

*Evaluación del cumplimiento
de las exigencias básicas de*

AHORRO DE ENERGÍA EN VIVIENDAS

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

El objetivo de este trabajo es el estudio y verificación del cumplimiento en viviendas de las exigencias de ahorro de energía que establece el Código Técnico de la Edificación (CTE) en el documento básico «HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria»⁽¹⁾. Desde la entrada en vigor del CTE en 2006 se han concedido más de 380.000 licencias para construir nuevos edificios residenciales⁽²⁾, por lo que existe un campo de trabajo amplio para analizar el alcance de la norma. Para conocer el nivel de cumplimiento del CTE en este campo se han inspeccionado las instalaciones de energía solar térmica de los 41 edificios de viviendas incluidos en la muestra, así como el cumplimiento del mantenimiento de las mismas, y se han verificado, mediante imágenes aéreas, las condiciones de otras 505 instalaciones. También se han mantenido entrevistas con usuarios y mantenedores para conocer su opinión sobre las instalaciones y se ha realizado un análisis de la normativa existente en la Comunidad de Madrid (España) sobre este tema.



Latinstock

Por **C. BEDOYA FRUTOS**. Universidad Politécnica de Madrid (cesar.bedoya@upm.es).
J. C. TOLEDANO GASCA y **D. HERRERA GUTIÉRREZ-AVELLANOSA**.



Antecedentes

La demanda de energía de los edificios de viviendas es una parte muy importante del consumo de energía final de la Unión Europea, y se espera que siga creciendo en los próximos años. En 2030 la UE dependerá en un 90% de las importaciones para cubrir sus necesidades de petróleo y en un 80% en el caso del gas ⁽³⁾.

El componente principal del consumo energético de la edificación es el debido al uso cotidiano del edificio. En general, el gasto energético en los edificios está condicionado por dos factores: el uso y mantenimiento de las instalaciones y las características constructivas del edificio (aislamiento, inercia térmica, etc.). Según datos que recoge el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE)⁽⁴⁾, la energía gas-

Mejorar la eficiencia energética de los hogares, responsables de la tercera parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del país, no solo ahorraría electricidad, gas y dinero, sino que paliaría el cambio climático

tada en las viviendas españolas se reparte como se indica en la tabla 1.

Mejorar la eficiencia energética de los hogares, responsables de la tercera parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del país, no solo ahorraría electricidad, gas y dinero, sino que paliaría el cambio climático. El Código Técnico de la Edificación (CTE), la norma regu-

ladora de la construcción en España, obliga a incluir medidas de ecoeficiencia desde 2006. La aplicación de este código se calcula que puede suponer un ahorro de energía en dichos edificios de entre el 30 al 40% y una reducción de emisiones de CO₂ de entre el 30 y al 55% ⁽³⁾.

Tabla 1. Consumos en los hogares españoles por usos (año 2011)

	Consumos vivienda media española
Calefacción	47,0%
Agua caliente sanitaria	18,9%
Cocina	7,4%
Refrigeración	0,8%
Iluminación	4,1%
Electrodomésticos	19,4%
Standby	2,3%

Fuente: IDAE

Normativa sobre instalaciones de energía solar térmica

Como parte de la revisión bibliográfica realizada, se ha hecho un análisis exhaustivo de la normativa vigente en relación con las instalaciones de energía solar térmica.

Código Técnico de la Edificación. Documento básico «HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria»

El documento básico HE4 establece la contribución solar mínima para agua caliente sanitaria en viviendas. Este documento recoge el ámbito de aplicación de la norma, la cuantificación de las exigencias y las condiciones de cálculo y dimensionado.

La norma se aplica a todos los edificios, independientemente del uso, de nueva construcción o rehabilitados, que tengan consumo de agua caliente sanitaria. Estas exigencias cuentan con algunas excepciones cuando se agrupan determinadas condiciones. La contribución solar mínima podrá disminuirse justificadamente cuando se cubra mediante el aprovechamiento de energías renovables, sobrepase los criterios de cálculo,



el edificio no cuente con suficiente acceso al sol, o existan limitaciones derivadas de la normativa urbanística.

En el primer punto de generalidades del CTE se incluye también el procedimiento de verificación para la aplicación de esta sección, que debe seguir la siguiente secuencia:

Para el año 2030 la UE dependerá en un 90% de las importaciones para cubrir sus necesidades de petróleo y en un 80% en el caso del gas

- Obtención de la contribución solar mínima.
- Cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado.
- Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento.

Como se puede observar, desde el principio de la norma se alude a la necesidad de establecer unas condiciones de mantenimiento de la instalación y de la obligatoriedad de su cumplimiento.

La contribución solar mínima viene marcada por la demanda total de agua caliente sanitaria del edificio, los valores anuales de energía solar de cada zona climática y por el tipo de fuente energética de apoyo escogida (gasóleo, propano, gas natural, etc. o electricidad mediante *efecto Joule*). Para el caso de Madrid, la contribución solar mínima es la que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Contribución solar mínima (Zona climática IV, Madrid)

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Caso general	Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Efecto Joule
50-5.000	60 %	50-1.000	70 %
5.000-6.000	65 %	1.000-2.000	70 %
6.000-7.000	70 %	2.000-3.000	70 %
7.000-8.000	70 %	3.000-4.000	70 %
8.000-9.000	70 %	4.000-5.000	70 %
9.000-10.000	70 %	5.000-6.000	70 %
10.000-12.500	70 %	>6.000	70 %
12.500-15.000	70 %		
15.000-17.500	70 %		
17.500-20.000	70 %		
>20.000	70 %		

ACS: agua caliente sanitaria.

Mantenimiento

Como ocurre con las exigencias de contribución solar, las condiciones de mantenimiento que impone el Código Técnico de la Edificación tienen carácter de mínimos y permiten que normativas locales o regionales apliquen condiciones de mantenimiento más completas.

El objetivo de las labores de mantenimiento es asegurar el funcionamiento,

Tabla 3. Plan de vigilancia

Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores		
Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
Cristales	3	Inspección visual. Condensaciones en las horas centrales del día.
Juntas	3	Inspección visual. Agrietamientos y deformaciones.
Absorbedor	3	Inspección visual. Corrosión deformaciones, fugas, etc.
Conexiones	3	Inspección visual. Fugas.
Estructura	3	Inspección visual. Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario		
Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	Inspección visual. Ausencia de humedad.
Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín
Circuito secundario		
Termómetro	Diaria	Inspección visual. Temperatura.
Tubería y aislamiento	6	Inspección visual. Ausencia de humedad y fugas.
Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

umentar la fiabilidad y prolongar la vida útil de la instalación. En el caso del CTE se establecen dos niveles complementarios de actuación: la vigilancia y el mantenimiento preventivo.

