiria en la importància de la política energètica europea i el Pla d'energia 2010-2014 (que s'espera adoptar en el Consell Europeu de Primavera),[14] mentre que internament desatendria la seva obligació d'implementar les normes acordades a escala europea.

3

L'evolució del sector en l'àmbit espanyol i català

La direcció a escala internacional i europea és, per tant, clara: impuls a la producció d'energia a partir de fonts renovables, com a activitat que garanteix el subministrament i la independència energètica (quins consumibles fòssils d'importància s'extreuen en territori de la UE?), i contribueix a protegir el medi ambient i a lluitar contra el canvi climàtic. Tanmateix, a escala estatal els senyals a productors i inversors són, si més no, confusos, i conviden a reflexionar sobre si internament la tendència és incentivar les inversions i el desenvolupament del sector com a estratègic o bé limitar-se a l'estricte compliment dels objectius.

Les traves administratives a què s'enfronta el promotor en matèria d'energies renovables són innombrables, a la qual cosa cal sumar la incertesa que genera l'aprovació i modificació contínua de la normativa aplicable. Com a exemple paradigmàtic tenim l'aprovació el 30 d'abril de 2009 del Reial decret llei 6/2009, pel qual s'adopten determinades mesurades en el sector energètic i s'aprova el bo social.

La principal novetat d'aquesta norma és la creació d'un nou tràmit administratiu aplicable a les instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de fonts renovables: la inscripció en el Registre de Preassignació de Retribució. Aquesta inscripció, lluny de ser un mer tràmit més en el ja de per si llarg i complex procediment de legalització, constitueix una condició essencial per percebre la retribució per la venda de l'energia generada prevista en la normativa vigent (Reial decret 661/2007). És a dir, en el cas de les tecnologies en les quals s'estava a punt d'assolir els objectius de potència establerts en el Reial decret 661/2007 (eòlica i termosolar), l'esmentada retribució ha quedat reduïda als projectes que complissin unes determinades condicions en data 30 de maig de 2009.

13. La data límit per a la seva transposició era el 25 de desembre de 2009, si bé en la data de redacció d'aquest article encara no s'ha dut a terme.

14. Programa de la presidència espanyola del Consell de la Unió Europea, d'1 de gener a 30 de juny de 2010 (http://www.eu2010.es/export/sites/presidencia/comun/descargas/programa_ES.PDF).

Així, projectes viables fins al moment, han passat de la nit al dia a veure perillar la seva retribució, la qual cosa perjudica promotors la capacitat financera assignada als projectes dels quals està directament lligada a les expectatives retributives de la instal·lació.

En altres paraules, l'aprovació d'aquesta norma ha suposat un canvi de regles al mig de la partida, que ha afectat concretament molts projectes eòlics i termosolars, projectes que a data d'avui encara desconeixen quina retribució (més enllà del simple preu de mercat) percebran si algun dia arriben a posar-se en marxa. No cal dir l'impacte que aquest tipus de canvis sobtats té en els inversors, nacionals i estrangers, que decideixen apostar per les energies renovables al nostre país.

La inversió de qualsevol tipus, però especialment en l'àmbit de la promoció i construcció d'instal·lacions industrials, exigeix prendre una sèrie de decisions "avui" que es materialitzaran en un "demà" relativament llunyà. Els estudis previs necessaris, els llargs tràmits d'autorització i legalització, i el temps de construcció fan que siguin inversions realitzables a diversos anys vista (entre quatre i cinc anys, en el millor dels casos).

En aquest sentit, el desequilibri és evident entre els compromisos que s'exigeixen a l'inversor i les garanties o drets que se li reconeixen. Així, d'una banda, tot el sistema d'autorització de les instal·lacions d'energies renovables és ple d'avals que garanteixin que el promotor no desistirà del projecte fins a la seva posada en marxa efectiva. Tanmateix, aquest compromís a llarg termini no es veu compensat per una seguretat jurídica, sinó que com hem comentat abans la normativa i els requisits aplicables al sector canvien constantment. Aquesta incertesa mina la presa de decisions i dificulta la inversió en un sector considerat estratègic per tots, poders públics i sector privat.

D'altra banda, l'últim any s'ha incrementat l'aportació fiscal de les instal·lacions de producció d'energia a partir de fonts renovables. La interpretació d'alguns ajuntaments i tribunals sobre l'aplicació de l'impost sobre construccions, instal·lacions i obres (ICIO) a les instal·lacions eòliques i fotovoltaiques, així com la consideració de les instal·lacions de producció d'energia en règim especial com a béns immobles de característiques especials a efectes de l'impost sobre béns immobles, ha incrementat la partida d'impostos que han de satisfer els promotors.

Es tracta d'una aportació rellevant i positiva no només a l'Administració pública sinó al conjunt de la societat, que veu com les instal·lacions d'energies renovables prenen el relleu de sectors en crisi a l'hora de finançar la despesa municipal. Així, les externalitats positives derivades del suport a les energies renovables no solament es tradueixen en la reducció d'emissions i la lluita contra el canvi climàtic, sinó també en el desenvolupament econòmic tangible a tots els nivells.

És indiscutible que la inversió en energies renovables és una activitat que afegeix valor al sòl en què s'ubica (normalment no urbanitzable). Tanmateix, l'Administració tributària ha de valorar correctament aquest increment de valor i aplicar els mateixos criteris normatius que a un altre tipus d'activitats industrials. Noves obligacions, com la inclusió dels mòduls fotovoltaics en la base imposable per al càlcul de l'ICIO, afecten de ple el pla d'inversió i haurien de veure's compensades amb un règim retributiu estable que permeti a l'inversor saber quant generarà la instal·lació.

Tanmateix, la incertesa retributiva i l'excessiva càrrega administrativa amb procediments llargs, complexos i mutables expliquen la tendència a deslocalitzar les inversions en energies renovables. Així, promotors i inversors tenen la mirada posada en els països de l'est europeu, així com en economies emergents (el Brasil, l'Índia i la Xina). També destaca el moviment inversor cap als Estats Units, resultat de la clara aposta de l'Administració Obama a favor de les renovables.

Malgrat el difícil panorama descrit, les últimes novetats en matèria energètica conviden a l'optimisme. Segons el Pla de renovables 2011-2020 elaborat pel Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç en compliment de la Directiva 2009/28/CE, es preveu el desenvolupament de la generació elèctrica a partir

d'energies renovables amb una previsió de la contribució a la generació bruta d'electricitat del 42,3% el 2020.

Quant a Catalunya, la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, realitzada el 2009, transmet la voluntat de passar del model energètic actual a un nou model sostenible ràpidament i de fixar un doble objectiu: reduir la demanda energètica i garantir una oferta de "baixa emissió de carboni", maximitzant per a això la utilització de les energies renovables.

La planificació esmentada, com a tal, està destinada a dissenyar una estratègia que estimuli les inversions a Catalunya i que persegueixi la millora de la competitivitat econòmica i el desenvolupament sostenible. El Pla concep les energies renovables com una "opció estratègica de futur per a Catalunya", un vector de creixement i un sector rellevant en l'àmbit industrial que contribuirà a millorar la productivitat i a crear llocs de treball, afirmacions amb què COMSA EMTE està plenament d'acord, tal com reflecteix la seva aposta pel sector.

Les manifestacions que es recullen en aquesta revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 suposen una declaració d'intencions de transcendència particular, ja que l'arrencada definitiva del sector de les energies renovables a Catalunya encara no s'ha produït.

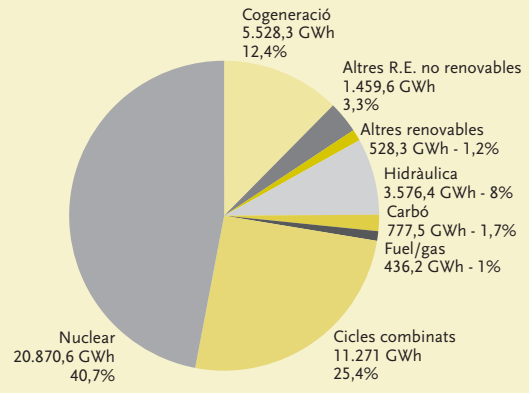
A falta de dades definitives per a l'any 2009, en la informació publicada per l'ICAEN per a l'any 2007 es pot veure clarament que les energies renovables representen un percentatge molt petit de la generació elèctrica total a Catalunya (en concret, un 1,2%).

Després de la revisió feta, el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 estableix uns objectius de 500 MW en tecnologia solar fotovoltaica (cinc vegades més que en la versió anterior) i 202,5 MW en solar termoelèctrica, i manté els objectius eòlics (3.500 MW) i de biomassa forestal per al 2015, per citar les activitats en què està present COMSA EMTE.

Per incrementar de manera real i efectiva la presència de les energies renovables en la combinació energètica catalana és necessari que el Govern de la Generalitat faci una aposta clara i eficaç que aporti seguretat

Gràfic 2

Percentatge de les energies renovables en la generació elèctrica total. Catalunya



Font: ICAEN, balanç energètic de Catalunya. Any 2007.

jurídica i un marc de transparència i certesa que retingui els promotors catalans i atregui l'inversor extern.

Una primera mostra d'aquesta voluntat ha estat l'aprovació del Decret 147/2009,[15] el setembre de 2009. Després d'una llarga tramitació, entenem que s'obre una porta a la situació de paràlisi en què es trobava l'energia eòlica i fotovoltaica a Catalunya.

4

L'aposta de COMSA EMTE en matèria d'energies renovables

COMSA EMTE, després de la integració formalitzada a finals de juliol de 2009, compta amb més de 8.600 persones i més de seixanta societats en els diferents àmbits de negoci en que desenvolupa la seva activitat, entre els quals hi ha les energies renovables i la valorització energètica de residus.

Si bé l'activitat principal del grup continuarà sent el sector de les infraestructures i la tecnologia, la integració de les activitats acollides al règim especial ha

15. Decret 147/2009, de 22 de setembre, pel qual es regulen els procediments administratius aplicables per a la implantació de parcs eòlics i instal·lacions fotovoltaiques a Catalunya (DOGC 5472, de 28.9.2009, pàgina 71915).

reforçat la seva posició en el sector i li ha atorgat més capacitat per oferir un servei integral al client públic i privat, de manera que li permet abordar més projectes i de major dimensió al nostre país i a escala internacional.

Actualment COMSA EMTE és present en el sector eòlic, tant a Espanya com a Polònia; en el sector de l'energia solar fotovoltaica a terra i sobre cobertes, així com en energia termosolar. Igualment compta amb instal·lacions dedicades al tractament de purins, desgasificació i assecatge tèrmic de fangs, així com diverses instal·lacions de biomassa forestal en promoció.

L'activitat de COMSA EMTE inclou totes les fases d'implementació d'una instal·lació d'energia renovable, des de la seva promoció, construcció i posada en marxa fins a la seva operació i manteniment.

L'any 2009 COMSA EMTE va generar 92,7 GWh a partir de fonts d'energia acollides al règim especial. Aquesta producció equival al consum elèctric mitjà de 27.530 habitatges a Catalunya, de manera que podria proveir 74.000 habitants, la qual cosa equival a la població de la comarca del Montsià.

Fins a la data, COMSA EMTE, en conjunt, ha realitzat inversions per un import aproximat de 130 milions d'euros i ha creat seixanta llocs de treball, 53 dels quals corresponen a Catalunya.

Per al pròxim període de planificació estratègica 2010-2015, COMSA EMTE continuarà el seu desenvolupament en el sector, i té la intenció de reforçar les seves inversions a Catalunya i comprometre's, com a empresa, a la millora contínua de l'entorn social i ambiental en què estan immerses les seves activitats.

Reptes i oportunitats de l'energia eòlica a Catalunya

Alfonso Faubel
Alstom Wind

L'escalfament del planeta és, segurament, el desafiament mediambiental més important a què s'enfronta el món. Per això, és imprescindible que tots els sectors, la indústria, els governs i la societat, contribueixin a frenar els efectes del canvi climàtic. És un repte de tal magnitud que ningú no en pot quedar al marge.

Les xifres són clares: els països industrialitzats hauran de reduir les emissions entre un 25% i un 40% l'any 2020. Alhora, es preveu que la demanda mundial d'energia es duplicarà l'any 2030.

Des de Catalunya hem de contribuir fermament a implantar un canvi de model energètic, un model sostenible que garanteixi la cobertura de la demanda energètica del nostre país.

Catalunya, que sempre s'ha caracteritzat pel seu esperit emprenedor, no pot perdre l'oportunitat de liderar un canvi de model que en un context de crisi econòmica és especialment necessari. Catalunya disposa del teixit empresarial i el coneixement per fer-ho.

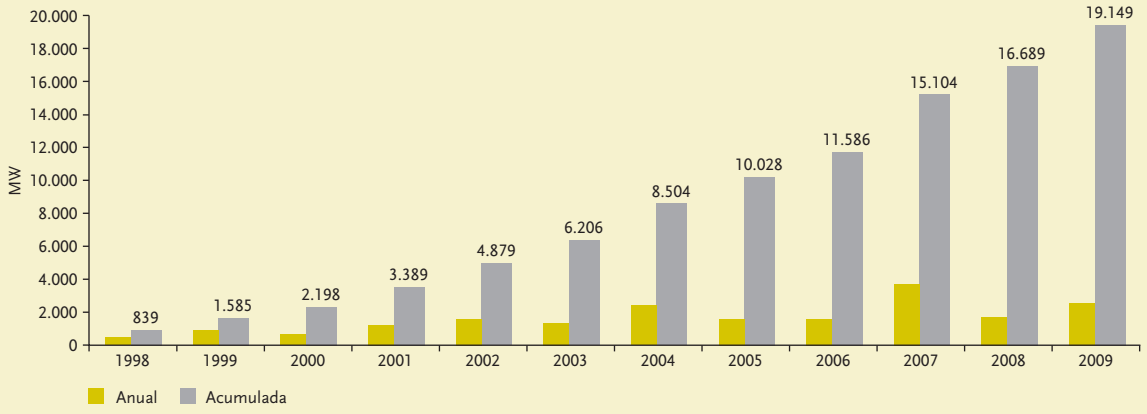
1 El sistema energètic català

Segons les últimes dades de l'Associació Empresarial Eòlica (AEE), l'any 2009 es va registrar un important increment de l'energia eòlica instal·lada a Espanya, amb un total de 2.459 megawatts (MW), un 14,74% més que l'any anterior. La potència instal·lada arriba als 19.148,8 MW. Per comunitats autònomes, Castella i Lleó és la que més energia eòlica té instal·lada a Espanya, amb un total de 3.882,72 MW. Però l'increment més important el va registrar Andalusia (amb un augment del 61,1%), la Comunitat Valenciana (41,6%) i Catalunya (25,1%).

Si ens centrem en Catalunya, el nombre de megawatts instal·lats acumulats al final de 2009 ascendeix a 524,54. Encara que l'any 2009 va enregistrar un dels increments més importants d'Espanya, es troba molt lluny de les primeres posicions del rànquing per comunitats autònomes pel que fa a potència instal·lada.

Gràfic 1

Potència eòlica instal·lada anual i acumulada a l'Estat Espanyol



Font: AEE.

Quadre 1

Potència per comunitats autònomes 2008-2009

Comunitat autònoma	Potència instal·lada al 2009 (MW)	Potència acumulada a 31/12/2009 (MW)	Taxa de variació (%)
Castella i Lleó	548,68	3.882,72	16,5%
Castella-la Manxa	284,00	3.699,61	8,3%
Galícia	91,05	3.231,81	2,9%
Andalusia	1.077,46	2.840,07	61,1%
Aragó	4,50	1.753,81	0,3%
C. Valenciana	289,75	986,99	41,6%
Navarra	3,00	961,77	0,3%
Catalunya	105,10	524,54	25,1%
La Rioja	0,00	446,62	0,0%
Astúries	51,65	355,95	17,0%
País Basc	0,00	152,77	0,0%
Múrcia	0,00	152,31	0,0%
Canàries	4,25	138,34	3,2%
Cantàbria	0,00	17,85	0,0%
Balears	0,00	3,65	0,0%
Total	**2.459,44**	**19.148,80**	**14,74%**

Font: AEE.

A més, ens queda un llarg camí per recórrer per assolir els 1.600 MW previstos per al 2010 en el Pla de l'energia de Catalunya establert per l'actual govern. Tenint en compte aquestes dades serà necessari un gran esforç de totes les parts implicades si volem arribar als 3.500 MW projectats per a l'any 2015. Un primer pas que tot el sector ha acollit molt satisfactòriament és la recent publicació de les zones de desenvolupament prioritari de l'energia eòlica, que aportarien més de 800 MW addicionals a Catalunya.

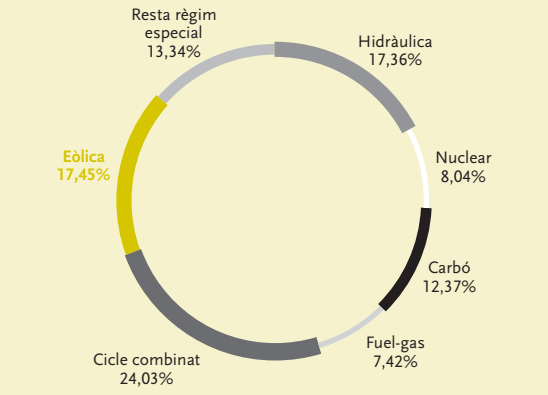
Els propers anys seran determinants per assolir aquesta fita, que requerirà d'un canvi en el model energètic. Hem de tenir en compte que el sistema energètic català té una gran dependència dels combustibles fòssils, que suposen el 72,4% del consum d'energia primària, i del petroli, que representa el 48,1% del consum d'energia primària.

A més, Catalunya no disposa pràcticament de petroli ni de gas natural i té recursos limitats de carbó de baixa qualitat. Tal com apunta el Grup d'experts en energia, autors de l'informe "La Política energètica en el nou escenari mundial: reflexions i propostes des de Catalunya", en el desenvolupament d'estratègies i mesures per reduir la nostra dependència dels combustibles fòssils s'ha de tenir en compte que més del 25% del petroli que Catalunya utilitza es destina a la fabricació de plàstics i no a processos de combustió.

L'energia eòlica esdevé la millor opció per reduir aquesta dependència del petroli. Les xifres ho avalen: un miler de megawatts de potència eòlica equivalen a estalviar gairebé 500.000 tones de petroli a l'any. A

Gràfic 2

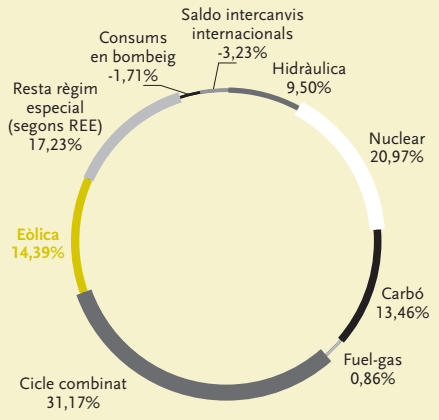
Potència instal·lada en el sistema elèctric espanyol per tecnologies a finals de l'any 2008



Font: REE i AEE.

Gràfic 3

Cobertura de la demanda d'energia elèctrica 2009



Font: REE i AEE.

més, l'ús de l'energia eòlica garanteix la protecció mediambiental perquè la generació d'electricitat es produeix sense els impactes originats pels combustibles fòssils causats per l'extracció, la transformació i la combustió.

Cada megawatt eòlic instal·lat a Catalunya evita cada any l'emissió a l'atmosfera de 2.900 tones de diòxid de carboni, de 75 tones de diòxid de sofre i d'1,5 tones de nitrogen, entre d'altres gasos nocius.

