

22. ENERGÍAS RENOVABLES Y ARQUITECTURA

P. Navarro Rivero, R. García Déniz, D. Cabrera Pérez, M.J. Domínguez Hernández, S. Suárez García, G. Piernavieja Izquierdo

Además de cumplir con la función primaria de proveer cobijo y protección al ser humano, la utilización del edificio para llevar a cabo diferentes actividades implica asumir ciertas demandas, dependientes de dichas actividades, comunes a todos los edificios:

- Protección frente al frío y al exceso de calor
- Protección frente al viento
- Protección frente a la humedad, lluvia, nieve, etc.
- Creación de espacios apropiados y atractivos
- Soporte estructural para estas protecciones
- Suministro de luz natural
- Suministro auxiliar de calor y frío
- Suministro de aire fresco
- Suministro de agua fría y caliente
- Suministro de electricidad y redes de comunicación

Las primeras seis demandas son satisfechas por la envolvente del edificio, esto es, la piel que divide el espacio interior y exterior, pudiendo utilizarse los criterios de diseño bioclimáticos vistos en este manual. La demanda no conseguida de esta manera pasiva, habrá de ser suplida mediante subsistemas auxiliares: sistemas de calefacción y refrigeración, sistema de ventilación, sistema de agua fría y agua caliente y las redes de electricidad y telecomunicaciones; éstos deberán estar optimizados para permitir la obtención de energía de manera activa dentro del edificio. Aún así, la diferencia entre sistemas activos y pasivos no es exacta puesto que puede existir un diseño que promueva el uso de sistemas activos como parte de la envolvente del edificio o que dicha envolvente supla las funciones de algunos sistemas activos.

El diseño pasivo del edificio supone la incorporación de soluciones constructivas basadas en el aprovechamiento de la radiación solar y del flujo del aire para conseguir el máximo confort térmico y de las condiciones de iluminación natural para un adecuado confort lumínico. Tradicionalmente, esta adaptación a las condiciones climáticas y del entorno ha sido efectiva, pero una excesiva ocupación del territorio y el incremento de las exigencias de confort han desplazado la incidencia del diseño pasivo a favor de la incorporación de sistemas activos, con lo que se ha logrado mayor nivel de confort a costa de un mayor consumo de energía.

En la reducción del consumo energético en la edificación mediante estos sistemas activos, uno de los pilares fundamentales es el correcto y óptimo funcionamiento de las instalaciones a las que se puede aplicar criterios generales que abarquen desde la vivienda unifamiliar hasta la edificación colectiva. Además, de la utilización de sistemas de alta eficiencia energética en lo que respecta al consumo de energía, las líneas de actuación se centran sobre todo, en la incorporación de las energías renovables como sistema de aporte energético.

Las condiciones climatológicas de las islas propician que el archipiélago cuente con un importante potencial de energías renovables: los valores de radiación y de velocidad y dirección del viento son idóneos para la utilización de energías renovables como alternativa al uso de combustibles fósiles en la generación de energía útil destinada al sector doméstico y turístico, lo que supone un beneficio medioambiental efectivo y valorado.

Este potencial se aprovecha actualmente con instalaciones asociadas a la utilización directa del territorio, en forma de grandes instalaciones de energía solar fotovoltaica y de parques eólicos con aerogeneradores de elevada potencia, y con instalacio-

nes ubicadas en construcciones, como las instalaciones de energía solar térmica y energía solar fotovoltaica. En los próximos años, la energía eólica de baja potencia contribuirá de forma importante a este mix energético renovable, con sistemas conectados a red que verterán la electricidad producida en aerogeneradores de baja potencia.

ENERGÍA SOLAR

El objetivo planteado a nivel europeo de que los edificios construidos a partir del 2019 tengan un balance energético cero entre su consumo y su producción a partir de energías renovables tendrá a la energía solar como el principal contribuidor energético. Hasta esa fecha, en la que se exigirá el equilibrio, las instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas seguirán confirmando como imprescindibles para la disminución de la energía proveniente de combustibles fósiles.

Existen determinados motivos, objetivos y subjetivos, que refuerzan el objetivo principal de la conversión en energía térmica o eléctrica utilizable. Los motivos objetivos, cuantificables, abarcan desde los motivos medioambientales (incremento de la utilización de energías renovables, menor uso de terreno al aprovechar superficies construidas, ...) hasta los energéticos (energía generada en el lugar de consumo, posibilidad de aprovechar efectos cogenerativos principalmente térmicos), pasando por los constructivos (los elementos solares pueden reemplazar elementos constructivos de la envolvente del edificio) o por los económicos (reduciendo el coste de materiales convencionales de construcción a través de la reducción de la factura energética del edificio). Otros motivos, subjetivos, complementan los anteriores: ideológicos (energía solar limpia y

renovable, autonomía energética del edificio), educativos (edificaciones medioambientalmente sostenibles, compromiso y concienciación medioambiental) y de imagen (edificios sostenibles acogen entidades sostenibles).

La práctica habitual seguida en la incorporación de estos sistemas a los edificios existentes ha sido su utilización como elementos superpuestos a la envolvente, lo que ha dado lugar, en ocasiones en las que no se ha realizado esta superposición de manera óptima, a una visión de la energía solar como alteradora de la configuración arquitectónica urbana. El coste de esta superposición es mayor al que tendría la instalación si se hubiera producido la integración desde el inicio del proyecto.

Al contrario, la integración arquitectónica de la instalación se considera como una de las claves para implementar la tecnología solar a gran escala. Esto significa que se ha de combinar efectivamente la instalación solar con el edificio, aunque éste no dependa al 100% de la energía solar para llevar a cabo sus funciones (en caso de no funcionar la instalación solar el edificio seguiría prestando las posibilidades de confort). Así, se debe hacer una distinción entre integración y superposición: cuando los captadores o módulos forman parte de la estructura del edificio se suele denominar integración; en cambio, cuando se añaden a la envolvente se denomina superposición; en este último caso, la envolvente sigue cumpliendo su función aunque se elimine el elemento superpuesto.

Una de las máximas ventajas de la integración de los sistemas solares en el edificio es, precisamente, su unión con las instalaciones de climatización, producción de agua caliente y electricidad a través de la producción in situ de la energía necesaria para cubrir la demanda. Además, la utilización de los elementos solares como elementos sombreadores influye en el balance térmico del interior del edificio, reduciendo la demanda en refrigeración.

Desde el punto de vista planteado, el proyecto de incorporación de los sistemas solares a los edificios debe hacerse en la fase de diseño preferentemente, con lo que se podría realizar una adecuada integración, pero para la edificación ya construida y que no precise una profunda rehabilitación, la opción de la superposición es más factible.

En el Código Técnico de la Edificación se indican las pérdidas superiores límite que deben cumplir los sistemas debido a su orientación, inclinación o sombreado respecto a los valores obtenidos con orientación e inclinación óptimos y sin sombra alguna. Los resultados se resumen en los tres casos: general, superposición e integración arquitectónica (tabla 22.1).

La distinción que se realiza entre superposición e integración arquitectónica pretende abarcar la mayoría de las posibilidades de disposición de estos sistemas en los edificios, exigiendo más aporte a las instalaciones que sean superpuestas debido a su mayor flexibilidad en la incorporación a la edificación. Dado que la tendencia debe ser la integración máxima en la envolvente del edificio, aún utilizando estructuras superpuestas, se utiliza a lo largo de este capítulo el concepto integración para englobar la inclusión de los sistemas solares activos en los edificios.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 22.1. Pérdidas límite según Código Técnico de la Edificación

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Introducción

Las condiciones climáticas de las Islas Canarias permiten la utilización generalizada de sistemas activos de energía solar térmica en la edificación. Estos sistemas utilizan dispositivos denominados captadores solares térmicos que absorben la radiación electromagnética procedente del Sol y la convierten en energía térmica, que puede destinarse a la producción de agua caliente sanitaria, al calentamiento de piscinas o a la climatización de espacios (calefacción y/o refrigeración).

Marco Normativo

La entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación (CTE), Real Decreto 314/2006, de 28 de marzo de 2006, ha supuesto un impulso definitivo para la energía solar térmica. Con objeto de contribuir a la reducción del consumo energético en las edificaciones y aplicar criterios de sostenibilidad, el documento Básico HE "Ahorro de energía", sección HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" establece la obligatoriedad de instalar sistemas de energía solar térmica en todos los edificios de nueva construcción y cuando se rehabilitan edificios existentes destinados a cualquier uso, en los que exista demanda de agua caliente sanitaria y/o calentamiento de piscinas cubiertas. El CTE obliga a que los sistemas de energía solar térmica instalados en las Islas Canarias aporten como mínimo el 70% de la demanda energética anual, tanto para la producción del agua caliente sanitaria en las edificaciones como para el calentamiento de piscinas cubiertas.

Posteriormente, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado mediante el Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio de 2007, detalla, entre las condiciones que deben cumplir las instalaciones para el calentamiento de piscinas, tanto cubiertas como dispuestas al aire libre, las siguientes instrucciones técnicas relacionadas con la energía solar:

Instrucción técnica IT1.2.4.6.2 "Contribución solar mínima para el calentamiento de piscinas cubiertas". Especifica que una parte de las necesidades energéticas para el calentamiento de la piscina sea cubierta con una instalación de energía solar. Esta instalación debe cumplir con la exigencia fijada en la sección HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria", que indica que la contribución solar mínima debe ser del 70% de la demanda energética anual para el calentamiento de la piscina.

Instrucción técnica IT1.2.4.6.3 "Contribución solar mínima para el calentamiento de piscinas al aire libre". Especifica que el calentamiento sólo es posible con fuentes de energía renovables, como la energía solar, u otras fuentes de energía residuales.

Captadores Solares Térmicos

Los captadores solares térmicos son el verdadero motor de las instalaciones de energía solar térmica. Absorben la radiación solar y la convierten en energía térmica que se transfiere al fluido utilizado como mecanismo de transporte del calor (habitualmente este fluido caloportador es agua). Este calor es posteriormente almacenado hasta que se produce una demanda energética debida a la producción de agua caliente sanitaria, que es la aplicación más extendida, al calentamiento de piscinas y/o a la climatización de espacios (calefacción y/o refrigeración) en el edificio.

Los distintos tipos de captadores solares térmicos que se comercializan se diferencian básicamente en la temperatura de trabajo para la que han sido diseñados. La elección del captador solar apropiado depende por tanto de la utilización final de la instalación solar: agua caliente, calentamiento de piscinas y/o climatización.

Los captadores solares térmicos sin cubierta son habitualmente empleados para el calentamiento de piscinas, ya que esta aplicación requiere temperaturas de trabajo inferiores a 30 °C alcanzables fácilmente por este captador. Son equipos económicos y con absorbedores habitualmente fabricados con materiales orgánicos, plásticos o elastómeros, como caucho, polipropileno, polietileno, etc... En aplicaciones que requieran temperaturas superiores a los 30-35 °C no es aconsejable su utilización debido al elevado nivel de pérdidas térmicas que presentan.

Los captadores solares térmicos de placa plana (figura 22.1) son habitualmente empleados para la producción de ACS. Hacen uso tanto de la radiación solar directa como de la difusa, no precisan dispositivos de seguimiento solar y son mecánicamente simples por lo que no requieren mantenimiento específico. En el mercado es posible encontrar equipos de distintos tamaños, aunque lo habitual es que midan aproximadamente 2 m² (2*1 m) y que su peso varíe entre 40 y 60 kg por unidad. Pueden operar con elevados rendimientos (del 60% al 80%) en instalaciones que no requieren temperaturas superiores a 60 °C, como es el caso de las instalaciones de producción de agua caliente sanitaria.



Figura 22.1. Captadores solares de placa plana de distintos tamaños.

Algunos captadores de placa plana incorporan elementos adicionales que reducen las pérdidas ópticas y térmicas, y mejoran sus prestaciones energéticas pudiendo operar con rendimientos aceptables (50% - 60%) a temperaturas superiores a los 60 °C y hasta los 80 °C.

En el caso particular de las Islas Canarias, resultan captadores solares especialmente idóneos en aplicaciones tales como la calefacción o la refrigeración de espacios, en las que se opera con temperaturas de trabajo en el rango 60 °C – 80 °C. Estos captadores no producen una caída importante del rendimiento energético y tienen las ventajas de un equipo constructivamente simple y robusto.

