



Enginyeria tèrmica i medi ambient

Enrique Velo García

Temes de Tecnologia i Sostenibilitat
Temas de Tecnología y Sostenibilidad



EDICIONS UPC

cities

Enginyeria tèrmica i medi ambient

Enrique Velo García

Primera edició: desembre de 2005

Coordinació de la col·lecció: CITIES, Centre Interdisciplinari de Tecnologia,
Innovació i Educació per a la Sostenibilitat.
<http://www.upc.edu/cities>

Aquesta publicació s'acull a la política de normalització lingüística
i ha comptat amb la col·laboració del Departament de Cultura i
de la Direcció General d'Universitats, de la Generalitat de Catalunya.

En col·laboració amb el Servei de Llengües i Terminologia de la UPC.

Disseny de la coberta: Edicions UPC
Fotografia de coberta: M^a Rosa González-Siso

© Enrique Velo García, 2005

© Edicions UPC, 2005
Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL
Jordi Girona Salgado 31, 08034 Barcelona
Tel.: 934 016 883 Fax: 934 015 885
Edicions Virtuals: www.edicionsupc.es
A/e: edicions-upc@upc.es

ISBN: 978-84-9880-108-8

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del copyright, sota les sancions
establertes a la llei, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment, inclosos la
reprografia i el tractament informàtic, i la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec públics.

Presentació

Teniu a les mans un nou exemplar de la col·lecció Temes de Tecnologia i Sostenibilitat, promoguda per Cites en el marc de la planificació de sostenibilitat de la UPC. Actualitzar els programes formatius de nivell universitari no és una qüestió senzilla, però segurament és necessària i essencial per formar professionals de futur que puguin contribuir, cadascun des del seu lloc de treball, al desenvolupament sostenible.

El pas que aquesta col·lecció ens proposa és consolidar nous conceptes, paradigmes i coneixements, posant a l'abast materials originals que permetin introduir conceptes ambientals i de sostenibilitat a disciplines tecnològiques impartides a la UPC. Aquesta col·lecció es compon d'una sèrie de publicacions teòriques que analitzen les relacions entre àrees de coneixement tècniques i el medi ambient. Així mateix, cal destacar que cada una d'aquestes publicacions consta de materials pràctics (exemples, casos d'estudi, etc.) disponibles a Internet, els quals es van actualitzant de forma dinàmica i periòdica.

Els destinataris d'aquesta col·lecció són tant els docents com els alumnes de les àrees de coneixement vinculades a la matèria, que vulguin aprofundir en les interrelacions entre aquesta disciplina i les qüestions relacionades amb la sostenibilitat.

Índex

1 Màquines i motors tèrmics, i medi ambient	11
1.1 Relació amb el medi ambient.....	11
1.1.1 Desenvolupament sostenible.....	12
1.1.2 Eficiència energètica.....	12
1.1.3 Fonts d'energia netes i renovables.....	13
1.1.4 Impacte ambiental.....	14
1.2 Identificació dels mòduls ambientals.....	14
1.2.1 Ús racional dels recursos energètics.....	14
1.2.2 Fonts d'energia netes i renovables.....	14
1.2.3 Impacte ambiental.....	15
1.2.4 Contaminació atmosfèrica, de les aigües i del sòl.....	15
1.2.5 Residus	15
1.2.6 Estudis d'impacte ambiental	15
1.3 Entrada per assignatures	16
1.3.1 220 - ETSEIT	17
1.3.2 240 - ETSEIB	19
1.3.3 320 - EUETIT	20
1.3.4 330 - EUPM.....	21
1.3.5 Proposta d'ambientalització curricular del Departament.....	22
2 Mòdul d'ús racional dels recursos energètics	25
2.1 Objectius.....	25
2.2 Estalvi energètic i eficiència energètica.....	25
2.2.1 Política energètica	25
2.2.2 Els agents del canvi	26
2.2.3 Energia i indústria	27
2.2.4 El consum energètic del transport	27
2.2.5 El sector terciari	28
2.2.6 Edificis energèticament eficients	29
2.2.7 El sector domèstic.....	30
2.2.8 Gestió de l'energia a la indústria	30
2.2.9 Gestió de l'energia a d'altres sectors.....	31
2.3 Rendiment de conversions energètiques	31
2.3.1 Desenvolupament teòric.....	31
2.3.2 Màquina tèrmica de Carnot. Funcionament del motor	32
2.3.3 Màquina tèrmica de refrigeració.....	32
2.3.4 Cicle de Carnot	33
2.3.5 Cicle de Rankine	34
2.3.6 Cicle de Hirn.....	36