Según se recoge en la norma, «el plan de vigilancia se refiere, básicamente, a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación». (tabla 3)

Mientras, el plan de mantenimiento preventivo establece las «operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que, aplicados a la instalación, deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación».

Estas tareas de mantenimiento deberán realizarse cada seis meses (12 meses en el caso de las instalaciones de menos de 20 m²) por «personal técnico competente». El mantenimiento debe incluir la sustitución de elementos desgastados o deteriorados por el uso y deberán reflejarse todas las operaciones realizadas en

No se exige ningún tipo de certificación o verificación externa de estas revisiones, por lo que el funcionamiento final de la instalación puede no ser el previsto por la norma

el libro de mantenimiento de la instalación. (tabla 4)

El CTE establece las operaciones necesarias para el adecuado mantenimiento de las instalaciones, así como la obligatoriedad de actualización del libro de mantenimiento de la instalación, que debe reflejar todas las operaciones realizadas. Sin embargo, no se exige ningún tipo de certificación o verificación externa de estas revisiones, por lo que el funcionamiento final de la instalación puede no ser el previsto por la norma.

Ordenanzas solares

Para conocer las distintas exigencias de las ordenanzas solares, se han estudiado y comparado 13 ordenanzas de la Comunidad de Madrid, prestando es-

pecial atención a la contribución mínima exigida y a las tareas de mantenimiento que figuran en estas normas.

En general, se puede destacar que las normativas locales hacen referencia permanentemente a la normativa de aplicación del sector vigente, de forma que nunca queden desactualizadas por la introducción de nuevas normativas de ámbito más general (estatal o regional). De las 13 ordenanzas analizadas, solo dos han sido derogadas (Madrid y Tres Cantos).

Hay cuatro aspectos que aparecen en prácticamente todas las ordenanzas revisadas: garantía de cumplimiento, protección del paisaje, deber de conservación e inspecciones e infracciones.

La garantía de cumplimiento de la normativa se realiza mediante la exigencia de la presentación de un proyecto de instalación para la concesión de la licencia de primera ocupación o licencia de actividad de los locales.

Casi la totalidad de las ordenanzas hacen referencia a la necesidad de conservación o protección del paisaje, y se reservan el derecho de revisar las instalaciones para verificar que ninguna incumple las ordenanzas locales de urbanismo o protección del patrimonio.

Medio ambiente

Tabla 4. Plan de mantenimiento

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema de captación		
Captadores	6	Inspección visual. Diferencias sobre original y entre captadores
Cristales	6	Inspección visual. Condensaciones y suciedad
Juntas	6	Inspección visual. Agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	Inspección visual. Corrosión, deformaciones
Carcasa	6	Inspección visual. Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	Inspección visual. Aparición de fugas
Estructura	6	Inspección visual. Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos
	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores ⁽¹⁾	12	Destapado parcial del campo de captadores
	12	Vaciado parcial del campo de captadores
	12	Llenado parcial del campo de captadores
Sistema de acumulación		
Depósito	12	Presencia de lodos en el fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación de desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad
Sistema de intercambio		
Intercambiador de placas	12	Control de funcionamiento. Eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	Control de funcionamiento. Eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Circuito hidráulico		
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	Inspección visual. Degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	Inspección visual. Uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	Control de funcionamiento y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	Control de funcionamiento. Actuación
Válvula de corte	12	Control de funcionamiento. Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	Control de funcionamiento. Actuación
Sistema eléctrico y de control		
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que esté siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	Control de funcionamiento. Actuación
Termostato	12	Control de funcionamiento. Actuación
Verificación del sistema de medida	12	Control de funcionamiento. Actuación
Sistema de energía auxiliar		
Sistema auxiliar	12	Control de funcionamiento. Actuación
Sondas de temperatura	12	Control de funcionamiento. Actuación

(1) Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas de tapado o vaciado de los captadores para evitar el sobrecalentamiento.

NOTA: Para las instalaciones menores de 20 m² se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de seis y 12 meses. No se incluyen los trabajos propios del mantenimiento del sistema auxiliar.

En muchas ordenanzas se destaca la obligación del propietario o titular de la instalación de «preservar las condiciones con arreglo a las cuales hayan sido autorizadas» y de «preservar las condiciones de funcionalidad, seguridad, salubridad y ornato». Sin embargo, en ninguna norma se especifica el mantenimiento necesario o se propone un plan de vigilancia; solamente la normativa de Tres Cantos exigía la suscripción de un contrato de mantenimiento por un año.

Todas las normativas, con la excepción de la de Tres Cantos, reflejan la posibilidad de que los servicios municipales realicen inspecciones de las instalaciones e impongan sanciones, en el caso de que no funcionen correctamente.

Como resumen del análisis realizado, la tabla 5 refleja todos los aspectos encontrados en la normativa que amplían o contradicen las exigencias del CTE.

Características de las instalaciones

Durante las inspecciones se han identificado distintos tipos de instalaciones que se han agrupado de la siguiente manera:

- Instalaciones normales o «a medida». Se trata de las instalaciones más habituales en vivienda colectiva, ya que permiten adaptar las necesidades de cada caso.
- Instalaciones con sistemas *drain-back*. Se trata de equipos compactos, habitualmente empleados en viviendas unifamiliares por su facilidad de uso y mantenimiento.
- Instalaciones con equipos termosifónicos. Son los equipos compactos más sencillos, ya que funcionan sin circulación forzada ni sistemas de protección al sobrecalentamiento.

- Instalaciones con equipos compactos sencillos. A diferencia de los sistemas *drain-back*, estos equipos compactos funcionan de forma similar a las instalaciones tradicionales «a medida», por lo que necesitan sistemas de protección, purgado, etc.

Objetivos

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo final de este proyecto es analizar el grado de cumplimiento de las exigencias de contribución solar térmica del CTE. Es necesario detectar y mejorar los aspectos que puedan resultar problemáticos en la utilización y mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica, para lograr una verdadera mejora de la eficiencia energética de los hogares.

