

POTENTIAL

The Potential of Solar Heat in Industrial Processes



CALOR SOLAR en PROCESSOS INDUSTRIALS

Els captadors solars d'alta eficiència permeten generar calor a temperatures de fins als 250 °C amb un rendiment excel·lent.

Hi ha molts processos industrials que necessiten calor a aquestes temperatures per generar vapor, per rentar, assecar, destil·lar, pasteuritzar, etc.

La gran dimensió de les instal·lacions industrials facilita que els equipaments tinguin un cost molt baix i una bona rendibilitat econòmica.

Els camps de captadors solars es poden integrar a les teulades de les naus industrials, o bé es poden instal·lar en terrenys lliures.



COMISSIÓ EUROPEA

DIRECCIÓ GENERAL
D'ENERGIA I TRANSPORTS

VISIÓ GENERAL	3
1 POTENCIAL D'APLICACIÓ	4
1.1 Resultats de l'estudi POSHIP	4
1.2 Fabricació de cervesa i de malta	5
1.2.1 Malta	5
1.2.2 Cervesa	5
1.3 Sector alimentari	6
1.3.1 Vi i altres begudes	6
1.3.2 Carn	6
1.3.3 Conserves vegetals	6
1.3.4 Elaboració de conserves de peix	6
1.3.5 Elaboració de productes d'alimentació infantil	6
1.4 Sector lleter	7
1.5 Sector tèxtil	7
1.5.1 Acabaments	7
1.5.2 Fabricació de llana	7
1.6 Sector paperer	7
1.6.1 Sector de la pasta de paper	7
1.6.2 Fabricació de paper	7
1.7 Sector químic	7
1.8 Sector de l'automoció i indústries auxiliars	8
1.8.1 Fabricació de pneumàtics	8
1.8.2 Pintura al sector de l'automoció	8
1.9 Sector dels adobats de la pell	8
1.10 Sector del suro	8
2 TECNOLOGIA DISPONIBLE SOBRE CAPTADORS SOLARS	9
2.1 Introducció	9
2.2 Tipus de captadors solars	9
2.2.1 Captadors plans	9
2.2.2 Tubs de buit	10
2.2.3 Captadors del tipus CPC (concentradors estàtics)	10
2.2.4 Col·lectors cilíndrics-parabòlics	11
2.3 Conceptes d'una instal·lació solar	11
2.3.1 Introducció	11
2.3.2 Instal·lacions solars industrials amb emmagatzematge de calor	12
2.4 Avaluació tèrmica i econòmica de la instal·lació	12
2.5 Projectes actuals	14
3 DIRECTRIUS PER A AVALUAR I DISSENYAR UNA INSTAL·LACIÓ	16
3.1 Anàlisi de viabilitat-criteris d'avaluació	16
3.1.1 Tria de processos adequats (interfícies) per acoblar una instal·lació solar	16

3.1.2	Influència de la temperatura de funcionament	16
3.1.3	Continuïtat de la càrrega i emmagatzematge	17
3.1.4	Zones climàtiques de la Península Ibèrica	17
3.1.5	Resum dels criteris d'avaluació	17
3.2	Directrius per a dissenyar una instal·lació	18
3.2.1	Superfície de captadors solars	18
3.2.2	Emmagatzematge	18
3.2.3	Acoblament al sistema d'aportació de calor ja existent i regulació	19
3.2.4	Instal·lacions solars tèrmiques i de cogeneració	19
4	ESTUDIS DE CAS	20
4.1	Malteria, Andalusia (Espanya)	20
4.2	Maltibérica-Sociedade Produtora de Malte SA (Portugal)	21
4.3	Beiralã-Lanifícios SA (Portugal)	22
4.4	Bodegues Mas Martinet, Tarragona (Espanya)	22
5	FINANÇAMENT I AJUTS PER INSTAL·LACIONS SOLARS	
	TÈRMQUES INDUSTRIALS	24
5.1	Subvencions actuals	24
5.1.1.	Programes de subvencions de la Unió Europea	24
5.1.2.	Programes estatals de subvenció	24
5.1.3.	Programes autonòmics de subvenció	24
5.2.	Finançament d'instal·lacions solars tèrmiques	26
5.2.1.	Espanya: Solució financera IDAE-ICO	26
5.2.2.	Catalunya: Programa FITA SOLAR	26
5.2.3.	Andalusia: Programa PROSOL	27
5.2.4.	Illes Canàries: Programa PROCASOL	27
	ANNEX: QÜESTIONARI PER A LES EMPRESES	28
	AGRAÏMENTS	31

Com a font d'energia renovable, les instal·lacions solars tèrmiques poden cobrir una part important de la demanda industrial de calor. Als països del sud d'Europa, la demanda de calor industrial representa aproximadament un terç de la demanda total d'energia. El consum de calor de procés a la indústria a temperatures per sota dels 250 °C aporta aproximadament un 7 % de la demanda final d'energia. Si s'aconseguís la fita de 2.000.000 m² de captadors solars tèrmics per a la calor de procés industrial i la refrigeració solar, tal com s'indica a la «Campaign for Take-Off» de la Comissió Europea, això significaria un estalvi d'energia primària d'uns 2.000.000 MWh/any. Per tant, l'energia solar tèrmica a la indústria pot contribuir de manera important a aconseguir un subministrament d'energia fiable, net, segur i econòmic, basat en fonts d'energia renovables.

Els captadors solars per a produir aigua calenta a temperatures baixes són una tecnologia estàndard molt estesa i ben coneguda. Amb els captadors solars d'alta eficiència que s'han creat recentment, es poden generar temperatures de fins als 250 °C amb un rendiment excel·lent. Hi ha molts processos industrials que necessiten calor a aquestes temperatures per generar vapor, per rentar, assecar, destil·lar, pasteuritzar, etc.

Actualment, les instal·lacions solars tèrmiques industrials que funcionen a Europa tenen una superfície total instal·lada de captadors d'uns 10.000 m². Els camps de captadors solars es poden integrar a les cobertes de les naus industrials, o bé es poden instal·lar en terrenys lliures.

La gran dimensió de les instal·lacions industrials facilita que les instal·lacions tinguin un cost molt baix, de manera que en un termini molt curt les instal·lacions solars per a processos industrials poden fer la competència econòmica als combustibles fòssils. Els cost d'inversió actual d'una instal·lació solar tèrmica oscil·la entre els 250 i els 500 €/m² (250-1.000 €/kW), i això comporta una mitjana del cost energètic al sud d'Europa d'entre 2 i 5 cèntims €/kWh per a aplicacions de baixa temperatura i d'entre 5 i 15 cèntims €/kWh per a instal·lacions de mitjana temperatura.

El cost actual per kWh d'energia primària estalviada en aplicacions industrials és inferior al de les aplicacions solars domèstiques per a aigua calenta de petita i mitjana dimensió i encara es pot reduir més. Es poden reduir costos per mitjà d'una producció a gran escala, reduint els costos operatius i de manteniment i millorant l'eficiència del captador i el disseny de la instal·lació, sobretot en el cas de captadors solars de mitjana temperatura. A mitjà termini (fins al 2010), es pot aconseguir reduir el cost fins a un 50 %.

Aquest document és un recull dels resultats del projecte POSHIP, un estudi sobre el potencial de la calor solar en processos industrials, finançat per la Comissió Europea dins del 5è Programa Marc.

Durant aquest projecte, s'han estudiat un gran nombre de sectors tant a Espanya com a Portugal. S'han dut a terme estudis de cas sobre instal·lacions solars a la indústria en condicions favorables que han donat com a resultat la possibilitat de construir centrals solars industrials de més de 25.000 m².

1 Potencial d'aplicació

Les aplicacions industrials d'energia solar poden representar una aportació important per aconseguir l'objectiu de cobrir el 12 % de la demanda energètica de la Unió Europea amb fonts renovables l'any 2010. Es va calcular que el potencial total de calor de procés industrial a mitjana temperatura (per sota dels 150 °C) als 12 països que formaven la UE el 1994 era de 202,8 TWh (milions de MWh). Es pot estimar que l'actual demanda d'energia a la UE en temperatura mitjana i mitjana-alta (per sota dels 250 °C) és d'uns 300 TWh, un 7 % de la demanda total d'energia final.

Les condicions per aplicar l'energia solar són favorables en processos amb una demanda de calor continuada durant les hores d'insolació i durant tot l'any.

Els processos més adequats són, per exemple, l'escalfament de banys líquids per a processos de rentat, tenyit, tractaments químics, etc.; escalfament d'aire per a processos d'assecatge; generar vapor de baixa pressió per a usos diversos.

Un altre camp d'aplicació important és la producció de fred per mitjà de màquines d'absorció o d'altres equips tèrmics amb l'avantatge afegit que la demanda màxima coincideix amb el màxim d'insolació.

Hi ha anàlisis que indiquen que als EUA, Alemanya, Espanya, Regne Unit, Portugal i Suïssa la visió general i representativa de la demanda de calor de procés és de fins a 250 °C. Malgrat les diferències concretes entre aquests països, també trobem conclusions que els agrupen:

- En tots els estudis recents, es confirma la tendència general que aproximadament un 50 % de la demanda de calor industrial és de baixa temperatura (<60 °C), mitjana (60 °C-150 °C) i mitjana-alta (150 °C-250 °C).
- Als sectors alimentari, paperer, tèxtil i químic, el percentatge de demanda energètica en forma de calor a la gamma de temperatures mitjana i mitjana-alta és especialment elevat. Més d'un 50 % del total de calor de procés que necessiten aquests sectors és de 200 °C com a màxim.
- La demanda més gran de calor prové dels sectors paperer i alimentari. El sectors tèxtil i químic també tenen una demanda de calor força alta.
- Entre 100 i 200 °C, bona part de la calor de procés l'utilitzen els sectors alimentari, tèxtil i químic, en aplicacions tan diverses com l'assecatge, la cocció, la neteja, l'extracció i moltes d'altres.

Als següents apartats es resumeixen les dades principals sobre demanda tèrmica en diversos sectors i processos industrials que tenen especial rellevància a l'Estat espanyol i a Portugal, països en què se centra aquest estudi.

1.1 Resultats de l'estudi POSHIP

Dins del projecte POSHIP, s'ha analitzat la demanda de calor en molts sectors industrials de l'Estat espanyol i de Portugal.

L'objectiu de l'anàlisi s'ha centrat en classificar la demanda de calor segons el nivell de temperatura dels processos. A partir dels resultats d'aquesta anàlisi, s'ha estudiat el potencial per implantar instal·lacions solars tèrmiques.

La Taula 1 dona una visió general dels sectors que han estat analitzats dins del projecte POSHIP. Tot i que el nombre d'empreses de les quals s'ha disposat de dades sigui massa petit per extreure'n conclusions quantitatives i poder-les extrapolar a tot un sector industrial, es pot considerar que les quantitats obtingudes amb aquest sistema són una estimació aproximada que dona l'ordre de magnitud del potencial de l'energia solar tèrmica a cada sector.

Sector industrial	Andalusia	València i Espanya central	Catalunya	Portugal	Total
Alimentació			4	2	6
Vins i begudes	1	1	3		5
Paper		1	1	1	3
Tèxtil	1	2	1	2	6
Pell				2	2
Malta	1		1	1	3
Suro				1	1
Automoció			1		1
TOTAL	3	4	11	9	27

Taula 1. Visió general dels sectors analitzats dins del projecte POSHIP

La Figura 1 mostra la demanda de calor als sectors analitzats —agrupats per sector industrial— i els trams de demanda de calor a baixa i mitjana temperatura. En tots els sectors estudiats (excepte el sector paperer), més d'un 60 % de la demanda de calor es troba a temperatures inferiors als 160 °C, i en alguns sectors gairebé tota la calor és consumida a temperatures per sota dels 60 °C.

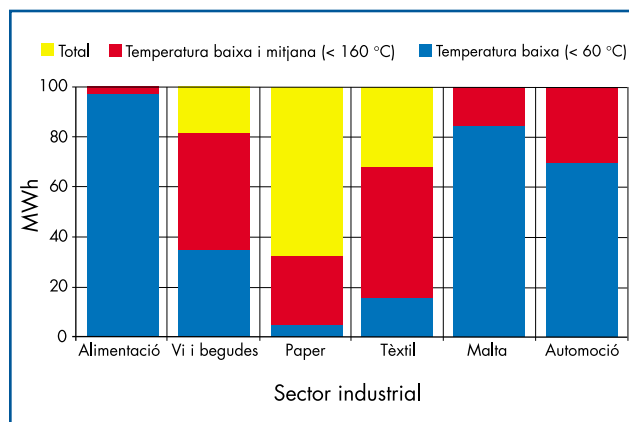


Figura 1. Distribució de la demanda de calor per temperatures. Sectors analitzats al projecte POSHIP, agrupats per sectors industrials.

En tots els sectors, s'ha analitzat el potencial d'aplicació de les instal·lacions solars tèrmiques.

La Figura 2, mostra tant el potencial d'aplicació tècnic de l'energia solar tèrmica (proporcionat per la superfície màxima de coberta disponible i per una aportació solar màxima d'un 60 %) com el potencial econòmic (competitivitat econòmica respecte els combustibles fòssils, tenint en compte un potencial de reducció de costos a curt termini d'un 50 % per a instal·lacions solars i d'un 25 % en finançament públic). En molts països, el factor limitador és la superfície de coberta o de terreny disponible, de manera que no hi ha diferència entre el potencial tècnic i l'econòmic.

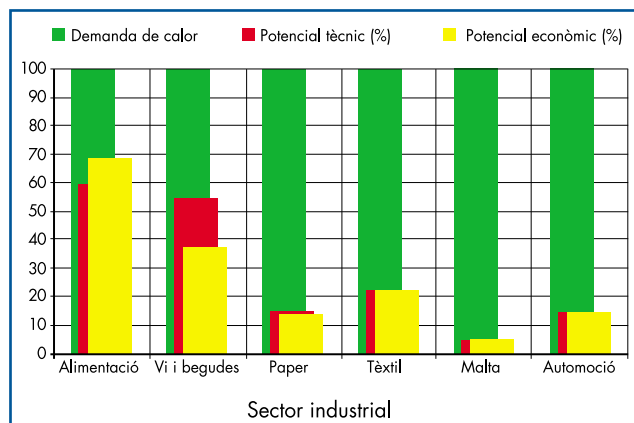


Figura 2. Potencial tècnic i econòmic de la calor de procés industrial (percentatge de la demanda de calor total). Empreses estudiades dins del POSHIP i agrupades per sectors.

Fent servir les dades de tota la demanda de calor de procés a la indústria espanyola i portuguesa a partir de les dades de les figures 1 i 2, es pot calcular l'ordre de magnitud de tot el potencial solar per mitjà d'una simple extrapolació proporcional a tot el sector (Taula 2). Es pot calcular que aproximadament, el total de potencial d'aplicació tècnica de calor de procés industrial a l'Estat espanyol i a Portugal es de 5,5 TWh o bé un 3,6 % de la demanda total de calor industrial.

A la Figura 3 es pot observar la importància relativa de cada sector. La categoria «altres sectors» agrupa tots els sectors industrials que consumeixen calor, principalment a altes temperatures (metal·lúrgia, ceràmica, mineria).

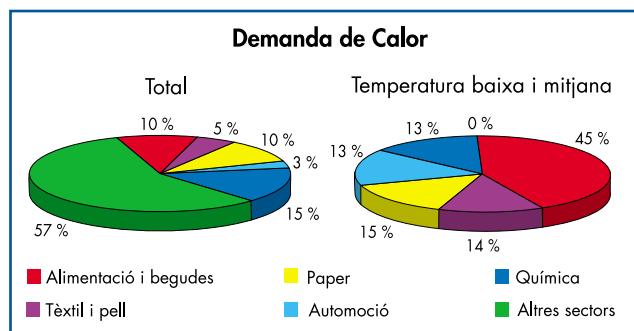


Figura 3. Distribució de la demanda de calor a la indústria repartida segons els sectors industrials. Dades per a l'Estat espanyol del 1999. Font: MINER, IDAE. Demanda de calor de mitjana i baixa temperatura calculada a partir de dades pròpies.

	Espanya	Portugal	Península Ibèrica
Consum d'energia final	855.119	209.340	1.064.459
Calor total a la indústria	128.268	25.121	153.389
(% de consum d'energia final)	15%	12%	14%
Baixa i mitjana temperatura.	29.117	7.285	36.402
(% de calor total a la indústria)	23%	29%	24%
Potencial de solar tèrmica	4.368	1.093	5.460

Taula 2. Potencial de calor de procés industrial solar a la península ibèrica. Dades en GWh (milers de MWh).

1.2 Fabricació de cervesa i de malta

El consum total d'energia final en la fabricació de cervesa i de malta a Espanya arriba als 1.867 GWh, dels quals, 1.522 serveixen per a produir calor (81 %).

L'energia tèrmica necessària es genera habitualment en calderes de vapor saturat que cremen fuel-oil o bé gas natural.

Actualment, si es vol, es pot integrar els processos de maltatge o de fermentació de la cervesa. El 80 % de la malta cervesera es produeix en instal·lacions independents.

1.2.1 Malta

El principal consum de calor en la fabricació de la malta va destinat a l'assecatge de la malta germinada per tal de reduir-ne el contingut d'humitat: amb aire de l'ambient preescalfat des de 35 a 80 °C, amb algun tipus de líquid auxiliar (vapor saturat a baixa pressió o aigua sobreescalfada).

El consum de calor a baixa temperatura és molt alt en el procés de fabricació de malta. L'aportació solar que se'n pot obtenir en els casos analitzats queda reduïda per la superfície de coberta o de terreny disponible a un 7 % i a un 20 % respectivament. Degut a les baixes temperatures i al funcionament continuat, el procés de fabricació de malta és ideal per a l'ús de l'energia solar.

