

## Criterios para la integración de la energía solar en los edificios

Por M<sup>º</sup> del Rosario Heras y Roberto Bosqued  
Programa de Investigación sobre Arquitectura Bioclimática CIEMAT

*La normativa técnica de muchos municipios españoles obliga a la instalación de sistemas de captación solar térmica para la producción de A.C.S. en todos los edificios de nueva planta o que se rehabiliten en su totalidad. Pero se ha observado que la integración de estos sistemas se realiza de una manera incorrecta en muchas ocasiones por la falta de información de los diferentes agentes implicados. Por todo ello, IDAE y CIEMAT, han decidido sacar a la luz una publicación divulgativa que analice las posibilidades de integración de los captadores solares planos en las condiciones más favorables. En esta ponencia, presentada en las Jornadas sobre Eficiencia Energética y Energías Renovables en edificios, organizadas por el IDAE el pasado mes de diciembre, se da una visión global de dicho documento.*

### CONCEPTOS PREVIOS

#### **La edificación energéticamente eficiente o bioclimática**

Esta edificación pretende sentar las bases para construir edificios de manera que con un consumo mínimo de energía renovable y/o convencional, mantengan constantemente las condiciones de con-

fort requeridas, utilizando sistemas y técnicas conocidas, adaptándolas a la manera de construir actual y otras nuevas dimanadas de proyectos de investigación llevados a cabo en los últimos años.

Para ello deben considerarse estrategias de diseño que aprovechen de forma óptima:

- Las condiciones ambientales del entorno (orientación, energía solar disponible, temperatura exterior, dirección predominante del viento, masas de agua, vegetación, etc.)
- Las características de los materiales y componentes de la envolvente del edificio y le doten de unas condiciones interiores de confort con la menor emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Son, por tanto, edificios que reducen sensiblemente la demanda de energía convencional y las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros agentes contaminantes a la atmósfera.

### LA ENERGÍA SOLAR EN EL URBANISMO Y LA EDIFICACIÓN

La ciudad supone una importante intervención sobre el espacio natural preexistente como consecuencia de las modificaciones introducidas en el mismo durante el proceso urbano, implica también cambios no despreciables del clima urbano frente al de la región o localidad donde la ciudad esta ubicada.

Los edificios pueden suponer una obstrucción solar sobre otros de su entorno, los pavimentos de la ciudad modifican la reflexión de la radiación solar en función de sus propias características y además el conjunto edificios-pavimentos producen un fenómeno de reflexión múltiple que propicia la elevación de la temperatura del aire urbano, frente a la de los espacios circundantes.

Los niveles de humedad del aire se modifican, así mismo, como consecuencia de la variación de la radiación solar.

Finalmente la contaminación o polución urbana, aparte de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera pueden producir fe-

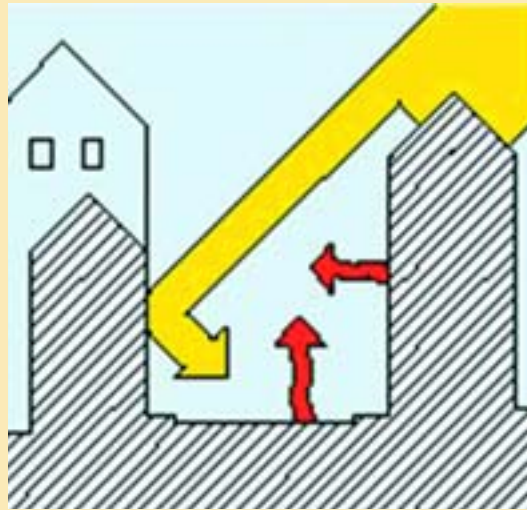


Figura 1: Flujos térmicos en la ciudad

nómenos de inversión térmica, no deseados.

Por tanto el diseño urbano responsable, el "urbanismo sostenible", es fundamental para conseguir niveles de confort que hagan de la ciudad un habitat humano y agradable, en vez de un lugar inhóspito del que se desea escapar.