Algunos de las medidas empleadas para aumentar el rendimiento de los captadores solares de placa plana son:

- **Recubrimiento selectivo del absorbedor:** La superficie externa del absorbedor se recubre con una capa selectiva que actúa como barrera para reducir las pérdidas térmicas debidas a la radiación infrarroja emitida desde el captador, sin producir una disminución importante en la absorción de la radiación solar incidente. Estos tratamientos reducen la radiación infrarroja emitida hasta coeficientes de emisión menores del 10%.
- **Cubiertas:** Para asegurar una elevada transmitancia y durabilidad, muchos equipos utilizan cubiertas de vidrio solar temperado con bajo contenido en hierro. Este material transmite hasta el 90% de la radiación solar incidente. Si se utiliza además un recubrimiento anti-reflectante, la transmisión puede aumentar hasta un 93% - 96%. Algunos equipos se

suministran con una segunda e incluso una tercera cubierta de vidrio con tratamiento anti-reflectante o con láminas de Teflón bajo la cubierta de vidrio.

- En los últimos años han surgido **captadores solares de placa plana de gran superficie**, con superficies de apertura entre 4 m² y 8 m², que reducen sus pérdidas térmicas con respecto a equipos similares de menor tamaño, al tener menor superficie lateral expuesta (en proporción a la superficie de apertura) y reducir las pérdidas térmicas en las interconexiones entre captadores (figura 22.2). Resultan muy interesantes en instalaciones de gran tamaño (de mayor superficie solar instalada).

Los captadores solares de la figura 22.2 tienen una superficie de 7,6 m², tratamiento selectivo y cubierta anti-reflectante. Esta instalación produce frío solar para satisfacer la demanda de aire acondicionado de un módulo de oficinas (aproximadamente 400 m²) del Instituto Tecnológico de Canarias ubicado en la localidad de Pozo Izquierdo (Gran Canaria).

Los **captadores tubulares de vacío** mejoran las prestaciones energéticas de los captadores de placa plana convencionales cuando la temperatura de trabajo de la instalación que se diseña está en el rango de 60 °C - 80 °C (figura 22.3). Si operan a temperaturas inferiores, como las que se requieren para la producción de agua caliente sanitaria, su producción energética podría llegar a ser menor que la de un captador solar de placa plana convencional. La utilización de vacío entre la cubierta y el absorbedor elimina las pérdidas térmicas por convección, lo que hace que sea un equipo especialmente idóneo para su utilización en zonas climáticas especialmente frías con temperaturas ambientales bajas durante todo el año.

Es posible encontrar en el mercado otras tecnologías de captadores solares térmicos capaces de operar con rendimientos adecuados en un rango de temperaturas de 80°C a 150°C y que son habitualmente utilizados para la producción del calor demandado en procesos industriales (no son detallados en este documento debido a que las aplicaciones más interesantes relacionadas con la edificación requieren temperaturas de trabajo inferiores).



Figura 22.2. Captadores solares de placa plana de gran superficie

Se indican en la tabla 22.2 las temperaturas de trabajo y las tecnologías más recomendables en distintas aplicaciones relacionadas con la edificación, aunque en función de las condiciones particulares del proyecto, el proyectista podría optar por otra tecnología de captador solar térmico más conveniente.

Para comparar las prestaciones energéticas de diferentes equipos en función de la temperatura de trabajo en la que van a ser utilizados y conocer la idoneidad de los equipos en cada aplicación desde el punto de vista de la producción energética, el proyectista/diseñador del proyecto dispone de dos recursos:

- La eficiencia instantánea en función del área de absorbedor/apertura
- La potencia producida por unidad de captador

Ambas representaciones gráficas deben ser suministradas por el fabricante del equipo y son evaluadas por laboratorios de ensayo de captadores solares con acreditación oficial para realizar estos ensayos.

Aplicación	Tecnología	Temperatura de trabajo
Calentamiento de piscinas	Captadores sin cubierta	<30 °C
Agua caliente sanitaria	Captadores de placa plana convencionales	45 °C – 55 °C
Refrigeración de espacios (con máquina de absorción de simple efecto)	Captadores de placa plana de alto rendimiento Captadores tubulares de vacío	80 °C – 90 °C
Calefacción	Captadores de placa plana de alto rendimiento Captadores tubulares de vacío	>60 °C

Tabla 22.2. Tecnologías recomendables según temperaturas de trabajo.

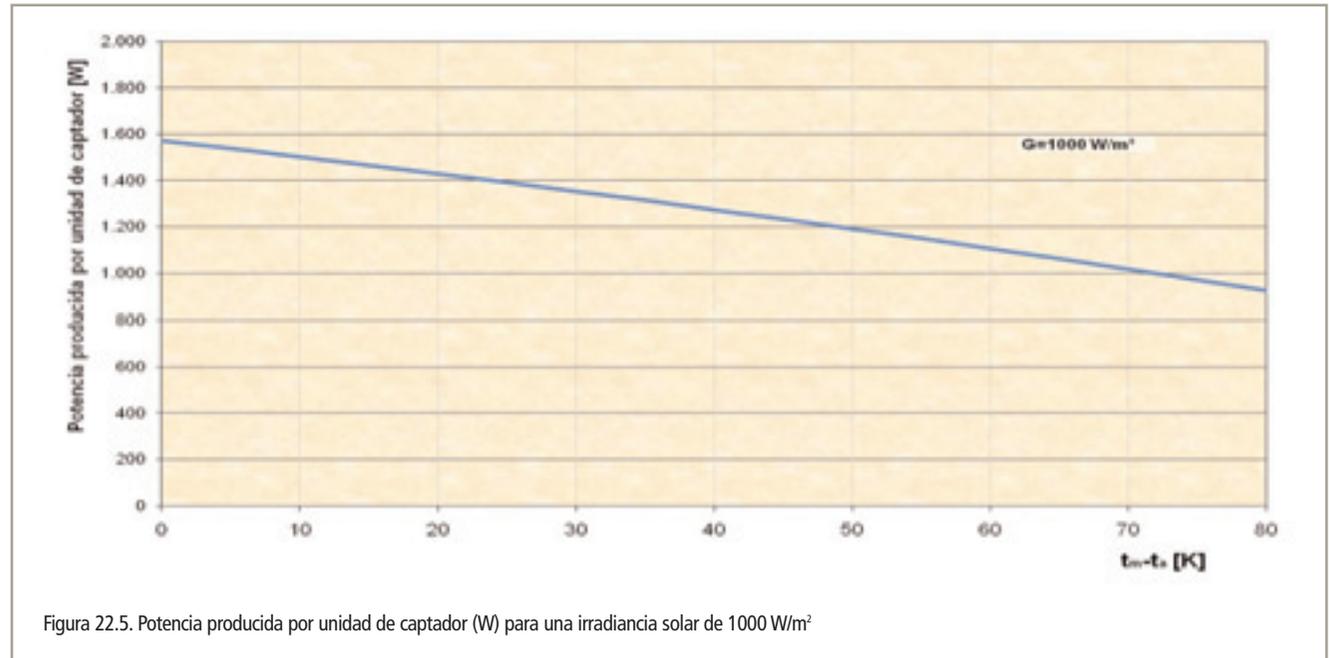
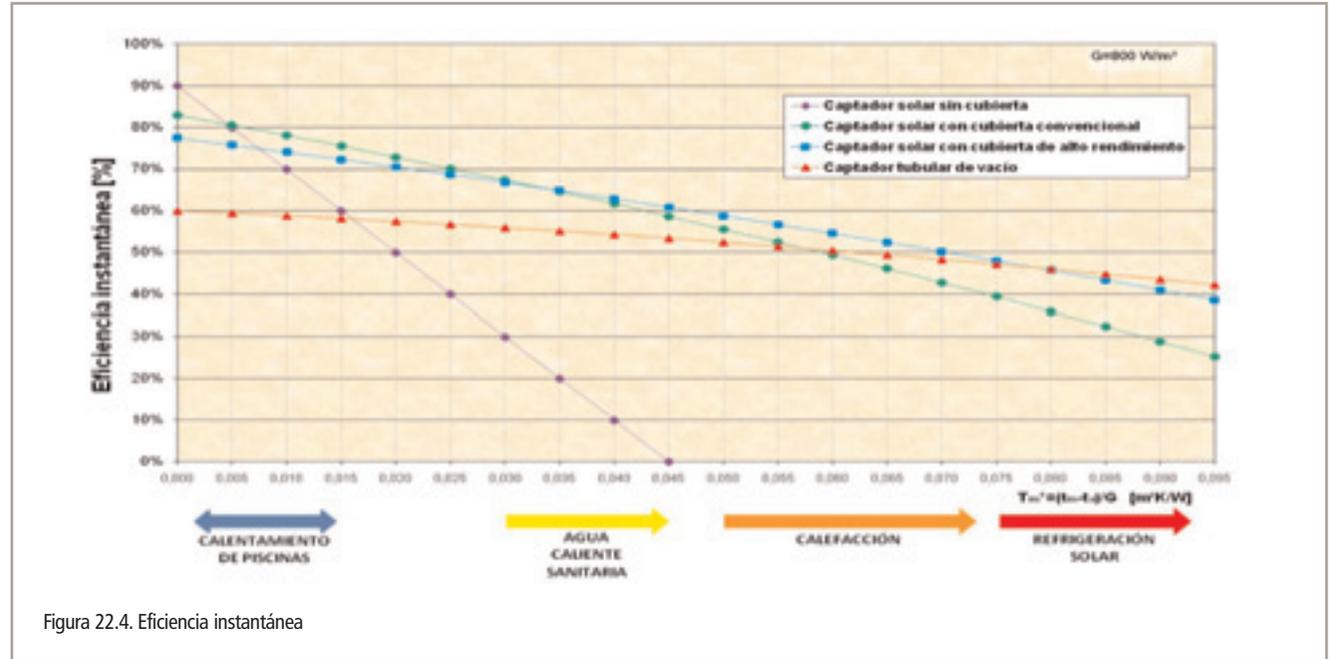
La eficiencia o rendimiento instantáneo de los distintos equipos que se han descrito anteriormente se indica en la figura 22.4.

Donde

G : irradiancia global (potencia instantánea recibida, se mide en W/m^2)

T_m^* : Diferencia entre la temperatura media del fluido de transferencia de calor (t_m) y la temperatura del aire ambiente o circundante (t_a) dividida por la irradiancia global G (se mide en m^2K/W)

Con frecuencia el proyectista/diseñador prefiere utilizar la gráfica de potencia producida por unidad de captador para una irradiancia solar de $1000 W/m^2$, debido a la simplicidad para su comprensión y facilidad al comparar las prestaciones energéticas de distintos equipos. Habitualmente se representa tanto en tablas como en forma gráfica (figura 22.5).



Certificación de captadores solares

El Código Técnico de la Edificación (CTE), exige que los captadores solares utilizados en las edificaciones estén certificados por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, es decir que dispongan de contraseña de certificación o número NPS. Para obtener esta contraseña de certificación se exige al fabricante del equipo, que implante un sistema de gestión de la calidad basado en la norma UNE-EN-ISO 9001 en la planta de fabricación y/o ensamblaje y que el captador solar sea sometido a los ensayos obligatorios que describe la normativa UNE-EN 12975-2 en un laboratorio con acreditación oficial, sin que durante la secuencia de ensayos se produzcan ninguno de los fallos graves descritos en la normativa.

Los ensayos a los que se someten los equipos son una garantía para asegurar la fiabilidad del funcionamiento de los captadores solares a lo largo del tiempo y generar confianza en los usuarios. Se evalúa tanto la durabilidad y fiabilidad del captador solar, ensayos de exposición a la radiación solar, de choque térmico interno, choque térmico externo (figura 22.6), resistencia a alta temperatura, presión interna, penetración de lluvia y carga mecánica positiva y negativa (figura 22.7) como el rendimiento energético del equipo (rendimiento térmico, capacidad térmica efectiva, constante de tiempo y modificador del ángulo de incidencia).

El **Laboratorio de Captadores Solares del Instituto Tecnológico de Canarias (LABSOL)**, perteneciente al Instituto Tecnológico de Canarias, está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para realizar todos los ensayos descritos en la normativa UNE-EN 12975-2, www.enac.es/web/enac/acreditados.

El laboratorio está ubicado en la Playa de Pozo Izquierdo, en el Sureste de la isla de Gran Canaria, cercano al mar. Las condiciones de radiación solar que se registran en la zona, con un promedio anual de 5,7 kWh/m² día, permiten realizar ensayos en condiciones estacionarias y al exterior en un corto periodo de tiempo y durante todo el año. Estos condicionantes ambientales determinan una atmósfera altamente corrosiva que permite evidenciar fácilmente la idoneidad de los materiales constructivos utilizados.

Además de la certificación en España (obligatoria), los captadores solares exhiben cada vez con mayor frecuencia otra marca de calidad europea denominada Solar Keymark.

El mercado Solar Keymark aunque de carácter voluntario, se ha convertido en la primera marca reconocida internacionalmente para productos solares térmicos.