Un 14 % del consum total de combustibles es fa servir en instal·lacions de cogeneració, i això permet autogenerar al voltant del 41 % de l'energia elèctrica consumida.

Apart del consum de calor que es destina a l'assecatge, hi ha una demanda de fred per als processos de germinació, mantenint la temperatura de l'aire a uns 14-15 °C. Aquesta demanda de fred pot arribar fins a més del 20 % del consum de calor a les fàbriques de malta del sud de la península.

1.2.2 Cervesa

En el procés de fermentació de la cervesa, l'energia tèrmica representa el 77 %. La Taula 3 mostra la distribució del consum tèrmic en la fabricació de cervesa.

Les necessitats energètiques per a fabricar cervesa són:

- Escalfament successiu del licor cerveser en l'elaboració del most, des de la temperatura ambient fins a la

Preparació del most	40 a 50 %
Calefacció locals	fins a 5 %
Envasat	25 a 35 %
Utilitats	15 a 20 %

Taula 3. Distribució de la demanda de calor per processos al sector cerveser.

d'ebullició: es fa servir vapor saturat a baixa pressió i a vegades aigua sobreescalfada i, fins i tot, combustió directa.

- Refrigeració del most preescalfant l'aigua freda d'aportació i per mitjà de l'ús de sistemes de refrigeració tradicionals.

Per tant, en aquest sector hi ha la possibilitat de fer servir l'energia solar tèrmica per a generar vapor (a 104-110 °C) i fred gràcies a les màquines d'absorció.

1.3 Sector alimentari

Al sector alimentari, es fan servir, bé per a generar vapor, en la majoria dels casos, o bé per a un ús directe, els següents combustibles: fuel-oil, principalment, gas natural, gasoli C, propà i biomassa. En els últims anys, s'ha anat substituint part del fuel-oil per gas natural.

Apart del consum de calor, en molts sub-sectors hi ha la possibilitat de cobrir part de la demanda de fred per energia solar.

1.3.1 Vi i altres begudes

En aquest sector amb un bon potencial d'ús de l'energia solar, el consum més important de calor té lloc en la producció d'aigua calenta per a netejar i desinfectar les ampelles. Les temperatures d'aigua calenta necessària oscil·len entre els 70 i els 90 °C. En moltes empreses del sector de les begudes, el volum de producció augmenta durant els mesos d'estiu, de manera que hi ha una correlació positiva entre la demanda de calor i la disponibilitat de radiació solar.

Durant l'elaboració del vi, una altra aplicació potencial és la refrigeració dels cellers, que a vegades es troben en punts aïllats i sense acoblament amb la xarxa elèctrica (Vegeu el projecte que apareix a l'apartat 4.4).

1.3.2 Carn

El consum de calor més important durant l'elaboració de productes carnis el provoca l'aigua calenta que cal en operacions de rentat, ebullició i neteja. Les temperatures d'aigua calenta necessàries oscil·len entre els 60 °C i els 100 °C.

En la producció de conserves càrnies, l'operació d'*esterilització* es fa en autoclaus a pressió, fent servir vapor com a líquid energètic, i aquest és el punt del procés que té un consum tèrmic més alt. L'operació té lloc controlant-ne la corba de temperatura-temps.

1.3.3 Conserves vegetals

En aquest subsector hi ha, bàsicament, dos processos principals: l'escaldat i l'esterilització.

Per a l'*escaldat*, habitualment es fa servir vapor sec en alguns productes o bé la immersió en aigua pràcticament en ebullició durant un temps variable segons el producte. Es tracta d'una operació molt característica pel consum que té de combustible.

L'*esterilització* es fa amb vapor directe a pressió en autoclaus, arribant a una temperatura d'entre 110 i 125 °C, i mantenint-la durant uns minuts.

En la preparació de verdures congelades, el procés d'*escaldat* es fa per immersió del producte en una bassa amb aigua calenta a una temperatura d'entre 95 i 100 °C durant un temps que va de 2 a 6 minuts. Aquest punt del procés és el de més consum d'energia tèrmica.

1.3.4 Elaboració de conserves de peix

En el sector de les conserves de peix hi ha més varietat de processos que necessiten aigua o vapor, tant de neteja i de cocció del producte com de tractament dels recipients on es conserva el peix.

En el procés de *llevar les escames i de neteja* es procedeix a eliminar la pell i les escames dels peixos sotmetent-los a dutxes de vapor i d'aigua.

Per a *precoure* el producte s'aplica vapor directe durant un període de temps adient.

El procés de *tancar les llaunes* es fa al buit, normalment amb l'ajuda d'un raig de vapor flash.

En la *neteja de les llaunes*, les posen en una rentadora d'aigua calenta a pressió per tal d'eliminar-ne la brutícia i les restes d'oli.

L'esterilització, d'altra banda, es fa en autoclaus horitzontals discontinues, amb l'ús de vapor per escalfar fins a la temperatura d'esterilització. Es tracta de l'operació de més consum tèrmic.

En la fabricació de farines i olis de peix, durant el procés de *coccio*, el producte trossejat passa a un punt de cocció-assecatge on el peix o el subproducte és escalfat a temperatures elevades (95-110 °C) per mitjà de vapor durant 3-20 minuts per fer que perdi la major part de la humitat que conté.

1.3.5 Elaboració de productes d'alimentació infantil

Els processos de més interès en aquest sector són els de cocció i esterilització.

La *coccio* és un dels punts amb un consum energètic més important. Habitualment es fa en punts de cocció discontinua amb aigua que s'escalfa a 70-98 °C per mitjà de vapor saturat.

L'esterilitzat és el punt més important de consum tèrmic en l'elaboració d'aquesta classe de productes. Els pots, una vegada han estat tancats hermèticament i col·locats en gàbies, és habitual introduir-los en esterilitzadors discontinus tancats i rotatius, on són sotmesos a un procés d'escalfament o de refredament d'acord amb la corba adient per les característiques del producte i la mida dels pots. En aquest procés es fa servir aigua i vapor. L'aportació de vapor és per arribar a temperatures d'entre 110 i 125 °C.

1.4 Sector lleter

Les indústries làcties són instal·lacions que tenen un gran interès pel que fa a l'energia solar, ja que solen treballar set dies a la setmana.

Els processos de *deshidratació* (fabricació de llet en pols) degut a l'elevada i constant demanda d'energia, resulten especialment interessants. En la producció, la llet i el xerigot queden polvoritzats en grans torres amb aire, que s'escalfa des de 60 °C (a partir de la recuperació de calor) fins a 180 °C. Aquests processos de deshidratació compten amb un temps de funcionament de fins a 8.000 hores/any.

Alguns dels altres processos de més interès en aquest sector són els de pasteurització i d'esterilització.

En el procés de pasteurització cal distingir entre LTLT (temperatura baixa, període llarg), on s'escalfa el producte a 62-65 °C durant 30 minuts, i es refreda fins a 4 °C; i HTST (temperatura alta, període curt), amb temperatures d'escalfament d'entre 72 i 85 °C i refredament de fins a 4 °C.

D'altra banda, l'esterilització UHT (temperatura ultra elevada) requereix temperatures de 130-150 °C durant 2-3 segons, amb injecció directa de vapor o, indirectament, en un bescanviador de calor.

1.5 Sector tèxtil

1.5.1 Acabaments

En les operacions de fabricació de teixits, l'acabament és el que consumeix més energia. Les operacions de preparació i tenyit són les que tenen un consum tèrmic més gran a les empreses d'acabats tèxtils. Les principals operacions són el rentat, descruatge, blanqueig, mercerització i tenyit.

La calor és consumida per escalfar banyes líquids amb temperatures d'entre 70 i 90 °C; per assecar teixits amb aire calent i per a tambors d'assecatge escalfats per mitjà de vapor.

El procediment més utilitzat per escalfar tonells és per mitjà de vapor, bé directament per injecció en el líquid, o bé indirectament fent circular el vapor per un tub submergit en l'interior del tonell.

En moltes d'aquestes indústries la producció és continuada i la demanda de calor és alta. En l'escalfament de banyes, hi ha molt bones condicions per a l'ús d'energia solar.

El gas natural ha adquirit un lloc preponderant entre els combustibles que es fan servir en la producció d'acabaments tèxtils.

1.5.2 Fabricació de llana

En els processos d'emmagatzematge, bombeig i polvorització del velló calen temperatures que oscil·len entre els 40 i els 130 °C. En aquest sector es fan servir diverses tècniques de recuperació de calor residual.

1.6 Sector paperer

1.6.1 Sector de la pasta de paper

El consum de la indústria paperera (pasta, paper i impremta) ocupa un dels primers llocs entre els consumidors d'energia més grans.

Tots els processos productius per obtenir pastes químiques tenen com a base fonamental la cocció. En el procés de fabricació de pastes de paper al sulfat blanquejades, durant la lleixivació —fase fonamental— es posa en contacte el lleixiu amb les estelles, sota una pressió de 8-10 kg/cm² i temperatures de 170-180 °C.

Els combustibles més importants que es fan servir són: lleixius negres, fuel-oil, fuel-oil/escorces, escorces i gas natural.

Per regla general, es fan servir sistemes de cogeneració amb turbines de vapor a contrapressió.

1.6.2 Fabricació de paper

Durant la fabricació de paper, més d'un 90 % de la demanda de calor es destina als processos d'assecatge tant per mitjà de corrents d'aire calent com de tambors d'assecatge escalfats amb vapor a uns 135 °C. La demanda de calor en aquest sector és continuada durant les 24 hores del dia i gairebé els 365 dies de l'any. Les temperatures relativament altes que cal per als tambors d'assecatge es poden aconseguir amb els captadors cilíndrics-parabòlics. Les dues empreses papereres que s'han estudiat dins del projecte POSHIP han mostrat una gran demanda de calor de 28.000 i 75.000 MWh.

1.7 Sector químic

Hi ha molts processos del sector químic en què resulta necessari consumir grans quantitats de calor (per exemple, columnes de destil·lació, processos d'assecatge, fusió i transformació de plàstics, etc.).

1.8 Sector de l'automoció i indústries auxiliars

1.8.1 Fabricació de pneumàtics

Es calcula que en el sector de la fabricació de pneumàtics, el consum energètic es reparteix de la forma següent: electricitat, 38-45 %; combustibles (majoritàriament gas natural), 62-55 %.

El consum d'energia tèrmica es du a terme per via indirecta, per mitjà d'un intermedi que, sobretot, és vapor. Es fan servir operacions pròpies del tractament de la goma (85-90 %); la resta, es consumeix en la climatització de les naus (10-15 %).

1.8.2 Pintura al sector de l'automoció

En la secció de pintura del sector de l'automoció, es fan servir els banys líquids a molt baixa temperatura (35-55 °C) per netejar i desgredar.

1.9 Sector dels adobats de la pell

L'energia en aquest sector representa entre un 4 i un 5 % dels costos productius. Sobre el cost total, l'energia elèctrica representa el 60-65 %, i l'energia tèrmica el 40-35 %.

El consum total d'energia equival a uns 63 ktep/any, distribuït en els valors següents: energia tèrmica: 50 ktep; energia elèctrica: 153 GWh/a.

El combustible que es consumeix majoritàriament és el fuel-oil (80 % el 1994), seguit pel gas natural (18 %), el gasoli, el propà, els residus forestals i d'altres.

Els processos consumidors de calor són processos en humit (aigua calenta a temperatures d'entre 30 i 60°C) i processos d'assecatge (escalfament d'aire).

1.10 Sector del suro

En els processos d'emmagatzematge i bombeig del fuel, el nivell de temperatura utilitzat per escalfar és de 40-45°C i 60-70°C, respectivament. Per a polvoritzar el fuel, se'l sotmet a temperatures de 100-130°C, ja sigui dins o fora del cremador.

Per extreure l'àcid tànic del suro, donar-li flexibilitat i expandir-lo, se'l fa bullir a un nivell de temperatura que es fa servir per escalfar aigua a 100 °C.

La deshumidificació del suro per a fer taps i així prevenir el desenvolupament de microorganismes, es fa escalfant l'aire a 40-55°C, bé de forma directa o indirecta. D'altra banda, per a la deshumidificació d'elements d'amortiment i per a processar compostos, el nivell de temperatura de l'aire aconseguit és de 150°C.

S'arriba al nivell més alt de temperatura en la producció d'aglomerat de suro negre, en què s'escalfa el vapor d'aigua a 300-370°C a l'entrada de l'autoclau fent servir una caldera amb foc per al suro en pols.

Sector	Processos	Nivell de temperatura (°C)
Cervesa i malta	ebullició	100
	rentat d'ampolles	60
	refrigeració	90
	assecatge	60
Sector lleter	pasteurització	62 – 85
	esterilització	130 – 150
	assecatge	no disponible
Conservació d'aliments	esterilització	110 – 125
	pasteurització	< 80
	coccio	70 – 98
	escaldat	95 – 100
	lleixivació	< 90
Carn	rentat, esterilització, neteja	< 90
	coccio	90 – 100
Vins i altres begudes	rentat d'ampolles	60 – 90
	refrigeració	85 (*)
Sector tèxtil (inclòs el sector de la llana)	rentat, lleixivació i tenyit	< 90
	coccio	140 – 200
Sector automoció	assecatge pintura	160 – 220
	desgreixament	35 – 55
Sector del paper	pasta paper: coccio	170 – 180
	aigua d'alimentació caldera	< 90
	lleixivació	130 – 150
	assecatge	130 – 160
Adobats	escalfament d'aigua per a processos d'humitat	vapor a 165 – 180
	assecatge	40 – 155
Sector del suro	assecatge, coccio del suro, altres	

(*) refrigeració per absorció d'un sol efecte

Taula 4. Nivells de temperatura per sectors i processos industrials amb condicions favorables per aplicar-hi calor de procés solar.

2 Tecnologia disponible sobre captadors solars

2.1 Introducció

Habitualment, els processos industrials utilitzen energia en un ventall de temperatures que oscil·len entre la temperatura ambient i els 250 °C. Per tal de proporcionar energia a aquests processos, es poden fer servir sistemes d'escalfament per aire o líquids.

En funció del ventall de temperatures necessari, es poden fer servir diverses tecnologies sobre captadors solars i diversos sistemes per integrar els captadors solars a la instal·lació d'escalfament industrial.

A l'apartat 2.2 s'ofereix una breu descripció tècnica de les tecnologies disponibles sobre captadors solars i dels sistemes d'instal·lació. A més, a l'apartat 2.4 es mostra una avaluació del rendiment tèrmic i econòmic de les instal·lacions solars en servei per a produir calor industrial. A l'apartat 2.5 s'hi pot trobar una visió general dels projectes que ja hi ha en funcionament.

L'element més important d'una instal·lació d'escalfament solar és el captador solar. El captador solar més senzill és una superfície negra amb algun tipus de líquid que circula per l'interior o al seu voltant com a mitjà per extreure la radiació absorbida del sol i fer-la servir en alguna aplicació pràctica.

Queda clar que les pèrdues de calor que tenen lloc en aquest absorbidor són grans si no es fa res per reduir-les, com ara col·locar-lo en una caixa, amb un aïllant al darrere i amb una coberta transparent. Aquest sistema senzill és conegut amb el nom de captador solar pla i es representa a la figura 4.

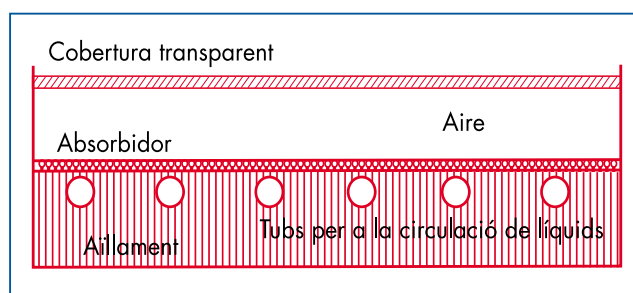


Figura 4. Secció transversal d'un captador solar pla.

La tria del tipus de captador adequat depèn principalment de la temperatura de funcionament que es pretén, així com de les condicions climàtiques.

L'eficiència del captador solar disminueix a mesura que augmenta la temperatura del líquid o que disminueix la radiació solar disponible. A la figura 5 apareix una representació gràfica de les diverses tecnologies que hi ha en captadors solars.

En aplicacions en què cal temperatures superiors als 80°C, no es poden fer servir captadors solars plans estàndard ja que l'eficiència que ofereixen és inferior al 40 %.

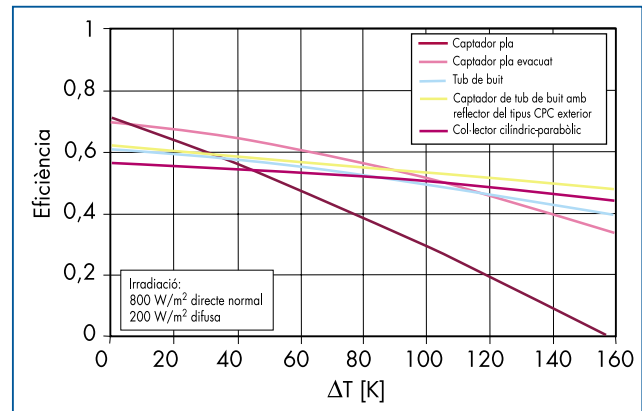


Figura 5. Eficiència instantània en diversos tipus de captador solar.

S'han creat diverses tecnologies de captador per tal d'aconseguir una eficiència més gran a temperatures superiors. En la producció de calor industrial, es poden fer servir sobretot dos tipus de captadors solars:

- **Captadors estàtics.** Aquests captadors no fan servir mecanismes de seguiment del sol. Poden generar calor a baixa i mitjana temperatura fins els 150 °C. A aquest grup pertanyen els captadors plans, els tubs de buit i els concentradors del tipus CPC.
- **Col·lectors cilíndrics-parabòlics.** Es tracta de captadors que disposen de seguiment del sol en un sol eix i que es fan servir tant en centrals solars de calor de procés com en grans centrals solars tèrmiques de generació d'electricitat. Es poden aconseguir temperatures de fins els 300 °C amb una bona eficiència.