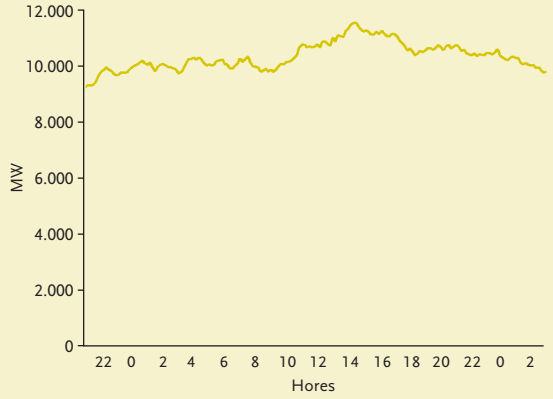
Malgrat que l'energia eòlica a Espanya ha anat pujant posicions respecte a la resta de les fonts d'energia, encara se situa darrere del cicle combinat en potència instal·lada (24,03%) i supera lleugerament la hidràulica (17,36%), per davant del carbó (12,37%), el fuel + gas (7,42%) i la nuclear (8,04%).

Tot i així, hem de tenir en compte una dada molt esperançadora, i és que el 8 de novembre de 2009 es va enregistrar l'últim rècord d'energia eòlica diària amb 251.543 MWh, una producció que va permetre cobrir el 44,9% de la demanda d'aquell dia. Tanmateix, al novembre 2009 es produí un màxim mensual d'energia eòlica que va cobrir el 22,7% de la demanda d'aquell mes, superant per primera vegada l'aportació de l'energia nuclear (un 19,5%).

Tenint en compte les previsions d'un important increment de la demanda energètica, tota política ha

Gràfic 4

Generació d'energia eòlica el 8 de novembre de 2009



El 8 de novembre es va registrar l'últim rècord d'energia eòlica diària amb 251.543 MWh, una producció que va permetre cobrir el 44,9% de la demanda d'aquest dia.
Font: REE i AEE.

d'anar adreçada a racionalitzar-la. El Grup d'experts de l'energia creu que "la política energètica ha d'anar dirigida a contenir i racionalitzar la demanda, a incrementar l'eficiència i apostar, per tal de satisfer-la, per una oferta àmpliament diversificada que permeti una adequada fiabilitat i seguretat en el subministrament, amb un cost competitiu, i el menor impacte ambiental possible". En aquest sentit, l'energia eòlica compleix

tots els requisits, ja que disposa d'un recurs net, gratuït i inesgotable.

2

Oportunitat de creixement econòmic

Al marge dels beneficis mediambientals, la inversió en energia eòlica constitueix una autèntica oportunitat de creixement econòmic. Segons l'associació EOLICCAT, el sector de l'energia eòlica crea entre dos i cinc vegades més llocs de treball que les fonts energètiques convencionals, bona part dels quals arrelats al territori on s'implanten els parcs eòlics i, per tant, amb un clar valor afegit. Aquesta indústria va generar 20.781 ocupacions a Espanya de forma directa l'any 2007, una xifra que ascendeix als 37.730 llocs si comptem també els indirectes, segons recull un estudi de Deloitte. Aquest mateix estudi indica que, malgrat la crisi, la indústria eòlica tindrà un paper rellevant els propers anys, ja que es preveu que la xifra d'ocupacions directes a Espanya arribi a 30.000 al 2012.

En un context de crisi econòmica mundial com el que estem vivint, l'energia eòlica esdevé una aposta segura en la generació de riquesa. Les iniciatives destinades a impulsar l'energia eòlica a Catalunya contribuiran, sense dubte, a la reducció de l'actual dependència energètica exterior. Tanmateix suposa una oportunitat única per desenvolupar una nova indústria basada en les noves tecnologies i en el coneixement, elements essencials per a la creació d'un nou model productiu que contribuirà a superar aquesta crisi.

A més, l'energia eòlica reverteix directament en el territori, potenciant l'economia local donant l'oportunitat de millorar infraestructures energètiques, telecomunicacions i camins rurals. També incrementa el PIB local per transferències de rendes. Segons el Pla de l'energia, es calcula una inversió de 3.700 milions d'euros dispersa en el territori de Catalunya i una transferència de renda de més de 16 milions d'euros cada any amb la implantació eòlica.

De manera estratègica, Alstom va escollir Barcelona per instal·lar la seu mundial d'Alstom Wind, àrea de negoci que es dedica a dissenyar, assemblar i instal·lar una àmplia varietat d'aerogeneradors, amb una potència que oscil·la entre els 1,67 MW i els 3 MW. A Barcelona, la nostra companyia compta amb més de 300 titulats altament qualificats, que representen el 80% de la nostra plantilla, i un centre de recerca i desenvolupament (R+D+I) on es treballa per desenvolupar la tecnologia més avançada.

Des de la seu central de Barcelona es dirigeix el negoci global d'Alstom Wind i com a centre de decisió dirigeix també la seva expansió i implantació internacionals. Recentment la companyia va anunciar la intenció d'entrar al mercat eòlic llatinoamericà, amb la instal·lació de la seva primera planta d'assemblatge d'aerogeneradors al Brasil.

A la resta del món, Alstom Power compta amb 25 centres de desenvolupament i 13 laboratoris.

3

La recerca, un valor de futur

De fet, el paper de la tecnologia energètica és un factor clau per convertir aquest sector en un autèntic vector econòmic per a Catalunya. En aquesta línea, és imprescindible una aposta decidida per promoure centres d'R+D+I, que permetin crear des de Catalunya tecnologia punta, exportable a tots els països. Catalunya és líder mundial en desenvolupament tecnològic i de coneixement d'energia eòlica i exporta la seva tecnologia a països com Índia, Japó i Estats Units.

És gràcies a la nostra tecnologia que Alstom ha aconseguit posicionar-se com a líder en la indústria de la generació d'energia. Els aerogeneradors d'Alstom tenen un concepte de disseny únic, ALSTOM PURE TORQUE™, que es caracteritza per un suport únic per al rotor, que protegeix el multiplicador de les cargues de flexió i, d'aquesta manera, aconsegueix més fiabilitat. Els nostres últims aerogeneradors, l'ECO 100 i l'ECO 110, dissenyats a Barcelona i els prototipus dels quals són al Perelló (Tarragona) i a Albacete, són dels més potents del món.

Per una altra banda, esdevé necessari promoure la formació especialitzada per comptar amb professionals experts en energia, actualment escassos. Una aposta decidida per l'energia eòlica ha d'anar acompanyada d'un impuls en la formació específica en aquesta matèria. La col·laboració entre els sectors empresarial, acadèmic i l'Administració és imprescindible per impulsar un sector energètic a Catalunya competitiu.

En aquesta línia, Alstom sempre ha volgut col·laborar estretament amb la universitat. Actualment, Alstom Wind té conveni amb diferents escoles de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), l'Institut Federal Suec de Tecnologia a Zuric, la Universitat de Tecnologia de Delft, als Països Baixos, i la Universitat de Durham del Regne Unit. A més, el nostre afany per la investigació ens va portar a crear l'any 2008 la Càtedra Alstom, juntament amb la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), amb seu a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB), amb l'objectiu d'impulsar una plataforma tecnològica per desenvolupar activitats de formació i investigació en el camp ferroviari i de les energies netes.

Tenint en compte totes aquestes necessitats, hauríem d'establir les bases d'un nou model productiu que prioritzi el coneixement i l'excel·lència. Només així podrem aconseguir una economia competitiva i sostenible en el temps. El canvi de model energètic ja no és una opció, sinó que és una necessitat, no només pels objectius fixats en l'àmbit internacional i nacional, sinó perquè l'energia eòlica és l'opció de futur.

El sector empresarial, juntament amb les administracions, ha d'assumir el lideratge per impulsar aquest canvi, i apostar per la innovació i la sostenibilitat. En aquest sentit, la indústria energètica ha de lluitar per reduir de forma significativa les emissions de CO_2, ja que és responsable del 40% d'aquestes emissions.

Conscients del paper fonamental que té la indústria energètica en el canvi climàtic, des del seus inicis Alstom centra la seva cartera de productes en tecnologies de la generació més neta. Creiem que es necessita una combinació energètica amb una consideració especial per les energies netes, com l'eòlica; una major eficiència energètica tant de noves instal·lacions com la base instal·lada; i l'aplicació de sistemes de captura i emmagatzematge de CO_2, que Alstom ja està desenvolupant i n'és pionera. Amb aquest objectiu, Alstom compta amb un equip de més de 80.000 persones repartides en més de 70 països arreu del món, que treballen dia a dia per aconseguir una energia neta, sostenible, segura i competitiva.

Tal com apunta el Grup d'experts, tot el sector coincideix a afirmar que la conjuntura actual ofereix una oportunitat immillorable d'iniciar amb determinació la transició cap a un model que doni prioritat a les energies renovables i la conservació energètica. Per això, també és necessària l'acció de les administracions, que han de fer una inversió important per impulsar l'energia eòlica.

A més, els constants canvis de regulació perjudiquen seriosament el sector, que necessita estabilitat. En aquest sentit, creiem necessari crear una legislació consensuada amb totes les forces polítiques que no sigui susceptible als canvis de govern. Una normativa que permeti regular el sector a llarg termini i que li doni estabilitat.

Catalunya disposa dels ingredients necessaris per impulsar de manera decidida l'energia eòlica i situar-la com la font energètica del futur. Comptem amb una indústria líder en el sector, professionals altament qualificats i centres d'R+D+I. Ara només cal reforçar la voluntat política per fer-ho realitat.

En definitiva, aquest és un dels sectors energètics, tecnològics i empresarials que cal impulsar a fi de fer un pas endavant en la generació neta i autòctona d'energia elèctrica a favor del medi ambient, afegint a més un valor real al teixit econòmic, empresarial i de la innovació a Catalunya.

Present i futur de l'energia solar termoelèctrica a Catalunya

Marc Gummà
Abantia

1 Introducció

L'avenç dels països desenvolupats s'ha basat en el consum massiu dels combustibles fòssils. Per als països en vies de desenvolupament, les necessitats energètiques encara són més vitals si pretenen equiparar-se amb països que disposen d'unes infraestructures i d'uns nivells d'industrialització ja consolidats.

Els greus efectes mediambientals en el clima regional i global provocats per l'actual sistema energètic fan que la societat prengui consciència de la necessitat de plantejar-se canvis en aquest sistema. Aquests canvis s'adrecen cap al desenvolupament de sistemes més eficients, cap al foment d'una cultura de consum més raonable i en la implantació de tecnologies energètiques que utilitzin fonts d'energies renovables amb la finalitat d'aconseguir un model energètic sostenible.

El sistema energètic actual es caracteritza perquè la major part del consum final d'energia té lloc en forma de calor i treball, en molts casos a través d'electricitat com a forma energètica d'alta qualitat i gran comoditat de transport. Això, unit a la importància de l'energia solar com a font d'energia renovable, fa que les centrals solars termoelèctriques com a sistemes generadors d'energia elèctrica adquireixin una gran rellevància de cara a assegurar les necessitats energètiques d'una societat respectuosa amb el medi.

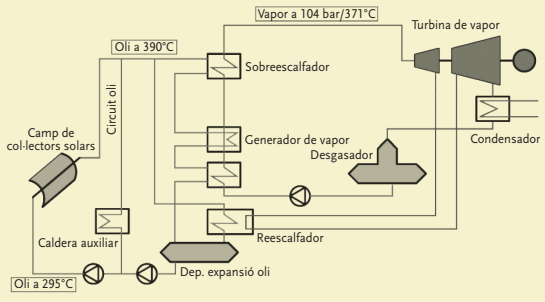
2 Els principis bàsics de la solar termoelèctrica

En general, una central termoelèctrica és un sistema capaç de generar energia elèctrica a partir d'energia tèrmica mitjançant el que es coneix com a cicle de potència, i per poder desenvolupar aquest cicle es necessita una font d'energia primària a partir de la qual es pugui obtenir l'energia tèrmica necessària.

Si la font d'energia primària és l'energia química d'un combustible fòssil (carbó, gas o fuel), la central termoelèctrica s'anomena central termoelèctrica con-

Gràfic 1

Esquema simplificat de procés d'una planta solar termoelèctrica



vencional. Si la font d'energia primària és la radiació solar, la central termoelèctrica rep el nom de solar termoelèctrica. Al contrari d'una instal·lació fotovoltaica, una central solar termoelèctrica no genera electricitat directament a partir de la radiació solar, sinó que transforma aquesta radiació en energia tèrmica que és aportada a un cicle de potència convencional el qual transforma aquesta energia tèrmica en energia mecànica. Posteriorment, mitjançant un generador elèctric es transforma l'energia mecànica en energia elèctrica, sent aquesta última la que s'injecta a la xarxa elèctrica i arriba als punts de consum.

Les centrals solars termoelèctriques poden incorporar un sistema d'emmagatzematge d'energia, la qual cosa permet seguir subministrant energia en absència de radiació solar. Depenent de la capacitat del sistema d'emmagatzematge variarà l'interval de temps diari durant el qual es podrà seguir subministrant energia elèctrica.

Al gràfic 1 es representa l'esquema simplificat d'una central solar termoelèctrica en la qual s'ha inclòs un suport amb combustible fòssil. En realitat, únicament el concentrador i el receptor són sistemes específics, i formen el que es denomina camp solar; la resta són sistemes comuns per a qualsevol central termoelèctrica.

El sistema concentrador està constituït per superfícies reflectores que intercepten, concentren i reflecteixen la radiació solar i la dirigeixen cap al receptor, que s'encarrega de captar aquesta radiació concentrada i introduir-la en el sistema. Com que l'objectiu és concentrar els raigs solars sobre la superfície del receptor, el sistema concentrador ha de disposar d'un mecanisme de control que li permeti seguir la trajectòria del Sol de manera que sempre hi estigui enfocat. Una vegada que la radiació concentrada arriba al receptor, aquest la converteix en energia tèrmica mitjançant una transferència d'energia al fluid de treball. Per últim, el sistema de conversió d'energia tèrmica transforma aquesta energia en energia elèctrica. Una característica diferencial dels sistemes solars termoelèctrics és que la concentració de la radiació la realitzen mitjançant reflexions especulars, i això fa que únicament es pugui aprofitar el component directe de la radiació solar.

3 Tipologia de tecnologies

3.1 Sistema de col·lectors cilíndric-parabòlic (CCP)

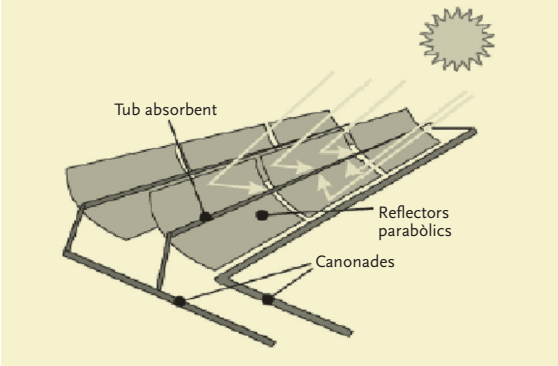
La tecnologia cilindre-parabòlica és una tecnologia neta, madura i amb un extens historial que demostra que està preparada per a la instal·lació a gran escala. Aquesta tecnologia s'instal·la comercialment des dels anys vuitanta amb un comportament excepcional. Des de llavors, ha experimentat millores importants pel que fa a costos i rendiments.

La tecnologia cilindre-parabòlica basa el seu funcionament en el seguiment solar i la concentració de la radiació solar en uns tubs receptors d'alta eficiència tèrmica localitzats en la línia focal dels cilindres. En aquests tubs, un fluid transmissor de calor, oli sintètic, s'escalfa aproximadament a uns 400 ºC pels raigs solars concentrats. Aquest oli és bombat a través d'una sèrie d'intercanviadors de calor per produir vapor sobreescalfat. La calor que hi ha en aquest vapor es converteix en energia elèctrica en una turbina de vapor convencional.

Els components principals del camp solar de la tecnologia cilindre-parabòlica són els següents:

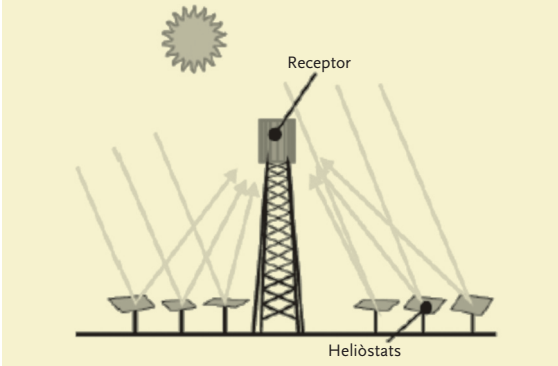
Gràfic 2

Planta solar termoelèctrica amb tecnologia CCP



Gràfic 3

Planta solar termoelèctrica amb tecnologia de torre central



1. El reflector cilíndric-parabòlic: la missió del receptor cilíndric-parabòlic és reflectir i concentrar sobre el tub absorbent la radiació solar directa que incideix sobre la superfície. La superfície especular s'aconsegueix a través de pel·lícules de plata o alumini dipositades sobre un suport que li dóna prou rigidesa.
2. El tub absorbidor: consta de dos tubs concèntrics separats per una capa de buit.
3. El sistema de seguiment del Sol: el sistema seguidor més comú consisteix en un dispositiu que gira els reflectors cilíndrics-parabòlics del col·lector al voltant d'un eix.
4. L'estructura metàl·lica: la funció de l'estructura del col·lector és la de donar rigidesa al conjunt d'elements que el componen.

3.2 Sistema de torre central

La tecnologia de torre es posiciona com una tecnologia termosolar amb un grau de maduresa mitjana.

En els sistemes de torre, un camp d'heliòstats o miralls mòbils que s'orienten segons la posició del Sol reflecteixen la radiació solar per concentrar-la fins a 600 vegades sobre un receptor que se situa a la part superior d'una torre. Aquesta calor es transmet a un fluid per tal de generar vapor que s'expandeix en una turbina unida a un generador per a la producció d'electricitat

El funcionament de la tecnologia de torre es basa en tres elements característics: els heliòstats, el receptor i la torre.

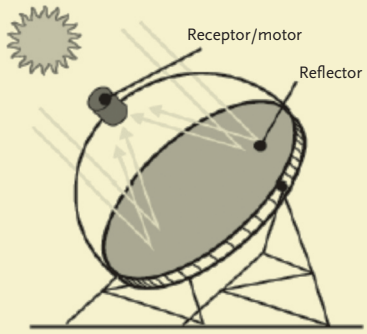
1. Els heliòstats tenen la funció de captar la radiació solar i dirigir-la cap a al receptor. Estan formats per una superfície reflectora, una estructura que li serveix de suport i mecanismes que permeten orientar-lo per anar seguint el moviment del Sol. Les superfícies reflectores més emprades actualment són de miralls de vidre.
2. El receptor, que transfereix la calor rebuda a un fluid de treball que pot ser aigua, sals foses, etc. Aquest fluid és l'encarregat de transmetre la calor a l'altra part de la central termosolar, generalment a un dipòsit d'aigua, que obté vapor a alta temperatura per produir electricitat mitjançant el moviment d'una turbina.
3. La torre serveix de suport al receptor, que s'ha de situar a una certa alçada sobre el nivell dels heliòstats a fi d'evitar, o almenys reduir, les ombres.

3.3 Disc Stirling

Un sistema de concentrador disc Stirling està format per un concentrador solar d'alta reflectivitat, per un re-

Gràfic 4

Planta solar termoelèctrica amb tecnologia de disc Stirling



ceptor solar de cavitat, i per un motor Stirling o una microturbina que s'acobla a un alternador. El funcionament consisteix a escalfar un fluid localitzat en el receptor fins a una temperatura entorn dels 750 °C. Aquesta energia s'utilitza per generar energia per al motor o la microturbina. Per a un funcionament òptim, el sistema ha de disposar dels mecanismes necessaris per poder fer un seguiment de la posició del Sol en dos eixos.