2.3.7	Cicle de Hirn amb més d'un sobreescalfament	37
2.3.8	Cicle Otto teòric	39
2.3.9	Cicle dièsel teòric	41
2.3.10	Turbines de gas	43
3	Mòdul de fonts d'energia renovables.....	45
3.1	Objectius.....	45
3.2	Desenvolupament teòric.....	45
3.2.1	Energies renovables i desenvolupament sostenible.....	45
3.2.2	L'energia solar tèrmica.....	46
3.2.3	L'energia solar fotovoltaica.....	46
3.2.4	L'energia del vent (eòlica).....	47
3.2.5	L'aprofitament dels salts d'aigua (hidràulica).....	48
3.2.6	L'energia geotèrmica	48
3.2.7	Biomassa i residus.....	49
3.2.8	Els biocombustibles.....	50
3.2.9	Les piles de combustible	50
4	Mòdul d'impacte ambiental.....	53
4.1	Objectius.....	53
4.2	L'impacte ambiental en les diverses etapes del cicle energètic	53
4.2.1	L'obtenció dels recursos energètics.....	54
4.2.2	Les operacions de transport i els materials energètics.....	54
4.2.3	La transformació dels recursos energètics.....	54
4.2.4	L'efecte hivernacle	55
4.2.5	La pluja àcida.....	55
4.2.6	Les centrals tèrmiques convencionals	56
4.2.7	Les centrals nuclears.....	56
4.2.8	El consum final d'energia	56
4.2.9	Destrucció de la capa d'ozó	57
4.3	Com minimitzar l'impacte ambiental del cicle energètic	57
4.3.1	Els consumidors i el repte de l'estalvi.....	57
4.3.2	El cas particular dels transports.....	57
4.3.3	La diversificació de fonts d'energia	58
4.3.4	Augment de l'eficiència	58
4.3.5	Mesures correctives d'emissions	59
4.4	Dispersió de contaminants.....	60
4.4.1	Càlcul de xemeneies.....	60
4.4.2	Models de difusió	62
4.4.3	Models gaussians	63
4.4.4	Model de Pasquill-Gifford	63
4.4.5	Classes d'estabilitat i paràmetres de dispersió.....	64
4.4.6	Conclusions.....	68
5	Perspectives	69
6	Bibliografia i enllaços recomanats	71
7	Glossari.....	73
8	Contacte	77

1 Màquines i motors tèrmics, i medi ambient

El Departament de Màquines i Motors Tèrmics té com a àrea de coneixement la definida amb el mateix nom i que s'articula al voltant de tres disciplines o especialitats bàsiques:

- Termodinàmica
- Termotècnia o enginyeria tèrmica (o termoenergètica)
- Motors i Instal·lacions Tèrmiques

Aquestes disciplines es recolzen fonamentalment sobre els següents cossos de ciència:

• Termodinàmica • Transferència de calor • Mecànica de fluids	• Mecànica • Ciència dels materials • Regulació i control
---	---

Els fonaments científics dels quals s'apliquen a l'estudi (fonaments, disseny, optimització, operació, gestió i explotació) de diferents tecnologies, que es poden agrupar sota el títol:

- Amb la generació i l'aprofitament de l'energia tèrmica
- De forma directa
- Per conversió en treball (i viceversa)

I que inclou aspectes tan diversos com:

- Generació de calor i vapor
- Aprofitament de l'energia tèrmica: forns, recuperadors (equips individuals o en xarxa), bullidors i condensadors, acumuladors de calor ...
- Generació de potència mecànica i tèrmica: motors i màquines tèrmiques, centrals termo-elèctriques (no nuclears), cogeneració termoelèctrica ...
- Generació de fred: condicionament d'aire i refrigeració
- Gestió dels sistemes termoenergètics
- Tracció de vehicles i impulsió d'aeronaus
- Accionament de maquinària industrial mitjançant màquines tèrmiques

però que no deixen d'estar lligats entre ells.