En els següents apartats es fa una descripció dels tipus de captadors més importants.

2.2 Tipus de captadors solars

2.2.1 Captadors plans

Tal com ja s'ha dit, el captador pla és el sistema més senzill de transformar l'energia del sol en calor.

El líquid que circula per l'absorbidor es compon sobretot d'aigua (sovint s'hi afegeixen additius per protegir-la de la congelació). De tota manera, es poden fer servir altres líquids en funció de l'aplicació, sobretot en funció de la temperatura de funcionament.

Per tal de procurar controlar les pèrdues de calor, en la construcció d'aquests captadors es fan servir diverses tecnologies.

Absorbidors selectius i no selectius. Les pèrdues radiant són un dels tres mecanismes per a les pèrdues de calor, presents als captadors solars. Es poden controlar amb l'ús dels anomenats recobriments selectius sobre l'absorbidor.

Aquests recobriments estan dissenyats per oferir el màxim d'absorció possible a la banda visible i a la propera a l'infraroig, així com la menor emissivitat possible a la banda d'infraroig corresponent a les temperatures de funcionament del captador. Els captadors que fan servir absorbidors amb aquests recobriments s'anomenen selectius i tota la resta, que duen una única capa de pintura negra, se'ls anomena no selectius.

Paràmetres d'eficiència dels captadors solars

L'eficiència instantània (η) d'un captador solar ve definida pel coeficient entre l'energia que es transmet al líquid circulant i la irradiació solar incident a la zona d'obertura del captador. Habitualment es representa l'eficiència com una funció de $\frac{\Delta T}{G_T}$ en què:

ΔT (K) és la diferència entre la temperatura mitjana del líquid (la temperatura del líquid utilitzat per extreure l'energia captada) i la temperatura ambient;

G_T (W/m²) és la quantitat de radiació solar incident i disponible per al captador.

η s'expressa de la següent manera:

$$\eta = c_0 - (c_1 + c_2 \Delta T) \cdot \frac{\Delta T}{G_T}$$

en què:

c_0 és l'eficiència òptica (una funció de la transmissió de la cobertura dels captadors, l'absorció del receptor i la reflectància dels miralls quan es tracta de concentradors).

c_1, c_2 els coeficients de pèrdua de calor lineal i quadràtica són paràmetres que caracteritzen les pèrdues de calor del captador en l'ambient (incloent-hi els mecanismes de pèrdua de calor per convecció, conducció i radiació). c_1 (W/K m²); c_2 (W/K²m²).

Cobertura simple / cobertura doble; barreres per convecció.

Un altre dels mecanismes de pèrdua de calor és la convecció. Una manera de reduir l'efecte de la convecció és per mitjà de l'ús d'una cobertura doble i transparent, que habitualment consisteix en un film transparent col·locat darrere de la cobertura de vidre. El millor material per aconseguir aquest efecte és el Teflon ja que té una transmissivitat alta i una resistència a la calor molt bona. L'ús de materials d'aïllament transparents és una altra de les possibilitats per construir captadors plans estàtics de gran eficiència.

2.2.2 Tubs de buit

Aquests aparells redueixen les pèrdues de calor per conducció i per convecció eliminant l'aire que envolta l'absorbidor: és per això que se'ls coneix amb el nom d'evacuats (Vegeu la figura 6).



Figura 6. Tubs de buit.

2.2.3 Captadors del tipus CPC (concentradors estàtics)

Una altra manera de fer disminuir les pèrdues de calor que tenen els captadors solars consisteix en reduir la superfície d'absorció en relació amb la superfície de captació ja que les pèrdues de calor són proporcionals a la superfície d'absorció i no a la de captació (obertura). Aquesta concentració es pot aconseguir per mitjà de reflectors que forcin la radiació incident a l'obertura del captador, dins d'un cert angle, fins que arribi a l'absorbidor al cap d'un o més reflexos.

La concentració de la radiació solar es pot aconseguir gràcies a les anomenades òptiques de no-imatge, en què la relació entre concentració i l'angle abans esmentat (anomenat angle d'acceptació, θ) és el màxim permès pels primers principis de la física i, en una geometria bidimensional és:

$$C_{\max} = \frac{1}{\sin(\theta)}$$

Per a un captador totalment estàtic, θ ha de ser gran, és a dir que la concentració ha de ser baixa; es pot dir que en l'ideal per a un concentrador és que l'angle d'acceptació sigui $\theta = 30^\circ$ i, en aquest cas, la concentració equivaldria a 2.

Aquests captadors també se'ls coneix com del tipus CPC (Compound Parabolic Concentrator), Concentra-

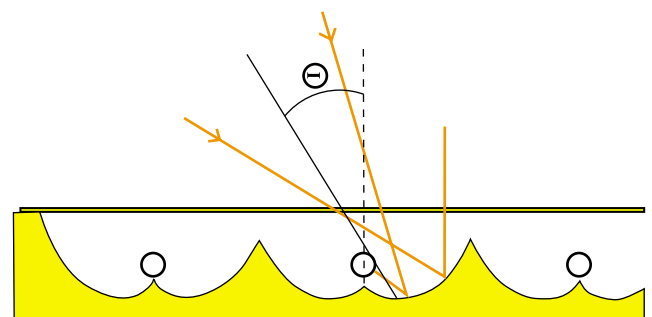


Figura 7. Representació esquemàtica d'un captador del tipus CPC amb absorbidor tubular.

dor Parabòlic Combinat (Vegeu la figura 7) ja que la combinació de paràboles va ser una de les primeres configuracions descobertes per funcionar en el límit abans esmentat. Els miralls han de tenir la forma adequada i reflectir la radiació sobre l'absorbidor.

L'amplitud de l'angle d'acceptació d'aquests aparells els permet captar tant la radiació difusa com la dels raigs, de la mateixa manera que els captadors plans. Aquesta és una de les característiques interessants d'aquest tipus de concentradors si els comparem amb els concentradors de seguiment.

2.2.4 Col·lectors cilíndrics-parabòlics

Els concentradors solars de seguiment es classifiquen en funció de la manera en què fan aquest seguiment del moviment del sol:

- *Les instal·lacions de seguiment d'un sol eix i les d'enfocament lineal* només poden fer un seguiment del sol al llarg del seu angle d'elevació sobre l'horitzó.
- *En les instal·lacions de seguiment de doble eix i les d'enfocament sobre un punt* (discs parabòlics, plantes de torre amb heliostats i forns solars) els raigs del sol són sempre perpendiculars a les superfícies del captador. Habitualment, les instal·lacions d'enfocament sobre un punt només es fan servir per aplicacions superiors als 400 °C.

El captador de seguiment d'un sol eix més típic és l'anomenat *col·lector cilíndric-parabòlic* (vegeu la figura 5). Els col·lectors cilíndrics-parabòlics ofereixen la tecnologia solar de concentració més avançada per a produir calor a temperatures de fins els 400 °C que després és utilitzada per a generar energia solar tèrmica o en aplicacions de calor de procés. Els reflectors amb forma parabòlica concentren la radiació directa del sol en el receptor que hi ha en la línia focal de la paràbola. El receptor consta d'un tub absorbidor, que normalment té una superfície d'entre 25 a 35 vegades més petita que l'obertura. El líquid que s'ha d'escalfar es fa circular per les canonades de l'absorbidor. Els líquids de treball que es fan servir habitualment són l'oli o l'aigua.

Els col·lectors cilíndrics-parabòlics tenen un coeficient de pèrdua tèrmica molt baix i, per tant, també funcionen bé en aplicacions de temperatures superiors. No fan servir la part difusa de la radiació solar sino que, gràcies al mecanisme de seguiment del sol, aprofiten millor la radiació directa (raigs) que els captadors estàtics.

Tan sols als EUA, durant la dècada dels noranta, s'hi van instal·lar diverses zones de col·lectors d'entre 500 i 2.500 m² que funcionen de manera fiable en relació amb instal·lacions anteriors. En els darrers anys, algunes empreses han començat a vendre col·lectors cilíndrics-parabòlics per a temperatures que oscil·len entre els 50 °C-300 °C. Durant l'any 2001, es posaran en funcionament dos projectes de refrigeració solar amb col·lectors cilíndrics-parabòlics a Barcelona (Espanya) i a Alanya (Turquia).



Figura 8. Captador cilíndric-parabòlic amb l'eix orientat en sentit est-oest.

2.3 Conceptes d'una instal·lació solar

2.3.1 Introducció

Una instal·lació solar industrial consta d'un camp de captadors solars pels quals circula aigua o una barreja d'aigua i glicol (circuit primari). Hi ha un sistema que regula la circulació en funció de la intensitat de radiació solar del moment. L'energia solar es fa servir per escalfar líquids, corrents d'aire o per a generar vapor, gràcies a un bescanviador de calor.

L'acoblament de la instal·lació solar amb la instal·lació tradicional de subministrament de calor es pot fer en diversos punts de la instal·lació: acoblament directe a un procés concret, pre-escalfament d'aigua i generació de vapor a la instal·lació central.

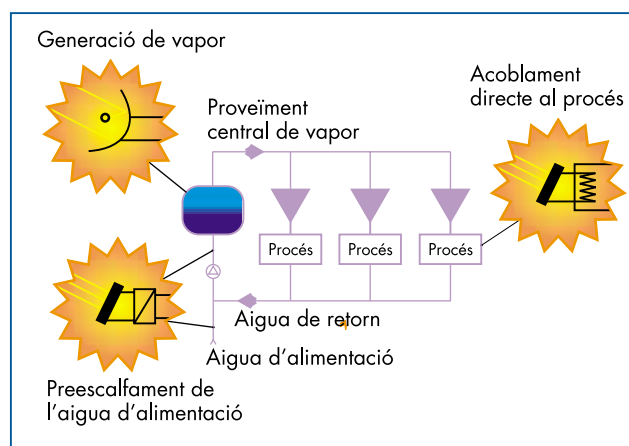


Figura 9. Les diverses possibilitats per acoblar la instal·lació solar amb el subministrament de calor tradicional.

En molts sectors, la demanda d'energia és tan gran que no cal emmagatzemar energia solar. El fet de poder eliminar els costos associats a l'emmagatzematge permet construir instal·lacions solars a un cost molt baix.

El cas més senzill és un procés d'instal·lació solar industrial amb funcionament continuat i una càrrega sempre superior (o, com a mínim, durant la major part del

temps en què funciona) als guanys solars (es tracta d'un procés que, com a mínim, està en funcionament 12 hores cada dia i mentre hi ha llum solar).

En aquests casos, es pot concebre la instal·lació solar sense emmagatzematge. La calor solar que s'hi genera, serà conduïda directament al procés o bé a la instal·lació de subministrament de calor. A la Figura 10 es mostra la representació esquemàtica d'una instal·lació d'aquest tipus.

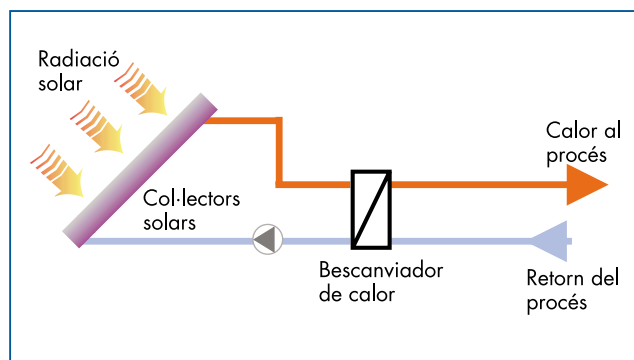


Figura 10. Instal·lació solar sense emmagatzematge.

L'exemple mostra una instal·lació indirecte ja que l'ús de líquids especials que permeten protegir el captador i els seus materials de la congelació i de la corrosió, fa necessari l'ús d'un bescanviador de calor per poder separar el circuit del captador (circuit primari) del circuit de la càrrega.

2.3.2 Instal·lacions solars industrials amb emmagatzematge de calor

Si, com és habitual, el procés industrial funciona només cinc o sis dies a la setmana i deixa de funcionar durant el cap de setmana, es pot dissenyar la instal·lació de manera que emmagatzemi l'energia captada durant les aturades del cap de setmana. Durant la resta de dies de la setmana es farà servir l'energia captada.

Si la demanda de calor de procés oscil·la molt durant els períodes de funcionament (punts de demanda, aturades curtes en el funcionament) l'emmagatzematge també es fa necessari.

A la figura 11, s'hi pot veure el principi de funcionament d'una instal·lació solar tèrmica amb emmagatzematge.

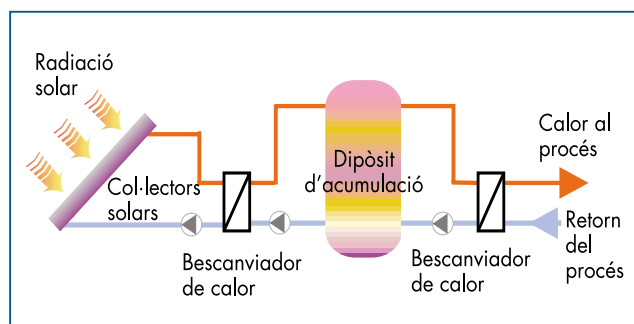


Figura 11. Instal·lació solar amb emmagatzematge de calor.

2.4 Avaluació tèrmica i econòmica de la instal·lació

Les instal·lacions solars serveixen per estalviar energia tradicional com la que es fa servir en el procés industrial. L'avaluació de l'estalvi energètic es pot fer per mitjà d'uns mètodes de càlcul adients.

A tall d'exemple, es va fer servir una instal·lació sense emmagatzematge com la que apareix a l'apartat 2.3.1. La instal·lació es troba al costat d'un camp de captadors (una superfície de captadors d'uns 1.000 m²) i del control necessari per a la circulació del líquid dels captadors. Gràcies a la simulació de sistema dinàmic del programa TRNSYS es va poder establir quina era la quantitat d'energia que anualment se subministra.

Els captadors sense dispositiu de seguiment que es van fer servir estaven orientats cap al sud amb una inclinació d'uns 30° depenent de l'emplaçament.

La figura 12 mostra els guanys d'energia anuals en tres emplaçaments i per als cinc tipus de captadors als quals ja s'ha fet referència. Els guanys d'energia queden reflectits com una funció de la temperatura de procés, és a dir, la temperatura del líquid a la sortida del captador.

A mesura que augmenta la temperatura, es veu com la quantitat d'energia subministrada disminueix. Els captadors plans estàndard tenen un comportament pobre en qualsevol emplaçament quan la temperatura supera els 60 °C. De tota manera, aquests captadors són l'opció més econòmica en aplicacions industrials que tinguin temperatures de treball inferiors.

En el cas de temperatures superiors als 100 °C, els captadors més adients són els plans evacuats i els cilíndrics-parabòlics. Quan la mitjana de les temperatures és inferior als 100 °C, es recomana fer servir captadors no evacuats del tipus CPC i captadors plans millorats (EFPC).

Val la pena observar que els resultats s'han obtingut per a les instal·lacions solars amb un 100 % d'ús. Això vol dir que tota la calor produïda es pot fer servir directament en el mateix procés sense haver d'emmagatzemar-la. El rendiment de les instal·lacions reals serà una mica inferior a aquests valors, segons sigui la continuïtat de la demanda de calor de procés.

A partir d'aquests resultats, es va fer una avaluació econòmica, tenint en compte els costos que s'havien calculat per a la instal·lació i que apareixen a la Taula 5. Els costos de la instal·lació han estat calculats a partir dels preus dels captadors solars que han facilitat els fabricants. Se suposa que els costos de la superfície de captadors (que inclouen el muntatge, els suports, els fonaments i la canalització de la superfície) són el 80 % del total de costos. El 20 % restant es destina a les canonades, als bescanviadors de calor, a les bombes, als dispositius de control i a la planificació. Aquests costos serveixen per a superfícies grans de captadors (per sobre dels 1.000 m²).

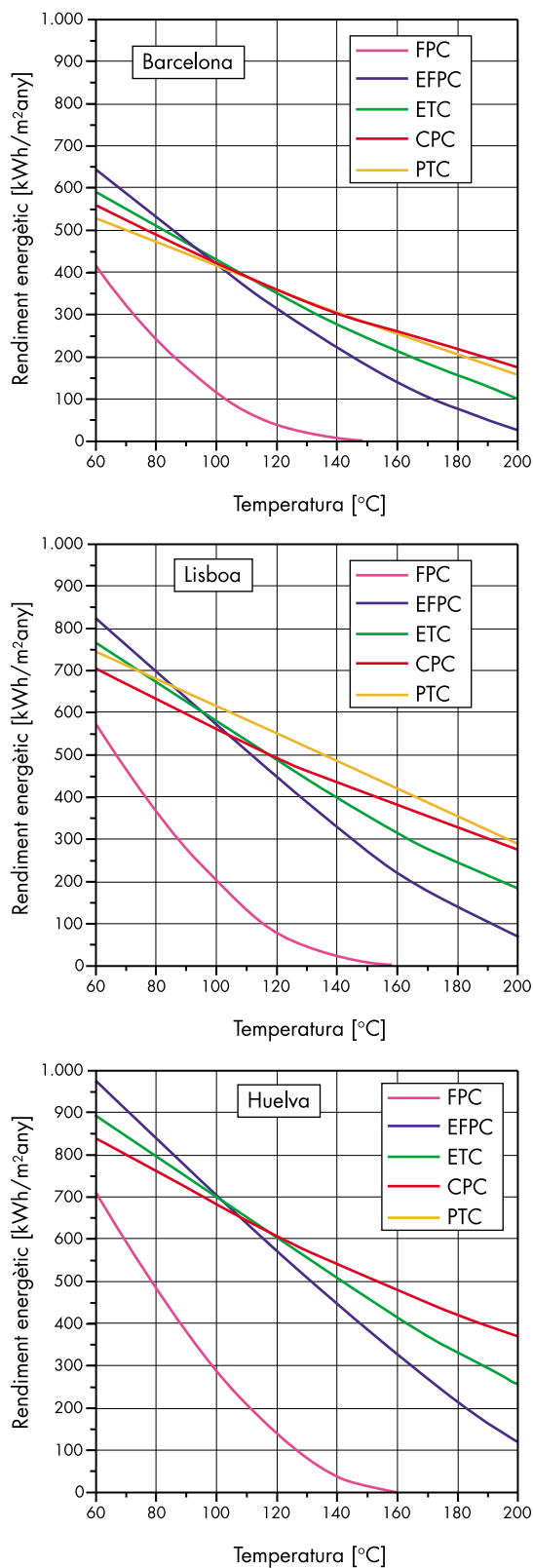


Figura 12. Producció energètica anual per m² de captador subministrada a un procés en tres emplaçaments diferents, en funció de la temperatura de procés. Tots els valors fan referència a la superfície bruta de captadors. FPC: captadors plans; EFPC: captadors plans evacuats; ETC: tubs de buit; CPC: CPC; PTC: col·lectors cilíndrics-parabòlics.