4
Avantatges de la solar termoelèctrica

La tecnologia solar termoelèctrica és capaç de produir electricitat a partir d'un recurs il·limitat com és el Sol sense emetre emissions contaminants. Algunes dels principals avantatges d'aquesta tecnologia respecte d'altres són els següents:

- Protecció ambiental en no emetre emissions de CO_2 ni residus contaminants.
- Combustible gratuït, il·limitat i abundant.
- Genera llocs de treball qualificats, que pot ser un element de desenvolupament econòmic regional.
- Aporta estabilitat al sistema elèctric gràcies a la possibilitat d'hibridar i emmagatzemar energia durant els períodes de temps en què no hi ha Sol.
- Tecnologia suficientment madura.

5
Situació del mercat a Espanya i Catalunya

5.1
Espanya

Espanya s'ha situat en els darrers anys com una potència líder en l'àmbit mundial en la tecnologia solar termoelèctrica, gràcies, en gran mesura, a la disponibilitat d'uns elevats índexs de radiació solar directa (especialment en les regions del sud), un règim de primes i tarifes favorables establertes en el Reial decret 661/2007 que regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial, així com també gràcies a una aposta decidida d'R+D de les institucions i empreses espanyoles que les ha portat a liderar tecnològicament aquest sector.

Avui dia, hi ha un total de 8 instal·lacions en funcionament que representen un total de 182 megawatts, la majoria concentrats a la comunitat autònoma d'Andalusia.

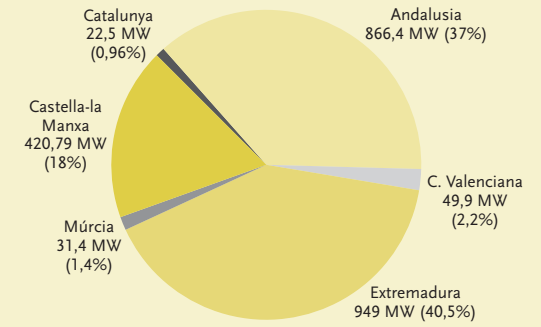
L'escenari en els pròxims 3 anys situarà Espanya amb una potència instal·lada en solar termoelèctrica que superarà els 2.300 megawatts instal·lats, molt per sobre dels 500 megawatts establerts com a objectiu en el Pla d'energies renovables 2006-2010 (PER 2006-2010). Les comunitats autònomes d'Andalusia, Castella-la Manxa i Extremadura reuneixen el 95% dels projectes que seran operatius l'any 2013, tal com es pot observar en el gràfic 5, on es reflecteix la distribució de megawatts per comunitats autònomes inscrites en el Registre de preassignació del Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme.

5.2
Catalunya

Si bé Catalunya, i concretament la plana de Lleida, disposa d'uns valors de radiació solar directa significatius, la realitat és que avui dia se situa a la cua de les comunitats autònomes amb presència de plantes solars termoelèctriques. Efectivament, el seu pes espe-

Gràfic 5

Distribució per comunitats autònomes de la potència inscrita en solar termoelèctrica en el Registre de preassignació



cífic representarà el 0,96% dels megawatts totals instal·lats a l'Estat espanyol el 2013, molt allunyada d'altres comunitats autònomes com ara Extremadura (40,5%), Andalusia (37%) o Castella-la Manxa (18%).

L'única instal·lació inscrita en el Registre de preassignació del Ministeri i que, per tant, té assegurat el dret de percebre la prima establerta en el Reial decret 661/2007 és la planta solar termoelèctrica de 22,5 megawatts que s'instal·larà al municipi de les Borges Blanques (Lleida).

Hi ha diverses raons que expliquen el poc pes que té Catalunya en la implantació d'aquest tipus de tecnologia:

- Els índexs de radiació solar directa a Catalunya si bé no són gens menyspreables, en especial a la plana de Lleida, són considerablement inferiors si es comparen amb altres regions d'Espanya com ara Andalusia, Extremadura o Castella-la Manxa, on trobem temperatures més elevades al llarg de tot l'any.
- La gran complexitat i durada en el procés de tramitació administrativa d'aquests tipus d'instal·lacions a Catalunya, en comparació d'altres regions de l'Estat, fa que sigui molt dificultós que les empreses puguin tirar endavant un projecte d'aquestes característiques.
- La necessitat de grans extensions de terreny, sumada a una estructura de propietat del sòl caracteritzada per l'existència d'una gran quantitat de propietaris d'extensions petites de terreny, fa que sigui molt complicat disposar dels terrenys necessaris per tirar endavant qualsevol projecte.

6

Perspectives de futur a Catalunya

El Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, aprovat pel Govern de la Generalitat l'11 d'octubre de 2005, preveia per al cas de la tecnologia solar termoelèctrica uns objectius de potència instal·lada de 50 megawatts per al 2015.

La Generalitat va aprovar el 2009 la revisió del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, en el qual es fixen, per a la tecnologia solar termoelèctrica, uns nous objectius per assolir al 2015, i passar dels 50 megawatts previstos en la versió inicial als 202,5 megawatts fixats en la revisió, fet que representa un augment del 405%.

L'escenari per al 2013 ens porta a què la potència instal·lada a Catalunya representarà l'11% del total de megawatts fixats com a objectiu en el Pla de l'energia per al 2015, per la qual cosa es fa difícil pensar que es puguin assolir les xifres previstes en el Pla de l'energia de Catalunya.

Per altra banda, la potència inscrita en el Registre de preassignació en la tecnologia solar termoelèctrica ha superat els objectius establerts en el Pla d'energies renovables 2005-2010, i per això el Ministeri ha tancat el registre per a aquesta tecnologia, fet que implica que només tenen garantida la tarifa o prima de venda d'energia elèctrica establerta en el Reial decret 661/2007 aquelles instal·lacions que s'hi hagin pogut inscriure (en el cas de Catalunya, la planta solar termoelèctrica de 22,5 megawatts de les Borges Blanques). Caldrà, doncs, esperar que el Govern espanyol aprovi el nou Pla d'energies renovables 2011-2020 i la futura llei de règim especial, que fixaran els nous objectius que caldrà que assoleixi aquest tipus de tecnologia així com les tarifes associades per la venda d'energia elèctrica, i que estabiliran el marc de futur

per als nous projectes, per determinar si es podran assolir els objectius fixats per a la solar termoelèctrica en el Pla de l'energia de Catalunya.

7 Experiències a Catalunya

La primera experiència d'aplicació d'energia solar termoelèctrica a Catalunya es durà a terme a la comarca de les Garrigues (Lleida), en concret al municipi de les Borges Blanques. Es tracta d'una planta de 22,5 megawatts promoguda per la Societat Termosolar Borges, SL, la qual està participada al 50% pels grups industrials catalans Abantia i Comsa-Emte. La Generalitat de Catalunya té previst entrar pròximament en l'accionariat de la societat amb una participació minoritària.

7.1 Descripció general del projecte

La planta termosolar de les Borges Blanques utilitzarà la tecnologia més estesa en l'actualitat, el sistema de col·lectors cilíndric-parabòlic.

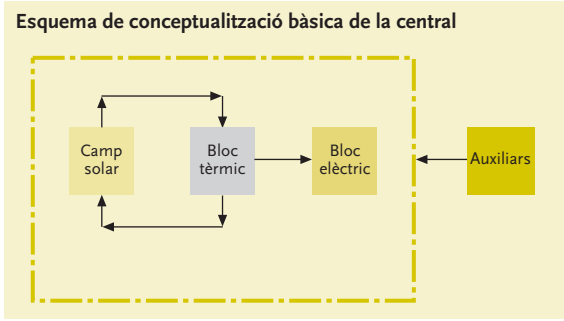
La instal·lació estarà integrada per quatre grans blocs: el camp solar, el bloc tèrmic, el bloc elèctric i els elements auxiliars.

7.1.1 Camp solar

Els components principals del camp solar són els següents: (1) el col·lector, compost per una estructura metàl·lica recolzada sobre uns pilons estructurals i on se suporten els miralls cilíndric-parabòlics i els tubs concentradors; (2) els miralls, els quals capten la radiació solar i la reflecteixen en els tubs concentradors situats sobre l'eix del col·lector; (3) el tub concentrador, que és l'element que rep l'energia solar reflectida pels miralls i la transfereix al fluid tèrmic que circula pel seu interior; (4) el fluid tèrmic, que és el responsable de transportar l'energia solar captada pels miralls un cop reflectida en el tub concentrador

Gràfic 6

Esquema de conceptualització bàsica de la central



i amb la temperatura incrementada fins al bloc tèrmic per generar vapor.

El camp solar ocupa una superfície de 62,7 ha i està format per 56 llaços de 600 m de longitud. Cada llaç integra 4 col·lectors cilíndric-parabòlics de 150 m de longitud, i està governat per un sistema d'accionament hidràulic per fer el seguiment de la posició del Sol en tot moment. Cada col·lector disposa de 12 mòduls de 12 m de longitud, amb una longitud total per al conjunt del camp solar de 33.600 m. En la línia focal de cada un d'aquests col·lectors es col·loca el tub absorbidor, per l'interior del qual circula el fluid de transferència de calor (oli tèrmic).

Els col·lectors segueixen la trajectòria del Sol des del matí fins al vespre, i així aprofiten al màxim la radiació solar. Cada un reflecteix la radiació solar directa sobre el tub absorbidor, escalfant el fluid des d'aproximadament 293 °C fins als 393 °C.

L'energia tèrmica absorbida pel fluid és transferida en el bloc tèrmic a un cicle aigua-vapor que varia de nou la temperatura des de 393 °C a l'entrada del recuperador fins a 293 °C a la sortida. A aquesta temperatura de sortida, el fluid tèrmic es recircula de nou mitjançant un sistema de bombament a l'entrada del camp solar i tanca així el cicle camp solar-recuperador.

7.1.2 Bloc tèrmic

El bloc tèrmic és el responsable de la transferència de l'energia solar acumulada en el fluid tèrmic al bloc

Quadre 1

Resum de les característiques principals del projecte	
Promotor	Termosolar Borges, SL
Ubicació	Les Borges Blanques (Lleida)
Tecnologia seleccionada	Col·lector cilíndric-parabòlic
Potència elèctrica instal·lada	25 MWe
Potència elèctrica neta exportada	22,5 MWe
Superfície total d'ocupació	63,6 ha
Hores totals de funcionament	2.176 hores
Generació elèctrica total exportada	52.344 MWh/any
Generació elèctrica d'origen solar	44.492 MWh/any
Generació elèctrica amb gas natural (15%)	7.852 MWh/any
Punt de connexió a la xarxa elèctrica	SE Juneda (1,8 km LE soterrada)
Consum d'aigua	208.902 m^3/any
Inversió total	128 M€
Generació de llocs de treball directes	25 persones
Generació de llocs de treball indirectes	50-100 persones
Tones de CO_2 evitades a l'atmosfera	50.000 t/any

elèctric mitjançant la transformació a energia tèrmica en forma de vapor que en turbinar-se canvia l'energia mecànica per l'elèctrica.

El bloc tèrmic inclou les calderes amb gas natural per a la hibridació, el tren de recuperació tèrmic i una caldera auxiliar.

Les calderes d'hibridació són les responsables de completar el contingut energètic del fluid tèrmic en moments en què no hi ha prou radiació per fer possible un rendiment de la turbina adequat.

El tren de recuperació està constituït per un conjunt d'equips bescanviadors de calor responsables de la transferència energètica des del fluid tèrmic fins al cicle de condensador / vapor per a la generació de vapor sobreescalfat a 375-380 °C a 100 bars de pressió, que alimentarà la primera etapa de la turbina de vapor, i pel reescalfament del vapor procedent de la primera etapa de la turbina fins a la segona etapa.

La caldera auxiliar té l'objectiu de cobrir les necessitats particulars de la instal·lació, com són l'alimentació als tancaments de la turbina quan aquesta està fora d'operació així com per incrementar la temperatura del fluid tèrmic del camp solar per assegurar l'absència de risc de solidificació del fluid en cas de gelades o inclemències greus del clima.

7.1.3
Bloc elèctric

El vapor produït en el recuperador del bloc tèrmic alimenta el bloc elèctric constituït per una turbina de dues etapes, que a l'alternador genera la corresponent energia elèctrica a una tensió de 10,5 kW que s'eleva a un centre de transformació fins a una tensió de 25 kW, que són les condicions del punt de connexió de servei per exportar l'energia a la xarxa de distribució.

Forma part del bloc elèctric la turbina, el condensador de la turbina, el sistema de recirculació dels condensats, el centre de transformació d'alta tensió per facilitar l'exportació d'energia a la xarxa, el centre de transformació de baixa tensió per cobrir els autoconsums de la central i els centres de control de motors associats per a la central.

7.1.4
Instal·lacions auxiliars

La central disposa d'un conjunt d'instal·lacions auxiliars que són principalment les següents: (1) el sistema de captació, emmagatzematge i tractament d'aigua per a la refrigeració, aportació al sistema de

condensats i neteja dels miralls del camp solar i consum sanitari; (2) el sistema de refrigeració de la turbina; (3) el sistema de producció d'aire comprimit per a instruments i aire de planta; (4) el sistema d'abastament de nitrogen per inertització; (5) el sistema de mesura i regulació de les condicions de subministrament de combustible de gas natural per a les calderes d'hibridació.

La planta s'opera automàticament mitjançant un sistema de control distribuït.

Aprofitament energètic de la biomassa a Catalunya, tocar ferro i no fusta

Carles Vilaseca i Padrós
Apropellets, Associació de productors de pèl·lets de fusta de l'Estat espanyol

1 Introducció

Normalment, a les terres de parla catalana per tal d'evitar malastrugança usem l'expressió tocar ferro, i no tocar fusta. Però la majoria de llengües veïnes sí que ho fan: *knock on wood* als països anglosaxons, *toucher du bois* a França o *tocar madera* en llengua castellana.

Poca importància s'ha donat en les darreres dècades a casa nostra a la fusta, a remenar fusta, ni per encomanar-nos a la sort; de fet, quan es parla d'un potencial a Catalunya de 73.499,4 milers de tones/any[1] de producció llenyosa aèria total desaprofitada, més del 35% del territori català són boscos, recents estudis[2] parlen que només al Montseny i al Montnegre-Corredor hi ha un equivalent anual de més de 140.000 tones de petroli (tep), i tot a punt de cremar en un mal estiu, vol dir que hi ha alguna cosa que no estem fent gens bé, encara avui no hem sabut trobar una alternativa real i viable i/o complementària als usos tradicionals de la fusta.

2 Usos i factors limitants de la forest

Però lluny de caure en el plany, hi ha sectors econòmics que aposten per aquesta matèria primera, renovable i estratègica quant a valors socials, ambientals i econòmics:

1. *L'ús social del bosc i del paisatge*: en una societat com la catalana, majoritàriament urbana, els espais agraris i forestals esdevenen una necessitat de la població.
2. *L'ús ambiental del bosc:* només cal trepitjar un indret després d'un incendi forestal per copsar l'impacte d'aquesta pertorbació, erosió i pèrdua

1. Inventari ecològic i forestal de Catalunya, CREAF actualitzat anualment.

2. *La Biomassa com a font de matèries primeres i energia: estudi de viabilitat en el Montseny i Montnegre-Corredor.* Fundació Abertis (2009).

de sòl, desforestació *versus* desertització. Tampoc no podem menystenir la importància del bosc com a reservori de CO_2 davant els desequilibris que ens depara el canvi climàtic, també a l'àrea mediterrània, la manca d'aigua.

El bosc reté l'aigua de pluja i ens la dosifica a poc a poc, i malgrat que la manca de gestió forestal provoca densitats molt elevades d'arbres per hectàrea, en competència hídrica, que debiliten les aportacions al sistema hídric, és evident que el bosc té un paper fonamental en el cicle de l'aigua a casa nostra i que aquest esdevingui sostenible.

3. *L'ús econòmic del bosc.*[3] Malauradament, aquest valor, avui en números vermells, interactua de manera negativa envers els altres valors, el social i l'ambiental, quan no som capaços de generar riquesa, valor econòmic, quan el bosc no comporta beneficis per als propietaris, el bosc s'abandona i automàticament la tutela dels valors socials i ambientals del patrimoni natural passen a ser responsabilitat de l'Administració pública, bàsicament tasques de manteniments i milions d'euros destinats a l'extinció d'incendis forestals cada estiu, desaprofitant la millor tecnologia de fixació de carboni que coneixem, la fotosíntesi.

   Avui vivim en la paradoxa de disposar d'uns cossos de xoc davant els incendis forestals molt efectius, d'incrementar any rere any la càrrega de combustible forestal per al proper GIF (gran incendi forestal), cada cop la despesa en aquesta guerra contra el foc en climes mediterranis és més gran i el risc de patir desastres com els incendis recents de Grècia, Califòrnia o Portugal és també molt més probable.

Així doncs, seria lògic pensar que l'aprofitament energètic de la biomassa forestal en terres mediterrànies, en un context de crisi energètica i climàtica, hauria de tenir una importància clara. Lamentablement no és així, a diferència de països centreeuropeus o escandinaus, i aquest fet obeeix a diferents factors socials, ambientals i econòmics.

2.1 Factor social

La percepció a casa nostra que els boscos són sistemes naturals intocables està molt arrelada; quan als de llibres de text de les escoles s'ensenyen atacs al medi ambient sovint apareix algú equipat com a forestal tallant un arbre, i no es diferencia un bosc mediterrani d'un bosc de la fràgil selva pluvial. Sovint des de determinats àmbits és defensa la no intervenció a la forest, cosa que dificulta l'equilibri entre la gestió econòmica d'aquesta amb el manteniment dels valors no intervencionistes.

Recentment cal incorporar determinats efectes Nimby[4] a Catalunya contra la tecnologia d'aprofitament energètic de la biomassa, normalment organitzats socialment en forma de plataformes ciutadanes, vinculats a grups antiincineració de residus. La percepció negativa que la biomassa com a font d'energia és potser renovable, però també contaminant, ha arrelat força en les àrees urbanes, paradoxalment més dependents energèticament i també més emissores de gasos efecte d'hivernacle, factors que l'ús energètic de la biomassa contrarestaria. La principal base argumental d'aquests corrents contraris a l'aprofitament energètic de la biomassa és el deteriorament de la qualitat de l'aire.

2.2 Factors ambientals

L'orografia del país amb forts pendents no facilita la mobilització de la biomassa forestal residual; pen-

3. "En el 90% dels boscos catalans mediterranis de propietat privada predomina la recol·lecció sobre qualsevol altre sistema de gestió forestal. Recol·lecció significa que els únics treballs que es fan al bosc són la tallada i l'extracció dels peus comercials que interessen al mercat. El resultat d'aquest sistema, en la major part dels casos, és la consolidació d'un bosc anàrquic en què competeixen, més que conviuen, arbres de totes les edats amb fenotips cada vegada més lamentables." *Models silvicoles en boscos privats mediterranis*. Sèrie Territori, 5. Diputació de Barcelona.

4. Nimby (*Not in My Back Yard*), acrònim anglès que fa referència a la cultura del *no*.

dents superiors al 60% fan difícil i costós l'aprofitament silvícola.

2.3
Factors econòmics

El sector forestal com a sector econòmic no aporta més que el 4,28% del PIB de Catalunya;[5] si tenim en compte que dues terceres parts del territori català estan definides com a territori forestal, tenim una idea clara de la poca productivitat d'aquest sector.