1.1 Relació amb el medi ambient

Tal com s'ha descrit al paràgraf anterior, l'àmbit del Departament de Màquines i Motors Tèrmics està molt lligat als sistemes energètics. Aquests es caracteritzen perquè tenen una determinada eficiència

que fa que, en major o menor grau, hi hagi sempre una dissipació d'energia tèrmica cap a l'ambient, la qual cosa pren més rellevància en el cas de les energies no renovables. D'altra banda, la generació d'energia tèrmica representa un impacte directe sobre l'ambient quan es fa a partir de tecnologies de combustió i, indirectament, a partir d'altres fonts d'energia com l'elèctrica o la nuclear.

Finalment, cal remarcar que la termodinàmica és un cos de ciència el coneixement del qual resulta bàsic en el desenvolupament de moltes disciplines relacionades amb el medi ambient.

A partir dels dos conceptes esmentats (eficiència energètica i impacte ambiental), l'àrea de coneixement Màquines i Motors Tèrmics es relaciona amb el medi ambient en els àmbits següents:

1.1.1 Desenvolupament sostenible

Per definir aquest àmbit, l'Agenda 21 de Catalunya diu el següent:

Quan un model de desenvolupament preveu de forma integrada, a més de la necessària generació de riquesa, el benestar de les persones i la cohesió social, la gestió durable dels recursos, la qualitat de l'entorn i les possibilitats de desenvolupament de les generacions futures, estem parlant de desenvolupament sostenible. Desenvolupament sostenible és aquell desenvolupament que es posa al servei de les persones i es basa en el respecte al medi ambient. Això és el que volem per Catalunya. (<http://www.gencat.es/A21CAT/presentacio.htm>)

Aquest és un àmbit genèric que té en compte tots els que es relacionen més endavant, i ofereix un marc i uns objectius globals que cal tenir presents en tota activitat relacionada amb l'àrea de coneixement, principalment pel que fa a

- La gestió durable dels recursos
- La qualitat de l'entorn

1.1.2 Eficiència energètica

El consum energètic dels processos productius constitueix un repte per al desenvolupament sostenible. El desenvolupament de noves tecnologies, la millora de les existents, l'elecció dels sistemes més eficients o la gestió i l'explotació correctes dels sistemes instal·lats poden contribuir a la reducció dels consums i, per tant, a avançar en la sostenibilitat dels sistemes productius.

La millora de l'eficiència energètica no solament ajuda a minvar el malbaratament dels recursos i a reduir la producció de gasos contaminants, sinó que té una incidència directa sobre "l'escalfament global de la Terra" degut a causes antropogèniques, molt especialment per mitjà de la producció de diòxid de carboni.

Per a la fabricació d'un conjunt determinat de productes es necessita un consum mínim d'energia, que depèn de factors bàsics com ara les primeres matèries seleccionades, el procés de transformació dissenyat i el nivell de producció desitjat. Més enllà d'aquest valor llindar, és necessari un balanç econòmic entre el cost incremental dels equips per tal d'utilitzar tècniques més eficients i el valor de l'energia que es pot estalviar per aquests mitjans. L'anàlisi termodinàmica (aplicació del primer i el segon principis de la termodinàmica) i el balanç dels materials, tanmateix, quantifiquen el potencial de reducció de consum energètic mitjançant modificacions adequades de processos i materials.

Una mesura significativa de l'eficiència d'un procés es deriva del segon principi de la termodinàmica. Aquest fa una avaluació de l'energia i la quantitat de treball realment utilitzat per operar el procés. La diferència o treball perdut ens dona una mesura absoluta del rendiment del procés. El concepte de

treball perdut és aplicable a tots els equips del procés, prescindint del tipus o del sector industrial en què es troben.

Les mesures que tendeixen a la millora de l'eficiència del procés industrial s'haurien de dirigir cap a l'increment del treball útil disponible entre els materials que entren i els productes que surten del procés, respecte al treball útil de l'energia consumida. L'anàlisi detallada de les pèrdues de treball en cada etapa i les necessitats de treball en les mateixes revelarà les àrees potencials per millorar.

La millora de l'eficiència energètica es pot aconseguir per augment de la conversió energètica dels processos de producció, per reciclatge de l'energia residual o per reutilització/recuperació de materials residuals.