La Figura 13 mostra els costos de calor en € per kWh a temperatures de procés de 60 °C, 100 °C, 150 °C i 200 °C, als mateixos emplaçaments que a la Figura 12. Els costos de calor es calculen juntament amb els costos de la inversió per a la superfície de captadors que apareix a la taula 5. Se suposa que l'annualitat és d'un 10,5 % (15 anys de vida útil, al 6 % d'interès). Se suposa que els costos de manteniment són

Tipus de captador	Costos d'inversió [€/m²]
Pla	275
CPC	300
Cilíndric-parabòlic	312.5
Pla de tub evacuat	400
Tub de buit	437.5
Tub de buit amb CPC	437.5

Taula 5. Estimació del total dels costos d'inversió per a instal·lacions solars, de grans dimensions, associats a la superfície bruta de captadors.

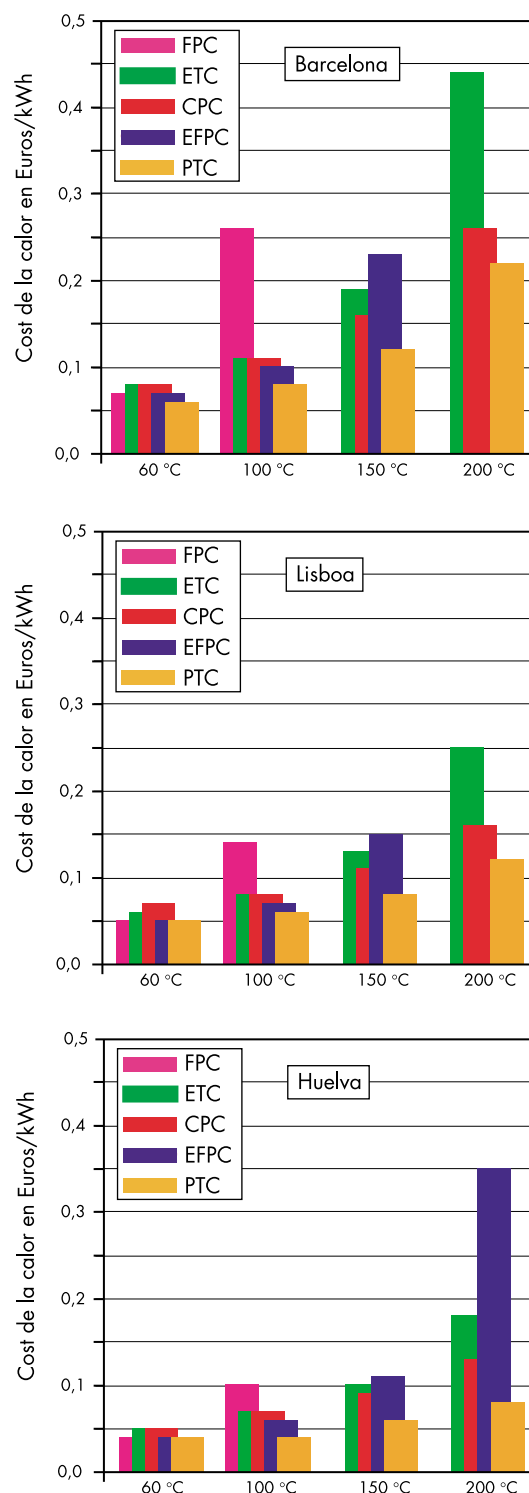


Figura 13. Els costos de la calor de les tres instal·lacions a diverses temperatures de procés. Només es té en compte els costos de la calor per sota dels 0,5 €/kWh. FPC: captadors plans; EFPC: captadors plans evacuats; ETC: tubs de buit; CPC: CPC; PTC: col·lectors cilíndrics-parabòlics.

de 2,5 €/m² cada any per als captadors estàtics i de 5 €/m² cada any per als col·lectors cilíndrics-parabòlics.

Els costos del calor solar en la solució més econòmica per a cada tram de temperatures oscil·la entre 0,04 €/kWh fins els 0,22 €/kWh, sobretot en funció del clima i de la temperatura de funcionament (procés). Per tant, durant el procés de planificació, s'hauria de tenir molt en compte quines són les condicions climàtiques.

Les aplicacions que funcionen a temperatures inferiors als 150 °C, comporten uns costos sensiblement inferiors per a rebre calor solar que les que funcionen a temperatures més altes. A les zones climàtiques del centre i del nord de la Península Ibèrica (per exemple, a Barcelona, Lisboa o a Madrid) els costos de la calor poden ser infe-

riors als 0,08 €/kWh a una temperatura de subministrament de 100 °C. Sota els climes del sud de Portugal i de l'Estat espanyol, es pot subministrar calor solar a aquesta temperatura amb un cost que baixa fins els 0,04 €/m².

2.5 Projectes actuals

Des de la dècada dels vuitanta, s'han desenvolupat i es troben en funcionament diverses instal·lacions solars tèrmiques per a aplicacions industrials. A la Taula 6 i a la Taula 7 hi apareix una llista dels projectes actuals.

A la Figura 14 hi apareix una perspectiva de diverses instal·lacions solars tèrmiques per a aplicacions industrials.

Informació general		Informació del procés			Informació de la instal·lació solar	
Nom abreujat	Empresa (usuari de la planta)	Emplaçament	Any d'inici del funcionament	Procés	Superfície de captadors (m ²)	Temperatura de sortida al camp de captadors
ESPANYA						
LACTARIA CASTELLANA	Lactaria Española	Alcorcón (Madrid)	1981	Procés de vapor per a la pre-esterilització	600	180 / 220
CARCESA	Carnes y Conservas Españolas S.A.	Merida (Badajoz)	1982 definitivament el 1985	Esterilització de productes carnis (vapor de suport)	1024	180 (2)
ENUSA ENDESA / GESA	Empresa Nacional de Uranio S.A.	Juzbado (Salamanca)	1985	Generació de fred amb màquina d'absorció	1080	180
BENIDORM	Hotel	Benidorm	1992	Escalfament d'aigua, refrigeració, calefacció	450	90
ARINAGA	Gran Canaria			Desalinització d'aigua	360	120
ACUINOVA	Acuinova Andalucia S.A.	Huelva	1996	Piscifactoria	1316	
CARTE	Autoclavados Carte S.A.	Huelva	1994	Neteja de cisternes, cotxes, etc.	138	
TE-PE	TE-PE S.A.	Sevilla	1997	Olives; pre-escalfament d'aigua	260	
PORTUGAL						
UCAL, AGUAS DE MOURA	UCAL	Águas de Moura	1985	Productes lactis	1120	280
VIALONGA	Sociedade Central de cervejas	Vialonga	1985	Cervesera	192,8	65
KNORR	Knorr Best Foods S.A.	Quinta do Mendanha, Carregado	1987	Productes lactis; aigua calenta per rentar eines de treball	440	

Taula 6. Instal·lacions solars tèrmiques industrials a Espanya i a Portugal.



Figura 14. Centrals de calor de procés industrial solar en funcionament: (esquerra) Fàbrica Knorr, Portugal. (dreta) Producció d'aigua calenta amb col·lectors cilíndrics-parabòlics. Califòrnia, EUA.

Informació general		Informació del procés			Informació de la instal·lació solar	
Nom abreujat	Empresa (usuari de la planta)	Emplaçament	Any d'inici del funcionament	Procés	Superfície de captadors (m²)	Temperatura de sortida al camp de captadors
RESTA D'EUROPA						
PISTICCI		Pisticci (Itàlia)		Química	1728	280
SWISS: HATTWILL		Hattwill (Suïssa)	1988	Indústria alimentària: Fàbrica de productes farinosos (Assecatge)	400	90
SWISS: HALLAU	Vineyard	Suïssa: Hallau	1983	Indústria alimentària: Pasteurització	500	140
TARGASSONNE		Targassonne (França)		Tèrmica	770	280
ACHAIA CLAUSS	Achaia Clauss, S.A.	Patras (Grècia)	1993	Productor de vins: Rentat d'ampolles	308	
ALPINO	Alpino S.A.	Tessalònica (Grècia)	2000	Productes lactis; Pre-escalfament d'aigua per a la caldera de vapor	576	
KASTRINO-GIANNIS	Kastrinogiannis S.A.	Heraklion (Grècia)	1993	Tenyit i acabat de productes tèxtils; Pre-escalfament d'aigua per a la caldera de vapor	180	
KOZANI	Kozani Greenhouses S.A.	Kozani (Grècia)	1994	Hivernacles; escalfament d'espais	80	
MANDREKAS	Mandrekas S.A.	Corint (Grècia)	1993	Productes lactis; producció de iogurts	170	
MEVGAL	Mevgal S.A.	Tessalònica (Grècia)	2000	Productes lactis; pre-escalfament d'aigua per a la caldera de vapor; màquina de rentar	727	
SARANTIS	Sarantis S.A.	Oinofita (Grècia)	1998	Magatzem de productes cosmètics; refrigeració per absorció	2700	
TRIPOU-KATSOURI	Tripou-Katsouri S.A.	Atenes (Grècia)	1993	Adobat de pell; pre-escalfament d'aigua per a la caldera de vapor	308	
DRESDEN	Stadtreinigung Dresden GmbH	Dresden (Alemanya)	1998	Departament de recollida de residus	151	
USA						
ACDF	Adams County Detention Facility	Brighton (Colorado)			725	
FAIRFAX		Alabama		Assecatge	900	
MACON		Georgia		Tèxtil	10000	
PASADENA		Califòrnia	1980	Bugaderia	1000	
SAN ANTONIO		Texas		Malta	1150	
CHANDLER		Arizona	Des 1983	Aigua de procés	5620	260
TEHACHAPI	California Correctional Institution	Tehachapi (Califòrnia)			2676	150

Taula 7. Instal·lacions solars tèrmiques a d'altres països (la resta d'Europa i els EUA).

3 Directrius per a avaluar i dissenyar una instal·lació

Als següents apartats es descriuen les directrius generals per a avaluar la viabilitat i el disseny de les instal·lacions solars industrials. A la Taula 9 es facilita un resum dels criteris d'avaluació.

3.1 Anàlisi de viabilitat-criteris d'avaluació

En aquest apartat, es debaten els aspectes més importants a tenir en compte per a avaluar la viabilitat de les centrals de calor de procés solar industrial.

3.1.1 Tria de processos adequats (interfícies) per acoblar una instal·lació solar

Com a primer pas en l'estudi de viabilitat, s'ha de triar quines són les interfícies més adequades per acoblar una instal·lació solar al subministrament de calor ja existent.

Els criteris de selecció són els següents:

- *Nivell de temperatura baix.* Tècnicament, la calor solar a temperatures superiors als 150 °C és viable, però amb els costos d'instal·lació actuals, econòmicament no ho és. Les millors són les aplicacions a temperatures baixes (< 60 °C).
- *Demanda continuada* (altrament caldria emmagatzematge).
- *Possibilitat tècnica d'introduir un bescanviador de calor* per a la instal·lació solar a l'equipament actual o al circuit de subministrament de calor.

Sempre que sigui possible, és preferible *acoblar directament* les instal·lacions solars a un o diversos processos, ja que les temperatures de funcionament en aquests casos són inferiors (vegeu l'apartat 2.3).

L'acoblament directe a un procés es pot fer bàsicament de dues maneres:

(Pre-)escalfament d'un líquid de circulació (per exemple, aigua d'alimentació, retorn de circuits tancats, pre-escalfament d'aire...). Es pot fer servir aquesta possibilitat si la circulació del líquid és continu o periòdic (per exemple, en la renovació periòdica d'aigua en els banys). Si la circulació no és continua, s'hi ha d'instal·lar un dipòsit d'emmagatzematge.

Escalfament de banys líquids o de cambres calentes (assecatge...). En aquest cas, la demanda d'energia es pot dividir entre la demanda d'escalfament en començar a funcionar —normalment concentrada durant les primeres hores del matí o bé de forma periòdica després de cada renovació del contingut líquid—, i la demanda de manteniment de la temperatura durant tot el funcionament—normalment una càrrega gairebé constant durant totes les hores en què funcioni.

En general, el vapor que els bescanviadors de calor fan servir actualment per escalfar banys, es troba a temperatures massa altes per les instal·lacions solars. La introducció de bescanviadors de calor addicionals en els banys actuals no sempre és possible degut a la manca d'espai o a d'altres restriccions tècniques. En alguns casos, es pot fer servir un bescanviador de calor extern combinat amb una bomba de circulació.

Si els banys de procés es troben ben aïllats, es poden fer servir com a emmagatzemadors solars. Per exemple, si la instal·lació solar manté la temperatura sense funcionar durant el cap de setmana, el matí dels dilluns pot reduir la demanda d'arrencada.

En gairebé tots els sectors, es pot fer l'*acoblament de la instal·lació solar a la instal·lació de subministrament de calor central*. Això és possible bé preescalfant l'aigua d'alimentació de les calderes de vapor (en aquest cas, el nivell de temperatura augmenta amb una recuperació de condensats més gran), bé per mitjà d'un generador de vapor solar. Aquesta darrera possibilitat només és recomanable en sectors en què es faci servir un vapor de baixa pressió (2–3 bar), i en climes amb un alt nivell de radiació solar. Les línies de vapor tradicionals (7–8 bar) funcionen a temperatures massa altes per tal que les instal·lacions solars tinguin un funcionament econòmicament viable.

3.1.2 Influència de la temperatura de funcionament

Al capítol 2, es mostra la influència de la temperatura de funcionament sobre els guanys d'energia solar útil. El límit superior de la temperatura de funcionament depèn del clima.

Com a regla general, es pot dir que les instal·lacions solars per a temperatures superiors als 100 °C només són recomanables en zones amb una radiació alta (zones del centre i del sud de la Península Ibèrica). A les zones del nord, només s'hi hauria d'instal·lar equips de baixa temperatura.

S'ha de tenir en compte que la temperatura de funcionament de la instal·lació solar sempre és una mica superior a les temperatures de procés necessàries degut a les pèrdues a les canonades i degut a la baixada de temperatura que té lloc als bescanviadors de calor. De tota manera, en instal·lacions ben dissenyades, aquesta diferència de temperatura pot ser inferior als 10 °C.

En el cas de preescalfament de líquids o de banys, la temperatura mitjana de funcionament de la instal·lació solar és inferior a la temperatura de procés final necessària. Quan més baixa és la fracció solar (percentatge de la demanda de calor coberta per la instal·lació solar), més baixa és la mitjana de temperatura de funcionament. En el cas de fraccions solars molt baixes, la temperatura mitjana de funcionament s'apropa a la temperatura d'entrada (o de retorn).

3.1.3 Continuitat de la càrrega i emmagatzematge

Per tal d'aconseguir un rendiment econòmic raonable, cal dissenyar les instal·lacions solars el més a prop possible a un ús ideal del 100 %. Això vol dir que la demanda de calor sempre hauria de ser més alta que la màxima potència de la instal·lació solar.

Altrament, si no es fa servir l'emmagatzematge, s'extreu menys calor útil de la instal·lació solar.

Gràcies a un petit emmagatzematge a curt termini (de fins a 25 litres per m² de captador solar) es poden amortir els desajusts entre consum i demanda (sobre un càlcul diari) que no fa augmentar els costos de tota la instal·lació de manera important (Figura 15).

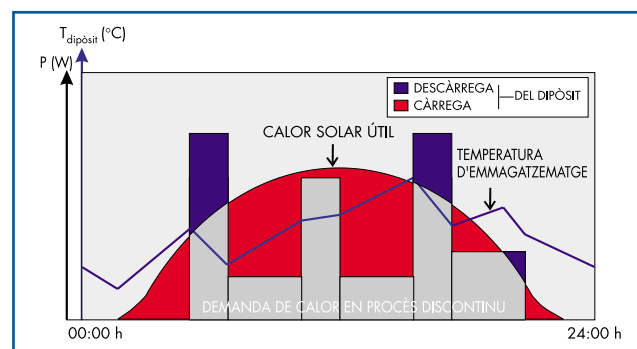


Figura 15. Desajust a curt termini entre la demanda de calor i la calor solar disponible.

El nivell de costos és més intensiu en el cas d'un emmagatzematge de calor quan les aturades són d'un o diversos dies (caps de setmana, vacances). Quan l'aturada és d'un cap de setmana, l'emmagatzematge que cal és d'uns 250 litres per m² de captador. No se sol recomanar l'emmagatzematge de cap de setmana per a instal·lacions petites.