Se basa en tres ideas:

- Ensayo inicial de caracterización según las normas UNE-EN 12975 (captadores solares) o UNE-EN 12976 (sistemas prefabricados).
- Sistema de gestión de la calidad implementado en el proceso de fabricación.
- Inspección anual del sistema de gestión de la calidad en la planta de fabricación e inspección bienal del producto por parte de una Entidad Certificadora independiente.

La marca Solar Keymark es ampliamente reconocida en todos los países del entorno europeo, por lo que en la mayoría de ellos, como es el caso de España, implica la obtención de la certificación nacional, y su obtención da acceso a los planes nacionales de incentivos financieros sin necesidad de otros requisitos adicionales.

La marca Solar Keymark proporciona un valor añadido al equipo: la intervención de una Entidad de Certificación independiente garantiza todo el proceso y asegura que el equipo al que accede el usuario final cumple todas las condiciones exigidas de fiabilidad y durabilidad y produce los valores de rendimiento energético previstos durante toda su vida útil (aproximadamente 15-20 años).

Pueden consultarse las características de este marcado en la web www.solarkeymark.org, así como consultar los equipos de energía solar que disponen de este reconocimiento y los laboratorios de ensayo que participan en la red Solar Keymark, de la que es miembro también el laboratorio LABSOL/ITC.



Figura 22.6. Ensayo de choque térmico externo (Laboratorio LABSOL/ITC)



Figura 22.7. Ensayo de carga mecánica positiva (Laboratorio LABSOL/ITC)

Integración arquitectónica

En el proyecto de instalación de energía solar térmica en un edificio debe prevalecer su funcionamiento óptimo, puesto que se realiza una inversión económica importante y se pretende conseguir el máximo aprovechamiento de la radiación solar.

En este sentido el Código establece como orientación óptima el Sur y permite escoger la inclinación óptima en función del periodo de utilización:

- Si la demanda de ACS es constante durante todo el año, la inclinación debe ser de 28°.
- Si se demanda ACS preferentemente en invierno, la inclinación debe ser 38°.
- Si se demanda ACS preferentemente en verano, la inclinación debe ser 18°.

Esta prevalencia del funcionamiento de la instalación debe estar unida a la incorporación estética de sus elementos a la envolvente del edificio, una incorporación que debe lograr una integración adecuada y que, en ocasiones, precisará la utilización de elementos de superposición. Hay que destacar que el Código Técnico de la Edificación considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores solares se realiza paralela a la envolvente del edificio. Si además los captadores constituyen uno de los elementos constructivos propios de la composición arquitectónica se considera que existe integración arquitectónica.

Las características de los captadores solares térmicos (forma, color, dimensiones) han representado una barrera importante para su integración en la edificación, básicamente por razones estéticas.

La mayoría de los proyectos de instalación de energía solar térmica en los edificios se han llevado a cabo mediante la incorporación posterior de los captadores solares térmicos en instalaciones termosifónicas individuales (las más extendidas) así como en instalaciones forzadas. En ambos casos se ha necesitado la utilización de estructuras metálicas para soportar los captadores y proporcionarles la inclinación adecuada, principalmente en las cubiertas. El objetivo de desarrollo actual de estas

instalaciones consiste en la adecuación de este equipamiento y su inclusión dentro de la envolvente del edificio, formando parte de la misma.

Esta idea no se ha desarrollado hasta ahora al mismo nivel que en las instalaciones fotovoltaicas debido a diversos factores relacionados con las características de los elementos: dimensiones de los captadores solares (superficies superiores a 2 metros cuadrados por captador), peso (superior al de un módulo fotovoltaico), e instalación de distribución del fluido caloportador en la entrada y salida de los captadores (adaptación de las tuberías).

El Código Técnico de la Edificación establece límites para las inclinaciones y orientaciones posibles de la instalación, con el fin de evitar excesivas pérdidas que hagan inviable la instalación del sistema.

En la figura 22.8 se indican las combinaciones posibles orientación-inclinación válidas para las opciones general, superposición e integración de los captadores solares térmicos en la envolvente del edificios de acuerdo a los 28°N de latitud de Canarias.

La fase de diseño de la instalación solar térmica no sólo implica la localización e integración del campo de captación en la cubierta o en la fachada, sino que supone el planteamiento y la ubicación de las conexiones hidráulicas así como de los sistemas de acumulación e intercambio. El proyecto de dimensionado de la instalación aportará las características de estos elementos auxiliares (acumulador, tuberías, bomba de circulación, intercambiador, aislamiento, ...), los cuales se deberán ubicar en un espacio habilitado que cumpla con las exigencias de la normativa vigente.

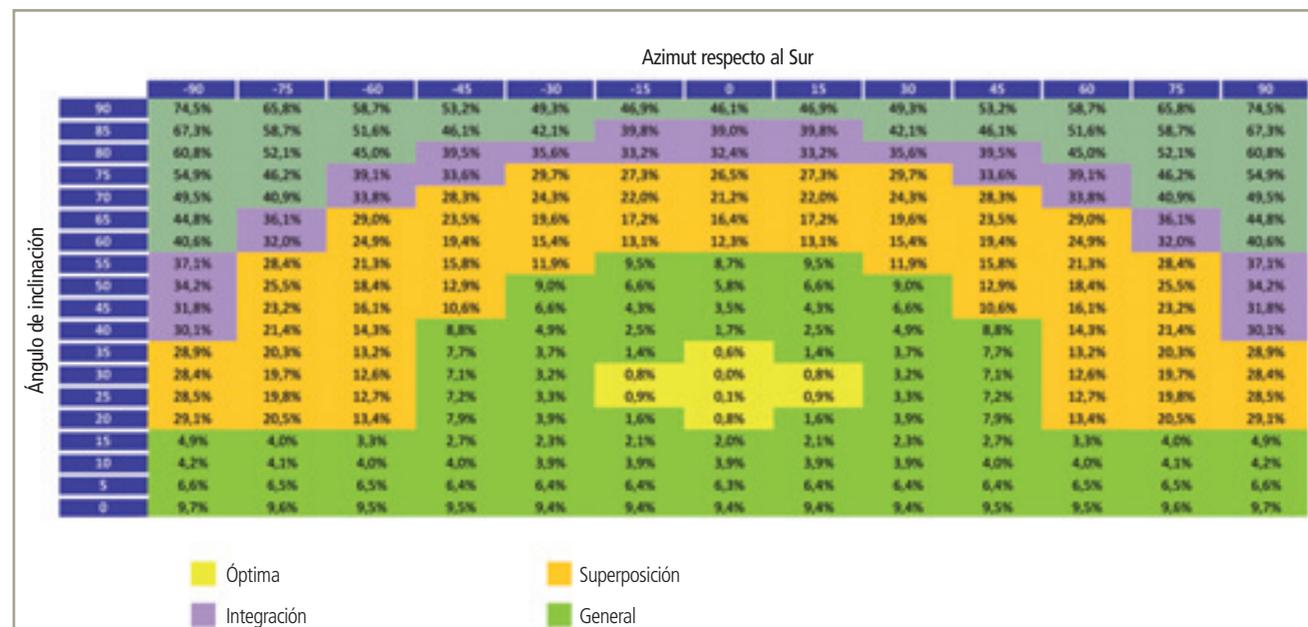


Figura 22.8. Combinaciones posibles orientación-inclinación de instalaciones solares térmicas válidas para las opciones general, superposición e integración para Canarias (28°N)

Integración en fachada

La instalación en fachada de los captadores solares térmicos es poco habitual ya que es una opción que ha de barajarse en los casos en que se precise que la producción de calor sea importante en invierno y no se disponga de superficie en la cubierta para llevar a cabo la totalidad del campo de captación.

En dicha estación, la radiación incide con ángulos bajos puesto que el sol realiza su recorrido diario cercano al horizonte, y los valores de energía incidente son los más desfavorables del año, por lo tanto, esta opción debe ser tomada sólo en los casos reseñados.

Integración en cubiertas

La situación del campo de captación en las cubiertas es la más habitual debido a la existencia en Canarias de cubiertas planas en la mayoría de los edificios.

Entre las ventajas que posee esta ubicación se encuentran la disponibilidad casi total de radiación (zona libre de sombras) así como la adaptación de la instalación a su inclinación óptima de funcionamiento. Otra gran ventaja la supone la posibilidad de optimizar la red de tuberías sobre la cubierta, facilitando las labores de mantenimiento una vez finalizada la instalación. Al contrario, se deben extremar las precauciones en la instalación de los anclajes de manera que no afecten la impermeabilización.

La tabla 22.3 muestra los sistemas habituales de ubicación en fachada y en cubierta.

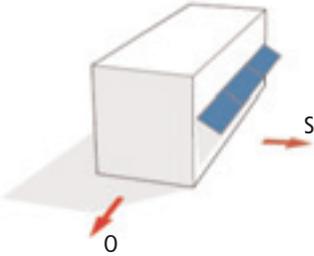
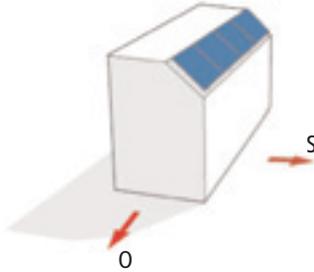
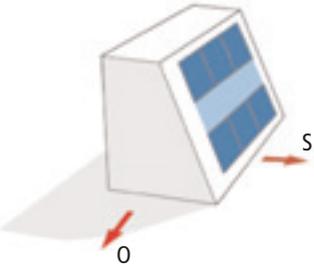
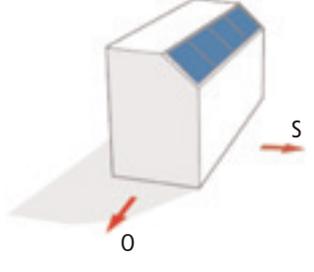
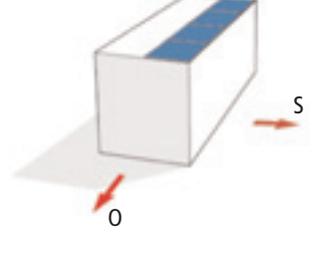
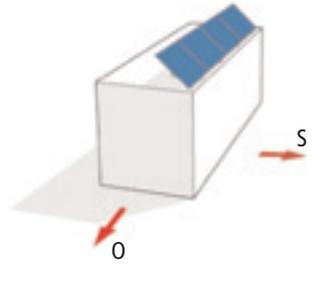
Gráfico	Posición de los captadores	Gráfico	Posición de los captadores
	<p>Muro vertical con módulos inclinados</p> <p>La inclinación de los captadores supone una mayor producción, con lo que se ha de calcular la inclinación idónea con los máximos propuestos por el CTE. Estructuralmente es una solución aceptable debido a la forma rectangular habitual de los captadores.</p>		<p>Cubierta inclinada superpuesta</p> <p>Se adaptan a la cubierta existente mediante estructuras superpuestas. Debe preverse la situación del circuito hidráulico para afectar lo menos posible la impermeabilización de la cubierta.</p>
	<p>Muro inclinado</p> <p>Una inclinación adecuada de la fachada, teniendo en cuenta los límites propuestos por el CTE. Puede ofrecer posibilidades de superposición e incluso de integración.</p>		<p>Cubierta inclinada integrada</p> <p>Sustituyen a los elementos que forman parte de la cubierta, integrándose totalmente. Debe preverse la situación del circuito hidráulico para afectar lo menos posible la impermeabilización de la cubierta.</p>
	<p>Cubierta plana</p> <p>Se trata de un sistema en el que se incorpora paralelamente a la cubierta plana el campo de captación. Se logra una integración óptima pero disminuye el rendimiento en los meses de baja radiación debido a la carencia de inclinación.</p>		<p>Diente de sierra</p> <p>Precisan de estructura sobre la cubierta, con dirección norte-sur, inclinada cada fila unos 30-35°, en el caso de producción todo el año, y con una separación adecuada entre filas para impedir el sombreado de las filas posteriores por parte de las anteriores. Permite la incidencia perpendicular de los rayos solares en los meses más desfavorables.</p>

Tabla 22.3. Sistemas habituales de ubicación de los captadores solares en fachada y cubierta.