Tabla 5. Comparación de ordenanzas solares

Municipio	Año de redacción	Vigente	Garantía de cumplimiento	Exención o disminución	Protección del paisaje	Deber de conservación	Inspección y ejecución	Infracción y sanción	Derecho al soleamiento	Orientación e inclinación	Parámetros de consumo	Aporte solar	Ayudas
Alcalá de Henares	2008	SI	+	+	+	+	+	+					
Alcobendas	2006	SI	+	+		+	+	+		+			
Getafe	2004	SI	+		+	+	+	+				+	
Hoyo de Manzanares	2005	SI	+		+	+	+					-	
Madrid	2003	NO	+		+	+	+					+	
Navalcarnero	2006	SI	+		+	+	+	+	+		+	+	
Rivas-Vaciamadrid	2004	SI	+		+	+	+	+			+	-	
S. Fernando Henares	2005	SI	+		+	+	+				-		+
San Martín de Vega	2005	SI	+	+	+		+	+		+	-	-	+
San Sebastián Reyes	2004	SI	+		+	+	+	+				+	
Soto del Real	2003	SI	+		+	+	+	+				-	+
Torrejón de Velasco	2004	SI	+		+	+	+	+				-	+
Tres Cantos	2004	NO				+						+	

Nota: Los aspectos que se amplían respecto al CTE, bien porque son más restrictivos o bien porque se introducen apartados nuevos, se han reflejado en la tabla con un símbolo +, mientras que los aspectos que en las ordenanzas son menos exigentes que en el CTE se han reflejado con el símbolo -.

Para ello se establecieron tres objetivos concretos:

Objetivo 1. Verificar que las instalaciones de energía solar térmica de los edificios de viviendas de nueva construcción cumplen la normativa reflejada en el Código Técnico de la Edificación.

Objetivo 2. Analizar el estado de conservación y funcionamiento de las instalaciones de energía solar térmica en viviendas.

Objetivo 3. Comprobar si la falta de vigilancia y mantenimiento preventivo de las instalaciones afecta al funcionamiento de las mismas y, por tanto, a su rendimiento.

Materiales y metodología

Para el desarrollo de las inspecciones se elaboraron las herramientas necesarias para realizar un análisis, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, de las instalaciones de energía solar térmica.

Las visitas a las instalaciones de energía solar térmica y las entrevistas con usuarios y mantenedores de la instalación necesitaban instrumentos diferen-

tes. Para la primera parte se desarrolló una hoja de control, o *check-list*, que permitiera comprobar de forma sistemática y objetiva el estado y funcionamiento del sistema. En cuanto a las entrevistas, se creó un guión estructurado que permitiera abordar siempre los mismos puntos, pero que tuviera una mayor flexibilidad a la hora de recoger las opiniones de los entrevistados.

Determinación de la muestra

Para la determinación de la muestra de instalaciones que iban a formar parte de la investigación contamos con la colaboración de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, que nos puso en contacto con los propietarios de las instalaciones registradas en la comunidad autónoma desde el año 2010.

La totalidad de la muestra seleccionada se encuentra en la Comunidad de Madrid y cuenta con instalaciones de potencia inferior a 70 kW (aproximadamente 100 m² de colectores solares). De esta forma, se asegura una muestra homogénea en cuanto a las condiciones climáticas y a las características técnicas de las instalaciones, que permitirá el

estudio estadístico de los resultados para obtener conclusiones sobre el estado real de las instalaciones.

Para determinar el tamaño y nivel de precisión de la muestra utilizamos la fórmula simplificada propuesta por Yamane⁽⁵⁾ para poblaciones de tamaño conocido (con un nivel de confianza del 95%).

$$n = \frac{N}{1 + N e^2} = \frac{711}{1 + 711 \cdot 0,15^2} = 41,82$$

Donde: n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

e = nivel de precisión

Fases de trabajo

Para desarrollar el proyecto se estableció un cronograma compuesto de tres fases y un total de nueve tareas, distribuidas como se muestra en la tabla 6.

Resultados

A continuación se presentan algunos de los aspectos más destacados de los resultados obtenidos en las inspecciones de las instalaciones, en el trabajo de verificación de las instalaciones que no

Tabla 6. Cronograma

Acción Mes	1 e	2 f	3 m	4 a	5 m	6 j	7 j	8 a	9 s	10 o	11 n	12 d
FASE 1												
1.1 Revisión bibliográfica												
1.2 Determinación de la muestra												
1.3 Elaboración del material												
FASE 2												
2.1 Contacto con propietarios												
2.2 Visitas a los edificios												
2.3 Entrevistas												
2.4 Verificación de instalaciones												
FASE 3												
3.1 Análisis de datos												
3.2 Elaboración de informe												

se pudieron visitar y en las entrevistas mantenidas con usuarios y mantenedores de las instalaciones inspeccionadas.

Inspección de las instalaciones

Se han analizado 41 instalaciones de energía solar térmica en viviendas. Como se puede ver en la figura 1, de las 41 instalaciones analizadas, nueve se encuentran en edificios de vivienda colectiva en bloque (21,9%) y 32 en viviendas unifamiliares (78,1%).

En cuanto la situación de los colectores, observamos que, de las 36 instalaciones donde se ha podido medir la inclinación y orientación, 16 tienen una pérdida no superior al 5% y otras 16 presentan pérdidas de rendimiento de entre el 5 y el 10%. Las otras cuatro instalaciones analizadas tienen unas pérdidas muy importantes, por lo que, para alcanzar la contribución mínima exigida por el CTE, necesitan una superficie de captación mucho mayor. (figura 2)

Como parte de la inspección de las instalaciones se verificaban las características del sistema de apoyo para agua caliente sanitaria instalado en las viviendas. En todos los casos existía algún sistema de apoyo en las viviendas unifamiliares, generalmente el mismo que se emplea para la calefacción, y la mayor parte usa gas natural como combustible (87,8%). (figura 3)

Para conocer la relación entre el mantenimiento y el funcionamiento de las instalaciones, se verificó tanto la existencia de algún tipo de servicio de mantenimiento, como la facilidad de acceso a la cubierta. (figura 4).

De las instalaciones analizadas, solo 19 tienen contrato de mantenimiento (46,3%). Aunque según el Código Técnico de la Edificación en instalaciones de potencias inferiores a 70 kW no es obligatorio tener un contrato de mante-

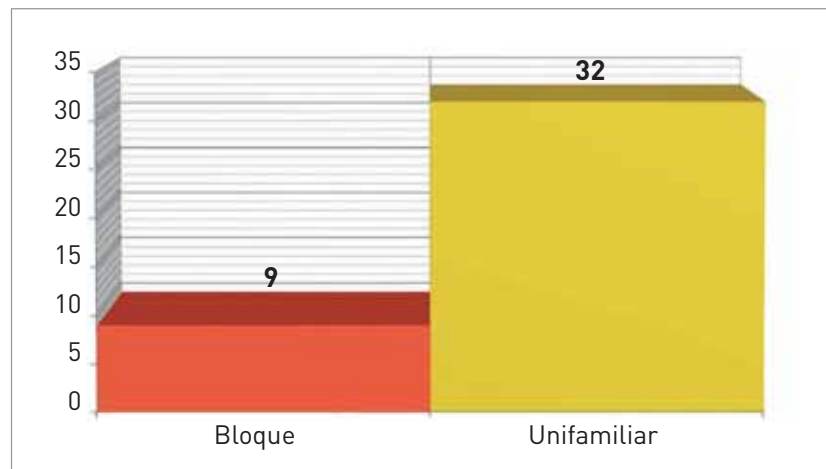


Figura 1. Tipología de las viviendas analizadas.