La fórmula per calcular aproximadament els guanys solars anuals d'una instal·lació real sense emmagatzematge a llarg termini, pot ser:

$$Q_{real} = Q_{ideal} \cdot n_{dies} / 365$$

En què Q_{ideal} són els guanys d'energia solar d'una instal·lació ideal amb un 100 % d'ús i n_{dies} són els dies en què funciona durant l'any.

De tota manera, si les vacances es concentren a l'estiu —el període de màxim potencial en producció solar—, amb aquesta simple equació es pot recalculer la reducció dels guanys solars provocada per les vacances.

Les instal·lacions amb un ús exclusivament estacional (menys de sis mesos de funcionament a l'any) no solen ser econòmicament rendibles.

3.1.4 Zones climàtiques de la Península Ibèrica

A la Figura 16 es mostra com es distribueix tota la radiació solar sobre una superfície horitzontal de la Península Ibèrica.

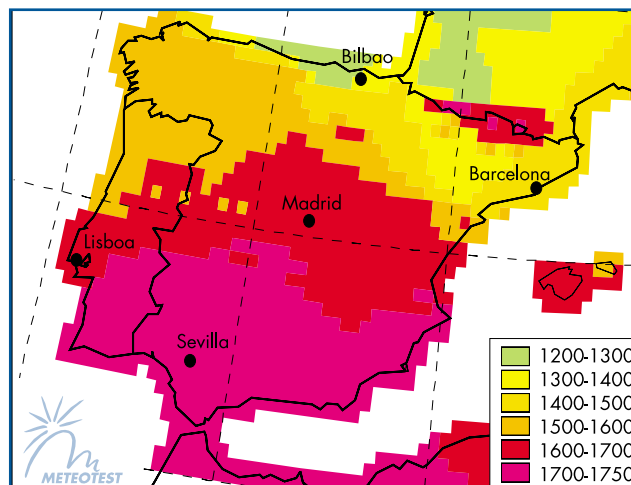


Figura 16. Radiació solar global sobre una superfície horitzontal a la Península Ibèrica. Font: Meteonorm.

Les zones geogràfiques amb molt bones condicions meteorològiques ($H > 1.600 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) són: El sud de Portugal, Andalusia, Murcia, Valencia, la Meseta. A Catalunya, Galícia i al nord de Portugal s'aconsegueixen nivells de radiació mitjana ($1.400 - 1.600 \text{ kWh/m}^2\text{a}$). A la costa nord de l'Estat espanyol hi domina un nivell de radiació relativament baix ($H < 1.400 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), que es pot comparar amb el clima centroeuropeu.

Pel que fa als arxipèlags d'Espanya i de Portugal, hi ha un nivell molt alt de radiació a les Illes Canàries, un nivell mitjà (d'uns $1.600 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ a Madeira i un nivell de radiació baix a les Illes Açores.

A través dels resultats que es presenten al capítol 2, es pot veure la forta influència que tenen les condicions climàtiques sobre els guanys solars.

3.1.5 Resum dels criteris d'avaluació

A la Figura 17 es mostra el resultat de combinar els factors més importants: nivell de temperatura de funcionament,

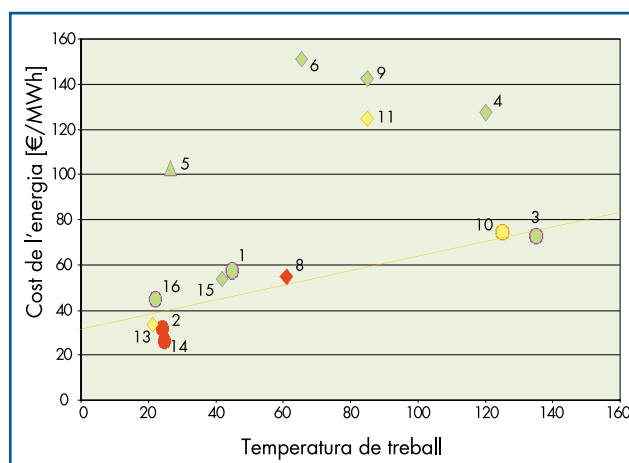


Figura 17. Costos de l'energia útil per a les diverses instal·lacions com una funció de la temperatura de funcionament mitjana anual. Colors: Radiació solar molt alta (vermell), alta (groc), mitjana (verd). Cercles: Instal·lacions amb demanda continuada. Rombes: Instal·lacions amb demanda continuada durant la setmana i aturades el cap de setmana; Triangles: Instal·lacions només amb funcionament estacional.

continuitat de la demanda i nivell de radiació solar. Els costos de la calor solar útil per a diversos sectors queden traçats com una funció d'aquests factors.

A les instal·lacions de baixa temperatura ($< 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) es poden aconseguir costos energètics raonables (20–60 €/MWh, sense finançament), fins i tot quan les condicions no són les òptimes (nivell de radiació solar mitjà o demanda amb aturades).

Només es recomana fer servir instal·lacions de mitjana temperatura amb temperatures de funcionament per sobre dels $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ i amb els costos d'instal·lació actuals si totes les altres condicions són favorables (zones amb alta radiació solar i demanda continuada).

Un altre dels factors importants que cal tenir en compte és l'envergadura de la instal·lació. Els costos d'instal·lacions petites ($< 100\text{ m}^2$) pot ser un 50 % superior al de les grans instal·lacions solars ($> 1.000\text{ m}^2$), amb el corresponent augment en els costos de calor.

3.2 Directrius per a dissenyar una instal·lació

3.2.1 Superfície de captadors solars

La tria del captador solar més adequat depèn sobretot de les temperatures de funcionament. També s'ha de tenir en compte però, altres aspectes com ara la possibilitat d'integració a la coberta o l'envergadura de la instal·lació. La Taula 8 dóna una orientació sobre com triar els captadors solars més adequats.

A partir dels resultats que apareixen al capítol 2, es pot calcular quina és la dimensió que cal donar a la superfície de captadors. El guany màxim d'energia anual que es pot aconseguir gràcies a una instal·lació solar tèrmica oscil·la entre els 350 i els 1.100 kWh/m^2 , depenent de l'emplaçament i de la temperatura de funcionament. Per aconseguir dissenyar i dimensionar correctament les instal·lacions, cal dur a terme simulacions dinàmiques de la instal·lació, tenint en compte el perfil concret de la demanda. La potència tèrmica punta dels captadors solars és d'uns 500 W/m^2 per a les instal·lacions de mitjana temperatura i de 1.000 W/m^2 per a les de baixa temperatura.

A la Península Ibèrica, els millors guanys de calor anual per unitat de superfície de captadors s'aconsegueixen amb

Temperatura	Procés
$< 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	Captadors selectius sense vidres o captadors plans estàndard de cost baix
$40 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	Captadors plans altament selectius o captadors amb CPC
$70 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	Tubs de buit, CPC o altres captadors estàtics d'alta eficiència
	Captadors de concentració per a instal·lacions mitjanes i grans
$> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	Captadors de concentració, tubs de buit amb CPC

Taula 8. Selecció del tipus de captador solar segons la temperatura de funcionament.

inclinacions de 30° i una separació entre files de, com a mínim, 1,5 vegades l'alçada bruta de la filera de captadors. En aquest cas, la proporció de superfície bruta de captadors respecte la superfície de coberta és de menys de 2/3. Si es disposa d'una superfície de coberta petita i es vol aconseguir el màxim de guanys en calor solar, la inclinació del captador pot baixar aproximadament fins els 10° . De tota manera, en el cas de captadors vidrats per impermeabilitzar-los de la pluja per a l'auto-neteja de la pluja, es recomana una inclinació mínima del 20° . Es pot tolerar una desviació respecte l'orientació sud de fins a 45° , i això comporta aproximadament una pèrdua d'un 10 % en el rendiment de la instal·lació.

Amb un disseny adequat de la mesura de flux i del diàmetre i aïllament de les canonades, el consum d'electricitat pot ser inferior a l'1 % de tots els guanys de calor, i les pèrdues tèrmiques a les canonades i a l'emmagatzematge no haurien de ser superiors al 5 % de tots els guanys de calor en instal·lacions de dimensió mitjana i gran.

Els guanys solars poden arribar a ser els màxims si s'aconsegueix equilibrar les mesures de flux de la càrrega i el subministrament solar. S'hauria de preveure una regulació adequada del flux a la superfície de captadors (mesura de flux equilibrat).

Amb una derivació per preescalfar el circuit primari durant les hores matinals i extreure'n la calor residual després de la posta de sol amb l'adequada regulació, es poden millorar els guanys solars fins un 20 %.

3.2.2 Emmagatzematge

Al capítol 2 s'ofereix una introducció a les instal·lacions solars amb emmagatzematge de calor.

Quan la relació entre la radiació solar disponible i la demanda de calor queda desequilibrada, es recomana emmagatzemar calor a curt termini. Quan s'ha d'emmagatzemar calor a curt termini (algunes hores), es recomana un volum d'emmagatzematge d'uns 25 litres/m^2 .

L'emmagatzematge a curt termini també pot ser recomanable en processos que funcionin de manera continuada i així poder fer disminuir la temperatura mitjana de funcionament de la instal·lació solar i, per tant, millorar-ne l'eficiència. Sobretot, si es fan servir captadors solars de baix cost amb coeficients alts de pèrdua tèrmica.

Quan més gran sigui la instal·lació, més efectiu és l'emmagatzematge de calor durant llargs períodes de temps (per exemple, els caps de setmana). L'emmagatzematge de cap de setmana resulta econòmic a partir dels 500 m^2 . Els volums d'emmagatzematge per cap de setmana haurien de ser d'uns 250 litres/m^2 . En aquest cas, els costos d'emmagatzematge poden oscil·lar entre un 10 i un 20 % del total de costos de la instal·lació. L'emmagatzematge per a períodes més llargs (emmagatzematge estacional) només resulta interessant en el cas d'instal·lacions molt grans ($> 5.000\text{ m}^2$).

3.2.3 Acoblament al sistema d'aportació de calor ja existent i regulació

L'acoblament al subministrament actual de calor sempre s'hauria de fer a les temperatures més baixes possibles. De tota manera, per a preescalfar el líquid i l'aire, el calor solar cal introduir-lo després d'haver fet un primer preescalfament amb equips de recuperació de calor residual i no com a alternativa a aquests equips. Fins i tot si la recuperació del calor residual fa augmentar la temperatura de funcionament de la instal·lació solar, el fet de combinar les dues instal·lacions dona millors resultats que tan sols fent servir la instal·lació solar a una temperatura inferior, i sense la recuperació de calor.

Si s'introdueix energia solar a diversos processos, s'ha de triar un pla de regulació per poder aconseguir un nivell d'estalvi energètic general idoni. En la majoria de casos, el millor és introduir l'energia solar al procés, a la temperatura més baixa possible, però pot ser que a vegades s'hagi de donar preferència a la producció de calor a temperatures superiors durant les hores del migdia que tenen resultats de radiació alts i un rendiment general millor.

Cal millorar el pla de regulació pels casos concrets que facin servir la tècnica de simulació dinàmica de la instal·lació.

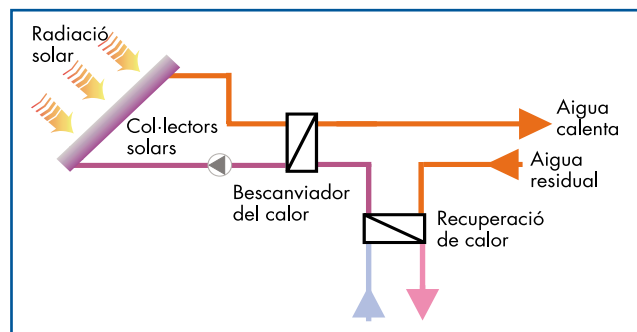


Figura 18. Combinació de la instal·lació solar tèrmica i de la recuperació de calor residual.

3.2.4 Instal·lacions solars tèrmiques i de cogeneració

En general, es pot dir que les instal·lacions solars tèrmiques s'haurien de dissenyar com a instal·lacions complementàries a les centrals de cogeneració per cobrir la demanda de calor restant.

Hi ha pocs casos en els quals es pugui considerar que l'energia solar tèrmica és una instal·lació de subministrament de calor alternativa. El tancament d'una central de cogeneració en funcionament durant períodes en què hi ha disponibilitat de calor solar en excés voldria dir que, durant aquest període caldria importar més electricitat de la xarxa. A la Figura 19, es compara l'energia primària estalviada en produir 1.000 MWh de calor de procés per mitjà d'instal·lacions solars tèrmiques o de cogeneració, enlloc d'una caldera de vapor tradicional. Es té en compte l'estalvi en energia primària per l'electricitat produïda fent servir com a referència l'eficiència mitjana de l'actual subministrament d'electricitat (35 %). A més, també es té

en compte la possibilitat que ofereixen les instal·lacions solars tèrmiques de produir electricitat i calor de manera simultània amb una eficiència de conversió del 30 % al passar de calor a electricitat.

Com es pot veure, la calor solar només estalvia energia primària comparant-ho amb les centrals de cogeneració si l'eficiència elèctrica de la central de cogeneració instal·lada és inferior a l'eficiència mitjana de la xarxa, o bé si la instal·lació solar produeix calor i electricitat a la vegada.

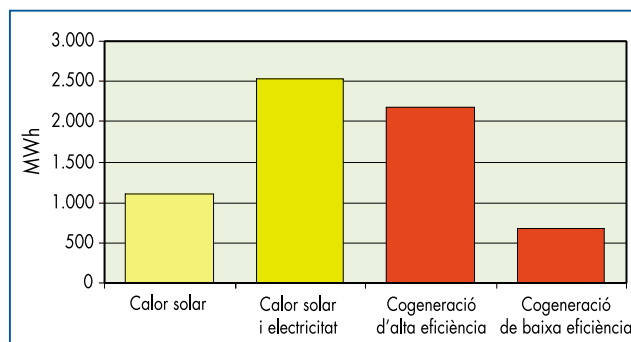


Figura 19. Estalvi d'energia primària amb relació a la caldera de vapor tradicional, per 1.000 MWh de calor de procés industrial produïts, o bé per mitjà d'instal·lacions solars tèrmiques o de la cogeneració. Eficiència de conversió (elèctrica) per (a) plantes de cogeneració d'alta eficiència (de cycle combinat): 50 %; (b) plantes de cogeneració de baixa eficiència: 25 %.

Criteri	Influència sobre el rendiment de la instal·lació
Temperatura de funcionament	Temperatures de funcionament no superiors als 150 °C. S'aconsegueix el millor rendiment per sota dels 100 °C
Clima	Molt bones condicions a la zona del sud i del centre de la Península Ibèrica. Només s'ha de tenir en compte instal·lacions a les regions amb nivells de radiació solar baixa o mitjana ($H < 1.600 \text{ kWh/m}^2$) si totes les altres condicions són favorables (baixa temperatura, demanda continuada)
Continuïtat de la demanda	Les interrupcions de l'estiu limiten el rendiment de la instal·lació. Les pèrdues en guanyos solars són més que proporcionals a l'interval de temps de la interrupció. També és favorable la demanda continuada o la demanda amb puntes durant el dia. Amb un petit augment en el cost de la instal·lació es pot amortir un emmagatzematge de baix volum per a les interrupcions curtes (algunes hores)
Variació anual	
Variació diària	
Volum de la instal·lació	El rendiment econòmic de les instal·lacions solars tèrmiques depèn en bona mesura del volum de la instal·lació. Els costos d'energia solar resultants arriben a ser d'un 50 % menys en instal·lacions grans ($> 1.000 \text{ m}^2$, energia tèrmica punta $> 0,5 \text{ MW}$) que en instal·lacions petites ($< 100 \text{ m}^2$, energia tèrmica punta $< 50 \text{ kW}$)
Guanyos solars anuals	Els guanyos solars anuals d'una instal·lació solar haurien de ser, com a mínim, de 500 kWh/m^2 per aconseguir rendibilitat econòmica
Fracció solar	Les instal·lacions haurien de ser dissenyades per a fraccions solars no superiors a un 60 % (per a demanda continuada)
Superfície de terreny o coberta disponible	S'hauria de disposar de suficient superfície de terreny o de coberta per poder aconseguir fraccions solars entre un 5 i un 60 %. La millor orientació és al sud, amb una inclinació d'uns 30°. Es poden tolerar petites desviacions respecte aquests valors ($\pm 45^\circ$ respecte l'orientació sud, $\pm 15^\circ$ respecte la millor inclinació). S'hauria d'evitar molta longitud de canonades
Aspectes estàtics de la coberta	La necessitat de reforçar les estructures de la coberta fa augmentar el cost de la instal·lació i, per tant, redueix el rendiment econòmic. La càrrega estàtica addicional dels captadors solars és de $25 - 30 \text{ kg/m}^2$ per als captadors estàndard
Recuperació de calor residual i cogeneració	En un principi, s'haurien d'esgotar tots els mitjans per millorar l'eficiència energètica per mitjà de la recuperació de calor residual i de la cogeneració. S'hauria de dissenyar les instal·lacions solars per a cobrir (una part de) la demanda de calor restant

Taula 9. Criteris d'avaluació per a instal·lacions de calor de procés industrial

4 Estudis de cas

Dins del projecte POSHIP, s'han dut a terme estudis de cas a més de vint empreses d'Espanya i Portugal que han mostrat interès per fer servir l'energia solar tèrmica a les seves fàbriques.

A partir d'una anàlisi exhaustiva de la demanda de calor (i de fred) de cada empresa, se'ls ha proposat una instal·lació solar que s'hi adequés.

S'ha dut a terme una previsió dels guanys energètics anuals d'aquestes instal·lacions a partir de simulacions d'instal·lació dinàmica (TRNSYS) i d'una anàlisi econòmica.

Als apartats següents hi apareix una descripció d'algunes de les instal·lacions triades. Per tenir-ne una visió general, vegeu la Taula 10. L'emplaçament geogràfic de les centrals de demostració proposades apareix a la Figura 20.