Esquemas de diseño de la instalación

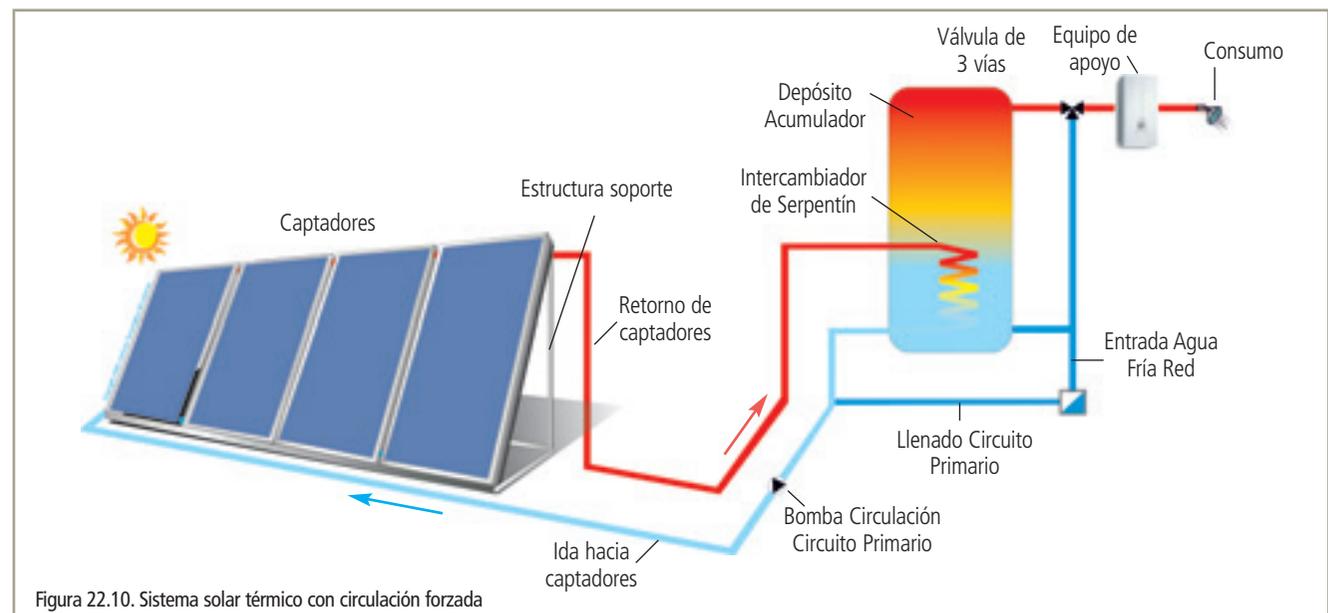
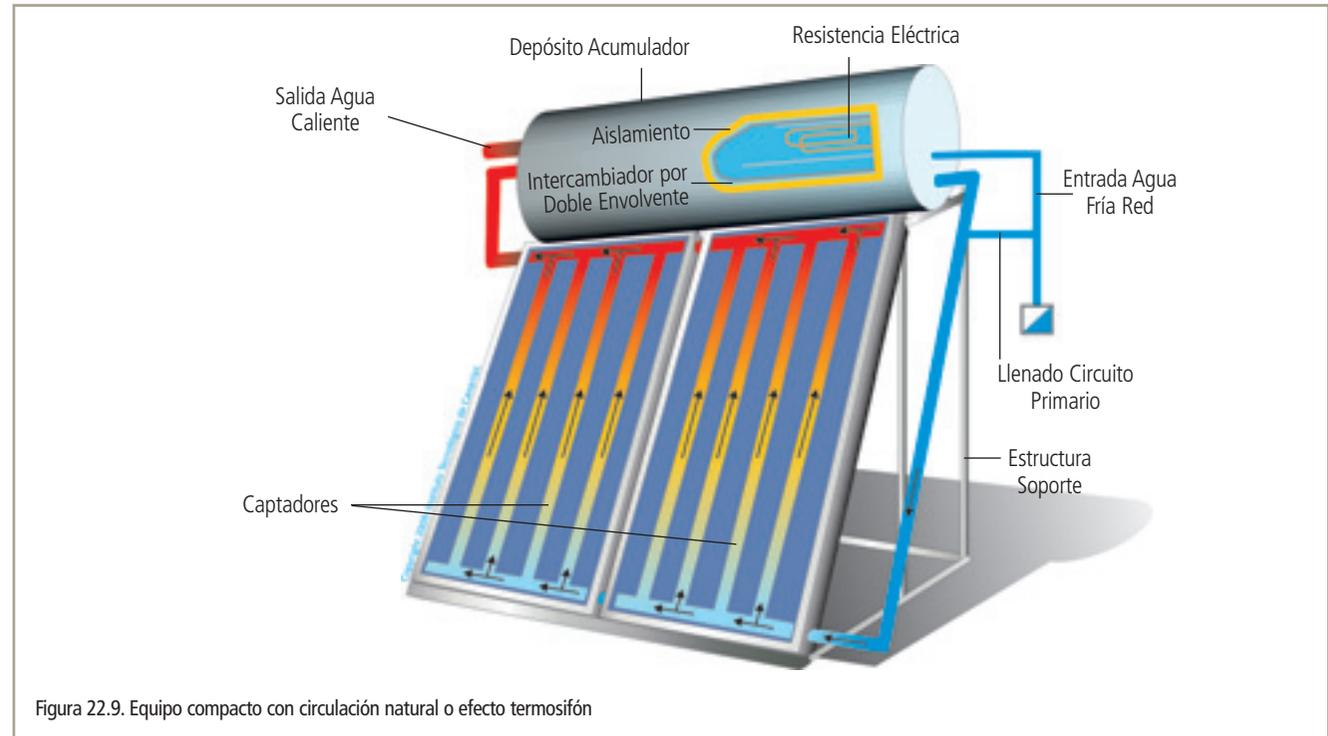
La tipología de la edificación y el uso que se prevé del edificio condicionan el diseño del sistema solar térmico apropiado en cada caso. Se indican a continuación las ventajas y desventajas de algunas de las configuraciones habitualmente utilizadas en edificios residenciales para la producción de agua caliente sanitaria.

Equipo compacto con circulación natural para la producción de agua caliente sanitaria en edificio unifamiliar

Es la solución habitualmente adoptada en edificaciones unifamiliares por su simplicidad en el funcionamiento e instalación del equipo (figura 22.9). El agua contenida en los captadores solares se calienta al incidir sobre ellos la radiación solar, con lo que experimenta una variación de su densidad que empuja el agua caliente hacia la parte superior del captador solar. Este movimiento se denomina circulación natural o efecto termosifón y evita la instalación de una electrobomba de circulación para impulsar el agua a través del circuito. Ésta es una de las principales ventajas de estos sistemas puesto que el mantenimiento que precisan se limita únicamente a la protección del depósito acumulador y la limpieza de los captadores. Para que el efecto termosifón se produzca es necesario que la acumulación de agua caliente esté ubicada a una altura mínima por encima de la conexión de salida de los captadores. Este requerimiento limita en muchos casos una integración arquitectónica adecuada.

Sistema solar térmico con circulación forzada para la producción de agua caliente sanitaria en edificio unifamiliar

Esta configuración hidráulica se utiliza en edificaciones unifamiliares en las que la demanda de agua caliente sanitaria sea elevada o se requiera integrar arquitectónicamente los captadores solares en los elementos de la edificación (figura 22.10). Requiere la instalación de una electrobomba de circulación que se pone en funcionamiento cuando el sistema es capaz de extraer energía del campo solar. El rendimiento energético de esta configuración es superior al del sistema de circulación natural pero las exigencias en cuanto al mantenimiento son mayores y precisa habilitar un espacio adicional para el depósito acumulador.



Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar centralizado

La centralización de la captación y acumulación solar y de la generación energética auxiliar, permite controlar de forma más precisa las pérdidas térmicas de la instalación (figura 22.11). Por esta razón, esta configuración implícitamente conlleva mayor rendimiento energético.

Para su funcionamiento es imprescindible habilitar espacio en las zonas comunes del edificio con el objetivo de ubicar una sala de máquinas con el/los depósito/s acumulador/es y el generador energético auxiliar. Deben instalarse además, contadores de agua caliente para cada vivienda. La gestión de los consumos individuales (lectura y facturación), así como del mantenimiento técnico de la instalación, es responsabilidad de la comunidad de propietarios del edificio.

Por otra parte, al ser la instalación solar térmica de propiedad común, la seguridad del suministro de agua caliente queda garantizada ya que no existe ningún equipo instalado en el interior de viviendas cuyo funcionamiento afecte al resto de la instalación.

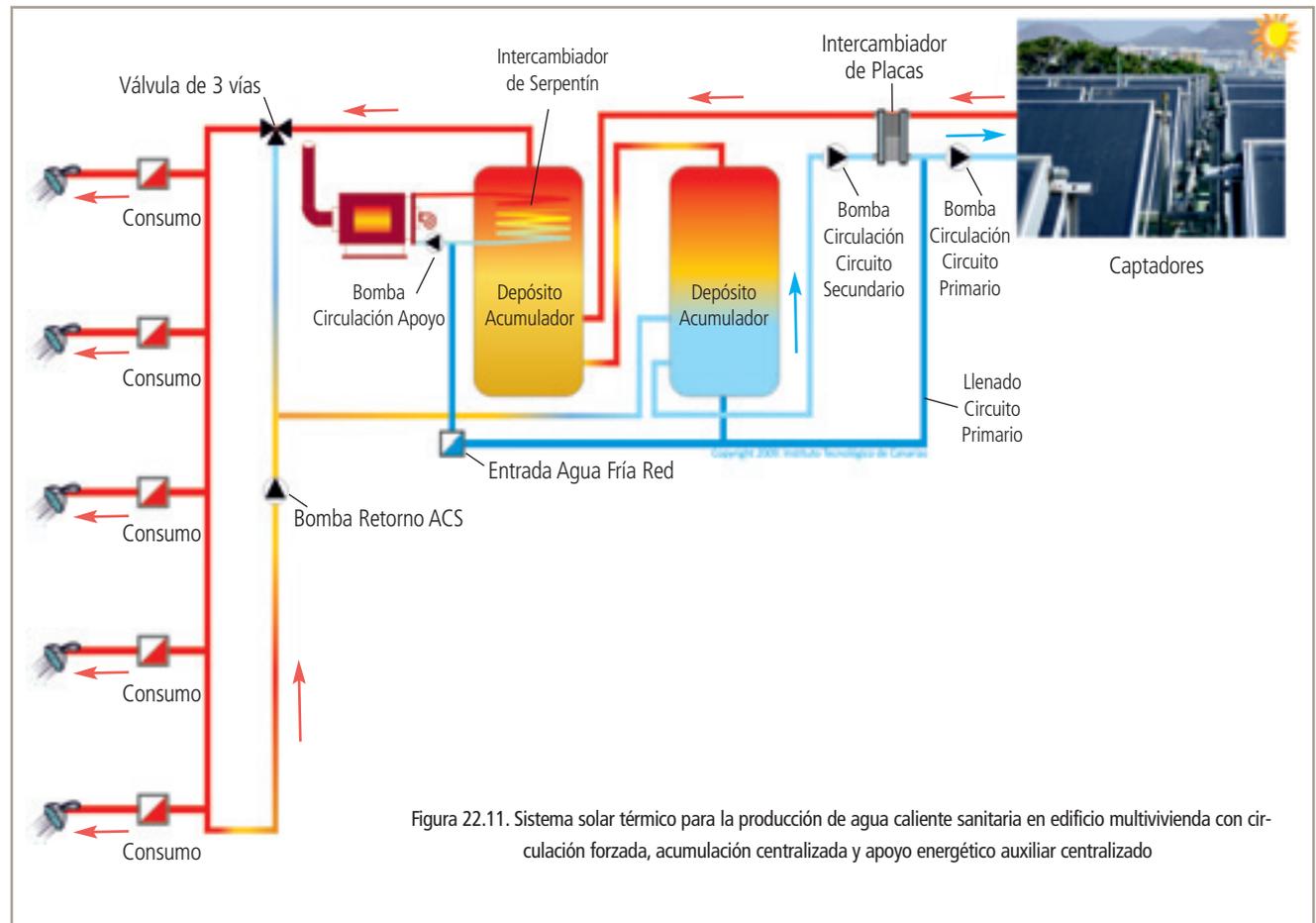


Figura 22.11. Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar centralizado

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar en cada vivienda

Esta configuración hidráulica mantiene como elementos comunes la captación solar y la acumulación pero el apoyo energético auxiliar es individual y está ubicado en cada vivienda (figura 22.12). Al igual que en el caso anterior, es imprescindible reservar espacio en áreas comunes de la edificación para ubicar una sala de maquinas en la que pueda instalarse el/los depósito/s acumulador/es. En el interior de cada vivienda deben instalarse intercambiadores de calor para transferir calor del sistema central a cada vivienda. Como lo que se transfiere a cada vivienda es calor y no un volumen de agua caliente, no es necesario instalar contadores de agua caliente y se elimina la necesidad de gestionar los consumos individuales por vivienda.