Fins al 2007 no es disposa a l'Estat espanyol d'un decret[6] que fomenta les energies renovables, en el qual s'estableix un equilibri econòmic i financer raonable entre costos i beneficis de l'ús de la biomassa com a font renovable d'energia. D'altres països europeus, com Alemanya, disposen d'una llei d'impuls de les energies renovables des de l'any 2004,[7] fet que ha permès a aquest estat que en 3 anys es consolidessin més de 160 instal·lacions amb una potència de 980 MWel.[8]

3
Descripció genèrica de tecnologies viables d'aprofitament energètic de la biomassa sòlida

Hi ha molta confusió davant d'un concepte tan ampli com el de la biomassa. Al web del Consorci Forestal de Catalunya (www.observatoribiomassa.forestal.cat) se'n donava al 2009 aquesta definició:

> "Biomassa és un terme molt ampli que, segons defineix l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), es refereix al conjunt de tota la matèria orgànica d'origen vegetal o animal, que inclou els materials que procedeixen de la transformació natural o artificial. L'energia que es pot obtenir de la biomassa prové de la llum del Sòl. Gràcies al procés de fotosíntesi, les plantes verdes transformen la llum solar en energia que queda acumulada a l'interior de les seves cèl·lules. Aquesta energia emmagatzemada es pot alliberar sotmetent-la a diversos processos d'aprofitament energètic.
> Existeix una gran diversitat de productes que es poden considerar biomassa. N'hi ha de tipus forestal, agrícola, del sector ramader i agroalimentari i de tipus residual. També hi ha els cultius destinats de manera específica a la producció d'energia (cultius energètics).
> Segons la Directiva 2009/28/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 23 d'abril de 2009, relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables, es defineix la biomassa com la fracció biodegradable dels productes, material de rebuig i residus d'origen biològic procedents d'activitats agràries –incloses les substàncies d'origen vegetal i d'origen animal–, de la silvicultura i de les indústries connexes –incloses la pesca i l'aqüicultura–, així com la fracció biodegradable dels residus industrials i municipals.
> La biomassa és una font d'energia renovable de gran importància. Les possibilitats d'aprofitar-la com a energia són molt diverses, amb el gran avantatge, entre d'altres, que el seu ús no contribueix a incrementar l'efecte d'hivernacle, pel fet que el balanç d'emissions de CO_2 és pràcticament neutre."

Per tant, depèn dels orígens de la biomassa, si parlem de biomassa en estat sòlid o líquid, procedent de residus agroforestals, industrials o domèstics és evident que la tecnologia que cal aplicar variarà molt, i en cap cas no hi ha una tecnologia de la biomassa genèrica, avui dia hi ha diferents tecnologies que en funció de la tipologia i la caracterització de la biomassa ens permeten treure'n al màxim partit del seu potencial energètic.

5. Eduard Plana i Glòria Domínguez. *Diagnosis dels boscos i el sector forestal a Catalunya*, CTFC (Centre Tecnològic Forestal de Catalunya).

6. Reial decret 661/2007.

7. Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 31/07/2004.

8. *Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse*. Institut für Energetik und Umwelt gGmbh, Leipzig (2007).

Apostar per a l'aprofitament energètic de la biomassa sòlida passa no només per l'aprofitament de fraccions residuals biomàssiques, sinó també, i especialment, per combinar aquests sistemes d'aprofitament energètic amb processos com els de la fabricació industrial de biocombustibles sòlids, els anomenats pèl·lets.

3.1 Combustió de biomasses sòlides per obtenir energia

$$C_xH_y + (x + y/2)O_2 \rightarrow xCO_2 + yH_2O$$

L'oxidació total de la llenya, estelles o pèl·lets en forns de diferents característiques i potències, per escalfar aigua d'una caldera i així, amb l'anomenat cicle de Rankine (caldera de vapor i turbina acoblada a un alternador), poder produir energia elèctrica en un cicle tancat (l'aigua passa d'estat líquid a vapor i torna a líquid per la condensació a la caldera), és la manera més contrastada de produir l'electricitat que hi ha al mercat. De fet, la màquina de vapor és la tecnologia més coneguda i provada des dels inicis de la Revolució Industrial.

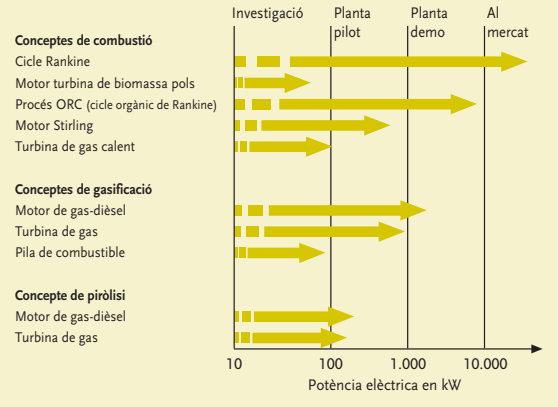
Recentment ha aparegut en el mercat la tecnologia ORC (cicle orgànic de Rankine); en lloc d'aigua s'utilitza un solvent orgànic que té un punt d'ebullició més baix que l'aigua, i que permet treballar a temperatures més baixes. Aquest sistema és adequat per a instal·lacions de potència elèctrica fins a 2 MW.

Les restes forestals d'activitats de prevenció d'incendis o bé les podes de jardineria urbana ens configuren un tipus de biomassa molt heterogeni; la millor tecnologia per extreure'n el potencial energètic és l'oxidació de la biomassa amb presència d'O_2, alliberant energia en forma de (Q) calor,[9] ja que les altres tecnologies requereixen materials molt homogenis i estables en la seva composició per ser processats.

9. Per cada àtom gram de carboni (14 g) absorbeix 112 kcal d'energia solar a partir de la fotosíntesi.

Gràfic 1

Estat de la tecnologia a Alemanya en la producció d'electricitat a partir de biomassa lignocel·lulòsica



Font: Informe *Bundesministeriums für Umwelt*, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2007.

La combustió d'aquests materials, amb prèvia trituració i garbell d'inerts, en forns de graella, amb sistema de graella circular o bé en llits fluïditzats, garanteixen les hores de funcionament de les instal·lacions i faciliten el manteniment fàcil i ràpid que qualsevol central tèrmica requereix, i garanteixen al titular de la central l'equilibri econòmic i financer.[10]

La possibilitat d'establir una línea d'assecatge industrial de la fusta, aprofitant la calor residual de baixa entalpia de la central tèrmica de cogeneració, pot permetre desenvolupar, econòmicament i ambientalment, una planta de producció de pèl·lets de fusta. Aquesta és l'aposta industrial que permet completar un model d'aprofitament energètic de la biomassa plenament eficient, que atengui dues necessitats: l'aprofitament de la BFR (biomassa forestal residual) i la producció de fustes per a la fabricació de biocombustibles, els pèl·lets.

10. El marc regulador de les centrals productores d'energia a partir de fonts renovables és el Reial decret 661/2007 i de forma simultània es potencia la cogeneració, és a dir, la producció combinada d'electricitat i calor i/o fred per mitjà del Reial decret 616.

3.2
Densificació per a usos tèrmics, pèl·lets

El pèl·let s'aconsegueix a partir de la trituració, separació d'inerts i posterior moltura de la fusta i assecatge. Aquesta serradura amb humitats al voltant del 8% és granulada en la pel·letitzadora, i en resulta un granulat (pèl·let). Aquest biocombustible haurà de complir al 2010 unes especificacions per a usos domèstics per a tota la Unió Europea, especificacions similars als requeriments de l'actual normativa alemanya (quadre 1).

Quadre 1

Propietats dels pèl·lets de fusta segons DIN Plus Alemanya	
Diàmetre (mm)	Indicar
Longitud (mm)	< 5 * diàmetre
Densitat real (kg/m³)	> 1,12 kg/m³
Humitat (% massa)	< 10
Cendres (% massa)	< 0,5
Poder calorífic (MJ/kg)	> 18
Sofre (% massa)	< 0,04
Nitrogen (% massa)	< 0,3
Clor (% massa)	< 0,02
Arsènic (mg/kg)	< 0,8
Cadmi (mg/kg)	< 0,5
Crom (mg/kg)	< 8
Coure (mg/kg)	< 5
Mercuri (mg/kg)	< 0,05
Plom (mg/kg)	< 10
Zenc (mg/kg)	< 100
Densitat aparent	Indicar
Durabilitat	< 2,3%
Additius	< 2%

Ens trobem davant d'un combustible sòlid amb un PCI superior a 18 MJ/kg, la meitat del gasoil, un combustible fàcil de manipular, de fet, es comporta com un fluid, es pot transportar a domicili de la mateixa manera que es fa amb altres combustibles fòssils.

El pèl·let com a biocombustible té diversos avantatges: el primer avantatge és econòmic, el seu preu està molt per sota dels preus determinats pel barril de petroli, podem dir que el preu segueix l'IPC i no el barril de petroli, per tant, és un biocombustible un 40% més barat que el gasoil.

El segon avantatge és ambiental; el pèl·let és un biocombustible renovable i implicat amb el desenvolupament del territori, un producte que pot donar un nou impuls a fustes que avui pateixen una crisi greu de mercat. El faig, el castanyer i el pollancre són frondosos i juntament amb les coníferes tradicionals ens donen un producte de molta qualitat i eficiència energètica. Podem dir que les calderes que combustionen pèl·lets tenen rendiments superiors al 95%.

La combinació de plantes de cogeneració amb plantes de fabricació de pèl·lets és una simbiosi industrial necessària. Aprofitar la calor residual de la producció d'electricitat de les centrals de biomassa forestal residual per establir una línia d'assecatge de serradures de fusta permetrà desenvolupar una nova indústria de fabricació de biocombustibles.

3.3
Co-combustió

La co-combustió és la introducció de dos combustibles diferents en un forn d'una central per produir electricitat o bé per obtenir calor per a assecatges industrials. Normalment s'utilitza la combinació de la biomassa amb carbó per tal de reduir les emissions de CO_2, i aquesta pràctica ha esdevingut comuna en el moment d'aplicar el Protocol de Kyoto en el sector industrial.

Cimenteres i indústries que requereixen calor en grans quantitats per als seus processos industrials han esdevingut nous clients per a un tipus de biomasses que per les seves característiques necessiten instal·lacions adaptades per cremar altres combustibles potencialment contaminants com el carbó i els seus derivats.

Durant l'any 2008 les plantes de reciclatge van rebre a Espanya 528.000 tones[11] de materials lignocel·lulòsics, de les quals una part significativa procedeix de les deixalleries, de la recollida de mobles vells, dels residus de la construcció i també de la indústria. Aques-

11. *El sector de la recuperación de la madera en España, informe de situación.* ASERMA.

tes fustes se seleccionen i després de diferents processos de trituració i reconeixement específic es converteixen en xips o serradures, combustibles sòlids recuperats (CSR) i subministrats a diferents indústries que fan la co-combustió.

3.4.
Gasificació

La gasificació de la biomassa és el tractament d'aquesta en reactors. La biomassa en un ambient pobre en oxigen se sotmet a diferents reaccions termoquímiques que com a resultat donen un gas de síntesi (*syngas*; vegeu el quadre 2), que té un PCI equivalent a la sisena part del PCI del gas natural i que es pot utilitzar en motors especialitzats.

Quadre 2

Gas de síntesi Composició mitjana (% en volum)	
N_2	43%-45%
H_2	18%-20%
CO	19%-20%
CO_2	13%-15%
CH_4	2,5%-3,5%
CxHy	0,1%-0,3%
PCI [kcal/Nm^3]	1.250

En la gasificació, la cel·lulosa es transforma en hidrocarburs més lleugers, sovint també amb CO i H_2, però aquesta tecnologia encara és en fase de desenvolupament. Els motors que han de produir electricitat presenten diferents problemes en la carburació del gas, de fet el problema més important que encara no està del tot resolt en biomasses heterogènies com les forestals és la neteja del *syngas*; la formació de quitrans és un dels inconvenients més important d'aquesta tecnologia.

S'estima que fins al 2012 no es disposarà d'una tecnologia suficientment contrastada per treballar amb biomassa forestal. És important assenyalar que s'obtenen molt bons resultats amb altres biomasses més homogènies, closques de fruits secs i fangs de depuradora.

3.5
Biotecnologia, les microalgues en la captació de CO_2

A la Universitat Autònoma de Barcelona, a la d'Alacant, a la de Sevilla, en centres d'investigació a Berlín, Canàries, Massachusetts, Graz, Nova Zelanda els investigadors tenen l'objectiu comú de trobar mecanismes de fabricació de biocarburants i obtenir energia, i tenen una importància especial els treballs relacionats amb l'obtenció de biodièsel, etanol o metà a partir de matèries no lligades a la producció d'aliments.

Les microalgues són organismes unicel·lulars responsables de més del 50% de la fotosíntesi del planeta, transformen el CO_2 en biomassa verda, de fet, són els més efectius fixadors de CO_2. Hi ha moltes espècies de microalgues, viuen en medi aquàtic, en aigües dolces com salades, més netes o molt brutes, però una característica les fa comunes: estan formades per un 50%-80% de lípids.

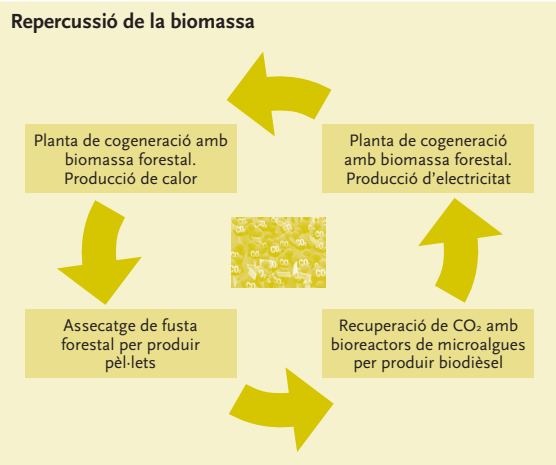
La biotecnologia aplicada en la captació del CO_2 pot fer possible a curt termini models energètics d'emissió zero en les plantes industrials o en les plantes de cogeneració. A títol d'exemple, la combustió de les 60.000 tones de biomassa forestal produeix unes emissions d'aproximadament 56.520 tones/any de CO_2, cabal de gasos que es pot reduir en un 80% en dies assolellats i en un 50% en dies ennuvolats. Pot produir biomassa algal amb un alt contingut oleaginós per a la producció de biodièsel, i les restes poden tornar a ser combustionades en la planta de cogeneració millorant sensiblement el cicle de vida del carboni en planta controlada, i produint molta més energia per quilogram de biomassa forestal emprada.

4
Una nova economia del carboni, energia de la biomassa. El segrest del CO_2

La producció d'energia elèctrica a partir de biomassa forestal dinamitza de manera transversal diferents

Gràfic 2

Repercussió de la biomassa



sectors econòmics i obre noves expectatives energètiques.

Les empreses que hem apostat per a la fabricació de biocombustibles de fusta a l'Estat espanyol ho tenim molt clar, de manera decidida volem esdevenir una indústria productora de biocombustibles sòlids significativa en la combinació energètica espanyola.

Som empreses que ens hem adonat de l'oportunitat que implica la mobilització de recursos locals, creiem que cal apostar per l'elaboració de productes energètics de qualitat que puguin competir econòmicament amb els combustibles fòssils, i garantir una cadena de valor del recurs fusta que repercuteixi en el nostre patrimoni forestal.

La gestió de la biomassa repercuteix socialment, ambientalment i econòmicament en el conjunt de la societat, només depèn de com es faci, de manera intel·ligent i aprofitant-ne el potencial energètic, o bé com fins ara, de manera descontrolada cada estiu.

Les oportunitats que s'entreveuen en el mercat del CO_2 obren les portes a un nou model de la gestió del territori, i és important que les administracions prenguin consciència d'aquesta oportunitat, l'estímul dels usos energètics de la biomassa té una incidència en tots els sectors econòmics, el primari, el secundari i el terciari.

5

Conclusions. La biomassa com a recurs, eix vertebrador del país?

Des de fa dècades vivim d'esquena al bosc, ni les administracions ni els propietaris forestals no han trobat fórmules que fessin rendible la gestió forestal. I hi ha moltes raons: baix rendiment de la nostra forest, una orografia accidentada, tancament d'indústries vinculades, terciarització de la societat i un llarg reguitzell de raons, algunes de les quals s'han intentat desgranar en aquest article.

És evident que avui gestionar una hectàrea forestal costa diners i ningú no es troba en condicions de descapitalitzar-se sense més, la no-gestió forestal de les darreres dècades i la repetida pèrdua de terrenys agrícoles, davant d'una crisi agrària sense precedents, ha fet impossible garantir un estat dels nostres boscos més o menys acceptable; podríem dir que la majoria de la forest es troba en estat de no ser rendible malgrat que Catalunya és un país de boscos, un 35% de la superfície és massa forestal, superfície molt per sobre d'altres països centreeuropeus. També és cert que la producció de fusta és molt per sota de la mitjana d'altres zones, i que en el nostre país hi ha molta diversitat de vegetació. És evident que des dels Pirineus fins a la costa n'hi ha per donar i per vendre, i mai millor dit, per donar segur, ja que per vendre, ni les perxades de faig i castanyer, i els boscos comunals de la Cerdanya avui no troben molts compradors.

Per altra banda, la majoria de les urbanitzacions, que avui ja són primeres residències, es troben perillosament i literalment dins d'una frondosa massa forestal. Les administracions catalanes donen ajuts, es preocupen de disposar mecanismes d'intervenció immediata en cas d'incendi forestal i val a dir que de moment ha anat més o menys bé, evidentment amb excepcions prou evidents del que ens pot passar si no hi posem remei.

Avui, després de les nevades i ventades d'aquests últims hiverns, la biomassa acumulada en determinades zones del país es perfila com a molt perillosa, els

mercats de la fusta tradicionals estan tocats de mort i el sector s'enfonsa inexorablement; calen actuacions decidides, la inacció ens portarà inevitablement a la californialització del territori.

Malgrat tot, ens trobem amb un territori molt ben documentat, de gestió no se n'ha fet però d'estudis i treballs n'hi ha un munt. Sabem molt bé com tenim els nostres boscos, el CREAF, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, ha fet una feina molt bona, coneixem el creixement vegetatiu que la fotosíntesi origina, ho sabem pam a pam, comarca a comarca, i avui dia ningú no es pot atrevir a discutir, amb un mínim de credibilitat, que ens cal una reducció dràstica de la combustibilitat de la nostra forest, dels Pirineus fins a la serralada litoral, i això només vol dir reduir la biomassa a llindars acceptables, tant per plantejar-se una gestió forestal rendible com per garantir la protecció de béns i persones en les zones forestals urbanitzades (Llei 5/2003 i Decret 123/2005).

Per altra banda, preocupen les modelitzacions dels científics de l'IPCC (GIECC, Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic) de les Nacions Unides al planeta i moltes són les probabilitats que el canvi climàtic ja en procés prou evident poden afectar l'àrea mediterrània, menys pluja i més calor. Aquest fet té una especial importància i relació amb les dinàmiques que succeiran a la nostra forest i especialment a la gestió de l'aigua de les nostres conques internes, és a dir, si les previsions es compleixen i tot fa pensar que la clau de volta ja està donada, i no hi ha marxa enrere, ens esperen períodes de sequera molt més intensos i regulars que fins ara. I això només té un nom, greu perill d'incendis forestals i risc de disponibilitat d'aigua potable per a la població. És del tot coneguda la importància del bosc en la regulació de les pluges i la seva retenció en el subsòl i en l'alentiment dels processos d'escorrentia després de pluges torrencials, tan típiques de la nostra conca mediterrània.