Figura 20. Emplaçament geogràfic de les centrals de demostració proposades.

4.1 Maltería, Andalusia (Espanya)

La malteria es troba situada a la província de Sevilla, al sud d'Espanya. La malta que s'hi produeix es fa servir per a fabricar cervesa a les seves instal·lacions.

Un 80 % del consum de calor i de fred de la malteria es fa servir per a escalfar l'aire per al procés d'assecatge de la malta (aire calent a uns 60 °C). La major part del 20 %

restant és necessari per a la refrigeració d'aire en el procés de germinació.

El perfil de la demanda de calor a la fàbrica és ideal per a implantar la instal·lació solar:

- La demanda de calor és alta i continuada durant els set dies de la setmana i les vint-i-quatre hores del dia, de manera que gairebé tota l'energia solar captada es pot fer servir directament en el procés sense necessitat de tenir una gran capacitat d'emmagatzematge.
- Les temperatures necessàries són molt baixes. L'aire és preescalfat per la instal·lació solar a només uns graus per sobre de la temperatura ambient.
- La fàbrica es troba situada en una zona amb una radiació solar alta (1.770 kWh/m²a).
- Els costos energètics són un factor important en el procés de fabricació de malta i, per tant, si disminueix el consum energètic, s'ajuda a millorar la competitivitat.

Per a preescalfar l'aire que ha de servir per al procés de fabricació de la malta, es proposa una instal·lació solar. També s'instal·larà un altre bescanviador de calor aigua-aire davant de l'actual bescanviador de calor que fa servir vapor de l'equip de subministrament de calor tradicional.

La instal·lació solar consta d'un camp de captadors amb una superfície total de 5.000 m², i un dipòsit d'em-

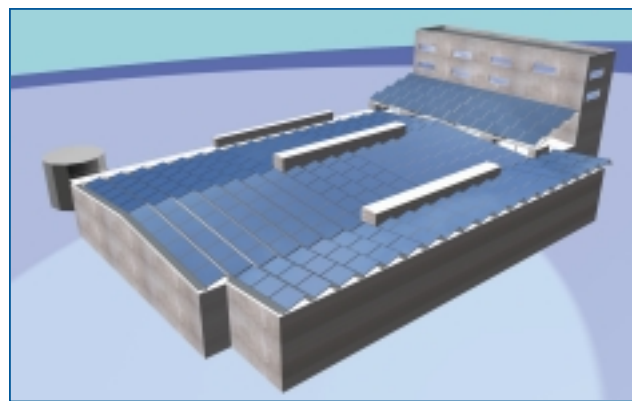


Figura 21. Vista de la planta solar proposada.

Empresa	Sector	País	Procés	Temperatura de funcionament	Tipus de captador (**)	Superfície de captadors projectada	Cost estimat (€)
Maltería	Maltería	Sevilla, Espanya	preescalfament d'aire per a l'assecatge de malta	Baixa temperatura (10 – 80 °C)	FPC sense vidres o FPC estàndard	5.000	1.320.000
Malte Ibérica	Maltería	Poceirao, Portugal	preescalfament d'aire per a l'assecatge de malta	Baixa temperatura (20 – 60 °C)	FPC o CPC	3.500	624.000
Beirala Lanifícios	Fàbrica tèxtil	Seia, Portugal	preescalfament d'aigua per al procés de tenyit	Baixa temperatura (20 – 80 °C)	FPC o CPC	1.750	340.000
Bodegas Mas Martinet	Elaborador de vi	Tarragona, Espanya	Refrigeració dels magatzems de vi i escalfament de l'espai	Mitjana temperatura (50 – 85 °C)	CPC	60	55.000 (*)

(*) cost d'una instal·lació solar i d'una instal·lació de refrigeració per absorció.

(**) FPC: flat plate collector – captador pla; CPC: compound parabolic concentrator-CPC.

Taula 10. Llista dels paràmetres més destacats en les propostes dels projectes de demostració que apareixen als apartats següents.

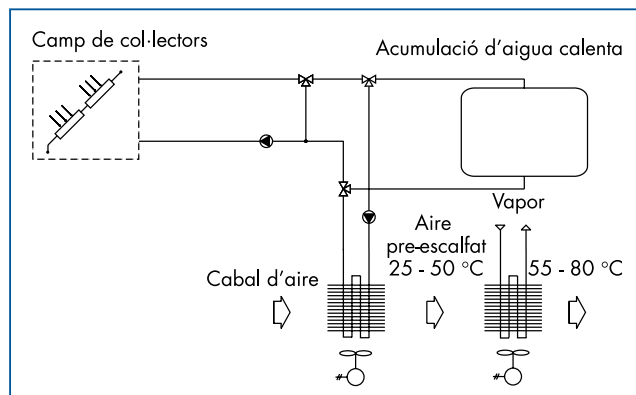


Figura 22. Esquema de la instal·lació solar tèrmica proposada.

magatzematge de 1.000 m³. Els captadors solars quedaran integrats en l'estructura de la coberta amb forma de serra dentada, creant així una «teulada solar» hermètica a la pluja.

Companyia	Malteria
Localitat	Sevilla, Espanya
Sector industrial	Cervesa
Procés	Pre-escalfament d'aire per assecar la malta
Temperatura de treball	10 – 80 °C
Superfície de captadors solars	5.000 m ²
Tipus de captador solar	Captadors selectius sense cobertura de vidre integrats a l'estructura del terrat en forma de serra dentada
Emmagatzematge solar	1.000 m ³
Producció solar anual (calor útil)	4.770 MWh
Fracció solar	7 %
Inversió total	1.320.000 €
Contribució de la indústria	410.000 €
Estalvi net anual	105.000 €
Pay back	4 anys

Taula 11. Dades característiques de la instal·lació solar proposada.

4.2 Multibérica-Sociedade Produtora de Malte SA (Portugal)

MALTIBERICA és una fàbrica hispano-portuguesa que produeix malta per a les cerveseres que pertanyen al grup UNICER de Portugal i també exporta malta a Espanya.

Tot i que es troba situada no gaire lluny d'una zona molt industrialitzada de Portugal, la Península de Setúbal i a uns 50 km de Lisboa, al costat d'aquesta fàbrica no n'hi ha d'altres, i això fa difícil fer-hi arribar la xarxa de gas

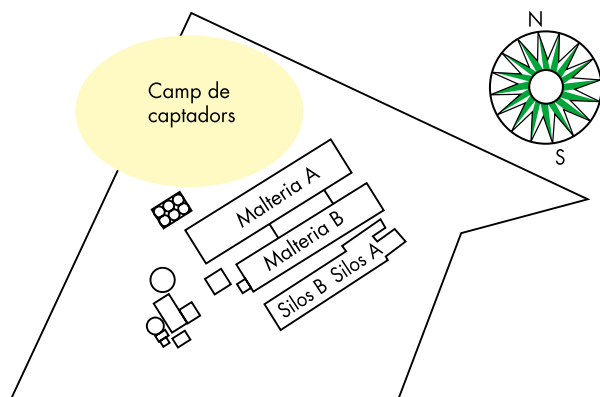


Figura 23. Malteria-distribució de la planta.

natural. En conseqüència, resulta molt car passar de l'ús actual de combustible dens en grans quantitats a una font d'energia tradicional més neta.

La fàbrica produeix malta, i porta a terme tres fases fins al final del procés:

1a fase: Humidificació de la civada.

2a fase: Germinació de la malta verda (fred).

3a fase: Assecatge de la malta (calor).

La major part del consum d'energia serveix per a produir aigua molt calenta (180 °C, 14 bar), que després es dissipa en els bescanviadors de calor aigua-aire, els quals provoquen l'assecatge de la malta (60–80 °C). Una petita part es consumeix per a mantenir la temperatura adequada de combustible dens en l'emmagatzematge. Es tracta d'una fàbrica força nova (menys de deu anys) i en dissenyar-la ja es van tenir en compte mesures de recuperació de calor que fins i tot fan que sigui més important fer servir directament l'energia solar si s'han de dur a terme noves accions d'estalvi energètic.

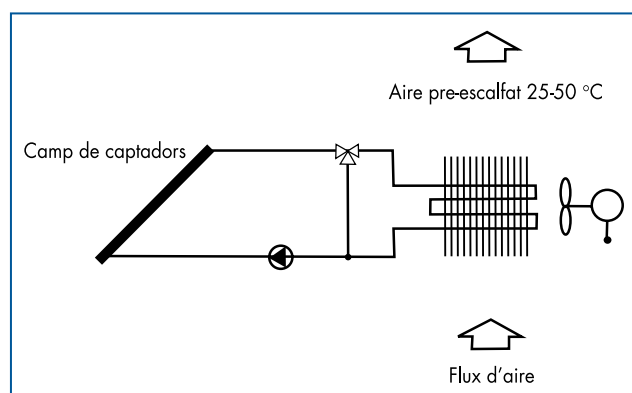


Figura 24. Esquema de la instal·lació solar proposada.

A la fàbrica, hi ha diversos factors que afavoreixen la implantació d'una instal·lació solar:

- La fàbrica es troba en funcionament tot l'any: vint-i-quatre hores al dia, set dies a la setmana, cinquanta-dues setmanes a l'any.

Companyia	Grupo Unicer
Localitat	Poçoirão (Setúbal), Portugal
Sector industrial	Malteria
Procés	Pre-escalfament de l'aire per assecar la malta
Temperatura de treball	20 – 80 °C
Superfície de captadors solars	3.500 m ²
Tipus de captador solar	Captador pla selectiu o CPC
Emmagatzematge solar	---
Producció solar anual (calor útil)	3.762 MWh
Fracció solar	20 %
Inversió total	624.121 €
Contribució de la indústria	405.679 €
Estalvi net anual	118.320 €
Pay back	4 anys

Taula 12. Dades característiques de la instal·lació solar proposada.

- L'energia solar es pot fer servir en el moment de captar-la i això evita haver d'emmagatzemar-la.
- L'energia solar es fa servir a baixa temperatura per poder preescalfar l'aire exterior que servirà per a l'assecatge.
- La fàbrica es troba situada en un emplaçament amb unes condicions d'insolació anual molt bones: més de 2.800 h i 1.720 kWh/m²a.
- La instal·lació solar és totalment independent de la instal·lació tradicional actual.

4.3 Beiralã-Lanifícios SA (Portugal)

BEIRALÃ és una fàbrica tèxtil portuguesa que confecciona prenes i teixits de llana. Es troba situada al centre de Portugal, al nord-oest i al peu de les muntanyes més altes de Portugal, la Serra da Estrela, amb unes condicions de radiació solar normals (pel que fa a Portugal): 1.520 kWh/m²a, 2.400h insolació.

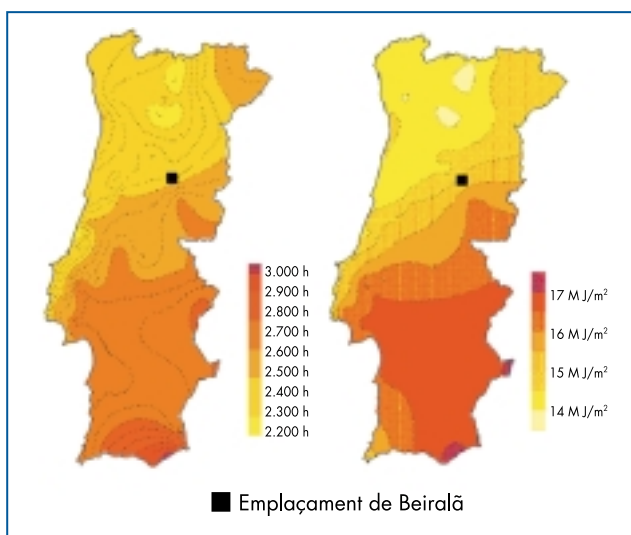


Figura 25. Radiació solar a Portugal i emplaçament de la central de BEIRALÃ.

Durant el procés de tenyit, només una petita part del consum de calor de procés (1/5) es troba als 120 °C mentre que la major part no supera els 80 °C. També es consumeix una gran quantitat d'aigua calenta a 60-70 °C per rentar els recipients del tenyit.

En aquest nivell de temperatura, el mercat ofereix diverses tecnologies de captadors solars que s'adapten a aquesta aplicació.

Les condicions són idònies per implantar una instal·lació solar degut als dels següents fets:

- No s'espera que l'acoblament a la xarxa estatal del gas tingui lloc aviat.
- Degut als alts costos de transport, resulta molt car canviar d'un combustible pesat a un combustible fòssil més net, com és el gas propà.

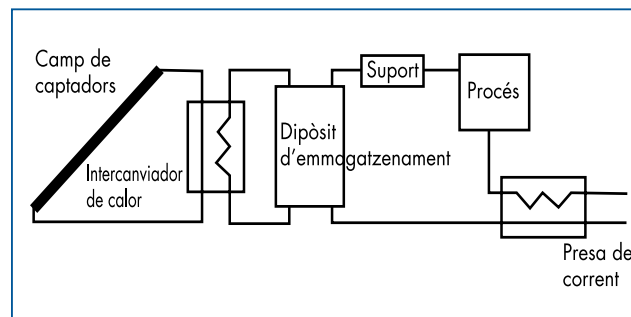


Figura 26. Esquema de la instal·lació solar proposada.

- L'energia solar pot complementar el gas, fent disminuir els costos energètics finals i és ideal per superar l'objectiu estratègic de la Certificació ISO 14.000.
- A la coberta de la fàbrica, es disposa d'una gran extensió amb una bona orientació per muntar-hi captadors solars.
- Es pot dissenyar la instal·lació solar d'una forma molt comú, emmagatzemant l'energia captada en un dipòsit de formigó que ja existeix.
- El procés de tenyir i/o de rentar és alimentat amb l'aigua del dipòsit solar, després de corregir-ne la temperatura amb l'equip de suport (la instal·lació d'energia tradicional).

Companyia	Beiralã
Localitat	Seia, Portugal
Sector industrial	Tèxtil
Procés	Pre-escalfament d'aigua pel procés d'assecat
Temperatura de treball	20 - 80 °C
Superfície de captadors solars	1.750 m ²
Tipus de captador solar	Captador pla selectiu o CPC
Emmagatzematge solar	75 m ³
Producció solar anual (calor útil)	1.331 MWh
Fracció solar	33 %
Inversió total	340.430 €
Contribució de la indústria	221.280 €
Estalvi net anual	84.496 €
Pay back	3 anys

Taula 13. Dades característiques de la instal·lació solar proposada.

4.4 Bodegues Mas Martinet, Tarragona (Espanya)

El celler de Bodegues Mas Martinet es troba situat a la comarca del Priorat, al sud de Catalunya. L'empresa elabora vins de gran qualitat per al consum nacional i per a l'exportació.

Aquest celler no es troba acoblat a la xarxa elèctrica i, per tant, l'empresa procura cobrir la major part de la demanda energètica a través de l'energia solar (tèrmica i fotovoltaica).

La major part del consum de fred i de calor al celler prové del refredament del celler durant els mesos d'estiu i serveix per a escalfar un edifici d'oficines i un edifici resi-

dencial durant la temporada d'hivern. Una petita part de la demanda energètica es fa servir per a produir aigua calenta sanitària.

El fet de produir electricitat amb el generador de gasoil, que ja tenen, resulta car, de manera que la situació afavoreix tenir una instal·lació alternativa de refredament tèrmic que substitueixi el consum dels refredadors elèctrics per compressió.

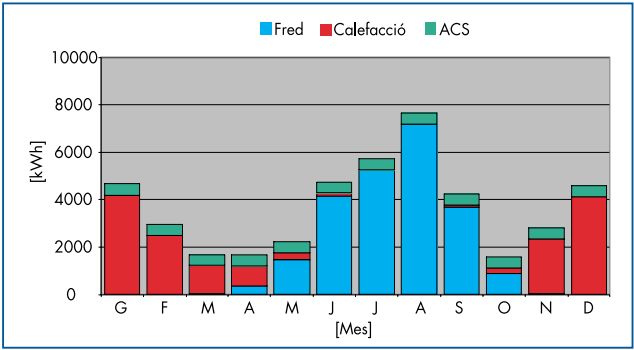


Figura 27. Demanda de calor (vermell), fred (blau) i d'aigua calenta sanitària (verd) a les instal·lacions de Bodegues Mas Martinet.

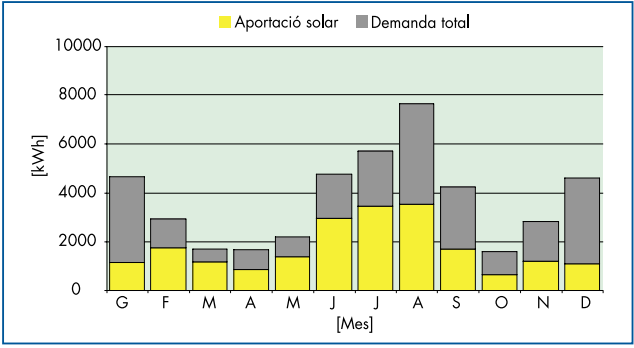


Figura 28. Demanda de calor total i aportació solar durant tot l'any.

Es proposa una instal·lació solar per a l'aire condicionat dels cellers de vi i per a l'edifici d'oficines fent servir un aparell de refrigeració per absorció Yazaki. L'excés de calor dels captadors solars durant els mesos d'hivern es fa servir per a escalfar l'espai i per a produir aigua calenta sanitària.