El coste del mantenimiento técnico que debe asumir la comunidad de vecinos es menor que en el caso anterior al reducir los equipos comunes para toda la instalación (sólo el campo de captadores solares).

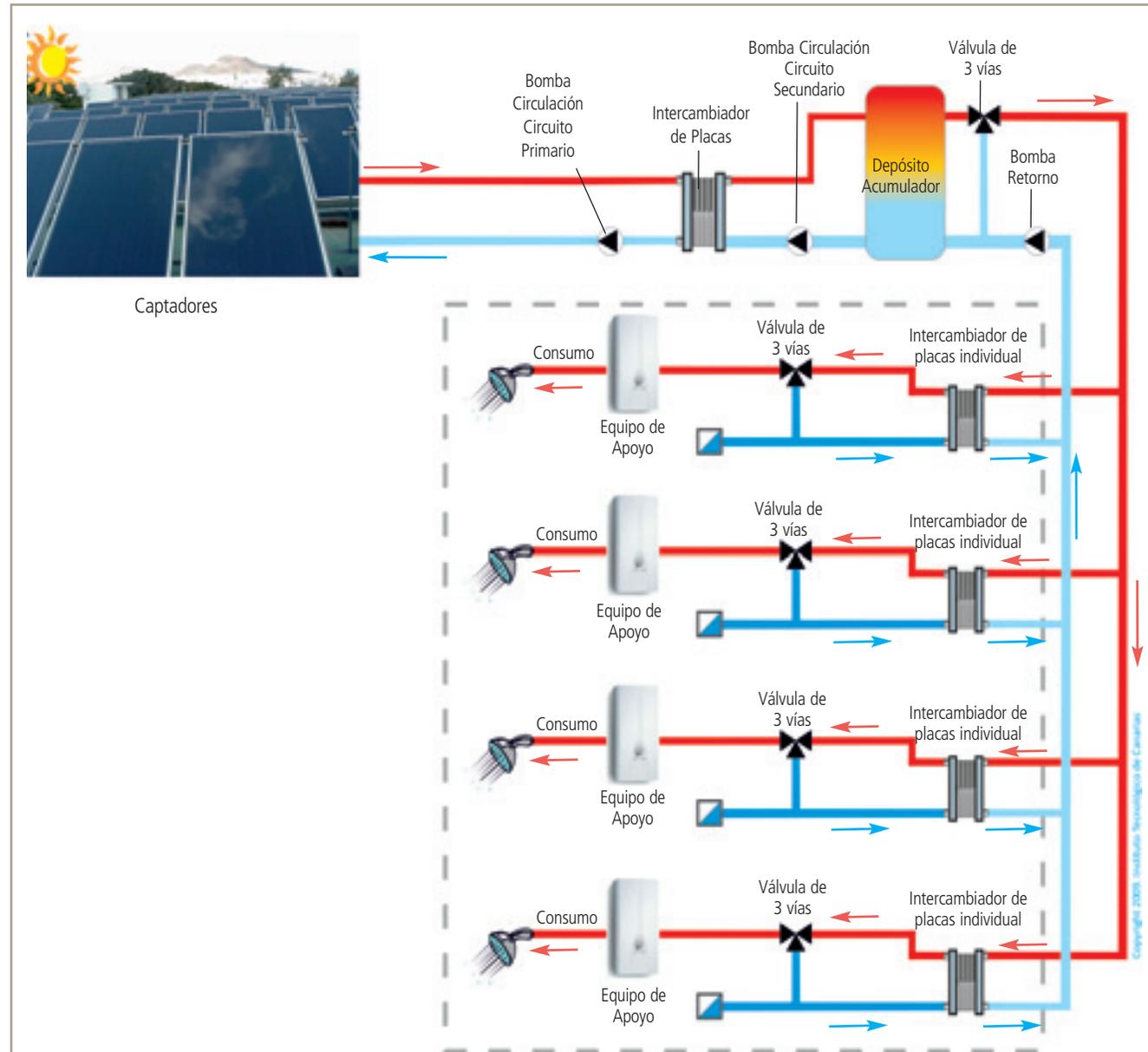


Figura 22.12. Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar en cada vivienda

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación centralizada y apoyo energético auxiliar en cada vivienda

Con esta configuración no es necesario reservar espacio en las áreas comunes del edificio para la ubicación de depósito/s acumulador/es y del apoyo energético convencional, ya que en cada vivienda se instala un generador auxiliar y un depósito acumulador de agua caliente (unos 80 l) de forma que la suma de los distintos volúmenes individuales de cada vivienda cumpla los requisitos establecidos en el Código Técnico de la Edificación (figura 22.13). En este caso, solamente los captadores solares son elementos comunes, lo que redundará en un menor mantenimiento de la instalación solar. Es importante destacar que no está permitida la conexión de un sistema de generación auxiliar en la acumulación solar, por lo que el apoyo energético convencional debe ubicarse a continuación (no es posible la utilización de resistencias eléctricas inmersas en el depósito).

Otras ventajas son la eliminación de los tratamientos de legionella y la reducción del impacto visual al reducirse el equipamiento común a instalar (se evita la colocación de la sala de máquinas en la cubierta si no se dispone de espacio en el interior del edificio).

Esta distribución, además, elimina la necesidad de instalar contadores térmicos en cada vivienda y de gestionar los consumos individuales. Todas las viviendas se benefician de la instalación solar y reducen su factura energética pero tienen un depósito y un generador auxiliar propios, por lo que el coste del mantenimiento de la instalación común (reducida al campo de captadores solares) se minimiza. Sin embargo, con esta configuración disminuye el rendimiento energético del sistema debido a las pérdidas térmicas en toda la instalación originadas por la descentralización de la acumulación.

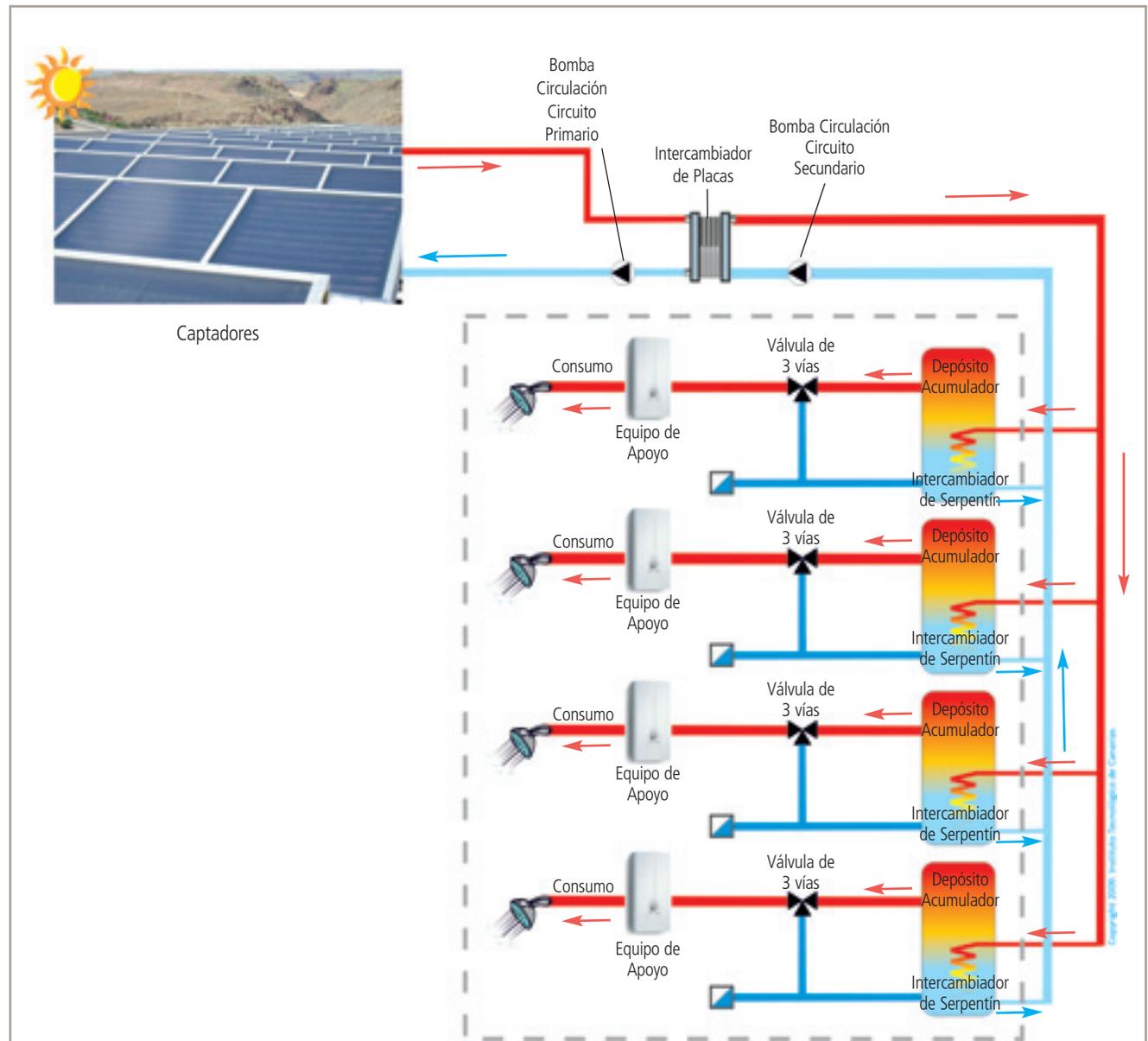


Figura 22.13. Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria en edificio multivivienda con circulación forzada, acumulación descentralizada y apoyo energético auxiliar en cada vivienda

Otros datos de interés

La decisión a tomar sobre la idoneidad de cada tipología de instalación debe tomarse en base a las necesidades de agua caliente sanitaria (ACS), al espacio disponible en el edificio y a la distribución prevista de los consumos.

EL Código Técnico de la Edificación estipula las demandas de referencia en función de la tipología de la edificación (viviendas unifamiliares o multifamiliares), para una temperatura de utilización de 60°C. Para el diseño de instalaciones de energía solar destinadas al abastecimiento del agua caliente sanitaria, es conveniente utilizar la demanda de referencia correspondiente para una temperatura de trabajo de 45°C, que es la adecuada para esta aplicación (tabla 22.4).

Las condiciones climáticas de las Islas Canarias permiten que en la mayoría del territorio insular, esta demanda por persona y día pueda ser producida con una superficie de aproximadamente 0,6 m² de captadores solares térmicos convencionales.

Para el supuesto de ACS, en la tabla 22.5 se muestran algunos datos estimados de interés, entre los que se encuentra el coste aproximado por m² para una instalación completa. Estos costes deberán disminuirán anualmente debido al progresivo ajuste del mercado.

Criterio de demanda	Litros ACS/persona y día a 60°C	Litros ACS/persona y día a 45°C
Viviendas unifamiliares	30	45
Viviendas multifamiliares	22	32

Tabla 22.4. Criterios de demanda para diferentes tipologías de edificación (CTE)

	Aplicaciones	Coste por m ² (instalación completa)	Tiempo de instalación
termosifón	Instalaciones domésticas individuales	650 €	1-2 días
forzada	Instalaciones comunitarias producción de ACS	700 - 750 €	Pequeña (<10 m ²): 4 días Mediana (<40 m ²): 8 días Grande (> 40 m ²): más de 8 días
	Instalaciones de ACS y calefacción mediante suelo radiante		
	Climatización de piscinas (no precisa acumulación)		
	Instalaciones industriales		
	Instalaciones de climatización por absorción		

Tabla 22.5. Aplicaciones, coste por m² y tiempo de instalación para diferentes sistemas de energía solar térmica

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Introducción

La necesidad de implementar tecnologías de producción de energía no consumidoras de combustibles fósiles, así como el avance que se está realizando en generación distribuida ha situado la energía solar fotovoltaica como una de las formas de producción energética de mayor implantación en los últimos años y con un futuro de consolidación.

El principal objetivo de una instalación fotovoltaica es la producción de electricidad. Al contrario que una instalación solar térmica, que permite sustituir la producción de agua caliente sanitaria mediante electricidad o combustibles fósiles por una producción mediante el calor aportado por la radiación solar, la instalación solar fotovoltaica supone un sistema activo mediante el que se puede obtener ingresos económicos por la venta de la energía gracias a un sistema de primas a la producción o bien se puede consumir directamente, sin acumulación, la electricidad generada.