Davant d'aquesta possibilitat ens cal actuar immediatament per adaptar el model econòmic i social a aquesta realitat ambiental tan evident, el risc és massa alt per no fer-hi res. Una de les primeres mesures que cal prendre és valorar un recurs tan preuat en altres parts del planeta i tan poc valorat a casa nostra: la biomassa forestal.

L'aprofitament energètic de la biomassa pot esdevenir, en aquest nou escenari, l'eix vertebrador del país, podem recuperar el 60% del territori en valor econòmic i en valor social, podem integrar ciutat i rerepaís amb un únic objectiu: la gestió correcta dels recursos naturals que com a país disposem, hem de fer entendre a la ciutadania que la gestió del bosc és necessària, no només per al gaudi personal i familiar sinó per a la protecció d'un recurs tan preuat com és l'aigua, de la mateixa manera que aquest recurs biogènic que és la biomassa forestal esdevé fàbrica de producció d'energia renovable, activa infraestructura fotosintètica de reducció de les emissions de CO_2. Si una forest sana actua com a embornal de CO_2, no hi ha dubte que els boscos joves són molt més actius en la fixació del gas que més ens ha de preocupar.

6 Referències

Abalde, J.; Cid, A.; Fidalgo, P.; Torres, E.; Herrero, C. (1985). *Microalgas: cultivo y aplicaciones*. Monografia n. 26.

Alley, Richard B. (2007). *El cambio climático, pasado y futuro*. Siglo XXI de España.

Bibliografia web:

<www.aserma.org>
<www.bioenergyinternacional.com>
<www.bioenergyinternational.es>
<www.creaf.uab.es>
<www.ctfc.cat>
<www.eee-info.net/cms/>
<www.gar.cat>
<www.gencat.cat/icaen>
<www.idae.es>
<www.propellets.at>
<www.rebrot-paisatge.cat>
<www.seeger.ag>

Biomasa. IDAE, 2007 (monografia).

Borja Velázquez (2006). *Aprovechamiento de los residuos forestales para uso energético*. Universitat Politècnica de València.

Camps, M.; Marcos, F. (2002). *Los biocombustibles*.

Cap a una nova economia dels boscos. Consorci Foresal de Catalunya, 2004. Conferència-debat.

Catalunya, un país de boscos: gestió forestal i tecnologia del sector forestal. 2n Congrés Forestal Català, Tarragona, 2007.

II Congrés Forestal de Catalunya. Llibre de ponències i resum, 2007.

Diagnosi ambiental al Parc del Montnegre i el Corredor. Àrea d'espais naturals. Monografia, Diputació de Barcelona, 2005.

Dialogar n. 1. *Biomassa a debat*. Associació "El Garbell", 2008.

Diputació de Barcelona (2008). *Models silvícoles en boscos privats mediterranis* Col·lecció Documents de treball. Sèrie territori, 5 (dossier).

Diversos autors (2005). *Els boscos a Catalunya. Aprofitament i futur*. Centre Excursionista de Catalunya. Competium, S.L.

La biomassa com a font de matèries primeres i d'energia: estudi de viabilitat al Motnseny i Montnegre-Corredor (Informe-resum).Fundació Abertis, 2009.

Llobet i Just, S. *et al*. (2003). *Silvicultura del pi blanc* (*Pinus halepensis*). Dossiers de gestió forestal, 4. Agència Local del Desenvolupament Forestal.

Medi ambient, tecnologia i cultura. La gestió del rerepaís (revista). Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya, núm. 23, abril de 1999.

Models de gestió de residus municipals, Jornada sobre la Gestió de Residus Municipals, 12 de març de 1997. Publicació de l'Escola Universitària Politècnica del Medi Ambient de Mollet del Vallès.

Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) uuf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse – (BMU). Institut für Energetik und Umwelt Gmbh, Leipzig, 2007.

Terradas, J. (coord.) (1987). *Ecosistemes terrestres: la resposta als incendis i a d'altres pertorbacions*. Monografia, Diputació de Barcelona, Servei del Medi Ambient.

Terradas, J. (1996). *Ecologia del foc*. Proa, Barcelona.

Valladares, F. (2004). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministeri de Medi Ambient, Madrid.

La planta de biomassa de Talavera

Ramon Trullols, alcalde de Talavera

L'escassetat i el constant augment de preu dels combustibles fòssils, juntament amb la creixent presència dels nivells de CO_2 en l'atmosfera, ha desembocat en la necessitat de buscar solucions alternatives per generar energia elèctrica. L'aprofitament energètic de fonts d'energia renovable constitueix una font eficient que contribuirà a arribar als objectius fixats en el Programa d'energies renovables 2005-2015 (PER).

La producció descentralitzada d'energia i l'ús de biomasses portadores d'energia poden tenir un paper significatiu en l'alteració tant dels patrons d'ús de la terra com de l'energia, i pot obrir noves oportunitats de desenvolupament econòmic sostenible per a les zones rurals.

1. La biomassa

La biomassa és un terme genèric que fa referència a la quantitat de matèria viva produïda per plantes, animals, fongs o bacteris en una àrea determinada. Se sol utilitzar per fer referència al combustible energètic que s'obté directament o indirectament d'aquests recursos biològics.

La biomassa com a font d'energia renovable es pot classificar en:

- Residus forestals
- Residus agrícoles llenyosos
- Residus agrícoles herbacis
- Residus d'indústries forestals i agrícoles
- Cultius energètics

La decisió d'un territori de generar la pròpia electricitat a partir de residus té àmplies repercussions socioeconòmiques ja que els sistemes energètics de biomassa són una font d'ocupació i d'ingressos important i, per tant, poden tenir un paper destacat per impulsar el dinamisme econòmic a les zones rurals:

- La generació de llocs de treball i d'ingressos tant a escala individual com per a la comunitat en general on està situat el projecte, i la redistribució de la renda local.
- La rendibilitat d'activitats rurals associades derivades de l'ús de subproductes (residus en molts casos) agroforestals, que disminueix el risc d'incendis forestals. A més, l'aprofitament d'aquests residus contribueix a resoldre el problema de com es poden eliminar, que generalment ocasiona molèsties i contaminació.
- La diversificació de les activitats rurals amb la conseqüent obertura de noves oportunitats de negoci.

Aprofitar els residus agrícoles i forestals per a biomassa i establir plantacions i cultius energètics pot contribuir a pal·liar el problema de la desertització de les zones rurals. Particularment, els cultius perennes poden ajudar a prevenir problemes d'erosió perquè redueixen l'impacte de la pluja i el transport de sediments. Generar energia a partir de la biomassa també contribueix a disminuir la contaminació de l'aire.

2. La planta de biomassa de Talavera

La implantació d'energies renovables al territori és una alternativa a l'agricultura i la ramaderia; és el gran complement al món rural que pot generar llocs de treball i serveis al territori i, per tant, pot contribuir a mantenir-hi la població.

Talavera és un municipi de la comarca de la Segarra situat a la part sud-oest. A més de la capital municipal, que és Talavera, formen part del municipi els nuclis de població de Pallerols, Bellmunt, Civit, Pavia i Suró, amb una extensió de 30 km² i una població total de 304 habitants. Des d'un punt de vista econòmic, el municipi destaca per l'existència d'una activitat agrícola i ramadera important: més de la meitat de la seva activitat està dedicada al conreu de la terra.

La planta de biomassa de Talavera

Talavera té molt avançada la tramitació d'un pla especial per implantar una altra font d'energia renovable i una planta de generació elèctrica a partir de la biomassa dins del seu terme municipal. La implantació d'aquesta font d'energia renovable es fa tenint cura d'integrar-la al màxim al medi que l'envolta per tal que en formi part.

Amb aquest plantejament el projecte preveu la construcció d'un complex energètic destinat a aprofitar la biomassa, la qual, mitjançant un procés de transformació, sigui capaç de generar electricitat de forma sostenible. Paral·lelament, proper a la zona d'actuació s'ha desenvolupat un parc eòlic que farà que, conjuntament amb la planta de biomassa, es concentrin a la zona les principals tecnologies existents per a la generació d'energia mitjançant recursos renovables.

Es preveu que el combustible de la planta sigui una barreja de diversos tipus de biomassa, prioritzant la que es pugui extreure dels voltants de Talavera que, de forma estimada, es preveu que provingui dels anomenats cultius energètics i dels residus agrícoles i forestals.

- Cultius energètics: 80%, 70.000 t/any
- Residus agrícoles i forestals: 20%, 17.300 t/any

Els cultius energètics són cultius d'espècies vegetals destinats específicament a la producció de biomassa per a ús energètic. Entre les diferents espècies agrícoles herbàcies susceptibles de convertir-se en cultius energètics destaquen el card, amb un gran poder calorífic, el sorgo i la colza etíop; també cal tenir en compte el cultiu de tabac. Els residus agrícoles correspondran a subproductes derivats de la palla del cereal, cultiu molt estès i que predomina a la zona de Talavera.

El procés que es portarà a terme en una instal·lació de biomassa serà una combustió directa de la biomassa mitjançant un forn-graella, juntament amb un cicle tèrmic aigua-vapor que busca l'objectiu de generar electricitat. En la combustió produïda en una planta de biomassa es considera que el balanç d'emissions és neutre. La biomassa consisteix bàsicament en carboni i oxigen; en cremar la biomassa es genera CO_2 i H_2O. El diòxid de carboni que s'emet en la utilització energètica de la biomassa ja s'havia fixat prèviament en el creixement de la matèria vegetal que havia generat, per la qual cosa no contribueix a incrementar-ne la proporció a l'atmosfera i, per tant, no és responsable de l'augment de l'efecte d'hivernacle. Respecte als gasos de la combustió de la biomassa, un cop tractats s'evacuaran a través d'una xemeneia amb prou alçada per garantir la correcta dispersió de les emissions quan estiguin nets d'impureses.

Els avantatges de la biomassa són, en primer lloc, estratègics, perquè redueix la dependència energètica externa, contribueix a la diversificació del sistema i potencia la utilització dels recursos sobrants; en segon lloc, mediambientals, perquè la combustió de la biomassa no genera emissions de gas d'efecte hivernacle i contribueix a netejar nitrats en terrenys agrícoles, a netejar boscos i a prevenir incendis i plagues; i, en tercer lloc, socioeconòmics, perquè la creació d'un mercat per al tractament i la gestió de la biomassa generarà llocs de treball en el medi rural.

Els beneficis socials directes s'inicien sobretot durant la fase de construcció, que genera i activa l'activitat dins del sector de la construcció. Un cop la planta està en funcionament es genera un segon cercle d'activitats per al municipi (petites empreses associades o serveis) i per als pagesos del territori, ja que es crea un mercat per als residus agrícoles i els cultius energètics.

Les renovables al mercat de l'electricitat: perspectives de futur

José Salmerón
Wind to Market, SA

1 Introducció

Quan encenem l'interruptor de la llum en una habitació i aquesta s'il·lumina sembla que algú s'hagués preparat per començar a generar en aquell moment l'electricitat necessària per il·luminar-la; o que l'energia hagués estat emmagatzemada en un dipòsit, preparada per usar-la en el moment necessari. Tanmateix, el sistema elèctric, per la naturalesa física de l'energia que genera, transporta i consumeix, encara no pot emmagatzemar energia instantània ni respondre de manera individual als moviments de la demanda particular. A més, la naturalesa física de l'electricitat, com ja se sap, necessita que la producció i el consum d'electricitat siguin iguals en cada instant. Això s'aconsegueix perquè els milions d'interruptors de la llum que hi ha a les llars mantenen una mitjana de consum predictible, amb un marge d'error petit. Aquest error el corregeix, en temps real, l'operador del sistema espanyol, en primer lloc utilitzant la capacitat d'interconnexió amb el sistema elèctric francès, que per la seva mida i inèrcia és capaç de proveir-nos de regulació instantània –primària– per igualar de forma immediata la generació al consum; en segon lloc, fent que les instal·lacions de generació designades canviïn els seus nivells de producció de manera gairebé immediata –regulació secundària–, i, en tercer lloc, intentant fer variar els nivells de generació a la resta de centrals quan l'error es manté durant un temps –regulació terciària i gestió de desviacions.

Al principi, la generació renovable a Espanya va començar a funcionar amb la mateixa indiferència que un consumidor: sense preocupar-se per quan i per quina quantitat generava. En l'estat inicial de desenvolupament de l'energia renovable al nostre país, finals dels anys noranta i principis de la dècada següent, amb uns centenars de megawatts instal·lats, el sistema era capaç de tractar-la com un consumidor més i utilitzar la regulació del sistema per mantenir l'equilibri constant de la freqüència. S'instal·laven els megawatts, es produïa quan bufava el vent, circulava l'aigua o brillava el Sol i al final de mes es passava una factura a la

companyia distribuïdora, multiplicant els quilowatts hora produïts per la tarifa corresponent.

Mentrestant, des de l'any 1998 s'havia implantat un mercat a l'engròs d'electricitat en el qual cada dia de l'any es comprava i es venia l'electricitat –i encara es fa– per a cada hora del dia següent. A aquests compromisos de consum i de generació per a cada hora del dia següent, que sorgien de la cassació del mercat a l'engròs, s'hi va associar una penalització econòmica. Si no es compleix el que hi ha previst, al quilowatt hora, es paga aquesta penalització: el cost de les desviacions.

2

La incorporació de la generació renovable al mercat d'electricitat

El sistema elèctric espanyol va voler apostar per les energies renovables, augmentant de manera significativa la potència instal·lada per millorar l'autoproveïment, disminuir la contaminació ambiental i fomentar el desenvolupament industrial. Per fer-ho era necessari que la generació renovable s'integrés al mercat a l'engròs, amb el mateix grau d'exigència i d'oportunitats que altres productors. Una potència instal·lada rellevant per aconseguir els objectius que s'han exposat havia de comptar amb una previsió de producció horària al mercat i una penalització de desviacions associada que incentivés una gestió de l'energia al més propera possible al temps real que permetés el mercat. La regulació establerta en el Reial decret 436/2004, de 12 de març, va incentivar de manera correcta la participació de les instal·lacions eòliques al mercat de producció, i va permetre que la gestió de les vendes d'aquesta energia s'agrupés en el que llavors es va anomenar agents venedors. Aquests agents, que ara s'anomenen representants, podien constituir carteres que permetien gestionar la desviació de manera agregada.

La gestió de les vendes al mercat de l'electricitat s'ha de fer al mercat diari, que casa la generació i el consum cada dia per a cada hora del dia següent a les deu del matí, i en els sis mercats intradiaris, durant els quals es pot ajustar la previsió de les hores restants del dia a partir de la quarta hora després que s'hagi tancat la sessió. La minimització de la desviació exigia, des del principi, gestionar les ofertes durant les 24 hores del dia.

Quan es gestiona una instal·lació de règim ordinari –per exemple, una planta termoelèctrica– el nivell de la generació en cada hora, suposant que la planta no tingui cap fallada tècnica, el marca el preu que el mercat hagi estat disposat a pagar. Si el preu de mercat cobreix els nostres costos estarem disposats a generar el màxim que absorbeixi la demanda. La regulació tècnica de la central ens permetrà posteriorment ajustar la generació horària a l'energia compromesa al mercat, fent que la diferència entre el que haguem venut i la generació real, la desviació, sigui molt petita o nul·la.

Addicionalment la generació ordinària s'agrupa en zones de regulació, que integren totes o gairebé totes les plantes de generació d'una companyia elèctrica. Aquesta zona de regulació, a més de proveir servei de regulació secundària a l'operador del sistema elèctric, controla la generació de totes les seves instal·lacions, i autoregula internament les diferències entre l'energia venuda al mercat i el nivell de generació en temps real, de manera que la desviació del conjunt sigui mínima. El nom de *zones* de regulació pot fer pensar que es tracta de regions geogràfiques delimitades. Van tenir el seu origen en les zones de distribució i generació elèctriques d'empreses, que corresponien a zones geogràfiques concretes. Avui en dia les empreses elèctriques no limiten la instal·lació de plantes de generació a la seva àrea de distribució elèctrica, sinó que trien el lloc més adequat. Les zones de regulació comprenen plantes distribuïdes per tot el territori peninsular que pertanyen a una mateixa companyia elèctrica, que funcionen com un perímetre d'equilibri de desviació i com a proveïdors de reserva de regulació al sistema seguides de forma centralitzada per l'empresa propietària, que al seu torn envia informació en temps real a l'operador del sistema.

En una instal·lació d'energia renovable –per exemple, un parc eòlic– el cost variable és pràcticament nul,

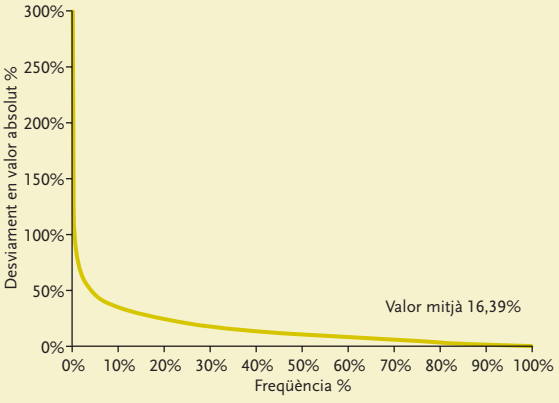
perquè la generació només la determina la disponibilitat del recurs renovable a cada hora, independentment del preu del mercat. Un parc no deixa de funcionar a la seva màxima capacitat perquè hagi errat la previsió de generació i vengui poca energia al mercat. Si en temps real el vent bufa i en pot generar més que el que havia previst ho farà perquè, malgrat la penalització per desviació, l'ingrés serà més gran que el cost variable. L'objectiu no és regular el nivell de generació per adaptar-se al que hi havia programat inicialment, sinó generar al màxim possible a cada hora, minimitzant l'error entre el que es ven i el que finalment es produeix mitjançant una bona predicció de generació.

Quan a Wind to Market es van mantenir les primeres converses amb productors eòlics per començar a gestionar la venda de la seva energia al mercat, alguns ens miraven com si expliquéssim històries de ciència-ficció. Vam plantejar la possibilitat de fer una predicció eòlica horària per a les vint-i-quatre hores del dia següent, abans de les deu del matí que és quan tanca el mercat diari; la possibilitat de tenir diverses actualitzacions de les prediccions durant el dia, per poder ajustar les previsions als mercat intradiaris; i per donar seguretat als nostres clients els vam assegurar una desviació màxima en relació amb la seva producció. Nosaltres i els nostres clients ens vam embarcar en l'aventura de gestionar la venda horària de l'electricitat eòlica al mercat fent molta anàlisi i amb un treball previ, però sense tenir-ne cap certesa.

Finalment, la realitat va superar les expectatives i la gestió de les vendes de l'energia renovable al mercat va comptar des del principi amb una predicció de la generació horària suficient, combinant models meteorològics i estadístics que milloraven la predicció segons s'apropaven al moment de la generació. Les prediccions de producció eòlica s'actualitzen entre quatre i sis vegades al dia, que permeten una gestió de les noves previsions als sis mercats intradiaris que gestiona l'operador del mercat. Els models de predicció utilitzats s'ajusten a la realitat del comportament dels parcs eòlics davant de les condicions meteorològiques de manera periòdica, per tal de millorar l'error de les

Gràfic 1

Desviament programa de generació eòlica
Desviaments nets horaris de RE eòlica (% sobre programa). Any 2009



Font: REE.

previsions. Davant la desviació en una cartera, l'error mitjà de la predicció individual d'un parc eòlic es pot situar en un 35%-40% d'energia desviada sobre la producció total de la instal·lació. La dispersió a l'entorn d'aquesta mitjana és molt alta, i influeix molt la situació geogràfica i la configuració del parc.