La recuperació de l'energia residual té una importància especial per a l'economia del procés de fabricació i la disminució de l'impacte ambiental. Tot i que hi ha grans diferències entre indústries particulars, s'estima que aproximadament el 50% de l'energia consumida en forma de calor i potència pel sector industrial es perd com a calor residual a l'aire i a l'aigua.

La qualitat essencial de la calor recuperable no és la quantitat, sinó el seu valor econòmic. La recuperació econòmica de la calor residual depèn d'un nombre de factors i l'aplicació del primer principi de la termodinàmica determinarà la quantitat que se'n requerirà.

La qualitat i la disponibilitat queden determinades pel segon principi de la termodinàmica. Addicionalment, s'ha de tenir en compte el cost del transport de l'energia residual –que és un problema de transferència de calor–, el cost de l'aïllament i les pèrdues. En tot cas, el període de recuperació de la inversió és determinant a l'hora de prendre decisions de recuperació energètica.

Així doncs, l'àrea de Màquines i Motors Tèrmics subministra les eines bàsiques per a l'anàlisi de l'eficiència energètica dels processos i les aplica als sistemes termoenergètics industrials que li són propis.

1.1.3 Fonts d'energia netes i renovables

Les energies renovables són les que provenen de fonts d'energia que es renoven de manera continua, per contraposició als els recursos limitats, que es generen durant segles i són consumits de manera ràpida pels humans. Es tracta de fonts d'abastament inesgotables que procedeixen del sol. Les energies renovables constitueixen l'esperança d'arribar al desenvolupament sostenible, ja que permeten complir amb les principals condicions mínimes:

- a) Que la taxa d'utilització dels recursos no superi la seva taxa de regeneració.
- b) Que la taxa d'utilització dels recursos no renovables no superi la taxa a la qual es desenvolupen substituïts de procedència renovable.
- c) Que les taxes d'emissió d'agents contaminants i corrents residuals no sobrepassin la capacitat d'assimilació del medi.

Des del punt de vista ambiental, les energies renovables presenten impactes ambientals reduïts, que quasi sempre es poden circumscriure a un caràcter local i, per tant, la seva vigilància i correcció presenten problemes d'ordres de magnitud molt inferiors als de les energies convencionals.

Aquest àmbit es relaciona directament amb l'àrea de coneixement de Màquines i Motors Tèrmics mitjançant la generació d'energia tèrmica emprant fonts d'energia renovable, principalment:

- Energia solar tèrmica
- Biocombustibles
- Residus (valoració energètica mitjançant processos termoquímics)

2 Mòdul d'ús racional dels recursos energètics

2.1 Objectius

En finalitzar l'estudi, l'alumne ha de ser capaç de:

- 1) Reflexionar sobre problemes com ara la limitació dels recursos naturals, el malbaratament dels recursos energètics i l'impacte ambiental de l'ús de l'energia, amb la perspectiva de voler trobar vies alternatives que puguin comportar canvis.
- 2) Avaluar l'efectivitat, els costos ambientals, la disponibilitat i la limitació de recursos de les fonts d'energia que s'empren habitualment i de les fonts d'energia alternatives.
- 3) Resoldre problemes numèrics relacionats amb els continguts del paràgraf anterior i posteriorment discutir sobre els resultats obtinguts.
- 4) Analitzar el principi de conservació de l'energia en casos concrets i l'aprofitament de l'energia en màquines i dispositius, i destacar-ne la idea de rendiment.

Els coneixements científics i tècnics adquirits durant l'estudi en aspectes relacionats amb l'ús de les diverses fonts d'energia ha de permetre a l'estudiant, a la fi dels seus estudis, ser capaç de:

- 5) Aprofitar de forma òptima els recursos energètics disponibles en el disseny i l'explotació de processos i instal·lacions industrials o de serveis.
- 6) Desenvolupar noves tecnologies i/o nous materials aprofitant al màxim els recursos energètics i minimitzant l'impacte ambiental de l'ús de l'energia.

2.2 Estalvi energètic i eficiència energètica

2.2.1 Política energètica

Els darrers anys, les polítiques energètiques han deixat de tenir com a objectiu fonamental cobrir les necessitats dels ciutadans i les empreses i n'han assumit d'altres, com ara quina és la millor manera d'actuar des d'un punt de vista eficient per a gestionar la demanda i respectar els límits que imposen els sistemes ecològics; seguir criteris de qualitat i seguretat, i oferir un preu competitiu que garanteixi la llibertat d'actuació del consumidor.