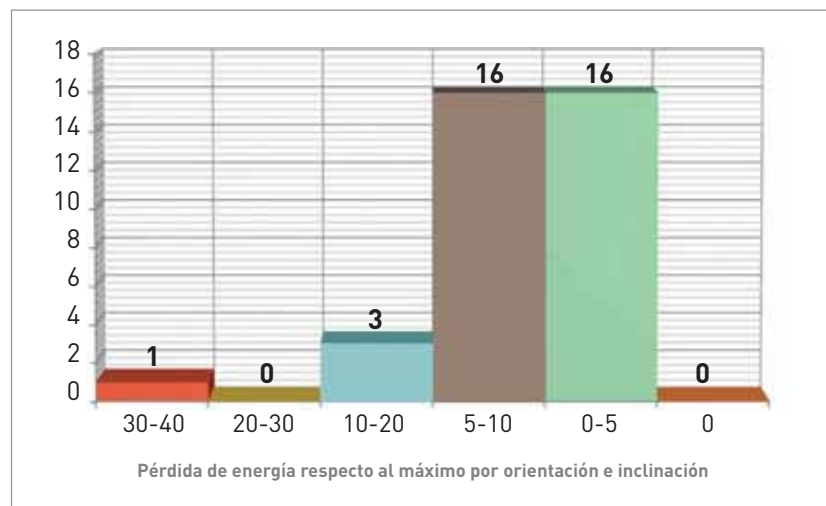


Figura 2. Pérdidas por orientación e inclinación.

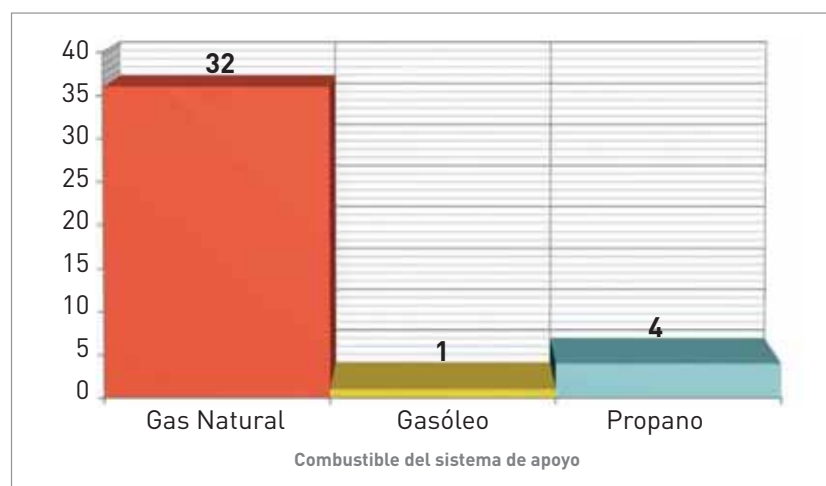


Figura 3. Sistema de apoyo para ACS.

Hay cuatro aspectos que aparecen en prácticamente todas las ordenanzas revisadas: garantía de cumplimiento, protección del paisaje, deber de conservación e inspecciones e infracciones

nimiento de las instalaciones, sí existe la obligatoriedad de seguir un plan de mantenimiento preventivo. Dado que algunas de las labores de vigilancia y mantenimiento debe realizarlas un técnico cualificado, es recomendable contar con un servicio de mantenimiento, que asegure la adecuada revisión de la instalación y de los equipos que forman parte del sistema. Durante las inspecciones se detectaron cinco instalaciones que no funcionaban correctamente y, precisamente, cuatro de ellas estaban en fincas sin mantenimiento. (figura 5)

La facilidad de acceso a la cubierta es un factor importante a la hora de elegir qué tipo de instalación se va a colocar. Mientras que en las cubiertas con un acceso relativamente fácil se puede encontrar prácticamente cualquier tipo de instalación, en los edificios con cubiertas difícilmente accesibles, generalmente viviendas unifamiliares con cubierta inclinada, predominan las instalaciones compactas de sistema *drain-back*. (figura 6)

De las 41 instalaciones analizadas, solo 20 (48,7%) se encuentran en edificios en los que se accede a la cubierta fácilmente. La accesibilidad permite un mejor mantenimiento de las instalaciones y una revisión periódica de las mismas, tanto por parte del usuario como del mantenedor.

No toda la energía solar captada es utilizada, especialmente en los meses de

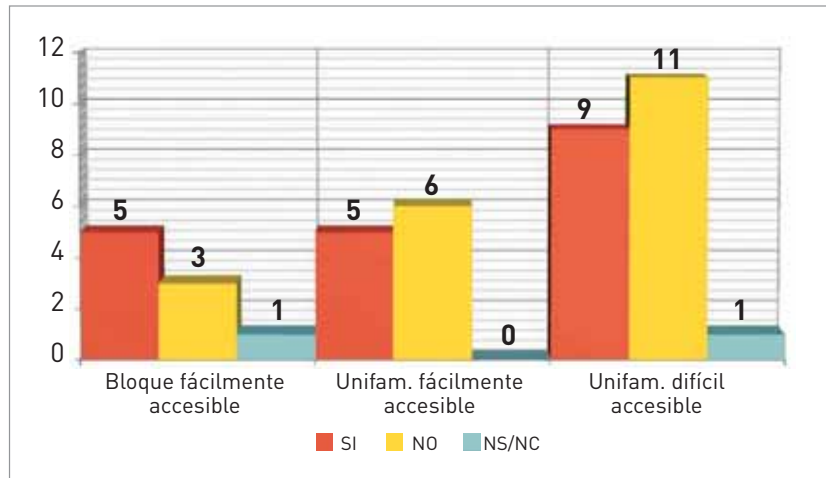


Figura 4. Contrato de mantenimiento según tipología y accesibilidad de la cubierta.