L'efecte estadístic de compensació d'errors de predicció entre les instal·lacions que componen una cartera va proporcionar força estalvis del cost de les desviacions, que per a una cartera com la de Wind to Market se situen actualment entre el 50% i el 70% de l'estalvi. Aquest efecte estadístic de compensació en una cartera de plantes de generació es produeix perquè en la majoria de les hores, per errors de predicció o per problemes tècnics, hi ha unes instal·lacions que produeixen més que la previsió enviada al mercat i d'altres menys, per la qual cosa l'error total és menor que la suma dels errors individuals. La gestió 24 × 7 de les prediccions renovables al mercat elèctric, junt amb l'"efecte cartera" esmentat, ha permès que la generació eòlica es col·loqui en una mitjana per sota del 20% d'error sobre la producció dels parcs.

El Reial decret 661/2007, de 25 de maig, que regula en l'actualitat l'activitat de generació d'electricitat en règim especial, va avançar en la seva incorporació al

mercat de producció. Si al reial decret anterior només podien vendre al mercat les instal·lacions que haguessin pogut elegir aquesta possibilitat, completant l'ingrés de mercat amb una prima, al nou reial decret totes les instal·lacions de règim especial tenen l'obligació de vendre la seva producció al mercat a l'engròs, incloses les que tinguin una tarifa fixa com a retribució, independentment del preu del mercat. Dins d'aquestes últimes s'inclouen els milers de plantes fotovoltaiques que s'han posat en marxa en els últims anys.

Fins fa poc, la programació de la producció d'un parc eòlic es realitzava integrant la informació que proporcionava el model de predicció, estimat sobre la capacitat instal·lada del parc, amb la disponibilitat de la instal·lació comunicada pel productor. Aquesta última es refereix a la capacitat real del parc de generar electricitat, descomptant a la potència instal·lada la capacitat que no pugui generar perquè hi haig aerogeneradors avariats o en procés de reparació o manteniment, perquè una gran velocitat prevista de vent pugui desconnectar alguns aerogeneradors per motius de seguretat o perquè hi hagi hagut un disparament en la línia d'evacuació de l'electricitat i el parc no pugui exportar l'energia que produeixi. Moltes vegades la disponibilitat dels parcs no es comunicava al gestor de les ofertes (el *front office*), o es feia tard, i per això a l'error de la predicció calia sumar-hi l'error provocat per enviar una programació al mercat que tenia en compte una capacitat superior que la instal·lació tindria en el moment de la generació.

Normalment, a aquest problema calia afegir-hi que els departaments de *front office* disposaven només de la informació de la producció horària dels parcs de forma esporàdica, quan, una o dues vegades al dia, se'n descarregaven la mesura de generació. Aquesta informació poques vegades era útil per millorar l'error de les programacions que s'enviessin al mercat. Quan la no disponibilitat del parc es deu al fort vent i no es comunica al *front office*, es pot donar el cas que una gran part de les instal·lacions eòliques del sistema es trobin en una situació similar –una alta generació venuda al mercat i una baixa generació real– i que, com a conseqüència, el cost de la desviació sigui molt alt, per la quantitat d'energia regulació que l'operador del sistema ha d'utilitzar per poder mantenir iguals el consum i la generació i evitar moviments en la freqüència del sistema.

L'efecte cartera és una funció asimptòtica en el qual, si s'arriba a una desviació mitjana al voltant d'un 15% de la producció, la incorporació de nous parcs no millora la compensació estadística de l'error dels parcs. Per reduir la desviació i millorar la gestió, a més d'augmentar la cartera, cal millorar la informació sobre l'estat i la producció dels parcs per formar les ofertes al mercat. La solució té dues vies complementàries: una és involucrar més els operadors dels parcs perquè informin tots els dies sobre l'estat de les instal·lacions i sobre la disponibilitat prevista, actualitzant la informació quan hi hagi una novetat; la segona és alimentar els models de predicció eòlica amb dades de producció dels parcs diverses vegades al dia perquè millorin la previsió a curt termini, entre 4 i 10 hores, abans de cada mercat intradiari.

3

L'evolució necessària de la gestió de l'energia renovable al mercat

Millorar la gestió de les vendes de l'energia renovable al mercat a l'engròs passa per millorar la informació sobre la disponibilitat dels parcs. Això requereix una doble feina: per part de qui opera i fa el manteniment dels parcs, que normalment és qui disposa de la informació de l'estat de les instal·lacions, i per part de la gestió d'ofertes. Cal mantenir una comunicació permanent entre l'una i l'altra perquè la formació de l'oferta contingui la millor informació possible sobre l'estat de la instal·lació i la seva capacitat de generació en les 12-24 hores següents. No solament és necessari que el *front office* tingui informació en temps real del que passa a la instal·lació, també hauria de conèixer els plans de reparació i manteniment del parc i de la xarxa d'evacuació, hauria de familiaritzar-se amb el funcionament del parc en les diferents condicions

meteorològiques i hauria de conèixer les possibles consignes que l'operador del sistema pugui enviar al parc per limitar la seva producció per motius de seguretat del sistema.

La segona via en què s'ha de treballar és la integració de la informació sobre la generació del parc durant les últimes hores en els models de predicció. S'ha comprovat que la informació sobre quant ha estat capaç de generar una instal·lació en les últimes 12-24 hores és rellevant per millorar la predicció a un termini molt curt, d'entre 4 i 10 hores. El repte és poder alimentar els models amb aquesta informació, que fins fa poc només estava emmagatzemada en els registradors de l'equip de mesura del parc i que calia descarregar mitjançant una trucada al mòdem de l'equip, la comunicació mòbil del qual no sempre funciona correctament. Avui en dia, els centres de control són els responsables d'obtenir i d'enviar la informació instantània de potència activa de les instal·lacions a l'operador del sistema. Per tant, són els que poden donar aquesta informació, i ho han de fer, als models de predicció per millorar l'error a un termini molt curt en la programació de les instal·lacions eòliques al mercat.

Recentment, el Ministeri d'Indústria ha aprovat el prerregistre d'uns 6.400 MW de generació eòlica i 2.300 MW d'energia solar termoelèctrica, que entraran en funcionament abans de tres anys. Amb això, la potència eòlica instal·lada arribarà a uns 24.000 MW instal·lats i el total de l'energia renovable en el sistema serà d'uns 33.000 MW. Els límits de potència instal·lada, que es pensaven com a límit gestionable pel sistema elèctric, s'han anat superant any rere any i és molt possible que la potència instal·lada renovable continuï augmentant més enllà del 2013 fins a assolir uns 40.000 MW. Cal integrar cada vegada més la realitat física i tècnica de les instal·lacions en cada moment amb la venda de l'energia al mercat si volem millorar el resultat econòmic de les plantes de generació d'energia renovable i possibilitar-ne la integració en el sistema elèctric espanyol.

Papers de treball

La inflació generada a l'economia catalana: el paper de les rendes empresarials i del treball 251

El rol del sector exterior en la sortida de la crisi en el context de la Unió Monetària. El cas de Catalunya 255

Els pressupostos generals de l'Estat per al 2010 259

La versió íntegra dels treballs que es resumeixen en aquest apartat es poden baixar en versió pdf de l'adreça electrònica: http://www.gencat.cat/economia/departament/publicacions/treball/index.html

La inflació generada a l'economia catalana: el paper de les rendes empresarials i del treball

Cristina Amarelo
Departament d'Economia i Finances

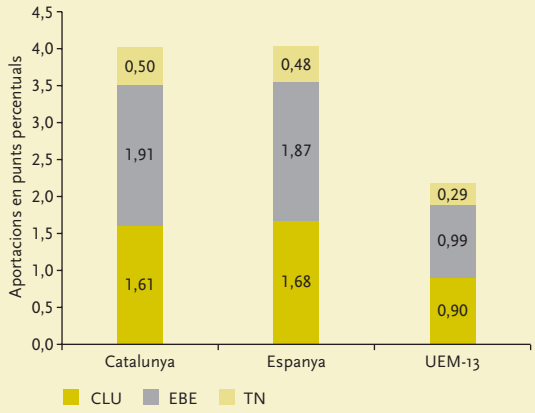
En aquest treball s'analitza l'evolució recent a Catalunya d'un dels indicadors de preus més representatius de la situació competitiva de l'economia, el deflactor del PIB. El deflactor del PIB és un indicador relativament acurat de la inflació generada per l'economia: considera tota la producció domèstica i inclou les exportacions, però no recull el preu dels productes importats de l'exterior. Per tant, hi ha notables diferències amb l'índex de preus de consum (IPC), que és l'indicador de preus més utilitzat, ja que aquest només considera la vessant del consum, exclou el preu de les exportacions i no té en compte els preus dels habitatges en propietat. Podria donar-se el cas que una economia amb un consum molt basat en les importacions, davant d'un fort encariment d'aquestes, registrés un alt creixement de l'IPC i, al mateix temps, podria presentar moderació en els preus d'exportació i en els preus dels productes generats a l'economia domèstica. Amb tot, el deflactor del PIB també presenta alguns desavantatges. La informació s'obté amb un retard important i les dades dels anys més recents són provisionals. Així mateix, inclou determinats béns i serveis no comercialitzables amb l'exterior, com els habitatges de propietat (que, en canvi, no estan incorporats a l'IPC), que presenten dinàmiques de preus específiques i que poden influir en el deflactor total.

A partir de dades de la comptabilitat regional de l'INE, s'observa que la inflació generada per l'economia catalana segons el deflactor del PIB ha estat relativament intensa, i ha assolit una taxa d'un 3,6% anual en el període 1995-2008. Aquest creixement ha estat una mica més alt que el de l'IPC (d'un 3,4% anual). L'augment del deflactor va ser especialment elevat del 2001 al 2006. L'any 2008 s'observa una clara moderació i el ritme cau fins a un 3,1%, que reflecteix en part la desacceleració en els preus dels habitatges.

Quan es calcula la contribució dels diferents elements de renda a la inflació catalana (l'anomenat *inflation accounting*), limitat al període 2000-2007 per disponibilitat de dades, es pot observar que el principal element explicatiu ha estat l'excedent brut d'explotació (*proxy* dels marges empresarials), que aporta un 47,5% de l'increment dels preus. Li segueixen els costos la-

Gràfic 1

Factors de costos interns. Deflactor del PIB total. Període 2000-2007



Font: elaboració pròpia a partir de la CRE (INE).

Quadre 1

Evolució de diversos indicadors de preus
% variació mitjana anual. Període 1995-2008

	Catalunya	Espanya	Zona euro
Deflactor del PIB	**3,6**	**3,5**	**1,8**
Subperíode 1995-2000	3,1	2,9	1,2
Subperíode 2000-2008	3,9	3,9	2,2
IPC[1]	**3,4**	**3,1**	**2,1**
Subperíode 1995-2000	3,0	2,6	1,7
Subperíode 2000-2008	3,6	3,4	2,3

1. En el cas de la zona euro, és l'IPC harmonitzat.
Font: INE i Eurostat.

borals unitaris (CLU), que n'expliquen un 39,9%. L'augment dels CLU s'explica principalment per l'estancament en el component de productivitat.

Per sectors, el comportament més inflacionista ha estat el de la construcció, sobretot a causa de l'espectacular augment en l'excedent, si bé també s'han produït augments notables en els CLU (per les remuneracions per treballador). En el sector serveis l'impuls inflacionista també ha estat significatiu i respon sobretot a l'intens creixement de l'excedent (molt significatiu en branques com l'hoteleria, o com els serveis immobiliaris i serveis empresarials). Els CLU dels serveis han registrat una evolució moderada per la contenció en les retribucions; en canvi, l'altre component dels CLU, la productivitat, registra un descens preocupant. La indústria és el sector amb una inflació més baixa, ja que en veure's més pressionat per la competència exterior, necessàriament ha registrat un creixement reduït en tots els seus components. Amb tot, sembla que el comportament moderat en els marges s'hauria relaxat en els darrers anys del període estudiat.

D'altra banda, per comparació amb Espanya i amb la zona euro, es confirma un comportament del deflactor català molt similar a la mitjana estatal, però molt més inflacionista que a la zona euro, on el deflactor ha crescut un 1,8% anual des de 1995 (vegeu el quadre 1). De fet, el diferencial d'inflació respecte a la UEM a través d'aquest indicador és més gran que si es considera l'índex de preus de consum. Part d'aquest major creixement en els àmbits català i espanyol s'explica pel fort creixement dels preus immobiliaris, molt més intens que el registrat a l'eurozona. Però el diferencial també es pot atribuir a factors generals (com problemes de competència en determinats mercats de béns i serveis), atès que els marges empresarials (mesurats per l'excedent brut d'explotació) han augmentat a la nostra economia molt per sobre de la zona euro. Els CLU també han crescut per sobre de la UEM, tant pel decebedor comportament de la productivitat a Catalunya i Espanya (molt poc dinàmic si es compara amb la zona euro), com pel fet que les retribucions per assalariat, tot i que segueixen una evolució força moderada, han experimentat una trajectòria més alcista que a la UEM. Per últim, el component d'impostos també ha crescut a Catalunya per sobre de la zona euro (en part a causa de l'augment dels ingressos impositius derivat de l'expansió econòmica), però el seu baix pes en el PIB provoca que la incidència en la inflació sigui reduïda.

En conclusió, en un context tan competitiu com l'actual qualsevol increment dels marges empresarials i dels CLU per sobre d'altres territoris pot amenaçar la competitivitat dels béns i serveis de l'economia catalana. El fort creixement dels marges dels darrers

Quadre 2

Variació dels factors interns del deflactor català
% variació anual mitjana

	Total PIB	Total VAB	Agricultura	Indústria	Manufactures	Construcció	Serveis
Deflactor. Període 1995-2008	3,6	3,7	3,2	3,3	3,2	7,2	4,0
Període 2000-2006							
Deflactor	4,1	4,0	4,4	2,9	2,7	8,1	3,9
Costos laborals unitaris	2,8	2,9	4,2	1,9	2,0	4,9	2,9
Excedent/PIB (EB*/y)	5,9	6,1	6,7	4,3	4,0	18,7	5,8
Remuneració per ocupat (RE/E)	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0	6,6	2,2
Productivitat	0,0	-0,1	-1,1	1,0	0,9	1,7	-0,7

* Excedent brut menys la remuneració imputada als ocupats no assalariats.
Font: elaboració a partir de la CRE (INE).

anys es pot haver originat per factors de demanda (tenint en compte que la demanda interna va registrar una forta expansió), o per factors d'oferta (fruit de problemes d'insuficient competència i rigideses a diferents sectors de l'economia). Cal, per tant, avançar en l'eliminació de rigideses que creen inèrcia en la inflació i en l'evolució dels costos. L'actual escenari de recessió suposa un repte en tots aquests aspectes i és evident que la sortida de la crisi passa per aconseguir un canvi en el model productiu, més enfocat cap a l'augment de la productivitat i a la millora de la capacitat competitiva de la nostra economia.

El rol del sector exterior en la sortida de la crisi en el context de la Unió Monetària. El cas de Catalunya

Tatiana Fernández
Departament d'Economia i Finances

La crisi financera internacional ha portat l'economia mundial cap a la primera recessió global de la història econòmica de la postguerra. Les grans crisis econòmiques globals tenen almenys dos trets en comú: es desencadenen després d'uns anys de fort creixement econòmic i d'eufòria en els mercats financers; s'inicien als mercats financers i es traslladen, en major o en menor mesura, a l'economia real. Totes les crisis, però, es produeixen en contextos diferents que en condicionen l'abast i les característiques de la recuperació de l'activitat econòmica. Dels elements específics del context de la crisi actual podríem destacar els següents:

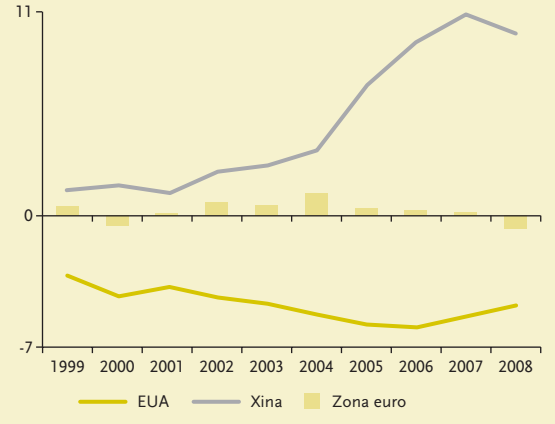
- El ressorgiment de la Xina com a gran potència econòmica a l'escena mundial i en els fluxos de comerç internacional.
- La sobrecapacitat de producció d'algunes indústries a escala mundial.
- Els sostinguts i elevats desequilibris en les balances per compte corrent d'algunes grans economies mundials i els elevats nivells d'endeutament de les empreses i les llars.
- La moneda única als països de la zona euro, que ha fet possible l'acumulació de desequilibris en algunes economies de la zona euro, que no es poden corregir amb el tipus de canvi.

A l'economia catalana, que es caracteritza per un grau d'obertura exterior elevat, el sector exterior ha tingut tradicionalment un rol molt destacat com a motor de la recuperació de l'activitat econòmica: la devaluació de la pesseta permetia una recuperació de les exportacions, que arrossegava la resta de l'economia. Aquesta és la primera crisi econòmica en el context de la moneda única i, per tant, la primera en què la recuperació de les exportacions no podrà ser impulsada per la devaluació de la moneda.

En aquest context, l'objectiu del paper de treball és donar resposta a la qüestió de si en aquesta crisi econòmica, el sector exterior tindrà el rol tradicional de motor de la recuperació de l'economia catalana. Primer s'exposa el context internacional de la crisi econòmica i els elements que provoquen l'esclat de la crisi financera i el seu traspàs a l'economia real. S'argumenta que

Gràfic 1

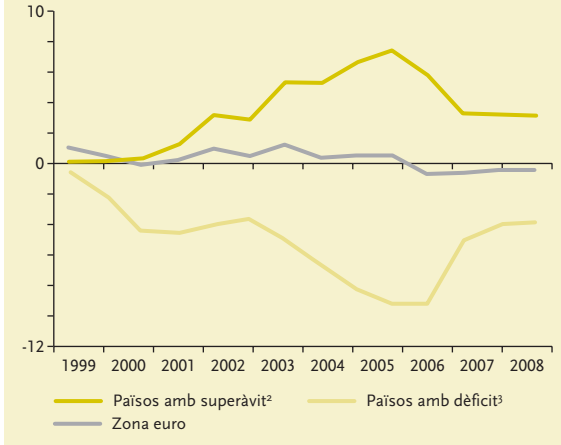
Posicions per compte corrent de la zona euro, els EUA i la Xina (1999-2008)



Font: Fons Monetari Internacional, Comissió Europea.

Gràfic 2

Balances per compte corrent als països amb superàvit i amb dèficit de la zona euro[1]



1. Prestadors nets (+) o prestamistes (-).
2. Els països amb superàvit són Alemanya, Luxemburg, Àustria, Països Baixos i Finlàndia.
3. Els països amb dèficit són Grècia, Espanya, Portugal i Irlanda.

la superació de la crisi actual hauria de passar per la correcció dels desequilibris entre les balances per compte corrent dels EUA i la Xina. La manera en què es produeixi la correcció d'aquests desequilibris i el corresponent ajust dels tipus de canvi entre les monedes d'aquests països i l'euro marcarà el repartiment dels costos de l'ajust entre les grans economies mundials.