Además, se debe diseñar y construir los edificios para que sean respetuosos con el ambiente y con la naturaleza, es decir, edificios que se comporten con la máxima eficiencia energética.

#### 3.1. Sistemas pasivos

El edificio debe ser considerado como un sistema energético ya que realiza las funciones de captación, almacenamiento y conservación de los recursos de su entorno, fundamentalmente los procedentes del sol. Esto se consigue mediante componentes que captan la energía solar y la transmiten al interior del edificio.

Como consecuencia de esto, los diseñadores de edificios y proyectistas deben tener



Figura 2: Captador solar plano.

en cuenta las técnicas y estrategias pasivas, mediante las cuales los edificios sean capaces de limitar al máximo sus necesidades energéticas, en las diferentes épocas del año, mediante el aprovechamiento racional de la energía solar, en épocas infracalentadas y el aislamiento y la evacuación del calor en épocas sobrecalentadas.

### Sistemas activos

En este documento se da más importancia a los captadores solares, ya que es el objetivo del mismo, aunque en los sistemas solares activos también deben de tenerse en cuenta los módulos fotovoltaicos.

### Captadores solares térmicos

Un sistema solar térmico utiliza la radiación solar para calentar un fluido (agua o aceite), que a su vez puede alimentar equipos de producción de calor, o de frío mediante sistemas como los de absorción o adsorción.

Los sistemas de captación solar térmica pueden ser de alta, media o baja temperatura. Los más utilizados en la

edificación son de baja temperatura y en ellos se centrará la publicación antes mencionada.

Las instalaciones solares térmicas de baja temperatura, se usan principalmente para calentar agua u otros fluidos mediante el uso de captadores solares planos.

Las aplicaciones específicas de este tipo de sistemas son:

- Producción de agua caliente sanitaria (A.C.S.)
- Calentamiento de piscinas
- Calefacción por suelo radiante
- Refrigeración mediante sistemas de absorción o adsorción.
- Agua caliente para usos industriales

De todos ellos el más extendido es el de producción de A.C.S.. Estos sistemas se componen fundamentalmente de:

- Un captador solar

- Un depósito de acumulación
- Un grupo de transferencia y regulación para los sistemas forzados

**Los captadores solares planos de baja temperatura se componen de:**

- Una caja o carcasa, generalmente de aluminio o acero galvanizado, aunque puede ser de otros materiales, existiendo diferentes tipos en el mercado.
- Unos absorbedores en forma de serpentín o unidos a un colector de entrada y uno de salida, por donde circula el fluido a calentar
- Un aislamiento térmico para evitar la pérdida de energía.
- Una cubierta de vidrio, para protección de los absorbedores frente a los agentes exteriores y para favorecerla captación de la radiación solar en su interior, favoreciendo el efecto invernadero.

Los captadores tienen su comportamiento óptimo cuando se colocan inclinados sobre la horizontal entre 20 y 45° en función de la latitud del lugar y orientados al sur. También se pueden colocar en otras orientaciones que favorecen la integración arquitectónica aunque disminuyan su rendimiento térmico.

2.- Los **depósitos acumuladores**, que generalmente incluyen un intercambiador de calor y realiza la transferencia de energía de los captadores en el circuito primario. Pueden además conectarse en serie a uno o varios depósitos alimentados por energía convencional (eléctrica o gas) o llevar un segundo intercambiador calentado por gas o electricidad.