La tecnología existente en energía solar fotovoltaica ha experimentado un avance espectacular en los últimos años. Las instalaciones fotovoltaicas realizadas en edificios han asumido la tecnología existente para instalaciones de suelo, pero estas nuevas líneas de aplicación han abierto nuevas líneas de producción: se ha empezado a desarrollar una industria de fabricación de productos para la integración arquitectónica que ofrece amplias perspectivas y un elevado grado de fiabilidad y flexibilidad. Tras muchos años en los que el interés por el desarrollo de tecnología fotovoltaica aplicada a la edificación fue bajo, las necesidades de disminuir la dependencia de combustibles fósiles y el giro hacia la construcción de edificios eficientes, ha propiciado el acercamiento del sector de la construcción a la energía solar. De esta forma, la industria de la energía solar está ofreciendo soluciones constructivas que son creativas, adaptables a cualquier tipología de edificio y que, finalmente y sobre todo, funcionan. Con esto, un edificio que disponga de espacio libre y soporte estructural para la instalación de un sistema solar fotovoltaico abre una posibilidad de un alto valor añadido: **emplear un espacio útil para producir energía útil.**

En Canarias, donde la densidad de población es muy alta y el porcentaje de territorio sometido a algún tipo de protección es grande (más del 40% del territorio canario posee algún grado de protección), cobra especial importancia el hecho de que la generación eléctrica se pueda llevar a cabo aprovechando los tejados, azoteas o fachadas de edificios de zonas ya urbanizadas, sin que haya que buscar superficies adicionales en suelos para la producción de energía. Esta posibilidad se ve respaldada con la distinción tarifaria que hace el Real Decreto 1578/2008, sobre la producción en suelo o en tejado, lo que promoverá el uso lógico de estos soportes para las próximas instalaciones fotovoltaicas.

La inversión a realizar en este tipo de instalaciones desciende cada año debido a la mayor demanda y producción del prin-



Figura 22.14. Instalación fotovoltaica del Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología (Gran Canaria)

cipal elemento de la instalación: el módulo fotovoltaico. Aún así, sigue siendo una inversión importante con lo que se ha de fijar especial atención a la calidad del mismo y verificar que los módulos propuestos cumplan los siguientes requisitos:

- Normativa EN 61215 para módulos de silicio cristalino y la EN 61646 para módulos de lámina delgada. En España existe un laboratorio acreditado por ENAC para realizar estos ensayos, el CENER. Los fabricantes de módulos que realicen los ensayos tienen dos opciones de certificación:
 - o Calificación del prototipo: Las muestras son enviadas por el fabricante sin necesidad de justificar un sistema de calidad en el proceso de fabricación.
 - o Calificación de la producción: Los módulos se selecciona al azar una entidad externa verifica la existencia de un sistema de calidad implantado en la fábrica
 - o Esta normativa comprueba la fiabilidad y durabilidad de los módulos
- Normativa EN 61730: cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos. Esta normativa es más importante si los módulos se integran en edificios.

Una vez ejecutada la instalación, se recomienda la realización de medidas de la potencia pico del generador fotovoltaico y de la capacidad productiva de la misma, comprobando que se cumplen las previsiones en potencia y energía respectivamente proyectadas y contratadas.

Instalaciones fotovoltaicas en edificios

La simple idea de incluir en el diseño de un nuevo edificio una instalación fotovoltaica puede influir en las características que ha de tener el mismo para presentar una óptima utilización del sistema. Si en el proyecto de construcción se implantan medidas de arquitectura bioclimática para construir un edificio energéticamente eficiente, éstas no son en absoluto opuestas a la utilización de energía solar fotovoltaica, ni a la adaptación del edificio para lograr el máximo aprovechamiento de la radiación solar: ambas pueden y deben ir unidas. De esta manera, se ha de tener en cuenta que se puede amoldar la orientación, la forma,

el diseño, etc. para lograr un edificio energéticamente eficiente sin obviar la posibilidad que ofrecen los materiales fotovoltaicos en cuanto a la apariencia y estética.

Entre las razones que pueden llevar a la instalación de energía solar fotovoltaica se encuentran:

- desde el punto de vista funcional, la sustitución o minimización del consumo eléctrico proveniente del exterior y la disminución de costes de construcción teniendo en cuenta que para algunos materiales exteriores de calidad, su coste de instalación excede al de la misma solución pero con módulos fotovoltaicos.
- desde el punto de vista medioambiental, la contribución del edificio a la producción de energías limpias.
- desde el punto de vista constructivo, la unión de un proyecto de ingeniería con un diseño arquitectónico innovador que permita que el edificio sea único y estéticamente valorado.
- desde el punto de vista social, la demostración de que es posible llevar a cabo edificaciones con un consumo mínimo de energía y la ventaja de posicionarse socialmente como un edificio medioambientalmente responsable.

TIPO DE USO	LIMITE DE APLICACIÓN
Hipermercado	5000 m ² construidos
Multitiendas y centros de ocio	3000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10000 m ² construidos
Administrativos	4000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10000 m ² construidos

Tabla 22.6. Obligación de instalación de instalaciones solares fotovoltaicas según CTE

Es ideal tomar las decisiones para la instalación de energía solar fotovoltaica en el momento del diseño del edificio para minimizar sus costes. Aún así, es posible adaptar estos sistemas a edificios ya construidos.

En ambos casos (nueva construcción o edificios existentes), la instalación fotovoltaica puede permitir el autoconsumo o la inyección en red de la producción eléctrica. En ningún caso se permite el vertido a red del excedente no consumido en uso propio (como sí lo puede hacer la eólica de autoconsumo). Actualmente, sólo para determinados casos que recoge el Código Técnico de la Edificación es posible el autoconsumo. Según el CTE es obligatorio instalar instalaciones fotovoltaicas a aquellos edificios que superen las dimensiones establecidas en la tabla 22.9, quedando exentos de cumplir esta norma determinados casos.

Estas instalaciones podrán consumir directamente la electricidad generada o verterla a red, recibiendo ingresos económicos por dicha venta. La posibilidad de autoconsumo para esta tipología de edificaciones tiene como objetivo el fomento de las instalaciones fotovoltaicas en edificios que disponen de centros de transformación propios y que compra energía en media tensión. Aún así, y aunque no se vierta la producción en la red eléctrica, estas instalaciones están acogidas a las condiciones técnicas que establecen los decretos en vigor (RD 1578/2008, ...) y no es preciso su inscripción en el Registro de Empresas productoras de energía en régimen especial. En cualquiera de los dos casos, se producirá un beneficio económico considerable mediante una actividad que no interfiere en las funciones habituales del edificio.

Es habitual que en las instalaciones fotovoltaicas se instale más potencia en los módulos (potencia pico o potencia instalada) que la que se obtiene a la salida del inversor para consumo o para vender a la red (potencia nominal). Este sobredimensionamiento compensa las pérdidas en el sistema y permite obtener la potencia nominal a la salida del inversor:

- La **potencia pico** de la instalación (kW_p) se obtiene sumando la potencia individual de los módulos que forman parte del sistema. Para cada modelo de módulo se habrá determi-

nado previamente la potencia pico del mismo bajo condiciones estándar, 25 °C y 1000 W/m², lo que vendrá reflejado en las características eléctricas del módulo indicadas en la etiqueta trasera. En la realidad, las condiciones estándar se alcanzan en algunos días de invierno con el cielo totalmente despejado (gran radiación y temperatura de la superficie de los paneles no demasiado alta), con lo que los módulos están trabajando la mayoría del tiempo a una potencia menor que la potencia pico.

- La potencia nominal de la instalación (kW) es la potencia máxima administrativa que sería capaz de generar y coincide normalmente con la del inversor o inversores que inyectan la electricidad generada en la red, dato que proporciona el fabricante de los equipos. El inversor instalado restringe la potencia máxima del sistema a la potencia de salida del mismo (potencia nominal) y es la que realmente consta como potencia de la instalación en términos administrativos.

En la figura 22.15 se muestra el esquema unifilar para una instalación fotovoltaica conectada a red en baja tensión y en el que se incluyen los elementos que la constituyen.

Desde el 29 de septiembre de 2008, el Real Decreto 1578/2008 rige el marco económico aplicable a las instalaciones fotovoltaicas con conexión a red. En él se establece una distinción entre instalaciones integradas en edificios (variando entre 0,34 €/kWh para potencias inferiores o iguales a 20 kW_p, y 0,32 €/kWh para las mayores de 20 kW_p ó 10 MW según los casos) y las instaladas en suelo (0,32 €/kWh), quedando sujetas estas tarifas a actualizaciones periódicas. El plazo de retribución para cada instalación es de 25 años. Este Real Decreto 1578/2008 se actualizará o transformará en otra norma, probablemente, con la trasposición de la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, con el nuevo Plan de Energías Renovables 2011-2020 y con la aprobación de la Ley de Energías Renovables, de la que se presentará un anteproyecto de Ley en el segundo trimestre de 2010, dentro de la Estrategia de Economía Sostenible.

La tendencia que seguirá el ajuste del mercado puede tener su máxima expresión en el momento en que se alcance la "pari-

Tecnología	Material	Superficie requerida para 1 kW _p de potencia	Imagen
Estándar	Silicio monocristalino	6 - 9 m ²	
	Silicio policristalino	7,5 - 10 m ²	
Capa delgada	Cobre Indio Diselenio (CuInSe/CIS)	9 - 11 m ²	
	Teluro de Cadmio (CdTe)	12 - 17 m ²	
	Silicio amorfo	14 - 20 m ²	

Tabla 22.7. Tecnologías fotovoltaicas para utilización en edificios.

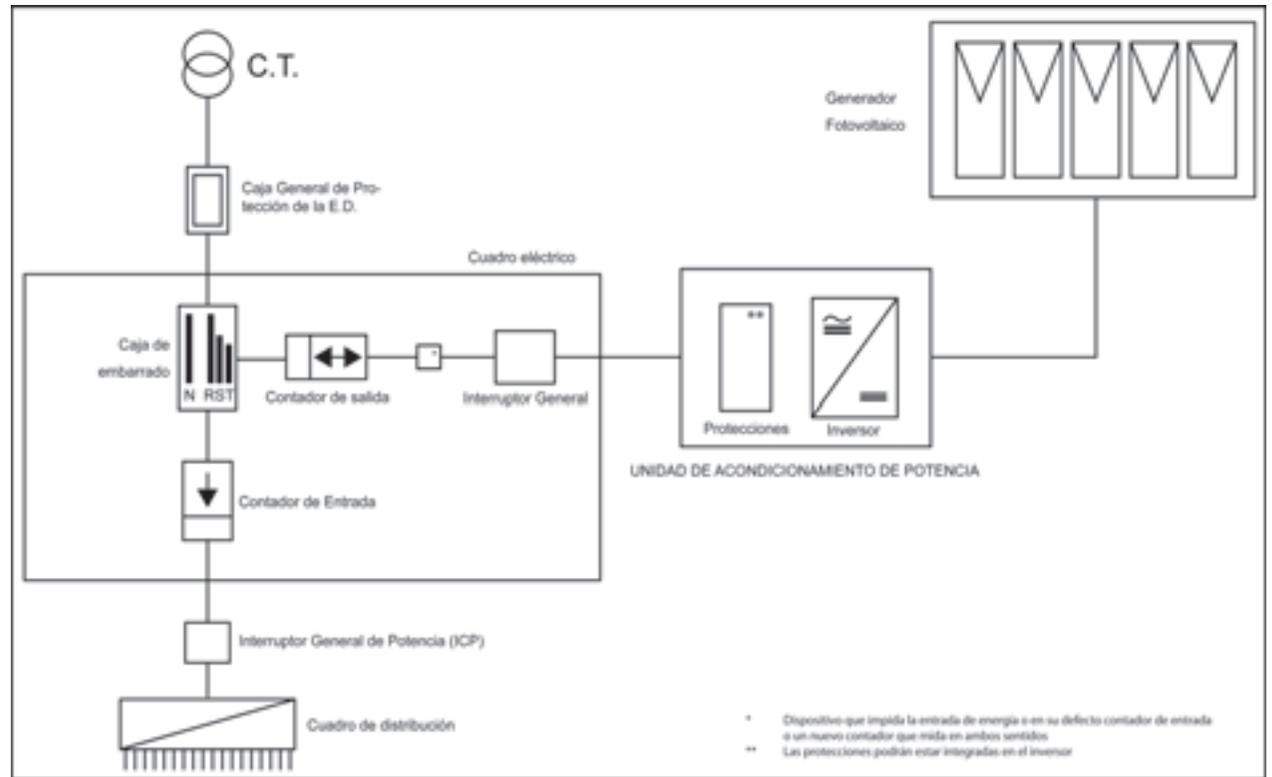


Figura 22.15. Esquema unifilar de una instalación fotovoltaica conectada a red en baja tensión

dad de red”, en el que el coste del kWh fotovoltaico producido sea igual al coste del kWh convencional consumido, con lo que desaparecerán las primas por producción para las instalaciones dadas de alta a partir de ese momento y será ventajosa la instalación de energía solar fotovoltaica sin acumulación para consumo propio.