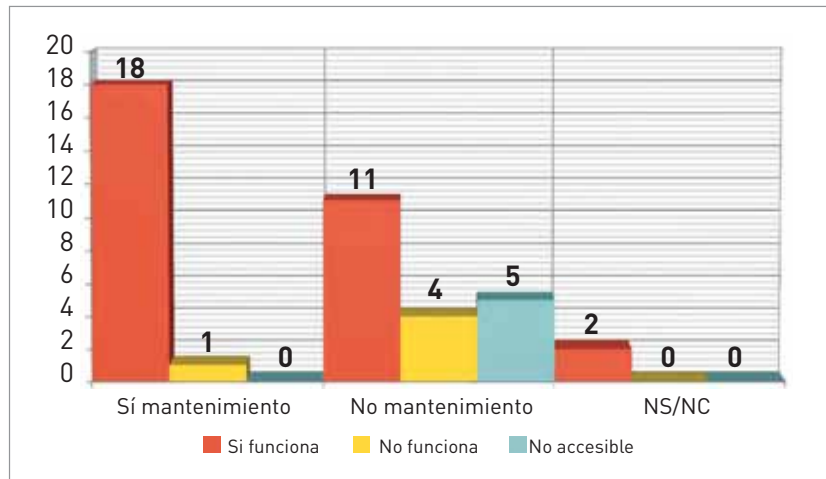


Figura 5. Número de instalaciones que funcionan según la existencia, o no, de contrato de mantenimiento.

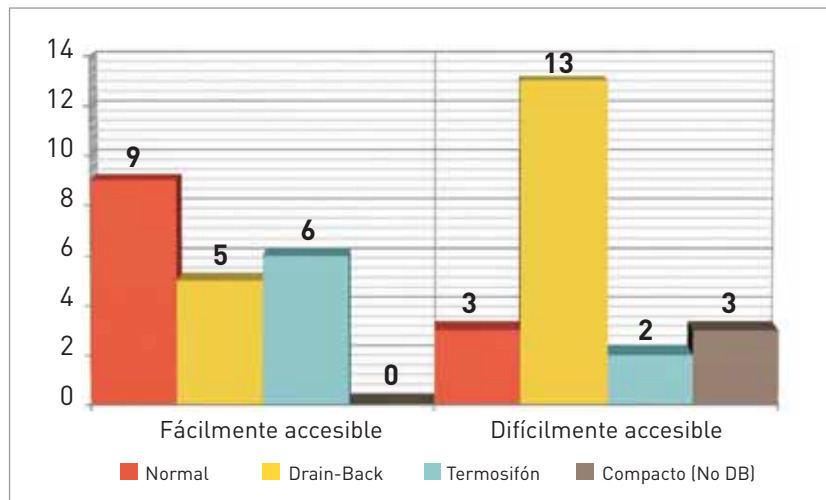


Figura 6. Tipo de instalación según la facilidad de acceso a la cubierta.

verano, por lo que las instalaciones necesitan un sistema de evacuación para disipar el exceso de energía térmica captada por los paneles. En instalaciones pequeñas, como las utilizadas en viviendas unifamiliares, con superficies de captación en torno a los 2 m², se ha comprobado que no se instalan sistemas de evacuación.

El único tipo de instalación que por sus características no necesita sistema de evacuación de exceso de energía es el de tipo *drain-back*. Sin embargo, co-

mo se puede observar en la figura 7, en la mayoría de los casos, independientemente del tipo de instalación, no se ha dispuesto ningún sistema.

En las 21 instalaciones en que se ha podido realizar la inspección visual de los colectores se ha comprobado que todas presentaban suciedad y/o condensaciones en la superficie del cristal, lo que demuestra la falta de mantenimiento o vigilancia por parte de los usuarios.

A priori, parece lógico pensar que todas las instalaciones necesitan un siste-

ma de regulación y control para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Sin embargo, a la vista de los resultados obtenidos, dependiendo del tipo de instalación escogido para la captación de energía solar, no todos cuentan con sistemas de regulación o control. En la figura 8 se ve que, de las 41 instalaciones analizadas, 32 sí tienen sistema de regulación y control (78%), mientras que nueve no lo tienen (22%).

Los sistemas compactos más sencillos, precisamente los que no tienen ningún tipo de sistema de disipación de exceso de energía térmica, no cuentan con centralita o sistema de control, lo que puede provocar un mal funcionamiento del sistema, sin que el usuario sea capaz de percibirlo.

Verificación de las instalaciones

Como se ha comentado anteriormente, para completar el análisis realizado con la inspección de las instalaciones de energía solar térmica se decidió realizar una verificación de las condiciones de las instalaciones que no respondieron a la solicitud de participación en el proyecto.

Mediante la consulta de imágenes aéreas, se ha comprobado si los edificios cuentan con el número de colectores que aparece reflejado en el registro de instalaciones de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

Además, se han recogido otros datos para el análisis de la población de instalaciones de energía solar térmica, como, por ejemplo, la orientación de los colectores o la existencia de objetos que puedan arrojar sombras sobre la superficie de captación.

Se ha analizado un total de 505 instalaciones, localizadas en 34 poblaciones diferentes (73 códigos postales distin-

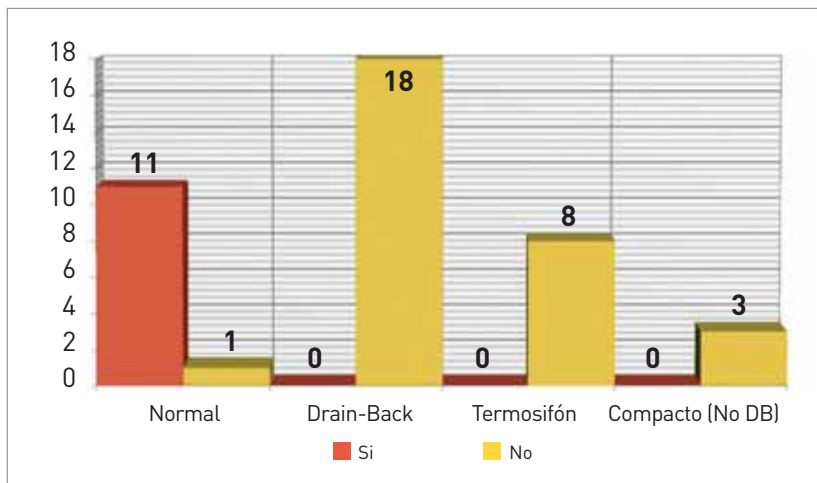


Figura 7. Disposición de un sistema de evacuación del exceso de energía, según tipo de instalación.