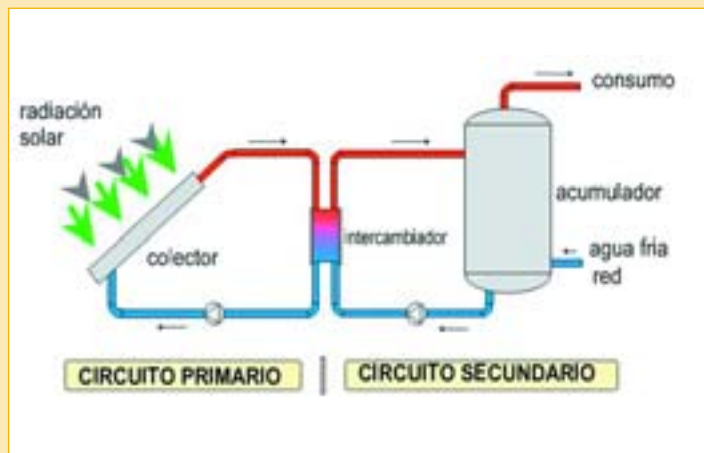


Figura 3: Esquema general de una instalación

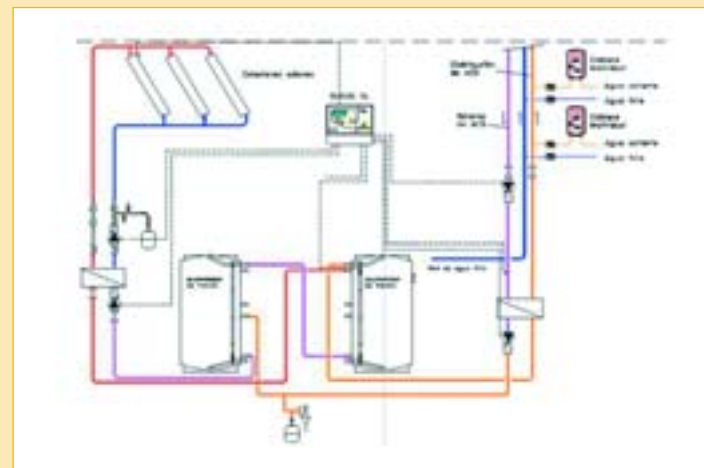


Figura 4: Sistema de ACS

3.- Finalmente, si el sistema es forzado, se incluye un **grupo de transferencia, regulación** y control que asegura automáticamente, la circulación de los fluidos, la protección contra heladas y la seguridad de la instalación.

El sistema funciona de acuerdo con un esquema similar al de la figura 4 de manera que puede ser usado independientemente del sistema convencional si se consigue agua por encima de 45°C, conjuntamente con él si eso no es posible o, en caso de carencia de soleamiento durante varias jornadas, se puede utilizar únicamente el sistema de apoyo, servido por energía convencional.

## La normativa actual

Tanto la Unión Europea, como el Estado Español, algunas Autonomías y Administraciones Locales, han tenido en cuenta desde hace tiempo, la necesidad de una mayor eficiencia energética en los edificios. Para ello han legislado y publicado normativa técnica al respecto.

Inicialmente, el ayuntamiento de Barcelona publicó en Julio de 1999 una Ordenanza de Medio Ambiente Urbano, con un anexo de captación de energía solar térmica, a la que siguieron las de muchos otros municipios españoles.

Actualmente existe la Directiva 2002/91/CE sobre eficiencia energética de los edificios, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y el segundo Proyecto del Código Técnico de la Edificación (CTE). Respecto a las Comunidades Autónomas existen normativas publicadas por una de ellas, la Comunidad Autónoma de Canarias, que considera el tema de captación solar térmica para la edificación y en cuanto a Administraciones Locales existen en 25 municipios, de los cuales 5 son andaluces, 1 balear, 1 castellano-leones, 12 catalanes, 1 ceutí, 2 madrileños, 1 navarro y 2 valencianos. Es posible, no obstante, que exista algún municipio con normativa publicada, a cuya información no se haya tenido acceso o que se publique mientras este trabajo se encuentre en proceso de impresión siguiendo el trabajo elaborado por el IDAE.

## INTEGRACIÓN DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS

Hasta el momento, se ha observado que al referirse a la "integración" de sistemas en la edificación y especialmente en el caso de las instalaciones solares,

una cantidad importante de autores trata exclusivamente de su inclusión en el edificio desde un único punto de vista puramente técnico y funcional.