La millora de l'eficiència energètica ha esdevingut darrerament un dels elements clau de l'estratègia de la Unió Europea. La signatura de compromisos internacionals en matèria ambiental que obliguen a reduir les emissions contaminants i els gasos que provoquen l'efecte hivernacle estan afavorint la implantació de mesures que contribueixin a l'estalvi energètic. En general, l'establiment d'un règim

fiscal global que gravi equitativament els productes energètics i potencii les polítiques encaminades a incrementar l'eficiència energètica és una de les vies d'actuació prioritàries de les autoritats europees que els estats membres estan negociant.

Millorar l'eficiència energètica i fomentar l'estalvi són dos eixos estratègics que proposa el "Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010", el principal instrument d'actuació del qual és el "Pla d'eficiència energètica"¹. Aconseguir que Catalunya tingui una posició de lideratge en eficiència tècnica i econòmica en l'ús de l'energia amb relació als països de referència de la Unió Europea és un dels objectius principals del Pla. Les tecnologies eficients i l'ús racional de l'energia són els instruments que la societat té al seu abast per millorar el rendiment energètic i reduir el consum no útil.

Taula 2.1 Estalvi associat al Pla d'eficiència energètica (kTEP)

Sector	2005	2010	Acumulat 2005-2010	Reducció del consum del sector (%)
Industrial	200,2	580,0	2.530,9	10,5
Domèstic	58,3	177,1	781,5	7,9
Primari	8,8	20,9	101,2	3,4
Dels serveis	57,1	170,0	736,4	7,5
Del transport	98,8	631,1	2.123,0	9,3
Total previst	423,2	1.579,1	6.272,9	9,1

Mesures previstes:

Indústria:

- Inclusió dels grans consumidors en les accions que s'han de dur a terme
- Introducció d'equips que permetin aconseguir una eficiència energètica més gran
- Implantació de nous mètodes d'utilització i gestió de l'energia

Serveis:

- Externalització de la gestió de l'energia per part dels grans consumidors.
- Introducció de noves tecnologies i noves pràctiques en la utilització de l'energia.
- Etiquetatge energètic.

Domèstic:

- Etiqueta energètica d'equips consumidors.
- Conscienciació a favor de l'estalvi energètic.
- Normatives d'eficiència energètica.

Transports:

- Acceleració de la penetració de nous vehicles eficients (privats i comercials).
- Foment de la intermodalitat en els desplaçaments de persones.

Primari:

- Introducció de noves pràctiques en la utilització de la maquinària agrícola.
- Foment de l'estalvi energètic en el sector ramader.

2.2.2 Els agents del canvi

Tanmateix, perquè això sigui possible cal superar les barreres que dificulten l'aplicació generalitzada de mesures d'estalvi i millora de l'eficiència. L'anàlisi que s'ha dut a terme durant el procés d'elaboració del Pla d'eficiència energètica, inclòs al Pla de l'energia a Catalunya per a l'horitzó del 2010, apunta algunes d'aquestes barreres i de les accions que cal emprendre per superar-les. Per exemple:

¹ L'11 d'octubre de 2005, el govern de la Generalitat de Catalunya va aprovar el document "Pla de l'energia 2006 – 2015". Es recomana al lector veure les dades actualitzades a: http://www.gencat.net/treballindustria/industria_energia/pla_energia

3 Mòdul de fonts d'energia renovables

3.1 Objectius

En finalitzar l'estudi, l'alumne ha de ser capaç de:

- 1) Reflexionar sobre problemes com ara la limitació dels recursos naturals, el malbaratament dels recursos energètics i l'impacte ambiental de l'ús de l'energia, amb perspectiva de voler trobar vies alternatives que puguin comportar canvis.
- 2) Avaluar l'efectivitat, els costos ambientals, la disponibilitat i la limitació de recursos de les fonts d'energia que s'empren habitualment i de les fonts d'energia alternatives.
- 3) Resoldre problemes numèrics relacionats amb els continguts del paràgraf anterior, i posteriorment discutir sobre els resultats obtinguts.