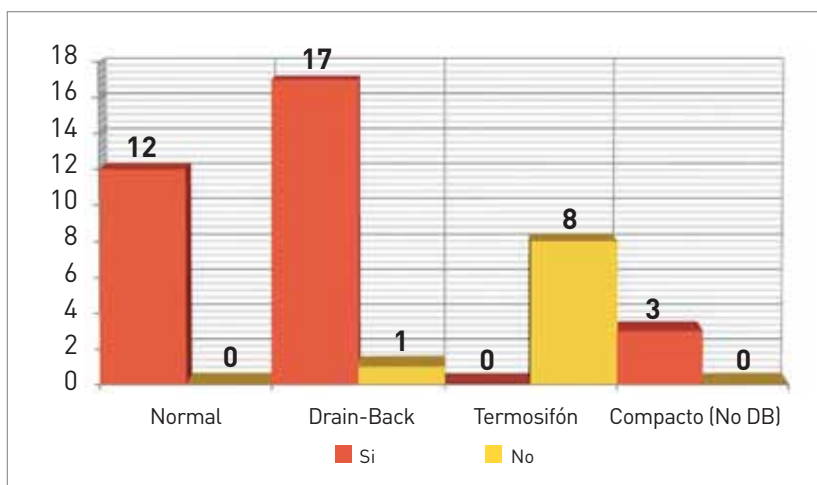


Figura 8. Existencia de centralita de regulación y control, según tipo de instalación.

La falta de un servicio regular de mantenimiento hace que sea mucho menos factible que se cumplan las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a la vigilancia y el mantenimiento de la instalación

tos), lo que supone una muestra amplia y dispersa. (figura 9)

En este caso, aunque la proporción de instalaciones bien orientadas es mayor (14,45% frente al 2,44% del caso anterior), el número de colectores mal situados sigue siendo muy alto. Como ocurría en el caso previo, la proporción de instalaciones mal orientadas en edificios en bloque es mucho menor que en viviendas unifamiliares. La mayor parte de las viviendas en bloque analizadas tiene cubierta plana, lo que facilita la orientación de los captadores.

De las 505 instalaciones comprobadas, 81 no corresponden con los datos del registro de la Comunidad de Madrid. En 69 de las instalaciones (13,66%) no se apreciaba ningún colector y en otras 12 (2,28%) la superficie de captación era distinta a la registrada. Los resultados obtenidos son prácticamente iguales en ambas tipologías de viviendas: el 14,82% de las instalaciones en bloques no se corresponde con las registradas, mientras que en las viviendas unifamiliares las instalaciones con superficies distintas de las registradas representan el 16,27% del total. (figura 10)

De las 72 instalaciones en viviendas en bloque en las que se ha podido evaluar el riesgo de sombreamiento de los colectores, la mitad (36) presentaba elementos que podían arrojar sombra sobre la superficie de captación en algún momento del día, mientras que en las vi-

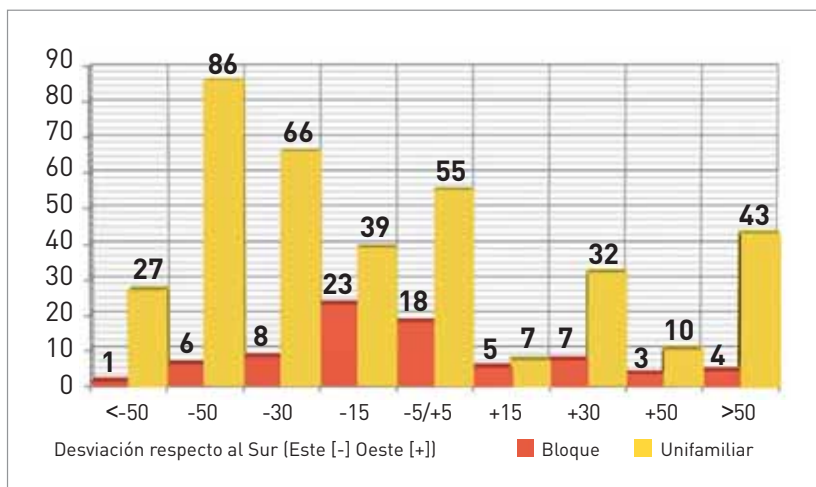


Figura 9. Orientación de los captadores, según tipología.

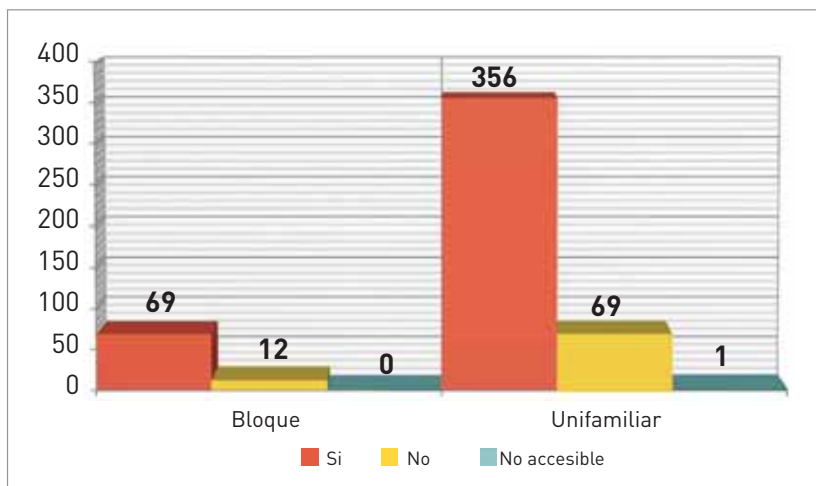


Figura 10. Correspondencia de la superficie de captación con la registrada, según tipología.

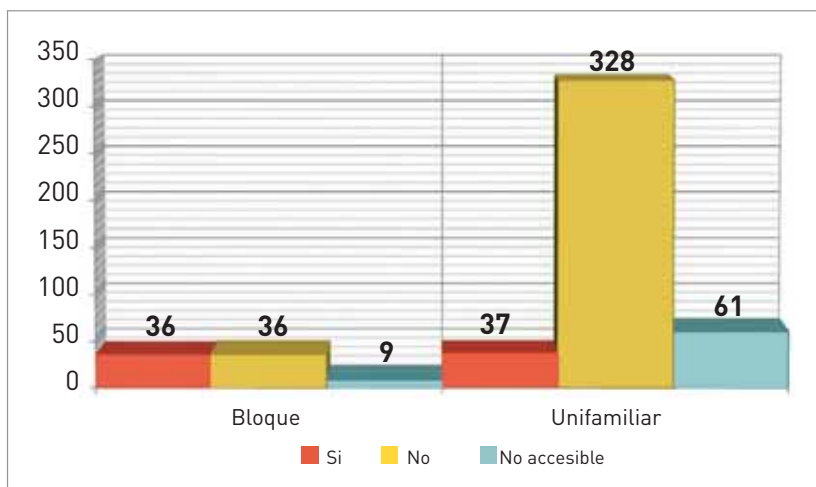


Figura 11. Elementos susceptibles de arrojar sombras sobre los captadores, según tipología.

viviendas unifamiliares solo ocurre en el 10,14% de las instalaciones. (figura 11)

A pesar de que los edificios de vivienda en bloque suelen tener cubierta plana, lo que permite una mejor colocación de los colectores, la existencia de numerosas chimeneas, petos o maquinaria hace que el número de instalaciones con sombras arrojadas sobre los captadores sea muy alto.