En el presente trabajo, se ha tratado el concepto de "integración" en un sentido global. Por supuesto que es fundamental que la captación solar se realice en condiciones optimas, pero además es importante que forme parte del edificio, no como un añadido final, porque lo exige la normativa, sino constituyendo un todo armónico, integrado y distinto de la suma de las partes que lo componen. Por tanto, se pretende proporcionar ideas para que las instalaciones solares térmicas se planteen desde el inicio de la concepción del edificio y queden integradas en él, en el sentido anteriormente mencionado, evitando de esa manera la proliferación de elementos claramente ajenos a las edificaciones que producen siempre efectos no deseados en el paisaje urbano.

## Dimensionado previo

Cuando un profesional de la edificación se plantea la realización de cualquier proyecto debe tener en cuenta y poner en orden una gran cantidad de parámetros de todo tipo, para conseguir un producto final coherente, funcional y armónico.

Para ello ha de poder cuantificar, a priori, las necesidades, espacios y superficies necesarias. Por ello, para plantearse de manera inteligente, la integración de los captadores solares, lo primero que debe conocerse es la superficie necesaria de los mismos, para cubrir las necesidades de su proyecto.

Se plantean en esta publicación dos maneras de obtener esta superficie, una rápida y sencilla y otra de mayor complejidad, aunque ninguna de las dos pretenden rea-

lizar un cálculo exhaustivo, sino simplemente dar un orden de aproximación suficiente para que el diseñador del edificio pueda decidir, como y donde ubicar esta parte de la instalación solar.

Igualmente se proporcionan métodos para calcular sombras arrojadas y pérdidas de eficacia de los captadores, por diferente inclinación que la óptima, así como un método sencillo para calcular las distancias mínimas entre captadores o entre obstáculos y filas de captadores, para evitar sombreamientos.

## ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO. CRITERIOS DE INTEGRACIÓN

En este apartado se analizarán las diferentes maneras de integrar los captadores presentando para ello diferentes criterios.

### ¿Dónde colocar los captadores?

Una vez conocida la superficie aproximada de captadores, necesaria para cubrir la demanda energética, en las condiciones indicadas en las diferentes normativas, hay que plantearse donde colocar los captadores.

Se plantea en la publicación las diferentes posibilidades de colocación, haciendo referencia a los resultados obtenidos en diferentes proyectos de investigación, en es-



Figura 5: Colocación sobre cubierta plana y estructura auxiliar

pecial se hace referencia al proyecto ARCHINT (ARCHitectural INTEGRation of solar system in building), dentro del Programa CRAFT-JOULE ,2001, coordinado por el CIEMAT, donde se analizaron los diferentes modelos comerciales existentes en el mercado en aquel momento, observando que la conexión, tanto en serie como en paralelo o serie-paralelo, entre los captadores no estaba resuelto para el caso de integración comúnmente admitida (la embebida), ya que las mismas imponían una cierta distancia entre las carcassas para poder ser realizadas correctamente y ello obligaba a introducir elementos de sellado que no resolvían con la suficiente garantía la estanqueidad del conjunto. Por ello se estudió un prototipo, con perfilera de aluminio, que resolvía este problema mediante un sistema de ensamblado entre las carcassas, que a su vez incluía una solución del conexionado. Este prototipo aún no se ha comercializado.

### ¿Cómo colocarlos?

A continuación se describen diferentes formas de colocar los captadores solares en los edificios, haciendo énfasis en los requerimientos de integración.

#### Caso general

Los captadores se colocan sobre una estructura auxiliar, generalmente metálica,



Figura 6: Captadores sobre estructura auxiliar en fachada



Figura 7: Captador anclado al soporte (una cubierta de teja).



Figura 8: Colocación sobre estructura auxiliar sobre fachada.

de sección triangular, que les proporciona una inclinación distinta que la del soporte.

Es una solución en la que priman los requerimientos puramente técnicos, para conseguir el mayor aprovechamiento de la radiación solar por el captador (orientación al sur e inclinación óptima), pero no suelen cumplir los mínimos requerimientos de integración.

### **Superpuestos**

*Sobre estructura auxiliar con distinta inclinación que el soporte*

Suele emplearse este sistema para la colocación sobre fachadas

En algunos casos, se utilizan los propios captadores como elementos sombreadores de huecos acristalados formando parte de estrategias pasivas de acondicionamiento.