Integración arquitectónica

Los sistemas fotovoltaicos integrados suponen un enorme potencial en el diseño de las edificaciones, siendo primordial tener en cuenta su implantación en esta fase para adaptarlo perfectamente en la estructura del edificio y poder utilizarlo como un elemento constructivo más. En este sentido, un sistema fotovoltaico integrado debe realizar las mismas funciones que los elementos que sustituye, con lo que tendrá que ofrecer iguales prestaciones:

- Apariencia
- Estanqueidad y protección contra los agentes atmosféricos
- Soporte de la carga producida por el viento
- Ciclo de vida de los materiales y riesgos/consecuencias de fallos
- Seguridad (construcción, fuego, eléctrica, etc.)
- Coste

La investigación y el desarrollo de nuevos materiales capaces de generar electricidad a partir del efecto fotovoltaico ha producido una evolución en el diseño de módulos fotovoltaicos para permitir y facilitar su integración o su función constructiva en fachadas o tejados, es decir, han pasado de ser unos simples equipos de producción de energía, a ser un elemento constructivo capaz de sustituir elementos tradicionales.

La mayoría de la producción de material fotovoltaico actual se basa en el polisilicio, un material del que se conoce su aceptable rendimiento y que, al utilizarse para la industria electrónica, ha permitido su accesibilidad (en el 2008 la tecnología cristalina estándar alcanzó el 90% del mercado). Sin embargo, la irrupción con porcentajes cada vez mayores de nuevas tecnologías solares (por ejemplo, tecnologías de capa delgada o "thin-film") ha permitido barajar más opciones en la integración de instalaciones fotovoltaicas en los edificios.

En el caso de células basadas en el polisilicio, los fabricantes han producido variantes de tonos, colores, formas de células y módulos y sistemas de fijación para atender las demandas de los diseñadores (recientemente han aparecido versiones de células de colores variados como oro, verde, rojizo, azul, etc., con reducciones en su eficiencia energética). Para los módulos de capa delgada, su excelente adaptación a soportes flexibles, ha proporcionado a los diseñadores una mayor capacidad de integración, aunque tienen una menor eficiencia y requieren un área mayor para alcanzar la potencia deseada.

En la Tabla 22.7 se muestra la superficie requerida para la instalación de 1 kW de potencia y la apariencia de las diferentes tecnologías utilizables en la edificación.

El Código Técnico de la Edificación establece límites para las inclinaciones y orientaciones posibles de la instalación, con el fin de evitar excesivas pérdidas que hagan inviable la instalación del sistema.

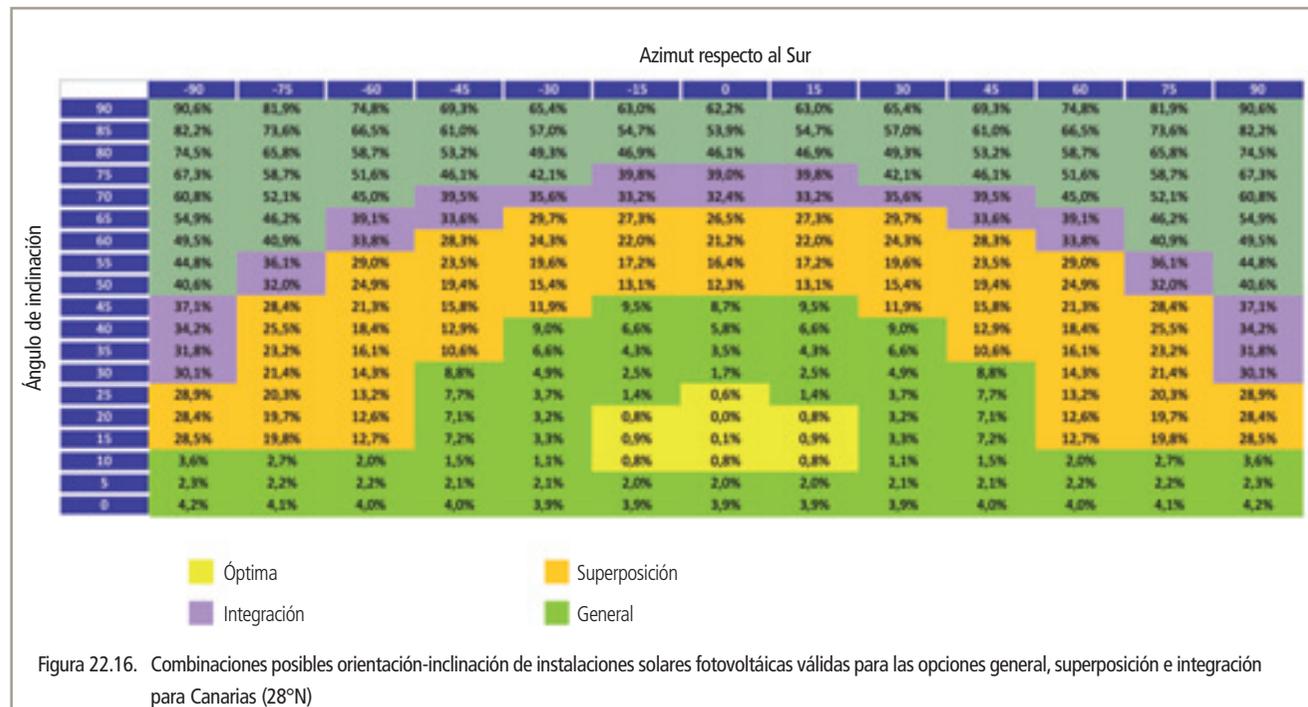
En la figura 22.16 se indican las combinaciones posibles orientación-inclinación válidas para las opciones general, superposición e integración de los módulos fotovoltaicos en la envolvente del edificio de acuerdo a los 28°N de latitud de Canarias.

De manera general, existen dos formas básicas de integrar los sistemas fotovoltaicos en los edificios:

- En fachadas, formando parte de la misma, como elementos sombreadores o filtros solares
- En cubiertas

Integración en fachada

El Código Técnico de la Edificación impone determinados límites para la inclinación y orientación del sistema en los casos de integración y superposición. Con estos valores no es posible situar verticalmente los módulos en la fachada del edificio, con lo que se ha de recurrir a otros sistemas para su ubicación. En estos casos, y complementando la propia producción eléctrica, se puede aprovechar la inclinación de los módulos para el sombreado de superficies susceptibles de provocar sobrecalentamiento o deslumbramiento.



Integración en cubiertas

La situación del campo fotovoltaico en una cubierta es más usual en Canarias, ya que las condiciones son mucho más favorables que en las fachadas. Las ventajas de esta opción de instalación son:

- Suelen estar libre de sombras
- Se puede elegir la inclinación del sistema para lograr el máximo rendimiento
- Es más fácil integrar estéticamente y funcionalmente un sistema fotovoltaico en una cubierta que un muro o fachada.

La principal desventaja de estos sistemas radica en los anclajes sobre la cubierta, que han de realizarse con la máxima precaución para no afectar la impermeabilización de la misma.

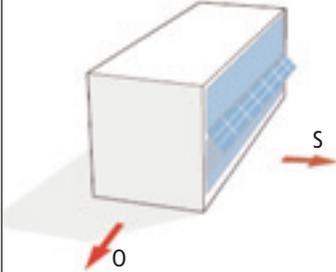
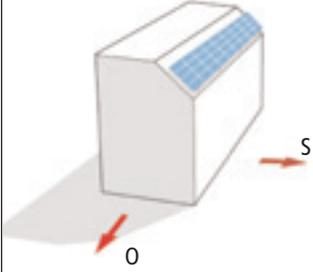
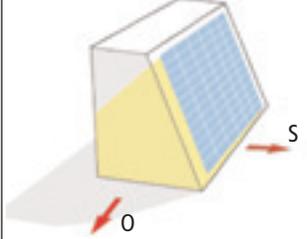
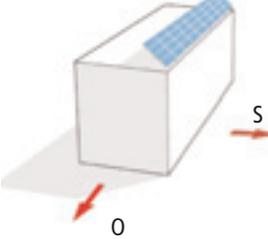
La mayoría de las instalaciones sobre cubierta realizadas en canarias se han situado sobre naves industriales, con unas inclinaciones óptimas de 15-20°, lo que garantiza la máxima producción.

En la tabla 22.8 se muestran algunos sistemas de integración en fachadas y en cubiertas.

Para integrar el campo fotovoltaico en una cubierta hay que tener en cuenta los criterios siguientes:

- Consideraciones estructurales
La sobrecarga debida a un campo fotovoltaico es muy pequeña en relación a las sobrecargas que se tienen en cuenta en los cálculos de las cubiertas. El peso que puede provocar el campo fotovoltaico estará en torno a 30 kg/m² o 222 kg/kWp.
- Sistemas de fijación
Existen algunos sistemas en el mercado que facilitan la fijación de la estructura de soporte de los módulos a la cubierta existente.

En cubiertas planas, con el fin de no perforar la impermeabilización, se utilizan sistemas de fijación por gravedad, situando elementos pesados para estabilizar las hileras de módulos. Tanto si éstas van superpuestas sobre tejados como integradas, hay que prever que tengan una correcta ventilación que impida el estancamiento de aire caliente bajo los módulos. Un excesivo sobrecalentamiento (50 °C) de éstos reducirá fácilmente su eficiencia en un 10%.

Gráfico	Posición de los captadores	Gráfico	Posición de los captadores
	<p>Muro vertical con módulos inclinados en forma de aleros fijos o móviles</p> <p>Se trata de un sistema constructivo complejo en el que se incrementa la eficiencia en la producción fotovoltaica. La inclinación ha de ser estudiada previamente para lograr la mayor producción posible. El sistema de sombreado sobre los huecos permite un mayor control sobre la radiación incidente en el mismo, aunque puede implicar una pérdida de luz diurna. En el caso de ser aleros móviles, la producción de electricidad es mayor y el sombreado más eficiente.</p>		<p>Cubierta inclinada integrada</p> <p>Sustituyen a los elementos que forman parte de la cubierta, integrándose totalmente.</p>
	<p>Muro inclinado</p> <p>La producción eléctrica es mayor que en el caso de un muro vertical. Supone un uso menos eficiente de la planta del edificio. La utilización de módulos translúcidos permite la entrada de radiación solar en el interior del edificio, aportando iluminación natural.</p>		<p>Diente de sierra</p> <p>Precisan de estructura sobre la cubierta, con dirección norte-sur e inclinada cada fila unos 15-20° y con una separación adecuada entre filas para impedir el sombreado de las filas posteriores por las anteriores. Ofrecen elevadas producciones anuales ya que compensan la baja radiación invernal con una excelente radiación en los meses de verano.</p>

Continúa en la siguiente página

Otras posibilidades de integración

Además de fachadas y cubiertas, aparecen otras alternativas para situar el campo fotovoltaico en torno a los edificios sin ocupar nuevos espacios, ejemplos de ellas son las siguientes:

- Construcciones de pasos cubiertos entre edificios (figura 22.17)
- Protección de zonas de aparcamiento de vehículos
- Mobiliario urbano

ASPECTOS IMPORTANTES PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Un buen diseño del emplazamiento del campo solar puede aumentar la producción eléctrica por encima de la media. Además, se pueden tener en cuenta los siguientes aspectos para aumentar la eficiencia.

Control de temperatura

La energía suministrada por un módulo fotovoltaico se reduce a medida que se incrementa su temperatura, es beneficioso favorecer una buena ventilación de los módulos con el fin de reducir al máximo el incremento de temperatura.

En los sistemas superpuestos sobre cubiertas inclinadas, la baja inclinación de las mismas reduce la velocidad de circulación del aire entre la cubierta y los módulos, pero puede potenciarse situando los perfiles de fijación de estos últimos en el sentido de la pendiente y dejando una pequeña separación entre ellos. En los sistemas totalmente integrados en una cubierta inclinada la ventilación es casi imposible, por lo tanto hay que asumir estas pérdidas de eficiencia.

Reflexión solar sobre el campo fotovoltaico

Si se aumenta la intensidad luminosa sobre el campo fotovoltaico, aumentará también la generación eléctrica. Esto es posible conseguirlo situando los módulos fotovoltaicos al lado de una cubierta reflectora o en la base de una fachada pintada de un color claro: parte de la radiación solar que incide sobre estas superficies más o menos reflectantes, será reflejada y se sumará a la que incide de forma directa sobre los módulos.