Els coneixements científics i tècnics adquirits durant l'estudi en aspectes relacionats amb l'ús de les diverses fonts d'energia ha de permetre a l'estudiant, a la fi dels seus estudis, ser capaç de:

- 4) Aprofitar de forma òptima els recursos energètics disponibles en el disseny i l'explotació de processos i instal·lacions industrials o de serveis.
- 5) Desenvolupar noves tecnologies i/o nous materials aprofitant al màxim els recursos energètics i minimitzant l'impacte ambiental de l'ús de l'energia.

3.2 Desenvolupament teòric

Les energies renovables són aquelles que no s'exhaureixen pel fet d'usar-les.

Inclouen l'energia solar (tèrmica i fotovoltaica), l'energia del vent (eòlica), l'aprofitament dels salts d'aigua (hidràulica), l'energia geotèrmica i l'obtenció d'energia a partir de la biomassa i els residus.

En aquests moments, el desenvolupament de les energies renovables es troba en un moment clau i decisiu. Els objectius polítics per fer que les energies renovables representin un 12% del balanç energètic europeu l'any 2010, aprovat en el Llibre blanc de les energies renovables de la Unió Europea o, en el cas de Catalunya, en el Llibre verd de les energies renovables de l'euroregió, han proporcionat unes condicions immillorables per aconseguir aquest desenvolupament.

3.2.1 Energies renovables i desenvolupament sostenible.

La recerca d'alternatives per aconseguir un desenvolupament sostenible a escala mundial que no comprometi els recursos ni el medi ambient esdevé un dels aspectes principals de la problemàtica

energètica actual. En aquest punt, les fonts d'energia renovables són un recurs energètic capaç d'aportar una contribució molt substancial a la seguretat i a la sostenibilitat de les necessitats energètiques i, alhora, de preservar recursos i protegir el medi ambient per a les generacions futures.

Les energies renovables es troben al capdavant de qualsevol estratègia per a la sostenibilitat, i les seves aportacions estan relacionades amb els punts següents:

- La seva utilització contribueix a la reducció d'emissions contaminants a l'atmosfera.
- La reducció de la dependència de combustibles fòssils (generalment d'importació) i el desenvolupament d'un sistema d'aprovisionament energètic basat en recursos inexhauribles.
- Es tracta de recursos energètics disponibles a escala local, (descentralització de la producció).
- Creen llocs de treball i la contribueixen als reequilibris territorials.
- Aporten beneficis socials derivats de la disponibilitat de noves fonts d'energia al medi rural.
- Contribueixen a l'enfortiment global de les economies; un sistema energètic més eficient i net fa que totes les indústries esdevinguin més eficients i netes.

3.2.2 L'energia solar tèrmica

L'energia solar tèrmica consisteix en l'aprofitament de la radiació que prové del sol per produir aigua calenta sanitària; per escalfar l'aigua de les piscines; per a la calefacció, la climatització i aplicacions industrials. Les instal·lacions solars tèrmiques consten d'un sistema de captació (el captador solar), un sistema d'emmagatzematge de l'energia tèrmica obtinguda (el dipòsit acumulador) i un sistema de distribució de la calor i del consum.

Les aplicacions més esteses i conegudes són les de baixa temperatura, és a dir, les que proporcionen calor a una temperatura inferior a 100°C. El captador pla de coberta vidrada és el tipus de captador que, fins ara, ha tingut més difusió. El seu funcionament està basat en l'efecte hivernacle, és a dir, capta la radiació solar al seu interior, la transforma en energia tèrmica i n'evita la sortida a l'exterior.

El Pla de l'energia a Catalunya a l'horitzó de l'any 2010 preveu que la superfície de captadors solars tèrmics a Catalunya arribi als 500.000 m² en 2010. El 75% d'aquestes instal·lacions seran al sector domèstic.



Figura 3.1. Instal·lacions d'energia solar tèrmica

3.2.3 L'energia solar fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica permet transformar en electricitat la radiació solar, per tal de cobrir una part important de la demanda elèctrica sense emetre gasos contaminants. L'energia solar fotovoltaica

es fonamenta en l'efecte fotoelèctric descobert per Hertz el 1887 i descrit per Einstein el 1905. La radiació solar es converteix en electricitat quan incideix en una cèl·lula fotovoltaica o placa solar, que és un semiconductor constituït normalment de silici.

Aquesta energia elèctrica sostenible té molts usos i aplicacions: des del funcionament d'aparells de consum petits (rellotges, calculadores...) fins a l'electrificació d'habitatges o nuclis de població aïllats; les senyalitzacions terrestres i marítimes; les comunicacions o l'enllumenat públic.