*Directamente anclados sobre el soporte*



Figura 9: Captador sobre cubierta sustituyendo a la teja.



Figura 10: Captadores sustituyendo los materiales de cubierta

Esta solución es la que se emplea generalmente en el caso de superposición, posiblemente por ser la más sencilla a la hora de ejecutar la obra, aunque no es, evidentemente, la más satisfactoria, desde el punto de vista funcional y estético.

*Sobre estructura auxiliar, con la misma inclinación que el soporte*

Solución interesante desde el punto de vista funcional porque se propicia la evacuación de calor por la parte trasera de la carcasa de los captadores.

Estéticamente suele resultar peor, porque generalmente no se cuida el diseño y colocación del soporte y su integración con el propio captador y con el resto de la edificación.

Algo mejor resulta la solución de la figura 9 en la que se ha estudiado con detenimiento la ubicación en la cubierta sustituyendo parte de la cobertura de teja curva, justo en la zona donde se encuentra el canalón de recogida de aguas pluviales.

### **Embebidos, sustituyendo al propio elemento constructivo**

Esta forma de colocación, tanto en fachadas como en cubiertas, supone la sustitución de una parte de la superficie de estos componentes, o incluso la totalidad de la misma por captadores solares planos.

En el caso de la figura 10 los captadores han sido integrados muy inteligentemente, constituyendo la propia cubierta del edificio residencial.

No obstante puede observarse que se encuentran sombreados parcialmente en el momento que se tomó la fotografía, muy probablemente a primeras horas de la mañana.

Si el sombreado hubiera ocurrido durante las 10:00h y las 14:00h solares del solsticio de invierno, la instalación tendría importantes problemas de ineficacia.

### **Exentos**

En ocasiones, debido a la gran superficie necesaria de captación no es posible ubicar en parte alguna de la edificación el campo de captadores, por lo que éste se ubica al nivel de suelo, o en zonas anejas a las edificaciones que va a servir.

En este supuesto, la integración arquitectónica no es posible y no se plantea, aunque deberían potenciarse siempre este tipo de aplicaciones con otros fines, aunque no sea el motivo de este documento.

### **Como elementos constituyentes de la composición arquitectónica**

Cuando el proyecto de un edificio se plantea como una obra de Arquitectura, teniendo en cuenta desde el primer momento de su concepción, todas las va-



Figura 11: Ejemplo de integración arquitectónica

riables necesarias para su realización y todos los elementos y sistemas que deben "integrarlo", es posible conseguir resultados que son de todo punto inviables, cuando no es éste el planteamiento de partida.

En la figura 11 se muestra una realización arquitectónica en la que la instalación térmica se encuentra exenta del resto de la edificación, con la función de sombrear la fachada sur en verano, pero formando parte de la composición de un todo funcional y armónico, de tal manera que la supresión de cualquier parte de la misma supondría, de alguna manera, la pérdida de la identidad inicial.

### **Edificios de nueva planta**

La edificación de nueva planta es, sin duda, la mejor y más fácil a la hora de incorporar los captadores solares, en el sentido de integración que se viene defendiendo.

Las maneras de integración son tantas como la propia imaginación del diseñador o proyectista sea capaz de asumir, con los únicos condicionantes funcionales de que deben estar orientados sensiblemente al sur y que no deben recibir sombreado.

### **Edificios existentes**

En la edificación existente la integración de cualquier elemento ajeno, en princi-

pio, a la concepción primitiva del edificio, es un planteamiento no excesivamente diferente al caso de la edificación de nueva planta, pero presenta lógicamente parámetros de partida en las que el proyectista no ha intervenido (la edificación preexistente) y que tiene que tener en cuenta a la hora de plantear su intervención.

Dentro de los edificios existentes, podemos distinguir dos grandes grupos: edificios a rehabilitar sin interés arquitectónico y/o histórico-artístico y edificios que sí poseen dichos valores, y dentro de cada uno de esos grupos, si la intervención consiste en una restauración o en una rehabilitación libre.