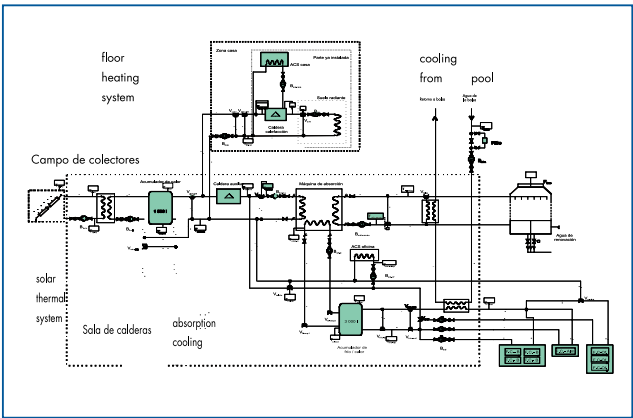


Figura 29. Esquema de la instal·lació solar proposada.

En la instal·lació que es proposa, es fan servir ventiladors per a distribuir calor i fred al celler de vi i a l'edifici d'oficines adjunt, i també un sistema d'escalfament del terra per a l'edifici residencial veí.

La instal·lació solar consta d'una superfície de 60 m² de captadors solars del tipus CPC que generen aigua calenta a 80-90 °C i una capacitat d'emmagatzematge de 1.500 l. d'aigua calenta. El refredador per absorció té una potència nominal de refredament de 35 kW, i es troba recolzat per un dipòsit de 3.000 l. en fred.

Companyia	Bodegas Más Martinet
Localitat	Tarragona, Espanya
Sector industrial	Celler de vi
Procés	Calefacció i aire condicionat
Temperatura de treball	50 - 85 °C
Superfície de captadors solars	60 m²
Tipus de captador solar	CPCs
Emmagatzematge solar	1.500 l (calor) + 3.000 l (fred/calor)
Producció solar anual (calor útil)	21 MWh
Fracció solar	58 % (fred) 35 % (calor)
Inversió total	55.000 €
Contribució de la indústria	35.000 €
Estalvi net anual	3.000 €
Pay back	11 anys

Taula 14. Dades característiques de la instal·lació solar proposada.

5 Finançament i ajuts per instal·lacions solars tèrmiques industrials

5.1 Subvencions actuals

Alguns dels reptes subscrits per la Unió Europea juntament amb altres països, durant la Cimera Mundial de Kyoto el desembre del 1997, consisteixen en aconseguir reduir les emissions de gasos amb efecte hivernacle a Europa un 8 % el 2010, comparant-ho amb els nivells del 1990 i poder cobrir un 12 % de la demanda d'energia primària a Europa a través d'energies renovables. Per reforçar les mesures polítiques i poder respondre a aquests reptes, hi ha diversos programes de subvencions que promouen els projectes d'energies renovables i els projectes d'eficiència energètica a nivell Europeu, estatal, regional i municipal.

5.1.1. Programes de subvencions de la Unió Europea

L'objectiu principal d'aquests programes és crear serveis i sistemes energètics sostenibles a Europa, que contribueixin a un desenvolupament més sostenible a tot el món i condueixin a una seguretat i diversitat de subministrament més gran, a proveir serveis energètics de gran qualitat i cost baix, a millorar la competitivitat industrial i a reduir l'impacte mediambiental.

Cinquè Programa Marc. Serveix per a promoure projectes de demostració d'energies renovables a Europa. La instal·lació energètica que es proposa ha d'aconseguir un nivell d'innovació i de sostenibilitat i, a més, tenir en compte els aspectes socials i el potencial demostratiu en tots els sectors econòmics. Subvenció màxima: 35 % del cost. A l'Estat espanyol, l'IDAE convoca anualment una línia d'ajudes per preparar propostes per a aquest programa.

Programes Altener i Save. Aquests programes estan orientats a les polítiques centrades en mesures no tecnològiques que exploten el millor potencial econòmic en pràctiques innovadores del mercat energètic. Subvenció màxima: 50 % del cost.

Altres programes per a promoure les energies renovables a països tercers. Programa INCO.

5.1.2. Programes estatals de subvenció

La majoria dels països europeus disposen de programes d'ajuts per reforçar i recolzar les iniciatives sostenibles i renovables. La situació actual a l'Estat espanyol i a Portugal és la següent:

Portugal

En el marc del 3r «Quadro Comunitario de Apoio» es va crear a Portugal l'anomenat POE - Programa Operacional d'Economia per a les entitats col·lectives que inclou un sub-programa anomenat MAPE dedicat a l'aspecte energètic.

Dins del MAPE, les instal·lacions solars tèrmiques realitzades per empreses privades poden aconseguir una subvenció a fons perdut del 20 % i un altre 20 % a tornar exempt d'impostos. Les empreses públiques poden rebre un 40 % de subvenció. Per ambdós tipus d'empreses el valor màxim de subvenció es de 50 milions de pessetes (300.000 €).

Les empreses que inverteixin en equipaments solars poden amortitzar la inversió feta durant un període de quatre anys dins de l'impost anual sobre la renda de l'empresa. Es tracta d'una mesura molt important perquè, al marge de l'incentiu, fa que es puguin amortitzar les instal·lacions solars en quatre anys.

L'equipament concret de les instal·lacions solars (sobretot els captadors solars) són gravades amb un IVA reduït del 5 %.

Espanya

Programa Estatal d'Energia del PROFIT: s'atorguen ajudes per a projectes de recerca industrial, estudis de viabilitat tècnica, projectes de demostració tecnològica. Les ajudes tenen caràcter de bestretes reemborsables i, excepcionalment, de subvencions. Relacionat amb les instal·lacions solars tèrmiques industrials, entre les prioritats temàtiques de la convocatòria de l'any 2001, es contempla únicament el desenvolupament de tecnologies de disseny i la fabricació de captadors de tub buit de mitjana temperatura.

Línia Solar Tèrmica: en el marc del Pla de Foment de les Energies Renovables, l'IDAE convoca ajudes per a recolzar projectes d'inversió en instal·lacions d'energia solar tèrmica de baixa temperatura, en qualsevol sector amb demanda energètica d'aquest tipus. Per triar ofertes de qualitat per a col·laborar en la tramitació, difusió i aplicació de les ajudes, prèviament es fa una convocatòria per acreditar empreses o entitats col·laboradores. Les ajudes poden arribar, amb caràcter general, a la quantitat màxima de 35.000 ptes. (210 €) per metre quadrat de superfície útil. L'IDAE habilita per a aquest programa un pressupost de l'ordre de 1.000 milions de pessetes (6 M€) a l'any.

5.1.3 Programes autonòmics de subvenció

Catalunya

La Generalitat de Catalunya convoca anualment la presentació de sol·licituts de subvencions per als projectes d'energies renovables i d'eficiència energètica. Subvenció màxima: 35.000 pessetes (210 €) per metre quadrat de captador solar tèrmic instal·lat.

Andalusia

El programa PROSOL és un sistema de promoció i de finançament d'instal·lacions d'energies renovables, creat per la Junta d'Andalusia i gestionat per SODEAN (Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía). El programa inclou projectes d'energia solar tèrmica per a producció

d'aigua calenta, independentment del tipus d'ús (domèstic, industrial...). Subvenció màxima: 41.500 ptes. (250 €) per metre quadrat.

PROSOL defineix el Cost Reconegut de l'Energia (CER), que determina la quantitat de subvenció i finançament que li correspon a la instal·lació. L'IVA, junt amb la diferència entre la inversió real i el CER corre a compte de l'usuari.

Illes Canàries

El Programa PROCASOL és un sistema de promoció i de finançament d'instal·lacions d'energia solar tèrmica per produir aigua calenta, promogut pel Govern de Canàries i gestionat per l'Instituto Tecnológico de Canarias. El programa permet que l'usuari adquireixi una instal·lació solar tèrmica per produir aigua calenta sempre que la superfície útil sigui, com a mínim, de 50 metres quadrats.

Hi ha una línia de subvenció per a instal·lacions solars amb circulació forçada de 20.000 a 30.000 ptes. (120-180 €) per metre quadrat.

Altres comunitats autònomes espanyoles

A d'altres comunitats autònomes espanyoles també hi ha línies d'ajudes a l'energia solar tèrmica. Per exemple, a Astúries hi ha subvencions per a sistemes d'energia solar tèrmica activa de fins a 50.000 ptes. (300 €) per metre quadrat, amb un màxim per projecte de 5.000.000 de ptes. (30.050 €). A Castella i Lleó hi ha una línia de subvencions per a projectes d'energia solar tèrmica, dins del Plan Solar de Castilla y León, Línea I-Energía Solar Térmica. O en el cas de Navarra, ajudes a fons perdut en instal·lacions solars tèrmiques, entre d'altres.

Programes de subvencions i ajuts per a projectes d'energia solar tèrmica en processos industrials				
Data límit	Convocatòria	Quantitat màxima de subvenció	Descripció general del programa	Contacte per a informació
1. Programes europeus				
V Programa Marc Comissió Europea / Programa Energia	Tancament Convocatòria: 14 desembre 2001	Fins a un 35 % del cost total per a projectes de demostració; fins a un 50 % del cost total per a projectes d'R+D	Cooperació entre empreses (mínim tres empreses de diferents Estats membres)	Organisme: DG TREN y DG Research www.cordis.lu/eesd
2. Programes nacionals i regionals				
Espanya				
Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT) - Programa Nacional de Energía / Ministerio de Ciencia y Tecnología	Convocatòria: 3 abril 2001; tancament: 7 maig 2001 (excepte programes EUREKA i IBERO-EKA, 1 setembre 2001) / Convocatòries 2002 per publicar	Projectes de demostració tecnològica: fins al 35 % del cost subvencionable per a PYMEs; fins al 25 % per a empreses / bestretes reembossables i, excepcionalment, subvencions	Acció estratègica: desenvolupament de tecnologies de disseny i fabricació de tubs de buit de temperatura mitjana.	Organisme: Ministerio de Ciencia y Tecnología Contacte: Dirección General de Política Tecnológica Tel.: +34 91 349 51 61 www.mcyt.es/profit
Plan de Fomento de las Energías Renovables - Sector: Energía solar térmica / IDAE	Convocatòria: juliol 2001; tancament: 15 setembre 2001	Subvenció màxima: 35.000 ptes. (210 €) per metre quadrat de superfície útil de captació instal·lada per a instal·lacions noves completes	Foment i promoció de la inversió en instal·lacions d'energia solar tèrmica de baixa temperatura. Es contempla aigua calenta de procés en indústries. Són elegibles els captadors vidrats i els tubs de buit.	Organisme: IDAE Contacte: Dpto. de Gestión Programas Públicos Tel.: +34 91 456 50 16 www.idae.es
Portugal				
Període 2001-2006	POE / MAPE	Empreses privades: 20 % subvenció a fons perdut + 20 % a retornar sense impostos. Empreses públiques: 40 % subvenció. Import màxim 300.000 €	Instal·lacions solars tèrmiques	Organisme: Gestor do POE-MAPE www.poe.min-economia.pt
	Reduccions d'impostos	Amortització de la inversió en equips solars tèrmics en un període de quatre anys dins de l'impost anual sobre la renda de l'empresa. IVA reduït (5 %) per a equips específics de sistemes solars	Instal·lacions solars tèrmiques	Organisme: Direcção Geral de Energia www.dge.pt
3. Programes regionals				
Catalunya	Convocatòria anual (Tancament convocatòria: 18 maig 2001)	Subvenció màxima: 35.000 ptes. (210 €) per metre quadrat de captador solar tèrmic instal·lat	Subvencions per a projectes d'energies renovables i eficiència energètica.	Organisme: Institut Català d'Energia (ICAEN) Tel.: +34 93 622 05 00 www.icaen.es
Andalusia: programa PROSOL	Convocatòria anual (última: màx. 15 octubre 2006)	Quantitat màxima dels ajuts: 41.500 ptes. (250 €) per metre quadrat	Instal·lacions solars tèrmiques per a la producció d'aigua calenta, qualsevol ús	Organisme: Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN) Tel.: +34 95 446 09 66 www.sodean.es
Canàries: programa PROCASOL	Tancament convocatòria 2000: 31 maig 2001 (convocatòries anuals fins al 2006)	Sistemes amb circulació forçada: de 20.000 a 30.000 ptes. (120 a 180 €) per metre quadrat	Sistema solar tèrmic per a producció d'aigua calenta, amb superfície útil mínima de 50 m²	Organisme: Gobierno de Canarias Contacte: Dirección General de Industria y Energía www.gobiernodecanarias.org
Castella i Lleó: Plan Solar de Castilla y León: Línea I - Energía Solar Térmica	Tancament convocatòria: 31 agost 2001	Projectes d'energia solar tèrmica: import màxim de l'ajut no superior a 100.000 € durant tres anys	Plan Solar de Castilla y León, Línea I Energía solar térmica	Organisme: Junta de Castilla y León Contacte: Consejería de Industria, Comercio y Turismo www.jcyl.es
Altres comunitats autònomes				Dirigir-se a l'administració corresponent

Taula 15. Visió general dels programes de finançament per a centrals de calor de procés industrial. Estat juliol 2001

Illa de Madeira

El govern regional de Madeira està preparant una llei que incentivarà les instal·lacions solars tèrmiques (domèstiques i de serveis), per acoblar-les a la producció energètica de la instal·lació durant tota la vida útil. De moment no es coneix l'abast de l'incentiu.

Ajudes locals i municipals

Els ajuntaments, consells comarcals, etc. també ofereixen diversos tipus d'incentius per a instal·lacions solars tèrmiques. Cal destacar l'Ordenança sobre la incorporació d'instal·lacions de captació d'energia solar als edificis, de l'Ajuntament de Barcelona, que obliga a que l'aportació energètica de la instal·lació solar sigui, com a mínim, del 60 % de la demanda anual d'aigua calenta als edificis de nova construcció o objecte d'una rehabilitació. Això també és aplicable a l'escalfament d'aigua en processos industrials.

5.2 Finançament d'instal·lacions solars tèrmiques

El finançament per tercers és un model de finançament en què, en funció de l'abast contractual del projecte, una tercera part, que no pot ser l'usuari de l'energia, desenvolupa, finança i gestiona una instal·lació energètica durant un període contractual concret. Aquesta tercera part també se la coneix amb el nom de ESCO (Energy Service COmpany-Empresa de Serveis Energètics). D'altra banda, l'usuari de l'energia ha de satisfer pagaments periòdics a la tercera part, els quals estan vinculats al consum energètic o bé són un cost contractual fix. Normalment, el contracte està pensat per fer

que el període d'amortització cobreixi la inversió i els costos variables en què incorri la tercera part, més un marge de benefici. Segons sigui l'envergadura del projecte i la garantia de flux de caixa, el sistema d'amortització pot ser:

- Pagament de quotes
- Compra a terminis
- Qualsevol altre acord de leasing

Normalment, la instal·lació energètica acaba sent propietat de l'usuari de l'energia al final del contracte, tot i que en projectes petits, l'usuari ja és propietari des del començament. El finançament per tercers està fixat per contracte. Aquests contractes han de garantir que els riscos del projecte del financer es troben coberts si la producció d'energia o el consum no compleixen l'objectiu previst.

En un projecte ideal, l'usuari energètic ha d'estalviar diners si ho comparem amb les instal·lacions alternatives de subministrament energètic i el financer hi ha de fer benefici.

5.2.1 Espanya: Solució financera IDAE-ICO

L'Institut de Crèdit Oficial (ICO) i l'IDAE han signat un conveni de col·laboració en virtut del qual l'ICO instrumenta una línia de finançament per a projectes d'inversió en energies renovables i d'eficiència energètica per un import de fins a 20.000 milions de pessetes (120,2 milions d'euros). Entre les línies climàtiques incloses l'any 2001, només hi ha l'energia solar fotovoltaica i la termelèctrica, ja que actualment no es contempla l'energia solar tèrmica.

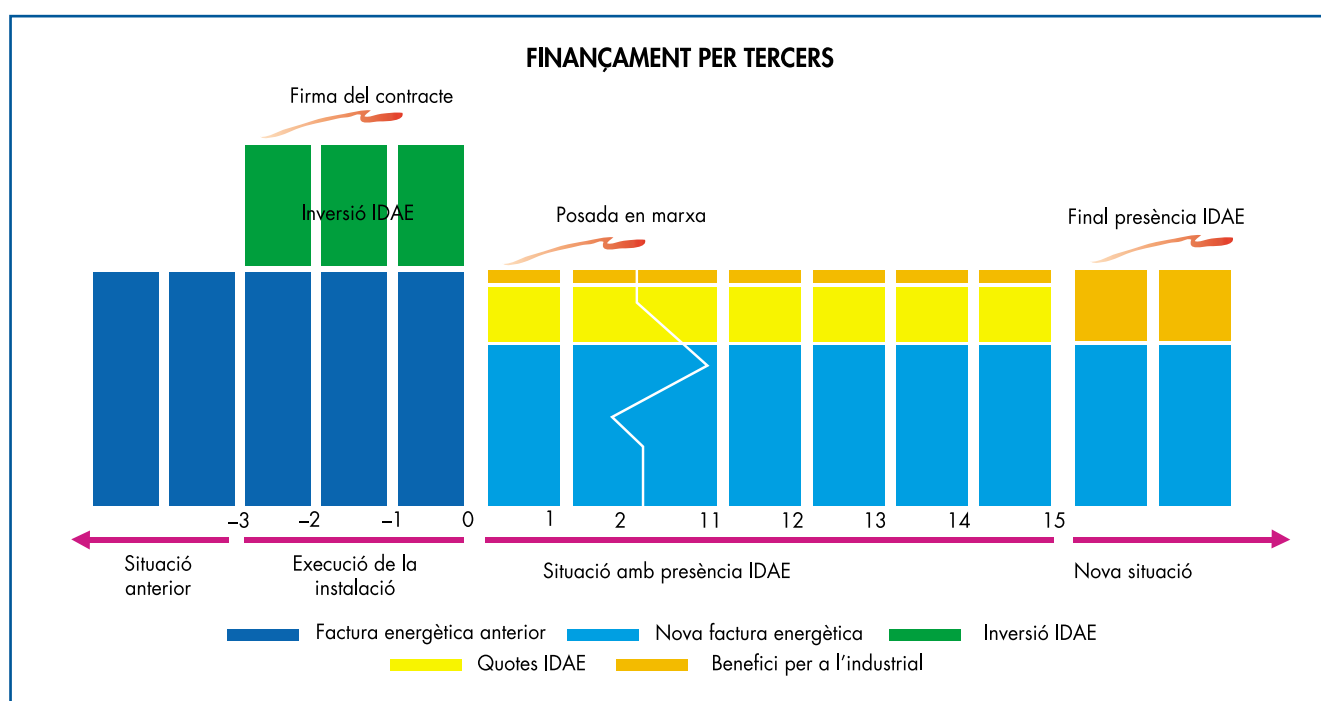


Figura 30. Model de finançament per tercers aplicat per l'IDAE (Espanya).