Podem diferenciar dos tipus de sistemes fotovoltaics:

- Els sistemes autònoms, que generen energia en el mateix punt de consum i no estan connectats a la xarxa elèctrica.
- Els sistemes connectats a xarxa, que permeten cedir o vendre a la xarxa elèctrica tota o una part de l'electricitat produïda.

El Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010 preveu que la potència elèctrica d'origen fotovoltaic a Catalunya arribi als 23,3 MW, 18,3 MW dels quals en instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica. La major part d'aquesta potència es faria servir en el sector residencial.



Figura 3.2. Instal·lació solar fotovoltaica

3.2.4 L'energia del vent (eòlica)

Ara per ara, l'energia renovable amb més potencial de creixement a Catalunya és l'eòlica. Els aerogeneradors moderns permeten aprofitar un recurs inesgotable, l'energia del vent, de manera rendible i eficient per generar electricitat.



Figura 3.3. Parc eòlic

4 Mòdul d'impacte ambiental

4.1 Objectius

En finalitzar l'estudi, l'alumne ha de ser capaç de:

- 1) Reflexionar sobre problemes com ara l'impacte ambiental de l'ús de l'energia, amb la perspectiva de voler trobar vies alternatives que puguin comportar canvis.
- 2) Avaluar els costos ambientals de les fonts d'energia que s'empren habitualment i de les fonts d'energia alternatives.
- 3) Resoldre problemes numèrics relacionats amb els continguts del paràgraf anterior i posteriorment discutir sobre els resultats obtinguts.

Els coneixements científics i tècnics adquirits durant l'estudi, en aspectes relacionats amb l'impacte ambiental de les diverses fonts d'energia, ha de permetre a l'estudiant, a la fi dels seus estudis, ser capaç de:

- 4) Minimitzar l'impacte ambiental de l'ús de l'energia en el disseny i l'explotació de processos i instal·lacions industrials o de serveis.
- 5) Desenvolupar noves tecnologies i/o nous materials aprofitant al màxim els recursos energètics i minimitzant l'impacte ambiental de l'ús de l'energia.

4.2 L'impacte ambiental en les diverses etapes del cicle energètic

La generació i utilització de qualsevol tipus d'energia comporta un efecte sobre el medi en totes les fases del seu cicle –des de la generació fins al consum final, passant per la transformació i el transport. L'impacte ambiental generat depèn bàsicament del tipus de procés d'obtenció d'energia i de la tecnologia emprada per consumir-la i transformar-la. Els efectes poden ser de tipus global o local. Entenem per *efecte global* l'impacte que es manifesta a grans distàncies, lluny del focus que l'ha provocat, i com a *impacte local*, quan es limita a la zona propera o a la rodalia de la instal·lació o planta que n'és la causa. Un exemple d'efecte global és el forat a la capa d'ozó, mentre que un exemple d'efecte local pot ser un incendi causat per una explosió en alguna instal·lació o els efectes d'un abocament de residus tòxics.

Tot seguit s'esmenten breument els principals agents que tenen impacte en el medi ambient, classificats segons el moment del cicle de l'energia en què es produeixen i el recurs energètic que s'empra.

4.2.1 L'obtenció dels recursos energètics

Els recursos energètics més utilitzats a Catalunya són el petroli, l'urani, el gas natural i la força de l'aigua. Alguns recursos energètics els poden utilitzar els consumidors directament, però d'altres exigeixen un procés previ de transformació. L'obtenció, però, pot tenir conseqüències desfavorables quant a la conservació del medi ambient.

La mineria del carbó, per exemple, disminueix la qualitat de les aigües. La causa en són les aigües de les mines i les derivades de rentar el carbó, que contenen sòlids –metalls i altres– en suspensió. Altres impactes relacionats amb la mineria, tant subterrània com a cel obert, són el soroll provocat per l'ús de maquinària pesant, la contaminació atmosfèrica per partícules, les importants extensions de terrenys ocupats, el moviment de terres, les instal·lacions per al tractament de materials, etc.

També és molt important l'impacte de les explotacions de carbó a cel obert (aquelles que no es troben sota terra), pel deteriorament paisatgístic que causen els grans volums de material remogut, que a més ocasionen emissions de partícules i que alhora són origen de la contaminació de les aigües subterrànies.