**Edificios a rehabilitar sin interés arquitectónico y/o histórico-artístico**

A continuación se trata únicamente el caso de restauración, en la que no existe libertad para modificar la edificación existente, ya que en caso contrario, se estaría prácticamente en el mismo supuesto de la edificación de nueva planta.

*Colocación sobre cubierta plana*

En este caso los captadores van montados sobre estructura auxiliar, inclinada el ángulo óptimo para el mayor aprovechamiento energético.

Por tanto esta solución no es aceptable desde el concepto de integración que se viene defendiendo. No obstante es una posibilidad que solamente es recomendable cuando no existe ninguna otra.

Existen dos posibilidades básicas de colocación de los captadores:

En la figura 12 se muestra la que da prioridad a los condicionantes de orden estético, al situar los captadores paralelos a la facha S-E

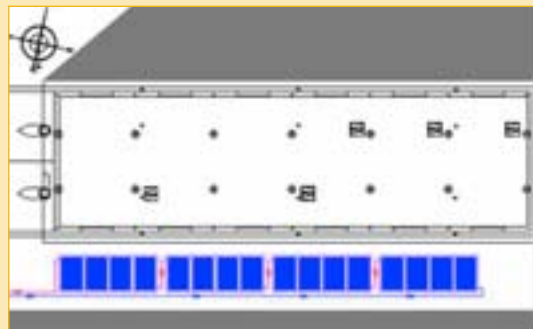


Figura 12: Sobre cubierta plana paralela a fachada

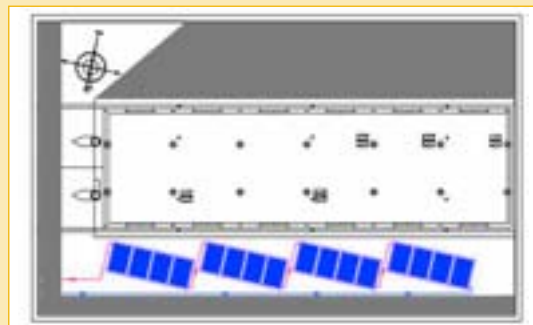


Figura 13: Sobre cubierta plana orientados al sur.

En la figura 13 los captadores se han colocado dando prioridad a la orientación, para garantizar las condiciones óptimas de aprovechamiento solar.

*Colocación sobre cubierta inclinada*

El caso de la cubierta inclinada presenta menor grado de libertad que la plana para integrar los captadores, ya que hay que plantearse la funcionalidad del sistema en los casos de buena orientación e inclinación, que son: buena orientación pero no inclinación, buena inclinación pero no orientación y orientación e inclinación distintas de las óptimas.

*Colocación en fachada*

Este supuesto es, posiblemente, el más complejo y el que menos posibilidades brinda para la integración de los captadores.

Evidentemente solo son aprovechables fachadas orientadas al sur o desviadas



Figura 14: Integración de captadores en fachada

de esta orientación entre 20-22° máximo, hacia el este u oeste.

Además tanto la solución embebida, como la superpuesta precisan de paños ciegos de cierta entidad, al estar los captadores inclinados 90° respecto a la horizontal, por lo que suelen

ser muy bien aprovechados los testeros ciegos bien orientados (ver figura 8), si bien estas características no son, ciertamente, habituales.

Por supuesto, en el caso de poder modificar exteriormente la edificación, el proyectista siempre es capaz de encontrar soluciones interesantes, como la que se muestra en la figura 14.

### Edificios Histórico - Artísticos

La intervención en edificios Histórico-Artísticos o de alto valor arquitectónico es claramente más restrictiva que en el resto de los tratados hasta el momento.

Si bien en ciertas actuaciones, es posible introducir algunas modificaciones sobre la obra construida e incluso de obra nueva, lo más común, sobre todo en Arquitectura monumental, es que se realicen trabajos de consolidación, mantenimiento y restauración, en las que el edificio original no sufre variaciones formales.