En el paper de treball s'analitza també la situació de les economies de la zona euro davant la crisi. La moneda única ha permès acumular greus desequilibris macroeconòmics, especialment en els països amb una base productiva més feble. Destaca el cas de l'economia espanyola, amb un dèficit exterior acumulat que l'any 2008 superava el 80% del PIB. Si no hagués estat dins de la UEM, l'endeutament exterior hauria provocat fa temps una devaluació de la moneda, que hagués permès reequilibrar les relacions econòmiques externes i ajustar la demanda i la despesa de l'economia a la seva capacitat d'oferta. Aquest desequilibri ha pogut assolir la dimensió actual perquè la Unió Monetària no ha transmès als mercats financers aquests desequilibris (l'economia espanyola únicament representa el 9% del PIB de la zona euro). El cost ha estat un diferencial d'inflació positiu amb la zona euro i un deteriorament continuat de la competitivitat en preus de les economies espanyola i catalana.

Després d'uns anys de fort creixement econòmic, la crisi ha portat a primer pla del debat els problemes de competitivitat de l'economia catalana que es reflecteixen fonamentalment en tres elements: el diferencial d'inflació positiu amb la zona euro; el comportament pobre de la productivitat, i l'elevat i persistent dèficit comercial. El creixent desequilibri exterior de l'economia catalana en els anys previs a l'esclat de la crisi s'explica fonamentalment pel fort dinamisme de les importacions. L'evolució de les exportacions, en canvi, no va reflectir els problemes de competitivitat.

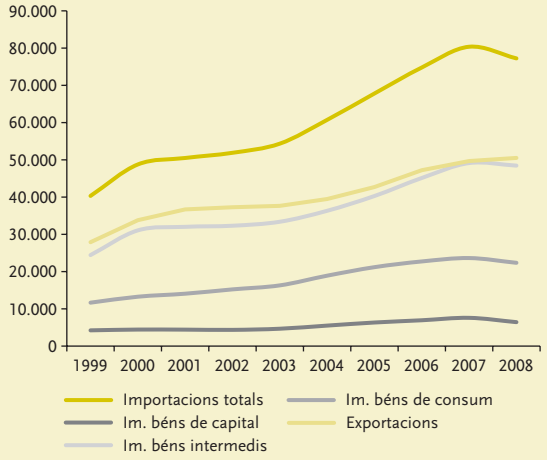
L'explicació a aquesta aparent paradoxa cal cercar-la en la dualitat del teixit industrial de Catalunya que ve marcada fonamentalment per dos factors estretament interrelacionats: la dimensió empresarial i la participació de capital estranger. L'elevada concentració de les exportacions en grans empreses participades per capital estranger i en sectors sotmesos a una gran competència internacional i amb una sobrecapacitat de producció, com el de l'automòbil, condicionarà en bona mesura l'evolució de les exportacions de Catalunya a les decisions estratègiques globals de grans empreses multinacionals.

Gràfic 3

Evolució de l'índex de competitivitat en relació amb la zona euro 1999-2008. Cost laboral unitari de les manufactures 1999-2008

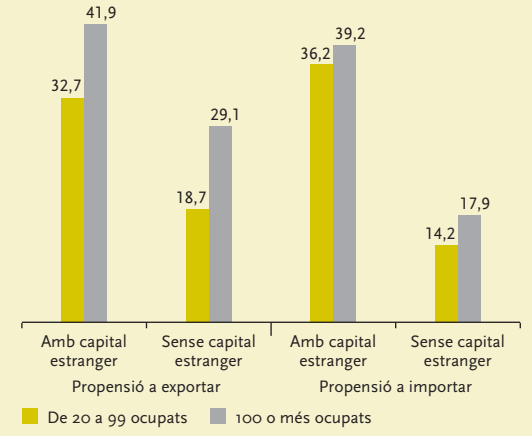
Gràfic 4

Evolució de les importacions i les exportacions
(en milions d'euros)



Gràfic 5

Propensió a exportar i a importar de les empreses participades i no participades per capital estranger. 2006



Dimensió empresarial (nombre d'ocupats) i propensió exportadora i importadora

	20-50	50-99	100-249	250-499	500-	Total
Ràtio importacions/exportacions	0,76	0,76	0,73	0,74	0,80	0,77
Ràtio exportacions/producció	0,18	0,29	0,33	0,35	0,46	0,33
Ràtio importacions/producció	0,14	0,22	0,24	0,26	0,37	0,25
Pes en les exportacions totals	10,5	13,3	22,7	18,2	35,4	100
Pes en les importacions totals	10,4	13,2	21,7	17,7	37,0	100
Pes en el saldo comercial total	10,6	13,5	25,8	19,9	30,1	100

Font: elaboració pròpia a partir de les dades de l'enquesta industrial de l'INE- 2007, facilitades per l'Idescat.

L'evolució de la demanda interna, que veu dificultada la seva recuperació per l'elevat palanquejament de les llars, la dràstica caiguda de la riquesa immobiliària i les incerteses del mercat laboral serà el que marqui el ritme del PIB i, per tant, de la recuperació de l'economia catalana. Així mateix, la recuperació de la demanda interna està condicionada a millores importants en la productivitat del teixit manufacturer, que haurien de permetre a les empreses domèstiques fer front a la competència creixent de les importacions de baix cost i millorar-ne el posicionament en els mercats exteriors, augmentar l'activitat i, per tant, millorar les perspectives del mercat laboral i de la demanda interna. La recuperació de la demanda internacional, via augment de les exportacions, contribuirà sens dubte a la sortida de la crisi però en menor mesura que en crisis anteriors.

Els pressupostos generals de l'Estat per al 2010

Pere Bonet Lluch
Departament d'Economia i Finances

La Llei 26/2009, de pressupostos generals de l'Estat per al 2010, té com a prioritat fer front als efectes de la crisi reforçant les xarxes de protecció social, augmentant la despesa de pensions, el foment de l'ocupació i altres prestacions econòmiques i, sobretot, incrementant la despesa de política de desocupació. Els pressupostos també fan un esforç per mantenir nivells elevats d'inversió en infraestructures, investigació i educació. Es pretén avançar vers la reorientació de l'economia espanyola cap a un model productiu més sostenible, i donar importància a partides que contribueixin a un creixement més equilibrat a llarg termini. Tanmateix, els pressupostos pretenen simultàniament fixar les bases per al reequilibri dels comptes públics, amb l'objectiu de tornar als límits del Pacte d'estabilitat i creixement –un dèficit inferior al 3% del PIB per al conjunt de les administracions públiques– l'any 2013 mitjançant una revisió moderada i esglaonada dels impostos i l'adopció de mesures d'austeritat.

En conjunt, el pressupost consolidat de l'Estat és de 386.400 milions d'euros, amb un creixement d'un 0,5% respecte de l'exercici anterior. En relació amb el subsector Estat, les dades mostren com la despesa no financera se situa en els 185.036 milions d'euros, un 17,2% més que el previst per a l'any 2009. Quant als ingressos no financers, s'estima que seran de 121.206 milions d'euros, un 14,1% menys que el previst per a l'any 2009, i s'assoleix, per tant, un dèficit no financer del subsector Estat de 63.830 milions d'euros, un 6,1% del PIB.

Per polítiques, des d'una òptica de participació en les despeses consolidades totals, s'observa com el 35% (capítols 1-8) es destina a pensions i altres prestacions econòmiques; el 21%, a transferències a administracions públiques; el 8,8%, a actuacions en matèria de desocupació; el 6,6%, a la càrrega financera del deute públic, i l'4,1%, a infraestructures. Les que presenten unes variacions més allunyades de la mitjana (0,1%) són les polítiques de desocupació (57,9%), deute públic (33,3%), indústria i energia (12,3%) i transferències a altres administracions públiques (10,8%) pel que fa als increments; i administració financera i tributària (93,1%) i gestió i admi-

Quadre 1

Pressupostos generals de l'Estat per al 2010. Ingressos consolidats. Classificació econòmica (MEUR)

Capítols	Estat	Organism. autònoms	Seguretat Social	Agències i altres organismes	Transf. internes	Total consolidat	% s/ total	% var. 10/09
1. Impostos directes i cotitzacions socials	66.393	24.255	107.377			198.025	72,3	-8,4
2. Impostos indirectes	40.736					40.736	14,9	-18,9
3. Taxes, preus públics i altres ingressos	3.147	1.548	1.237	237		6.169	2,3	-6,1
4. Transf. corrents	5.491	25.609	11.547	2.708	33.335	12.020	4,4	-1,5
5. Ingr. patrimonials	3.445	785	2.464	33		6.727	2,5	0,1
Operacions corrents	**119.213**	**52.197**	**122.624**	**2.977**	**33.335**	**263.676**	**96,2**	**-9,7**
6. Alienació d'inv. reals	107	221	7	0		335	0,1	-8,8
7. Transf. capital	1.886	3.257	896	431	2.737	3.733	1,4	38,9
Operacions de capital	**1.993**	**3.478**	**904**	**431**	**2.737**	**4.068**	**1,5**	**33,2**
Operacions no financeres	**121.206**	**55.675**	**123.528**	**3.408**	**36.072**	**267.745**	**97,7**	**-9,2**
8. Actius financers	3.192	1.653	1.095	319		6.259	2,3	-3,7
Total ingressos	**124.398**	**57.328**	**124.622**	**3.727**	**36.072**	**274.004**	**100,0**	**-9,1**
Necessitat d'endeutament	-112.045	-344	-6	-1		-112.396		35,3
Total	**236.443**	**57.672**	**124.629**	**3.728**	**36.072**	**386.400**		**0,5**

Font: pressupostos generals de l'Estat per al 2010.

Quadre 2

Pressupostos generals de l'Estat per al 2010. Despeses consolidades. Classificació econòmica (MEUR)

Capítols	Estat	Organism. autònoms	Seguretat Social	Agències i altres organismes	Transf. internes	Total consolidat	% s/ total	% var. 10/09
1. Remuneracions de personal	27.572	2.088	2.483	1.675		33.818	8,8	2,3
2. Compres de béns i serveis	3.515	2.307	2.032	687		8.541	2,2	0,0
3. Interessos	23.224	24	19	0		23.267	6,0	33,2
4. Transferències corrents	103.137	48.174	111.557	767	30.145	233.490	60,4	7,4
Operacions corrents	**157.448**	**52.593**	**116.091**	**3.129**	**30.145**	**299.117**	**77,4**	**8,2**
5. Fons de contingència i altres imprevistos	3.745					3.745	1,0	15,2
6. Inversions reals	9.390	1.882	514	488		12.273	3,2	-10,3
7. Transferències de capital	14.452	2.447	3	108	1.887	15.123	3,9	36,6
Operacions de capital	**23.842**	**4.329**	**517**	**596**	**1.887**	**27.397**	**7,1**	**10,7**
Operacions no financeres	**185.036**	**56.922**	**116.608**	**3.725**	**32.032**	**330.258**	**85,5**	**8,5**
8. Actius financers	15.998	456	3.980	3		20.438	5,3	-55,4
9. Passius financers	35.409	294	0	0		35.704	9,2	4,1
Operacions financeres	**51.407**	**751**	**3.981**	**3**		**56.141**	**14,5**	**-29,9**
Total	**236.443**	**57.672**	**120.589**	**3.728**	**32.032**	**386.400**	**100,0**	**0,5**

Font: pressupostos generals de l'Estat per al 2010.

nistració de la Seguretat Social (50,8%) pel que fa a les disminucions.

Quant a la inversió real de sector públic estatal a Catalunya, es preveu que arribi als 3.626 milions d'euros, els quals provenen en un 75,4% del sector empresarial i en un 24,6% del sector administratiu. Tanmateix, les inversions de l'Estat a Catalunya l'any 2010, segons la disposició addicional tercera de l'Estatut, han d'assolir els 4.489 milions d'euros. Aquestes inversions es poden materialitzar en inversions directes que ha de fer l'Estat, en transferències de capital a la Generalitat o a ens locals de Catalunya, o en altres tipus d'actuacions com l'alliberament de peatges, tal com preveu el mateix text de l'Estatut.

Apèndix

Resúmenes de los artículos de la revista 265

Abstracts of the articles included in this number 271

Resúmenes de los artículos de la revista

Presente y futuro de las energías renovables en España

En los últimos años en España se ha producido un cambio importante en el modelo energético y sus efectos han sido inmediatos: es menos dependiente, más eficiente y menos contaminante. Las energías renovables, favorecidas por un marco de apoyo muy favorable, han tenido un gran crecimiento a partir de 2004, de manera que en 2009 fueron la segunda fuente energética primaria utilizada en la generación eléctrica tan solo por detrás del gas natural. Una vez conseguido el actual nivel de maduración, el objetivo del sector de las energías renovables tiene que ser avanzar hacia un modelo de crecimiento sostenido. El compromiso del Gobierno español es profundizar en las políticas llevadas a cabo e incrementar progresivamente la participación de las energías renovables hasta el cumplimiento de los objetivos para el 2020.

La actual encrucijada energética y el papel de la eficiencia y las renovables

De mantenerse las políticas energéticas actuales, la demanda mundial de energía primaria podría incrementarse en un 40% entre los años 2007 y 2030, un 90% de dicho incremento lo absorberían los países que no pertenecen a la OCDE. En este escenario de *business as usual*, los combustibles fósiles todavía representarían cerca del 80% del mix de energías primarias global. Por lo que respecta a la demanda mundial de electricidad, las proyecciones señalan un ritmo de crecimiento anual del 2,5%, con un 80% de dicho aumento concentrado en países ajenos a la OCDE. El carbón seguiría constituyendo la espina dorsal del sistema de generación eléctrica mundial, con una participación que pasaría del 42% en el 2007, al 44% en el 2030. Durante el mismo periodo, la cuota de las renovables aumentaría de un 18% a un 22%, mientras que la de la nuclear caería de un 14% a un 11% y la del gas natural se mantendría estable en torno al 21%. Tal modelo resulta insostenible desde la

triple perspectiva del impacto ambiental, el desarrollo económico y la seguridad de suministro. No tenemos otra alternativa que mejorar la eficiencia y el ahorro, y apostar por el desarrollo de un mix energético lo más limpio y competitivo posible, en el que las renovables jugarán un papel destacado.

Política de energía sostenible en la UE

En los últimos cuatro años, la UE ha iniciado un proceso de medidas muy ambiciosas para desarrollar una nueva política energética. La estrategia 20-20-20 lanzada por la Comisión Europea en 2007 compromete a la UE a alcanzar en 2020 los objetivos de reducir las emisiones de gases con efecto invernadero en un 20% en comparación con 1990; aumentar la contribución de las energías renovables a la producción de energía del 8% en 2006 al 20% y mejorar la eficiencia energética en un 20%, lo que equivale a rehuir el consumo de energía en un 13% en relación a 2006. Estos objetivos, que pueden parecer muy ambiciosos, son factibles y necesarios pues, como se argumenta en el artículo, a medio plazo no tenemos alternativa a las renovables y a la eficiencia energética.

Energía: seguridad, eficiencia y sostenibilidad

El artículo ofrece una reflexión sobre las cuestiones más relevantes del debate actual sobre el modelo energético, tanto a nivel global como de Cataluña. En él se exponen los problemas del modelo actual y se analizan las potencialidades y las limitaciones de las energías renovables. Se identifican los principales imbornales energéticos del sistema productivo catalán: el transporte y la construcción y el mantenimiento de los edificios, que representan mucho más de la mitad de la energía final consumida. Asimismo se destaca la relevancia de las redes y los sistemas de distribución de electricidad en el sistema energético, haciéndose hincapié en las principales deficiencias del sistema eléctrico catalán. El autor concluye que el principal reto es ser eficiente y contenido con los recursos energéticos, siendo la inversión en eficiencia energética mucho más rentable que la inversión en energías renovables e, incluso, que en generación convencional de energía.

La política energética en Cataluña y la participación de las energías renovables

El modelo energético vigente se encuentra en pleno proceso de transformación. La evidencia del cambio climático, el progresivo agotamiento de los combustibles de origen fósil y la dependencia de países en una situación geoestratégica complicada son los principales motivos que impulsan este cambio de modelo y a los cuales hay que hacer frente. La política energética de Cataluña, coherente con esta situación, tiene un carácter transversal y estratégico, y se ha fijado como principal objetivo avanzar hacia una economía de baja intensidad energética y baja emisión de carbono. Además, los ejes principales de esta política –que son el ahorro y la eficiencia energética, las energías renovables y la garantía y calidad del suministro– abren un campo de actuación que se tiene que convertir en un vector de crecimiento económico para Cataluña, que hacen que la energía sea un sector relevante en el ámbito industrial, de servicios adelantados y de conocimiento. Es en este contexto que adquiere sentido la revisión del Plan de la energía de Cataluña 2006-2015, que pone al día los objetivos en materia de energías renovables y se fija como meta que estas fuentes supongan el 11,5% del total del consumo de energía primaria en Cataluña en el 2015. La actual línea está dando resultados: la intensidad energética primaria –es decir, el consumo de energía por unidad de PIB– se ha reducido anualmente un 2,5% en el periodo 2003-2007, pasando de las 198,2 toneladas equivalentes de petróleo (tep) por cada millón de euros a las 179,4.

Evaluación del potencial de las diversas fuentes de energía renovable y de las tecnologías para su aprovechamiento: oportunidades y retos para el sector de la energía

Este artículo presenta, a modo de resumen, una evaluación del potencial de las tecnologías renovables para la generación eléctrica en España, y de los costes estimados para estas energías a medio plazo. El objetivo es evaluar la factibilidad de los objetivos impuestos por la Comisión Europea para España en esta materia, y el coste que ello puede suponer. La conclusión es que si bien debemos ser optimistas en cuanto a la posibilidad de alcanzar los objetivos a un coste razonable, es necesario solventar una serie de retos, principalmente relacionados con el progreso tecnológico, la seguridad para los inversores y la coordinación de las distintas administraciones públicas para lograr la meta deseada.

Regulación y marco retributivo de las energías renovables en el Estado español

El consumo de energía está basado en los combustibles fósiles y en la energía nuclear. Ambos conllevan efectos negativos sobre el medio ambiente, el agotamiento de unos recursos naturales limitados y la proliferación nuclear. Estos problemas se pueden paliar con medidas sobre la oferta y sobre la demanda, en ambos casos basadas en la I+D+i y en una nueva cultura del ahorro energético. Por lo tanto, se ha de trasmitir a la sociedad y a las administraciones la idea que el desarrollo económico puede ser compatible con la sostenibilidad.

La liberalización de la energía pretende mejorar la eficiencia y por ello se crean mercados. Para la promoción de las energías renovables se precisan mecanismos de apoyo, dado que en el precio del mercado no se contemplan todos los costes medioambientales y de agotamiento de los recursos fósiles.

Un informe de la Comisión de la UE publicado el 2008 con ocasión de la presentación de la propuesta de Directiva de renovables, realiza un análisis comparativo de la efectividad y la eficiencia de los distintos marcos regulatorios existentes, y señala a España como país de referencia. El éxito español está basado, entre otros, en una estable, predecible y rentable retribución, derivada del marco regulatorio, y en una objetiva y transparente regulación del acceso y la conexión a la red.

Análisis económico de los instrumentos de promoción de las energías renovables: una perspectiva de eficiencia dinámica

La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y, al menos en el contexto europeo, el cumplimiento de objetivos de energía renovable apelan a la necesidad de incrementar significativamente la penetración de energías renovables y hacerlo a un coste moderado, de acuerdo con el criterio de eficiencia dinámica (agregación de costes a corto, a medio y a largo plazo). El objetivo de este artículo es analizar la eficiencia dinámica de los instrumentos de promoción de la generación eléctrica procedente de fuentes de energía renovable (E-FER) y evaluar sus ventajas e inconvenientes en este sentido. La principal conclusión es que cumplir con esos objetivos eficientemente exige combinar tecnologías renovables con distintos grados de madurez y costes. A su vez, esto apela a la necesidad de mezclar simultáneamente instrumentos que apoyen las distintas fases del proceso de cambio tecnológico. Los instrumentos tienen distintos horizontes temporales y ninguno es capaz por si solo de promover eficaz y eficientemente tecnologías con distintos niveles de madurez. Es, por lo tanto, crucial diferenciar los niveles de apoyo, o incluso los instrumentos aplicados, en función de la madurez y del coste de las tecnologías.