Entrevistas a usuarios y mantenedores

Uno de los objetivos que se planteaban al comienzo de este proyecto era conocer la opinión de los usuarios e instaladores sobre el funcionamiento y rendimiento de las instalaciones de energía solar térmica. La participación de los usuarios ha sido muy positiva y se han podido realizar entrevistas con usuarios en 34 de las 41 instalaciones visitadas (82,93% del total).

En general, la opinión de los usuarios acerca del funcionamiento de las instalaciones de energía solar térmica es muy positiva. En la mayoría de los casos, esta opinión positiva se debe a la escasa aparición de problemas o averías desde la puesta en funcionamiento de la instalación.

En cuanto al manejo de los equipos, tanto del campo de colectores como de las centralitas de gestión del sistema, se ha podido comprobar, durante las visitas y entrevistas, que en muchos casos el usuario final desconoce el funcionamiento de los equipos y el sistema está operando con la configuración que en su momento hizo el instalador cuando se produjo la puesta en marcha, sin que haya sido modificada de nuevo.

La evaluación del rendimiento del sistema se ha revelado como uno de los puntos más débiles de las instalaciones de energía solar térmica. En la mayoría de las entrevistas mantenidas, el usuario final no es capaz de evaluar el rendimien-

to del sistema ni el ahorro logrado gracias al mismo, ya que la instalación está en funcionamiento desde la ocupación de la viviendas y no tienen forma de comparar consumos o consultar datos sobre el ahorro de combustible que ha supuesto la instalación de energía solar térmica.

En cuanto a las labores de mantenimiento de la instalaciones, el problema principal detectado es que en muchos casos no existe ningún contrato de mantenimiento de la instalación y el usuario, además, desconoce qué labores de mantenimiento son necesarias para el correcto funcionamiento de los equipos, por lo que no se ha realizado ningún mantenimiento a la instalación desde su puesta en marcha.

Al haber encontrado muchas visitas sin ningún tipo de mantenimiento (solo 19 tenían contrato de mantenimiento), ha sido mucho más difícil mantener entrevistas con los instaladores. En total, solo se ha podido contar con la participación de instaladores o mantenedores en cinco de las 41 instalaciones visitadas, por lo que las opiniones recabadas no permiten extraer conclusiones sobre el total de la muestra.

Discusión

La orientación y la inclinación de los colectores es un factor determinante para el máximo aprovechamiento de la energía solar incidente. Como era de esperar, en muchos casos la colocación está supeditada a la orientación de las cubiertas de las viviendas, sobre todo en viviendas unifamiliares, pues se colocan sobre la cubierta de las mismas. En las viviendas en bloque, con cubiertas planas, se colocan sobre estructuras de soporte *ad hoc* y con la orientación e inclinación adecuadas.

Las pérdidas por orientación e inclinación incorrecta tienen una media del 8 al 10%, que se puede considerar aceptable.

Un punto importante del análisis realizado se basa en el mantenimiento de la instalación, periódico o esporádico, y en conocer si los usuarios tienen o no contratado un servicio fijo de mantenimiento. En base a ello, se han comparado los problemas más frecuentes que se producen en este tipo de instalaciones con la existencia o no de un contrato de mantenimiento. Como era de esperar, casi el 50% del total de las instalaciones instaladas no tienen contrato de mantenimiento, ya que las instalaciones con una potencia inferior a 70 kW, según el CTE, no están obligadas a contratar este servicio, aunque sí tengan que revisarlas periódicamente.

Para el estudio de la temperatura de las instalaciones, su buen o mal aislamiento y su deterioro, se han utilizado cámaras termográficas, que nos han permitido detectar con gran precisión no solo las temperaturas de colectores y su salto térmico, sino también defectos de la instalación, como falta de aislamiento, y si la instalación funcionaba o no.

En el momento de la inspección se detectaron cinco instalaciones que no funcionaban, lo que es, sin duda, uno de los aspectos más negativos encontrados, ya que representan el 12,2% de la muestra.

De las 41 instalaciones analizadas, en 21 los colectores no son accesibles, es decir, más del 50% de las instalaciones son inaccesibles, lo que dificulta notablemente las labores de mantenimiento.

Otro aspecto analizado han sido los componentes básicos de la instalación: sistema de evacuación del exceso de energía, bombas de circulación, vaso de expansión, válvula de seguridad, purgadores, sondas de temperatura, etc. Se ha podido comprobar, como por otra parte era lógico, que todo ello depende del tipo de instalación solar que se haya elegido. En las viviendas en bloque predomina el tipo de instalación normal o «a medida», mientras que en las viviendas unifamiliares las instalaciones más ha-

bituales son las de tipo *drain-back*, más sencillas y que requieren menos mantenimiento.

En general, se puede considerar que el trabajo de verificación de las instalaciones realizado ha sido muy satisfactorio, ya que, a partir de las imágenes aéreas consultadas, se ha podido analizar una muestra muy amplia.

Aunque hay que tomar los resultados con cierta cautela, ya que no se puede asegurar que la imagen aérea analizada se haya tomado una vez finalizados todos los trabajos de construcción de las viviendas, hay que destacar que en 69 de los edificios analizados (13,66% del total) no se distingue ningún colector en la cubierta y que en otras 12 instalaciones (2,28%) la superficie de captación no se correspondía con la registrada.

De cara a un mejor aprovechamiento de la energía solar, se debería hacer mayor hincapié en la correcta colocación de los colectores solares, especialmente en los edificios de vivienda colectiva en bloque, en los que la configuración de la cubierta permite, en muchos casos, una mejor ubicación de la superficie de captación.

Conclusiones

A continuación se resumen las principales conclusiones del trabajo, así como los comentarios sobre la metodología y las posibles líneas futuras de investigación que se abren una vez concluido este proyecto.

Sobre la metodología empleada

Cuando se presentó el proyecto a FUNDACIÓN MAPFRE, los objetivos que se fijaron eran muy ambiciosos, teniendo en cuenta, sobre todo, que nos dirigíamos a un colectivo difícil de abordar y

que, con casi toda seguridad, no nos «abría las puertas de su casa» para realizar el trabajo de investigación.