En el caso de restauración es en el que se plantean problemas de integración de más entidad, no solo por su condición in-

trínseca, sino también por la responsabilidad que siempre implican actuaciones de esta importancia.

En este tipo de edificios, deben ser tenidos en cuenta planteamientos que sean estrictamente respetuosos con la obra preexistente y por ello no son planteables actuaciones en las que los captadores cambien la orientación o inclinación, con respecto de los planos de la edificación y por razones similares, la actuación sobre fachadas es prácticamente imposible, quedando reducida la integración de captadores a las cubiertas, inclinadas a una o dos aguas, en la mayoría de los casos y acabadas generalmente en teja o pizarra.

En la figura 15 se muestra la integración de captadores en un edificio histórico, embebidos en la cubierta, de teja plana, del mismo.



Figura 15: Integración de captadores en cubiertas



Figura 16: Integración de captadores en patios

En la figura 16 se puede ver una sección del mismo edificio alojando captadores en la cubierta del patio interior.

### DIAGRAMAS DE DECISIÓN

Todas las posibilidades que se han estudiado pueden agruparse en una serie de diagramas de decisión, en función

de la tipología edificatoria, que sintetice y, como consecuencia, facilite la decisión del proyectista de una manera sistematizada.

Los diagramas de decisión que se exponen en la publicación son para tanto para edificios de nueva planta como para edificios existente e históricos.

## CONCLUSIÓN

En esta ponencia se ha expuesto un resumen muy general de la publicación, próxima a editarse, donde el IDAE y el CIEMAT conscientes de la necesidad de incrementar las aplicaciones de la energía solar térmica dan una serie de pautas para propiciar que los captadores solares térmicos sean considerados como parte de la edificación desde las primeras concepciones del diseñador, exponiendo diferentes formas de colocarlos y dando las nociones fundamentales para unos cálculos que le aproximen a los valores y sirvan de ayuda a los diseñadores o proyectistas de edificios.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) HERAS, MR. et all: "La Energía Solar en la Edificación" Serie Ponencias, Editorial CIEMAT, 2001
- 2) BOSQUED, R.: "Edificación bioclimática Pasiva: Diseño y materiales". Curso de verano, Universidad de Alcalá, Julio, 2003..
- 3) BOSQUED, R.: "Urbanismo sostenible, materiales y técnicas constructivas" Curso de experto en energías renovables y eficiencia energética, Universidad de Salamanca, Zamora Sept.2003.
- 4) OLGAY, V: "Arquitectura y Clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas". Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1998.
- 5) GIVONI, B: "Man Climate and Architecture" Aplied Science Publishers, Ltd, Londres 1976
- 6) Agenda de la Construcción Sostenible: <http://www.csostenible.net>
- 7) "Housing Experiments Steering Committee" Manual de Construcción de la Casa Sostenible. 1993
- 8) Guía de la Edificación sostenible, Institut Cerdá, Ministerio de Fomento, IDAE, 1999.
- 9) DUFFIE, J.A Y BECKMAN, W.A.: "Procesos térmicos en energía solar. Laboratorio de Energía Solar Universidad de Wisconsin. Editorial Grupo Cero 1979
- 10) MEZQUIDA,E; MARTÍNEZ- ESCRIBANO, J.C.: "Criterios de diseño de las Instalaciones solares térmicas para la producción de agua caliente". Consejería de Economía y Hacienda de la Junta de Andalucía , INTA. Nov. 1991
- 11) Basic aspects for application or solar termal energy. A Thermie Programme Action: RE11 Comisión of the European Communities. IDAE.
- 12) IEA Solar Heating & Cooling Programme. 2002 Annual Report with a Feature on Integrated Design Process. January 2003
- 13) Proyecto de cuatro instalaciones de agua caliente sanitaria, por energía solar. Documento IDAE. Diciembre 2002
- 14) Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura. IDEA, Revisión octubre de 2002.<http://www.idae.es/subvenciones/ficheros/subvenciones/Pct-t10.pdf>)
- 15) IDAE: <http://www.idae.es>
- 16) CIEMAT: <http://www.ciemat.es>