Integración de las energías renovables en el sistema: necesidades de generación de respaldo

En los últimos diez años el sistema eléctrico español ha realizado un enorme esfuerzo en la instalación de

equipos de generación a partir de energías renovables y, muy particularmente, de energía eólica. Esto ha hecho que la producción renovable –excluyendo la gran hidráulica– haya crecido desde un volumen testimonial en el 2000 hasta aportar más del 20% de la demanda en el 2009, y la previsión es que siga creciendo a un ritmo incluso superior y se sitúe entre el 40% y el 50% en el 2020.

En este momento, el sistema está entrando en una segunda fase del proceso. La producción renovable deja de ser un elemento relativamente pequeño y testimonial, que puede gestionarse utilizando los recursos que ya existían en el sistema, y se está convirtiendo en una parte importante de la generación, que requiere soluciones específicas –fundamentalmente equipos de respaldo para gestionar su volatilidad y la dificultad de predecir su producción– y que obliga a diseñar el sistema de forma diferente para adaptarlo a los nuevos requisitos.

Éste es un fenómeno en el que España (la península Ibérica, en general), por su alta implantación eólica, se encuentra en una situación única en el entorno internacional y será una de las primeras regiones en el mundo en operar en estas condiciones. Es crítico analizar los nuevos requisitos de operación que se prevén para el futuro próximo, que van a ser mucho más exigentes de lo que han sido en el pasado, y preparar el sistema antes de que empiecen a aparecer los problemas. Será preciso implantar nuevos mecanismos para asegurar la existencia y la disponibilidad de equipos que den respaldo a la generación renovable y compensen su volatilidad, que deberán incluir al menos un refuerzo de los incentivos a la inversión y nuevos procedimientos de operación adaptados a las nuevas necesidades de flexibilidad. Este artículo se propone repasar los temas más relevantes que van a aparecer en el nuevo entorno y contribuir a la discusión sobre qué medidas deben adoptarse para lograr la integración adecuada de las renovables en el sistema.

Eficiencia energética y ecoeficiencia en la industria: el papel de las energías renovables

Según las políticas actuales, el fomento de la eficiencia energética pasa por potenciar las energías renovables, generar electricidad mediante ciclos combinados, liberalizar el suministro de gas y electricidad e incentivar económicamente el ahorro y la eficiencia energética.

Por lo tanto, la estrategia es continuar con las políticas llevadas a cabo hasta ahora (con la esperanza de mejorar los resultados finales de las mismas), sin introducir nuevas medidas innovadoras como el análisis de ciclo de vida energético de los productos, el ecodiseño y la ecoinnovación basadas en la robustez y la mayor duración de los bienes de consumo, la disminución de la energía embebida en los productos que consumimos, el reciclaje y reuso de los materiales, la posibilidad de introducir impuestos al consumo energético, etc.

En junio de 2004, en Lausana, tuvo lugar una reunión de expertos sobre "The White Book of R & D of energy-efficient technologies" donde apareció el concepto de la sociedad de los 2.000 Wh, es decir, la tendencia de la sociedad hacia un consumo per cápita de 2.000 Wh al día. En la actualidad el consumo energético en España es de 5.834 kWh por persona y año, según la última memoria anual de REE, 16 kWh por persona y día. El objetivo era conseguir un consumo 8 veces inferior, por lo que debe de actuarse mediante mecanismos de choque mucho más contundentes.

Nos encontramos ante un caso, el español, en el que los mecanismos habituales de ahorro y eficiencia energética como la sustitución de equipos, mejora en los mantenimientos, etc. no son suficientes para cambiar la tendencia a la cual debemos de orientarnos según todos los foros internacionales en los que hemos adquirido compromisos.

En el presente artículo se realiza un estudio de las posibilidades de ahorro y eficiencia energética analizando mediante la ecoeficiencia las herramientas aplicables para disminuir los consumos de energía direc-

tos e indirectos, y las posibilidades que ofrecen las energías renovables en el sector industrial como herramienta para obtener un alto grado de eficiencia energética y, con ello, una disminución de costes y un incremento de la productividad y por ende de la competitividad empresarial.

Aplicaciones de las energías renovables al sector de la edificación

Partiendo de un diagnóstico inicial en el que el sector edificación se muestra ya como uno de los sectores más importantes del sistema energético, tanto por su nivel de consumo como por su carácter difuso, se presentan escenarios de evolución de este sector bajo un contexto BAU (*business as usual*) y bajo contextos de eficiencia. En base a estos escenarios cuantificamos el potencial de la eficiencia energética y de las distintas opciones renovables para cubrir la demanda.

La introducción sistemática de medidas de eficiencia se muestra imprescindible para plantear la cobertura de la demanda del sector con un enfoque descentralizado de aporte renovable (biomasa y solar térmica), pues de lo contrario la cantidad de recurso renovable excede el potencial disponible de biomasa en nuestro país.

Sin embargo, el planteamiento de un sistema energético integrado en el que la demanda del sector edificación se cubre vía electrificación con bombas de calor empleando electricidad de origen renovable del sistema eléctrico, aparece como una aproximación más apropiada en el contexto actual para la integración de renovables en el sector. En este enfoque integrado, el sector edificación pasa a tomar un papel activo en la operación del sistema, aportando todo su potencial de gestión de la demanda a una red inteligente, y actuando por tanto como facilitador de la integración de renovables en el sector.

Para poder plasmar esta transición sectorial es preciso que el despliegue de inteligencia trascienda al sistema energético para abarcar los sistemas económico y político, habilitando los mecanismos de respuesta rápida requeridos para poder ajustar la evolución de nuestro sistema energético a las condiciones de contorno impuestas por el sistema climático.

La visión empresarial del sector

El monográfico se cierra con un dossier que recoge la visión de algunas empresas representativas del sector de las energías renovables. J.M. González, presidente de la Asociación de Productores de Energías Renovables, analiza el rol de las energías renovables en el marco de la Directiva europea 2009/28/CE. Asimismo defiende las primas a este sector en pleno desarrollo, que constituyen una inversión muy rentable para el conjunto de la sociedad.

J.M. Font, de la empresa COMSA EMTE, ofrece una visión de las perspectivas y las aplicaciones en Cataluña de las energías renovables, que actualmente aún suponen un porcentaje muy pequeño de la generación eléctrica. Asimismo identifica las travas administrativas y la incertidumbre que generan los cambios de la normativa que regula las primas como los principales obstáculos que dificultan el desarrollo del sector.

A. Faubel, de la empresa Alstom Wind, analiza los retos y las oportunidades de la energía eólica en Cataluña, donde está muy poco desarrollada. Cataluña dispone de los elementos necesarios para impulsar esta fuente de energía, dado que cuenta con una industria líder, con profesionales altamente cualificados y con centros de I+D+i.

M. Gummà, de la empresa Abantia, analiza el presente y el futuro de la energía solar termoeléctrica en Cataluña. El desarrollo de este tipo de energía se ve dificultado por unos índices de radiación solar directa relativamente bajos, por la complejidad del proceso de tramitación administrativa y por una estructura de propiedad del suelo muy fragmentada.

C. Vilaseca, presidente de la Asociación de productores de pellets de madera del Estado español,

expone el gran potencial de la biomasa, tanto en lo referente a la generación de puestos de trabajo en las zonas rurales como en el tratamiento de residuos biológicos y la reducción del riesgo de incendios forestales.

J. Salmerón, de la empresa Wind to Market, expone en su artículo el sistema mediante el cual las instalaciones eólicas se han incorporado al mercado de producción de electricidad y el rol de las empresas comercializadoras.

Abstracts of the articles included in this number

The present and future of renewable energy in Spain

In recent years, an important change to the energy model has been produced in Spain with immediate effects: it decreases dependency and is more efficient and less polluting. Renewable energy, assisted by a very favourable support network, has experienced tremendous growth since 2004, so that in 2009 it was the second form of primary energy used to generate electricity, behind natural gas. Once the current level of maturity has been reached, the aim of the renewable energy sector should be to move toward a model of sustained growth. The Spanish government's commitment is to elaborate the policies pursued to gradually increase the participation of renewable energy to achieve the objectives set for 2020.

The current energy crossroads and the role of energy efficiency and renewable energy

If current energy policies stay in place, the world's demand for primary energy could increase by 40% between 2007 and 2030, with 90% of this increase being absorbed by non-OECD countries. In this "business as usual" (BAU) scenario, fossil fuels would still represent close to 80% of the global primary energy mix. As for the global demand for electricity, projections indicate an annual growth rate of 2.5%, with 80% of the aforementioned increase concentrated in countries outside the OECD. Coal would continue to remain the backbone of the world electricity generation system, with participation rising from 42% in 2007 to 44% in 2030. During the same period, the share of renewable energy would increase from 18% to 22%, while nuclear energy would fall from 14% to 11% and natural gas would remain stable at around 21%. This model is unsustainable from the triple perspective of environmental impact, economic development and security of

supply. We have no alternative but to improve efficiency and savings, and to commit to developing the cleanest and most competitive energy mix possible, in which renewable energy will be called on to play a prominent role.

Sustainable energy policy in the EU

Over the last four years, the EU has launched a series of very ambitious measures aimed at developing a new energy policy. The 20-20-20 policy, launched by the European Commission in 2007, commits the EU to attaining the following objectives by the year 2010: to reduce greenhouse gas emissions by 20% in comparison with 1990; to increase the contribution of renewable energy in energy production from 8% in 2006 to 20%; and to improve energy efficiency by 20%, which is equivalent to avoiding energy consumption by 13% compared to 2006. While these objectives may seem ambitious, they are feasible and necessary because, as argued in the article, we have no mid-term alternative to using renewable energy sources and increasing energy efficiency.

Energy: security, efficiency, and sustainability

This article offers a reflection on the relevant issues of debate with regard to the current energy model, both overall and in Catalonia. It presents the problems of the current model and analyses the potentials and limitations of renewable energy. The main energy leaks in the productive Catalan system are identified: transport, construction and building maintenance, which account for more than half of the final energy consumed. It also highlights the importance of networks and electricity distribution systems in the energy system, and emphasises the major deficiencies in the Catalan electrical system. The author concludes that the main challenge is to be efficient and contained with regard to energy resources, since investing in energy efficiency is much more profitable than investing in renewable energy, and especially in conventional energy generation.

Energy policy in Catalonia and the renewable energy share

The current energy model is undergoing a full process of transformation. The evidence of climate change, the gradual exhaustion of fossil fuels and the dependence of countries in complex geostrategic situations are the main reasons driving this new model, and they must be faced as challenges. Consistent with this situation, energy policy in Catalonia is crosscutting and strategic, and it aims to move toward a low-intensity economy with low carbon emissions. Furthermore, the core of this policy – which includes energy efficiency and savings, renewable energy and ensuring supply and quality – opens a field of action which should become a vector for growth for Catalonia, which makes energy an important sector in the fields of industry, advanced services and knowledge. It is in this context that the revised Catalonia Energy Plan 2006-2015 becomes significant, as it updates renewable energy targets and establishes the goal for these sources to represent an 11.5% share in the total primary energy consumed in Catalonia from 2006 to 2015. The current line of action is producing results: primary energy intensity – i.e., energy consumption per unit of GDP – decreased by 2.5% annually in 2003-2007, dipping from 198.2 tonnes of oil equivalent (TOE) per €1 million to 179.4 per €1 million.

Assessing the potential of various renewable energy sources and technologies: opportunities and challenges for the energy sector

This article succinctly presents an assessment of the potential of renewable technologies for generating

electricity in Spain, and of the estimated costs of these energies in the mid-term. The aim is to assess whether the objectives imposed by the European Commission on Spain are feasible in this regard, as well as the cost they could entail. The conclusion is that while we should remain optimistic about the possibility of meeting the objectives at a reasonable cost, a number of challenges must be resolved, mainly related to technological progress, security for investors and coordination among different public administrations with a view to achieving the goals established.

Regulations and remuneration framework for renewable energy in Spain

Energy consumption is based on fossil fuels and nuclear energy. Both involve negative effects to the environment, the depletion of limited natural resources and nuclear proliferation. These problems can be overcome with measures on supply and demand, in both cases based on R&D+I and a new culture of energy savings. Thus, societies and public administrations should be exposed to the idea that economic development can go hand in hand with sustainability.

The liberalisation of energy is intended to improve efficiency, and thus new markets are created. The promotion of renewable energy requires mechanisms of support, since the market price does not take all the environmental costs and impacts of the exhaustion of fossil fuels into account.

An EU Commission report published in 2008 at the time of the proposed Directive on renewable energy performs a comparative analysis of effectiveness and efficiency among the various existing regulatory frameworks and indicates Spain as a country of reference. Among other factors, Spain's success is based on stable, predictable and profitable pay, resulting from the framework that regulates it, and on objective and transparent regulations governing access and connection to the network.

Analysis of economic instruments to promote renewable energy: a dynamic efficiency perspective

The reduction of greenhouse gas emissions – and, at least in the European context, compliance with renewable energy goals – appeal to the need to significantly increase the penetration of renewable energy at a moderate cost, in keeping with the criterion of dynamic efficiency (aggregate costs in the short, medium and long term). The aim of this article is to analyse the dynamic efficiency of instruments to promote electricity generation from renewable energy sources (RES-e) and evaluate their advantages and disadvantages. The main conclusion is that efficiently meeting these goals requires combining renewable technologies with different degrees of maturity and cost. Likewise, instruments should be mixed simultaneously to give support to different phases of the technological change process. The instruments have different time horizons, and none by itself is capable of effectively and efficiently promoting technologies with different degrees of maturity. Therefore, it is crucial to differentiate levels of support, or even the instruments applied, depending on the maturity and cost of the technologies.

Integration of renewable energy in the system: needs for generation support

In the last ten years, the Spanish electricity system has made a huge effort in installing equipment that generates power from renewable energy, and especially from wind power. Excluding large-scale hydraulic power, this means that renewable energy production has grown from the volume recorded in 2000 to fulfilling more than 20% of the demand in 2009, and it is forecast to continue growing at an even higher rate, such as between 40% and 50% by 2020.

Now the system is entering a second phase of the process. Renewable production is no longer something relatively small and anecdotal, which used to be man-

ageable with the resources already present in the system; it is now an important part of the generation activity, which requires specific solutions – basically, supporting equipment to manage their volatility and unpredictability – and which means that the system must be designed differently to adjust to the new requirements.

Due to the high level of implementation of wind power in Spain (and the Iberian peninsula in general), this phenomenon holds a unique situation on the international stage and this will be one of the first regions in the world to operate under these conditions. It is critical to analyse the new operation requirements planned for the near future, which will be much more demanding than in the past, and to get the system ready before problems start to appear. It will be necessary to implement new mechanisms to ensure the existence and availability of equipment to support renewable energy generation and offset volatility, which must at least include a strengthening of investment incentives and new operating procedures adapted to the new needs for flexibility. This article aims to review the most important issues appearing in the new environment, thereby contributing to a discussion on what measures should be taken to ensure the proper integration of the renewables into the system.

Energy efficiency and eco-efficiency in industry: the role of renewable energy

Based on current policies, the promotion of energy efficiency includes promoting renewable energy, generating electricity through combined cycles, liberalising the supply of gas and electricity and giving economic incentives for energy efficiency and savings.

Therefore, the strategy is to continue with policies that have been carried out so far (with the hope of improving the final results), but without introducing new, innovative measures, such as an energy life cycle analysis of products, eco-design and eco-innovation based on the robustness and duration of consumer goods; reducing the energy embedded in products we consume; the recycling and reuse of materials; the possibility of imposing taxes on energy consumption; etc.

In June 2004, in Lausanne, a meeting of experts was held under the title "A White Book for R & D of Energy-efficient Technologies". From this meeting came the concept of the 2,000 kWh society, which refers to the trend that societies consume around 2,000 kWh per day. The current rate of energy consumption in Spain is 5,834 kWh per person and year, according to the last annual report by the Red Eléctrica de España national electricity board: 16 kWh per person per day. The objective was to reach a level of consumption eight times less, which is why more powerful shock mechanisms will have to be put into effect.

In Spain, we are faced with a case where the usual mechanisms of energy efficiency and savings such as equipment replacement, improved maintenance, etc., are insufficient to change a trend to which we must give new direction according to all the international forums in which we have acquired commitments.

In this paper, we study the possibilities of energy savings and efficiency, using the prism of eco-efficiency to analyse the applicable tools to reduce direct and indirect energy consumption, as well as the possibilities offered by renewable energy in the industrial sector as an instrument to obtain a high degree of energy efficiency, and consequently, a decrease in costs and an increase in productivity, all meaning greater competitiveness for business.

Applications of renewable energy in the construction sector

Starting with an initial assessment which shows the construction sector as one of the most important sectors in the energy system, due both to its level of consumption as to its diffuse nature, scenarios of evolution are presented for the sector under a "business as usual" (BAU) context, as well as under contexts of efficiency. Based on these scenarios, we quan-

tify the potential for energy efficiency and for the different renewable options to meet the demand.

A systematic introduction of efficiency measures appears mandatory in order to consider meeting demand in the sector with a decentralised approach to renewable supplies (biomass and solar thermal); otherwise the amount of renewable resources exceeds the available potential biomass of Spain.

However, contemplating an integrated energy system in which the construction sector's demand is met through electrification, with heat pumps taking electricity of renewable source-origin from the electrical system, becomes a more appropriate approach in the current context for integrating the renewables into the sector. With this integrating focus, the construction sector takes an active role in the system's operations, to which it contributes its full potential for managing demand to an intelligent network, and thereby acts as a facilitator for integrating the renewables into the sector.

To fully express this sectoral transition, the intelligence deployed must transcend the energy system to include the economic and political systems, enabling rapid response mechanisms needed to adapt the evolution of our energy system to the environmental conditions imposed by the climate system.

The vision of the business sector

This monograph concludes with a dossier sketching the vision of some representative companies in the renewable energy sector. J.M. González, president of the Renewable Energy Producers Association (APER), examines the role of renewable energy in the context of European Directive 2009/28/EC. In addition, he defends premiums in this sector in full development, which make for a very profitable investment for society as a whole.

J.M. Font, of the company COMSA EMTE, provides an overview of the perspectives and applications of renewable energy in Catalonia, which currently still only account for a very small percent of electricity generation. He also identifies the administrative obstacles and uncertainty created by changes in laws regulating premiums as the main roadblocks to development in the sector.

A. Faubel, of the company Alstom Wind, examines the challenges and opportunities of wind energy in Catalonia, where it is very underdeveloped. Catalonia has the elements necessary to give impetus to this energy source, as it already has an industry leader, highly qualified professionals and R&D+I centres.

M. Gummà, of the Abantia company, analyses the present and future of thermoelectric solar energy in Catalonia. This type of energy is considered difficult to develop due to relatively low levels of direct solar radiation, the complexity of the administrative paperwork process and a highly fragmented land ownership structure.

C. Vilaseca, president of the Spanish Woodchip Producers Association (APPFEE), shows the great potential for biomass with regard to creating jobs in rural areas, treating organic waste and reducing the risk of forest fires.

J. Salmerón, of the company Wind to Market, discusses the system by which wind power facilities have been incorporated into the electricity generation market, and the role of marketing companies in that endeavour.

Nota d'economia

Número 95-96

Generalitat de Catalunya
Departament d'Economia i Finances

9 770213 364008 00096