Sin embargo, encontramos en la Administración, en concreto en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, a nuestro interlocutor idóneo. Desde esta dirección general se estaban concediendo ayudas y subvenciones para instalar colectores solares en viviendas, antes de la entrada en vigor del CTE, y, por lo tanto, de su obligatoriedad, y se estaban estudiando los mecanismos para revisar y evaluar estas viviendas subvencionadas. Esto nos permitió acceder a información acerca del parque de instalaciones existente y de los aspectos más importantes a la hora de evaluar el funcionamiento de las instalaciones.

Ha sido necesario realizar una labor complementaria de búsqueda con los fabricantes, así como en Internet, muy laboriosa, sobre las instalaciones solares térmicas visitadas, accesorios y mecanismos de la instalación, etc., pues en la mayoría de los casos los titulares de las viviendas no conocían nada de su instalación, ni tenían ninguna documentación sobre la misma.

Con ayuda de la fotografía aérea y de la documentación accesible, consideramos que se podía dar un paso más y hacer un seguimiento masivo de las instalaciones seleccionadas (840 viviendas) y de las que no se había recibido respuesta a la solicitud de participación. Con la ayuda de tres servicios *online* de imágenes satelitales –SigPac, Google Maps y Bing Maps– se analizaron las instalaciones solares colocadas en las cubiertas de las viviendas a partir de fotos aéreas. Los aspectos analizados fueron los siguientes: si estaban instalados o no los colectores solares, la tipología de vivienda, la orientación, las sombras, etc.

El resultado de esta parte del trabajo ha sido el análisis de más de 500 insta-



laciones, que complementan la muestra analizada con las inspecciones.

Sobre los resultados obtenidos

A partir de la inspección de las instalaciones, de las imágenes aéreas y de las entrevistas mantenidas con los usuarios, de los resultados obtenidos cabe destacar que:

- La gran mayoría de los edificios construidos tras la entrada en vigor del CTE cumple con las exigencias de contribución solar.
- Hay que insistir en la importancia de la orientación e inclinación de los captadores para un mejor aprovechamiento de la radiación solar, especialmente en los edificios con cubierta plana, donde existe una mayor libertad para la colocación de los colectores.
- En general, el estado de conservación de las instalaciones y su funcionamiento es bueno. Pero la mayoría de las instalaciones visitadas no tiene más de tres años de antigüedad, por lo que habrá que ver cómo se desarrollan en el futuro, dada la falta de mantenimiento que existe en muchas de las instalaciones visitadas.



El uso de la energía solar térmica en la edificación puede desempeñar un papel fundamental en la mejora de la eficiencia energética y en el ahorro de energía de los hogares

- La falta de un servicio regular de mantenimiento –menos de la mitad de las viviendas visitadas tenían uno contratado– hace que sea mucho menos factible que se cumplan las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a la vigilancia y mantenimiento de la instalación.
- Para facilitar el mantenimiento de las instalaciones es fundamental que la cubierta y el cuarto de instalaciones sean fácilmente accesibles. En la mayoría de las viviendas unifamiliares visitadas, en las que los colectores se encuentran superpuestos a la cubierta inclinada, nadie ha accedido a comprobar la situación de los captadores desde su puesta en funcionamiento.
- Existe una gran variedad de sistemas de energía solar térmica instalados, lo

que hace que los componentes varíen de un caso a otro. Es necesario que cada instalación cuente con un plan de mantenimiento detallado, de cara a la adecuada conservación de los equipos y a lograr un mayor rendimiento del sistema.

- La mayor parte de los usuarios desconoce el funcionamiento de las instalaciones solares de sus viviendas. En muchos casos no saben manejar los equipos y en ocasiones no llegan a saber si funcionan o no, lo que hace que, en la mayoría de los casos, no se valore el ahorro energético y económico que se está logrando.

El uso de la energía solar térmica en la edificación puede desempeñar un papel fundamental en la mejora de la eficiencia energética y en el ahorro de energía de los hogares. Sin embargo, estos objetivos no se pueden alcanzar sin un correcto funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones.

De cara al futuro, para lograr el objetivo de ahorro planteado es importante centrar los esfuerzos en lograr una mayor implicación de usuarios y mantenedores en el mantenimiento y conservación de las instalaciones.

Es necesario que los usuarios conozcan el funcionamiento de las instalaciones y las operaciones de mantenimiento que es imprescindible realizar para garantizar un buen funcionamiento y una mayor vida útil.

En cuanto a los instaladores y mantenedores, es importante asegurar la formación continua de los trabajadores para lograr un mejor aprovechamiento de las instalaciones.

Como ya se ha comentado anteriormente, debido a la reciente entrada en vigor de la normativa, la mayoría de las instalaciones visitadas son relativamente nuevas, por lo que, de momento, y a pesar de la falta de mantenimiento, no presentan demasiadas incidencias. Será im-

portante verificar en un plazo de cinco a 10 años el estado de conservación de esas instalaciones, para lo que esperamos que este proyecto sirva de punto de partida. ♦

PARA SABER MÁS

- [1] Código Técnico de la Edificación. DB-HE4: Contribución solar mínima de ACS. <http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB_HE_abril_2009.pdf> [Último acceso el 13 de octubre de 2012].
- [2] Ministerio de Fomento. Número de edificios según tipo de obra (octubre 2006 – febrero 2011) <http://www.fomento.gob.es/mfom/lang_castellano/estadisticas_y_publicaciones/informacion_estadistica/> [Último acceso el 18 de septiembre de 2011].
- [3] Delgado, Alexandra; Hernández Pezzi, Carlos; Jiménez Beltrán, Domingo; Nieto, Joaquín, Rehabilitación energética de edificios. Respuesta clave y urgente ante la crisis -Reunión GTPES 19/02/2009-. Págs. 3, 6.
- [4] IDAE. Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. 2011. <http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos/Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf> [Último acceso el 11 de noviembre de 2012]
- [5] Yamane, Taro. Statistics, an introductory analysis (3ª edición). Harper, New York, 1973.

Documentación relacionada

- Asociación Solar de la Industria Térmica. Guía Asit de la energía solar térmica. 2010. <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Guia_Asit_de_la_energia_solar_termica.pdf> [Último acceso el 10 de noviembre de 2012]
- IDAE, ATECYR. Ahorro y eficiencia energética en climatización nº 1. Guía técnica de mantenimiento de instalaciones térmicas. Madrid, 2007.
- Pilar Pereda. Guía de asistencia técnica 17. Proyecto y cálculo de instalaciones solares. Fundación Cultural COAM. Madrid, 2006.
- Gómez Blanch, Guillem. Documentación para el desarrollo de instalaciones solares térmicas. Ed. Paraninfo. Madrid, 2012.