Quant a l'extracció d'hidrocarburs, a part de l'impacte paisatgístic de les complicades extensions de plantes petroleres i les de gas natural, cal fer esment de les fuites líquides de cru en alta mar a causa de les fuites dels pous petrolífers, i de l'efecte mateix de les estructures de les plantes quan són abandonades enmig del mar.

Pel que fa a l'urani, una tercera part de la generació d'energia elèctrica a Europa és d'origen nuclear i, per tant, la problemàtica específica de la mineria d'urani esdevé un tema de gran rellevància. En aquesta mineria d'extracció, s'alliberen gasos radioactius; a més, en el tractament de l'urani extret de les mines per elaborar el combustible de les centrals nuclears, es generen residus radioactius, alhora que els mateixos residus de les centrals són radioactius i creen problemes en ser emmagatzemats, ja que exigeixen tecnologies molt cares i condicions de seguretat molt estrictes.

Quant a l'aprofitament de la força hidràulica, el principal problema ecològic i ambiental es pot associar directament a la grandària d'algunes de les instal·lacions (les grans centrals hidroelèctriques), que a vegades afecten els cicles naturals dels ecosistemes aquàtics i varien el cabal del riu tant aigües avall com aigües amunt, amb tot el que això representa.

4.2.2 Les operacions de transport i els materials energètics

Malgrat les precaucions que es prenen en el transport de l'energia, hi ha emissions importants de pols en el cas del carbó, fuites significatives de metà en les xarxes de gas natural i en gasoductes, i també vessaments de petroli en oleoductes i per accidents marítims de petrolers (aquests vessaments al mar es denominen "marees negres"). I, per acabar, cal afegir-hi les ocupacions d'espai i l'impacte visual de les línies d'alta tensió per al transport d'electricitat.

4.2.3 La transformació dels recursos energètics

La majoria dels productes energètics que es consumeixen en la vida quotidiana, com per exemple el butà, el gas natural, o els combustibles líquids (la gasolina, el gasoil...), i l'electricitat provenen d'algun dels recursos energètics que s'obtenen de la Terra, com el petroli, el gas natural, el carbó, etc., i que anomenem *energia primària*.

Aquestes fonts d'energia són tractades en plantes o instal·lacions, on es transformen en productes derivats o en electricitat, i aquestes instal·lacions també tenen un impacte sobre el medi que les

5 Perspectives

Aquest procés d'ambientalització curricular a partir de l'elaboració de fitxes amb continguts ambientals ha permès, en primer lloc, identificar l'inventari d'assignatures del Departament i les seves possibilitats d'ambientalització, d'acord amb les directrius marcades pels centres on s'imparteixen aquestes assignatures.

Aquesta informació serà d'utilitat, en primer lloc, per als seus coordinadors, ja que a partir d'aquest document poden identificar les eventuais mancances en la impartició de continguts ambientals a les assignatures que coordinen i prendre les mesures correctores. D'altra banda, serà d'utilitat al Departament perquè disposarà d'una visió resumida i global, a partir de la qual gestionar l'ambientalització curricular dels ensenyaments que li són assignats, en el marc de l'àrea de coneixement.

L'elaboració del material teòric s'ha intentat que sigui la més completa possible per a cadascun dels tres mòduls. Aquest material pot servir de marc de referència als professors de l'àrea, però entenem que aquests ja tenen un coneixement prou ampli sobre les matèries que imparteixen i la seva relació amb el medi ambient. En conseqüència, el material teòric pot servir més per als estudiants que per al professorat.

Quant al material pràctic elaborat i plasmat a les fitxes, val a dir que la temàtica mediambiental del Departament és molt àmplia i que, per tant, hi ha encara molta feina per fer. També volem remarcar que les temàtiques que falta desenvolupar a la pràctica són comunes amb altres àrees de coneixement i departaments. En aquest sentit, creiem que seria desitjable coordinar els esforços per tal d'elaborar material pràctic de forma conjunta entre departaments.

Finalment, per avançar en el procés d'ambientalització curricular, creiem que seria bo dedicar esforços a l'anàlisi –assignatura per assignatura i amb cadascun dels coordinadors– del grau d'ambientalització, de què més es podria fer, de quin material teòric i pràctic caldria preparar i de quins recursos es necessitarien per fer-ho.