5.2.2 Catalunya: Programa FITA SOLAR

El producte financer, FITA SOLAR, és un esquema tècnic, financer i administratiu per cobrir tota la inversió d'una instal·lació solar tèrmica o d'una instal·lació fotovoltaica. L'objectiu és finançar la instal·lació solar a la vegada que es garanteix un rendiment òptim i una solució eficaç en el cost. La instal·lació tindrà un seguiment d'acord amb les condicions de la garantia de resultats.

- I. Se signarà un acord a tres bandes entre l'usuari final, l'instal·lador i l'Institut Català d'Energia (ICAEN) per garantir la intenció de tots els actors de dur a terme el projecte i autoritzar l'ICAEN a supervisar i accedir a les dades recollides per mitjà de l'equip de seguiment.

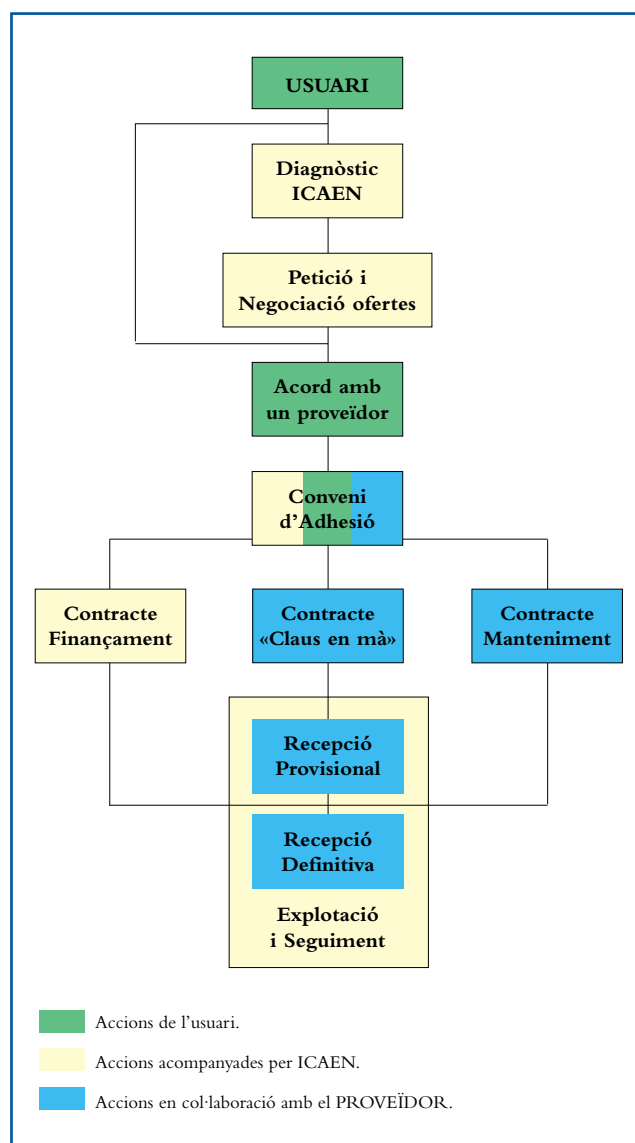


Figura 31. Procediment del finançament aplicat per l'ICAEN (Catalunya).

- II. Es construirà una instal·lació solar «claus en mà» per generar aigua calenta solar i a punt de funcionar. Es construirà amb materials d'alta qualitat, comptador de consum d'aigua calenta, garantia de resultats i servei de manteniment.
- III. El finançament de la instal·lació solar es durà a terme a llarg termini (màxim 10 anys) i amb quotes aproximadament equivalents al nivell d'estalvi energètic aconseguit. L'aval del crèdit serà la mateixa instal·lació i el tipus d'interès serà l'EURIBOR + 1.

Els imports del finançament es repartiran de la següent manera:

- Un 30 % el pagarà el client en el moment de fer l'encàrrec.
- El 70 % de crèdit l'assumirà l'Institut Català de Finances (ICF).
- La subvenció autonòmica, en cas de ser rebuda, es farà servir per reduir el préstec.

L'atorgament d'aquesta ajuda financera dependrà del compliment de certs requisits tècnics que estableix la garantia de resultats.

5.2.3 Andalusia: Programa PROSOL

El programa PROSOL (vegeu 5.1.3) permet adquirir una instal·lació que fa servir energia renovable per a produir aigua calenta. Un dels tipus d'ajuda que pot beneficiar l'usuari és la subvenció de punts d'interès en l'operació del préstec, adreçada a finançar l'import finançat del CER (Cost Energètic Reconegut).

5.2.4 Illes Canàries: Programa PROCASOL

El programa PROCASOL (vegeu 5.1.3) contempla una modalitat de subvenció al tipus d'interès que permet que el sol·licitant pagui una part de la instal·lació, denominada cost finançable, per mitjà d'un préstec subscrit amb qualsevol de les entitats col·laboradores del programa a tres anys, i el programa PROCASOL es fa càrrec dels interessos i de les despeses d'obertura d'aquest préstec. Per tal de calcular la quantitat dels interessos a subvencionar, es considerarà un préstec màxim de 70.000 ptes. (420,7 €) per metre quadrat.

També hi ha la modalitat de finançar les instal·lacions fent servir simultàniament la subvenció per metre quadrat i el tipus d'interès.



The Potential of Solar Heat for Industrial Processes Potencial de calor solar en processos industrials

Pàg. 1 de 2: Dades generals i sistema solar

Informació general		notes		Dades estadístiques	
nom de l'empresa		nom legal de l'empresa		nombre de treballadors	
ciutat		lloc de producció		facturació anual	
sector industrial				Es independent si l'empresa?	☐ no ☐ sí
persona de contacte					no, si més del 25% de l'empresa pertany a una altra
adreça				Principal motiu per fer servir energia solar	
telèfon				Possibilitat d'estalvi del cost de combustible si	☐ no ☐ sí
fax				Aportació a un subministrament d'energia més ecològic	☐ no ☐ sí
E-mail				L'ús de l'energia solar contribueix a fer un	☐ no ☐ sí
				màrqueting millor	☐ no ☐ sí
				altres:	

Sistema solar		Instal·lació a la teulada		Instal·lació sobre un terreny		notes	
Superfície de teulada lliure disponible	m²					només en àrees de més de 200 m². Doneu-ne una descripció breu, especialment si es tracta de diverses teulades.	
Inclinació de la teulada / terreny	Inclinació orientació respecte el sud					feu-ne una descripció breu, especialment si es tracta de diverses teulades. Indiqueu en graus la desviació de l'orientació sud (SE o SW)	
problemes d'ombres						ombres degut a edificis propers, arbres, etc. Feu-ne una descripció breu i ja croquis.	
Distància entre l'àrea de la teulada lliure i el procés	m					longitud estimada de la tuberia des de la cantonada de l'àrea de la teulada / terreny més propera fins al procés.	
capacitat de la teulada per a càrregues estàtiques	kg/m²					la càrrega addicional d'una bateria de captadors és de 25-30 kg/m²	

Consum de combustibles		Gas natural		Gasoli		GLP		altres:	
Fuel-oil	kg	Nm³	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Potència contractada	kW	Potència instal·lada	Consum	Vendes a la xarxa (cogeneració)	Tarifa				
%		Electricitat	Combustibles:						

Donau el percentatge corresponent a cada combustible. Si és dissonant.



Tipus de procés	Procés 1	Procés 2	Procés 3	Procés 4	
mitjà del procés (aigua, oli, aire...)					adjuntar una descripció breu del procés
demande de calor (o fred) típica					el mitjà en contacte directe amb el producte, per exemple, aigua per assecat, aigua per rentar, etc.
temperatura típica del procés					durant el funcionament
cabal del mitjà del procés					si es pugué, feu la distinció entre la temperatura del procés i la temperatura del subministrament de calor (vegau més endavant)
volum del mitjà del procés					només per al cas de mitjans circulants
pressió en el procés					si hi ha emmagatzemament del mitjà
hores diàries de funcionament					
dies de funcionament anual					
Dades sobre el subministrament de calor (o fred)					afegiu un diagrama del flux, si és possible
temperatura del subministrament de calor					mitjà a la xarxa de distribució de calor (vapor, aigua tèrmica)
pressió					propina al procés
cabal					pressió a la xarxa de distribució
consum anual (calor i fred)					cabal a la xarxa de distribució, propina al procés
Recuperació de calor					només per al procés. Especificau unitats.
es disposa de calor d'un sistema de recuperació?					
temperatura de la recuperació de calor					en cas afirmatiu: feu una descripció breu del sistema de recuperació
Acumulació de calor					
es disposa d'un sistema d'acumulació de calor?					en cas afirmatiu: feu una descripció breu del sistema d'acumulació. Es pot fer servir el mitjà en el procés com un emmagatzemament?
volum d'emmagatzemament					
temperatura màxima d'emmagatzemament					
Equipament per generar calor (o fred)					feu una descripció breu de l'equipament (caldera, escalafons, etc.)
fabricant					
any de fabricació					
model					
nombre d'unitats					
combustible					
potència nominal					
consum de combustible (nominal)					
mitjà del procés					
producció nominal (especificar unitats)					
temperatura d'entrada					
temperatura de sortida					
rendiment global de conversió					
hores diàries de funcionament					
dies de funcionament anual					

Agraïments

Aquest estudi ha estat finançat per la Comissió Europea-Direcció General d'Energia i Transport. Programa ENERGY (5è Programa Marc d'Energia, Medi Ambient i Desenvolupament Sostenible), Projecte No. NNE5-1999-0308.

També volem mostrar el nostre agraïment a totes les empreses i altres entitats que han col·laborat en l'estudi.

Empresa	Ciutat/Província	País
Acabados Tintoretto, S.A.	Barcelona	Espanya
Agencia Local de la Energía (AGENER)	Jaén	Espanya
Agencia Local de la Energía	Sevilla	Espanya
AGUSTIN BARRAL, S.A.	Barcelona	Espanya
Argal, S.A.	Lleida	Espanya
Balenzategui, S.A.	Guipúzcoa	Espanya
BEIRALÂ LANIFÍCIOS, S.A.	Seia	Portugal
Bodegas Carbomás, S.A.	Barcelona	Espanya
Bodegas Osborne, S.A.	Cádiz	Espanya
Bodegas Torres	Barcelona	Espanya
Calsonic	Barcelona	Espanya
Cárdeno, S.A.	Badajoz	Espanya
Cárnicas Ciezanás, S.A.	Murcia	Espanya
CAVISA	Viladecavalls	Espanya
Cervezas DAMM	Barcelona	Espanya
COLORTEX 1967, S.L.	València	Espanya
Coop. Ganaderos Valle de los Reproches	Andalucía	Espanya
Corporació Alimentària Guisona, S.A.	Lleida	Espanya
Crevillente Industrial, S.A.	Alicante	Espanya
CURTUMES FABRICIO, LDA	Seia	Portugal
DANONE PORTUGAL, S.A.	Castelo Branco	Portugal
Dallant, S.A.	Barcelona	Espanya
Denso Barcelona, S.A.	Barcelona	Espanya
Doménech Hermanos, S.A.	Valencia	Espanya
Escorxador Gremial de Catalunya, S.A.	Girona	Espanya
ESTABLIMENTS VIENA, S.A.	Sabadell	Espanya
Estampados Sanchís, S.A.	Valencia	Espanya
FAPULME LDA	Chamusca	Portugal
FIBRACOLOR, S.A.	Girona	Espanya
Frigoríficos del Nordeste, S.A.	Girona	Espanya
Frigoríficos Andaluces de Conservas de Carne, S.A.	Málaga	Espanya
Frimancha Industrias Cárnicas, S.A.	Ciudad Real	Espanya
Grupo Cruzcampo, S.A.	Valencia	Espanya
Guarro Casas, S.A.	Gélida	Espanya
Heineken España, S.A.	Sevilla	Espanya
INTERMALTA, S.A.	Albacete	Espanya

Empresa	Ciutat/Província	País
ITEXCORK, LDA	Vendas Novas	Portugal
KIMBERLEY CLARK, S.L.	Salamanca	Espanya
La Fageda	La Garrotxa	Espanya
La Moravia, S.A.	Lleida	Espanya
MB Papeles Especiales	Girona	Espanya
Miquel Costas & Miquel	Barcelona	Espanya
M. R. A. NABEIRO LDA	Campo Maior	Portugal
MALTIBÉRICA, S.A.	Poçoirão	Portugal
MONTEIRO RIBAS IND S.A.	Alcanena	Portugal
NANTA, S.A.	Reus	Espanya
NISSAN Motor Ibérica, S.A.	Barcelona	Espanya
PANRICO, S.A.	Barcelona	Espanya
PERSAN, S.A.	Sevilla	Espanya
Pinsos Baucells, S.A.	Tona	Espanya
Pinsos Grau, S.A.	Barcelona	Espanya
PROMIC, S.A.	Barcelona	Espanya
PULEVA	Granada	Espanya
Refrescos del Atlántico, S.L.	Pontevedra	Espanya
S.A. De Orujo Gallego	Orense	Espanya
S.C.A. LAVASOR	Jaén	Espanya
SAFYC	Lleida	Espanya
SAGRA, S.A.	Lleida	Espanya
San Miguel	Lleida	Espanya
Soc. Coop. "Ntra. Sra. de la Soledad"	Badajoz	Espanya
Soc. Coop. Ntra. Sra. del Espino	Ciudad Real	Espanya
SODEAN	Sevilla	Espanya
SOLÈS-PAGÈS, S.A.	Girona	Espanya
SOTAVE, S.A.	Manteigas	Portugal
Subproductos Industriales, S.L. (SUPINSA, S.L.)	Córdoba	Espanya
Textil Navazo, S.A.	Salamanca	Espanya
Tintes Orient S.A.	Girona	Espanya
Unión de Fabricantes de Gaseosas, S.L. (UNFASA, S.L.)	Valencia	Espanya
Univ. de Córdoba (Prof. Antonio López Pinto)	Córdoba	Espanya
Viñas del Bierzo, Soc. Coop.	León	Espanya

El projecte POSHIP és un estudi que s'emmarca dins del programa ENERGY del 5è Programa Marc de la Comissió Europea.

Els objectius:

- Estudiar el potencial d'aplicació de l'energia solar tèrmica per generar calor en processos industrials a l'Estat espanyol i a Portugal
- Fer estudis de cas per analitzar-ne la viabilitat tècnica i econòmica en sectors concrets
- Propostes per a projectes de demostració

Més informació:

www.aiguasol.com/poship.htm

Llista d'organismes participants

Coordinació del projecte i adreces de contacte:



AIGUASOL Enginyeria

Hans Schweiger
Palau 4, 2n 2n
08002 BARCELONA (Espanya)

tel.: +34 93 342 47 55
fax: +34 93 342 47 56
e-mail: hans@aiguasol.com
web: www.aiguasol.com



Organismes participants:



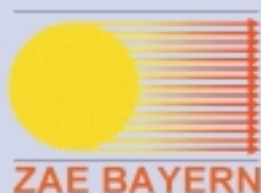
Inst. Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI)

João Farinha Mendes
Estrada do Paço do Lumiar, 22
1649-038 LISBOA (Portugal)
tel.: +351 21 712 71 86
fax: +351 21 712 71 95
e-mail: farinha.mendes@ineti.pt
web: www.ineti.pt



Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

Germán Prieto
Pº de la Castellana 95, Planta 21
28046 MADRID (Espanya)
tel.: +34 91 456 50 27
fax: +34 91 555 13 89
e-mail: germanpy@idaes.es
web: www.idaes.es



Bayr. Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE)

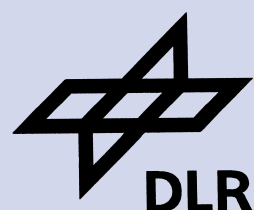
Christiane Schwenk
Domagkstr. 11
80807 MUNIC (Alemanya)
tel.: +49 89 35 62 50 30
fax: +49 89 35 62 50 23
e-mail: schwenk@a4.zae.physik.uni-muenchen.de
web: www.zae-bayern.de



Generalitat de Catalunya
Departament d'Indústria,
Comerç i Turisme
Institut Català d'Energia

Institut Català d'Energia (ICAEN)

Albert Mitjà i Sarvisé
Av. Diagonal 453 bis, àtic
08036 BARCELONA (Espanya)
tel.: +34 93 622 05 00
fax: +34 93 622 05 01
e-mail: renovables.icaen@menta.es
web: www.icaen.es



Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR)

Klaus Hennecke
Linder Höhe
51147 COLÒNIA (Alemanya)
tel.: +49 2203 601 32 13
fax: +49 2203 669 00
e-mail: klaus.hennecke@dlr.de
web: www.dlr.de



Sociedade Portuguesa
de Energia Solar

Sociedade Portuguesa de Energia Solar (SPES)

Dra. Maria João Carvalho
Edifício M1 – Campus do INETI-DER
Estrada Paço do Lumiar, 22
1649-038 LISBOA (Portugal)
tel.: +351 21 716 69 03
fax: +351 21 715 72 69
e-mail: spes@spes.pt
web: www.spes.pt