Gráfico	Posición de los captadores	Gráfico	Posición de los captadores
	<p>Cubierta plana</p> <p>Se trata de un sistema en el que se incorpora paralelamente a la cubierta plana el generador fotovoltaico. Se logra una integración óptima pero disminuye la producción debido a la carencia de inclinación. Si el edificio ha de cumplir el CTE, la instalación no ha de ser horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos.</p>		<p>Atrio-lucernario</p> <p>Permiten el aprovechamiento de la luz diurna en caso de instalar módulos semi-transparentes. Si el edificio ha de cumplir el cte, la instalación no ha de ser horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos</p>
	<p>Cubierta inclinada superpuesta</p> <p>Se adaptan a la cubierta existente mediante estructuras superpuestas.</p>		

Tabla 22.8. Sistemas habituales de ubicación de los módulos fotovoltaicos en fachada y cubierta.

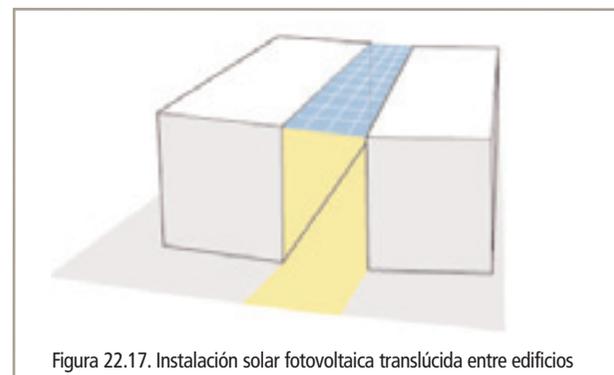


Figura 22.17. Instalación solar fotovoltaica translúcida entre edificios

Sombras

Cuando una célula solar queda en sombra disminuye su producción de corriente ya que tan sólo aprovecha la radiación difusa y no la directa. Pero si a través de una única célula disminuye el flujo de corriente, éste disminuye también a través de todas las células conectadas en serie con ella. Se habla en tal caso del llamado “efecto de pinzamiento de manguera”: si una manguera se pinza en un único punto, por su extremo sale menos agua, siendo éste el efecto análogo a lo que pasaría con la célula que se encuentra en sombra, que “pinzaría” el flujo de corriente. Esto produce en la célula solar una mayor tensión y un aumento de su temperatura, pudiéndose dañar de forma permanente.

El sombreado de una célula tiene efectos directos sobre el rendimiento de la instalación fotovoltaica. La célula solar que recibe menor irradiación determina la potencia total de toda la cadena.

Siempre que sea posible se debe intentar eliminar las sombras del campo solar para lo que existe una herramienta llamada “Indicador de proyección de sombra”. Con él se puede examinar la silueta del paisaje desde el punto de vista del generador fotovoltaico e identificar los inmuebles que proyectan sombras. Por otra parte, hoy en día existe software de cálculo de instalaciones fotovoltaicas, en los que se pueden introducir los inmuebles cercanos a la instalación y nos indican la influencia que tendrán sobre la producción energética de la misma.

Cuando las sombras no puedan evitarse, se puede reducir el efecto del sombreado con una adecuada disposición de los módulos fotovoltaicos y una ajustada elección del tipo de circuito.

Suciedad

La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del módulo reduce el rendimiento del mismo y puede producir efectos de inversión similares a los producidos por sombras. El problema puede llegar a ser serio en el caso de los residuos industriales y los procedentes de las aves. La intensidad del efecto depende de la opacidad del residuo.

Las capas de polvo que reducen la intensidad del sol de forma uniforme no son peligrosas y la reducción de la potencia no suele ser significativa. Aún así, la acumulación de polvo procedente de

fenómenos meteorológicos como la calima o la escasa pluviometría de algunas zonas (que normalmente coinciden con las zonas de mayor radiación), implica aumentar la frecuencia de limpieza, evitando el descenso de la producción. En el caso de los depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del módulo, que impida a éstas posarse. La acción de la lluvia puede en muchos casos reducir al mínimo o eliminar la necesidad de la limpieza de los módulos.

La operación de limpieza debe ser realizada en general por el propio usuario y consiste simplemente en el lavado de los módulos con agua y algún detergente no abrasivo, procurando evitar que el agua se acumule sobre el módulo. No es aceptable en ningún caso utilizar mangueras a presión.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS ASOCIADAS

El esfuerzo principal a la hora de diseñar una instalación fotovoltaica integrada en un edificio lo supone la adaptación óptima a su estructura de manera que la producción eléctrica sea máxima y que cumpla el objetivo de minimizar el consumo eléctrico del edificio (mediante el consumo directo o mediante la retribución por ventas de la electricidad generada). La situación del campo fotovoltaico, su estética y su funcionalidad serán elementos decisivos en el buen resultado de su implantación. Pero la instalación fotovoltaica está constituida por otros elementos tan importantes como el campo de captación (módulos fotovoltaicos) y que tienen una incidencia fundamental en el óptimo funcionamiento de la misma: cableado, inversor, elementos de protección y seguridad y contador.

Aunque estos elementos pertenecen a la parte eléctrica de la instalación, es preciso tenerlos en cuenta a la hora del diseño del edificio, puesto que necesitarán de espacio en el interior o exterior del edificio para ubicarlos.

Cableado exterior

Se puede considerar la incidencia del cableado en la instalación fotovoltaica desde dos puntos de vista: el cableado que une módulos fotovoltaicos e inversor y el cableado que evacúa o conecta la

instalación fotovoltaica con la existente en el edificio o con la red de distribución exterior.

El cableado que une los módulos fotovoltaicos y el inversor suele ser de un grosor adecuado para que pueda circular la corriente continua producida por los módulos. Aunque habitualmente los módulos disponen de cables de unión entre ellos insertados en el propio módulo (se unen según la configuración planificada para lograr el voltaje e intensidad deseados), la unión de las series de módulos al inversor se ha de realizar mediante un cable que suele tener una extensión considerable, con lo que se ha de estudiar la forma en que este tipo de cableado habrá de pasar por la instalación fotovoltaica y por los elementos constructivos necesarios:

- En el caso en que los cables pasen por zonas de elevada temperatura, como pueden ser la parte trasera de los módulos soleados, se habrá de aumentar la sección para evitar la caída de tensión en los mismos.
- Las posibles uniones de cables se deberán realizar en cajas estancas cuando estas uniones se realicen en la parte exterior del edificio.
- Cualquier elemento eléctrico (cables, cajas de unión, etc.) que se sitúe en la fachada o en la cubierta deberá ser accesible a las tareas de mantenimiento de la instalación.
- La longitud de los cables deberá ser la menor posible de manera que no se produzcan caídas de tensión no deseadas y para lograr una reducción de costes.

Estos aspectos deben tenerse en cuenta en el diseño arquitectónico para optimizar el funcionamiento de la instalación.

Inversor/es, cuadro de protección y contadores

En pequeñas instalaciones (< 5 kWp) los equipos eléctricos (inversor/es, cuadro de protección) suelen estar habitualmente situados en compartimentos estancos cercanos a la zona de captación, pero para potencias mayores se precisa, debido a las dimensiones de los inversores, un espacio específico dentro de la edificación que permita el fácil acceso a esta zona y el alojamiento con garantías de los equipos de transformación.

Una buena estimación que se puede tomar para las dimensiones del habitáculo de los inversores puede ser que la superficie sea aproximadamente el 3-5% del área ocupada por la superficie de captación, esto es, por la extensión de los módulos fotovoltaicos.

Es también importante tener en cuenta el control de temperatura para un óptimo funcionamiento en la conversión de corriente continua a alterna. El inversor suele trabajar de manera óptima en un rango de temperaturas entre 1 °C y 40 °C. La importancia de esta temperatura de trabajo radica que en que de no producirse una adecuada ventilación, con el consiguiente enfriamiento de los equipos, las pérdidas en forma de calor pueden ser hasta de un 10% de la potencia nominal del inversor, con la incidencia que tiene este hecho en la producción eléctrica obtenida. Este factor se ve acrecentado en zonas del archipiélago en las que a una excelente radiación solar (lo que conlleva una elevada producción), se ve la existencia de unas temperaturas medias elevadas en verano.

El cuadro de protección eléctrica y los contadores no precisan de una excesiva superficie, aunque debe plantearse con antelación su ubicación dentro de la sala para evitar en lo posible las elevadas longitudes de cableado y un óptimo acceso a la instalación para su mantenimiento, lectura, etc.

Cableado de evacuación

Este cableado es fundamental que esté correctamente dimensionado puesto que es la parte final de la instalación a través de la que se entregará la electricidad producida a la red de distribución o bien se dispondrá de la misma en el edificio. También se precisa que las longitudes sean lo más corta posible.

OTROS DATOS DE INTERÉS

El coste de una instalación fotovoltaica conectada a red se encuentra, a la edición de este manual, entre los 3.500 € - 4.500 € por kilovatio pico instalado, coste que presenta una línea descendente a partir del pasado 2009 y que se prevé siga descendiendo. Estos importes proporcionan un tiempo de retorno de la inversión aproximado de siete años, estimándose un periodo mayor o menor

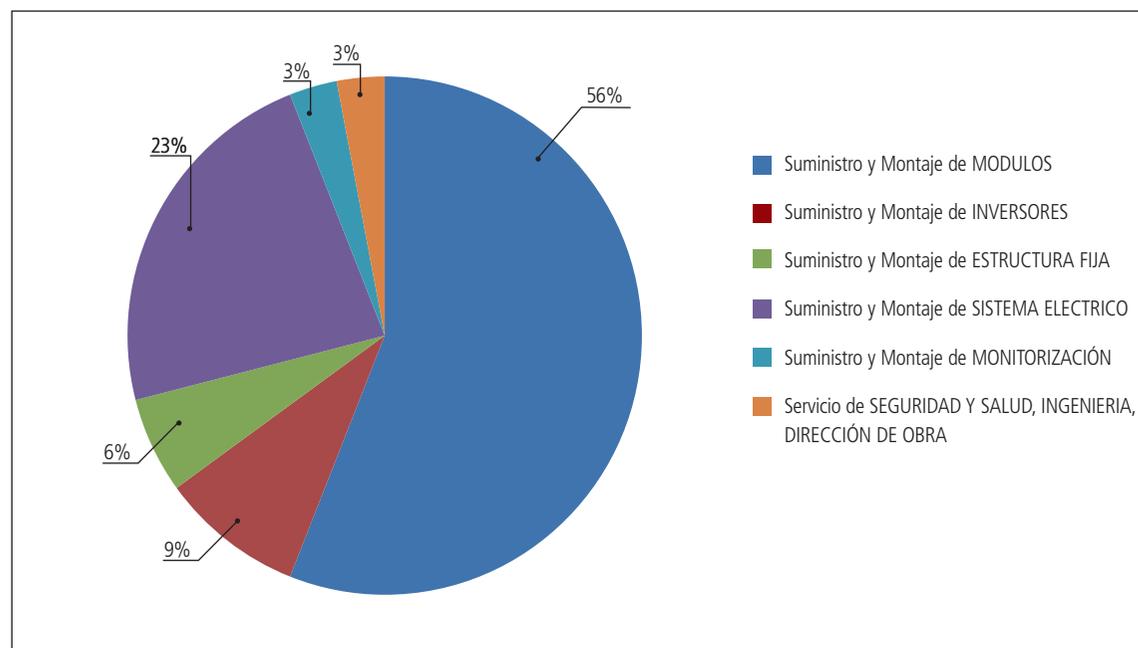


Figura 22.18. Estimación del coste por elemento de una instalación fotovoltaica conectada a red (porcentaje)

Elemento	Coste proporcional para 4 €/Wp
Suministro y Montaje de MODULOS	2,26 €
Suministro y Montaje de INVERSORES	0,36 €
Suministro y Montaje de ESTRUCTURA FIJA	0,26 €
Suministro y Montaje de SISTEMA ELECTRICO	0,92 €
Suministro y Montaje de MONITORIZACIÓN	0,10 €
Servicio de SEGURIDAD Y SALUD, INGENIERIA, DIRECCIÓN DE OBRA	0,10 €

Tabla 22.9. Estimación del coste en euros de los elementos de una instalación fotovoltaica conectada a red con un precio de 4 €/Wp

según la irradiación existente en la ubicación de la instalación y las posibles incidencias en su funcionamiento.

La figura 22.18 muestra una estimación del porcentaje atribuido a cada elemento de una instalación fotovoltaica conectada a red.

Para un precio medio de 4 €/W_p, se puede tener una aproximación del coste de cada uno de los elementos (tabla 22.9)

ENERGÍA MINIEÓLICA

La electricidad producida por la energía eólica supone la mayor contribución de las energías renovables al sistema energético canario. La totalidad de esa producción se realiza en los parques eólicos, formados por aerogeneradores de gran potencia (del orden del megavatio de potencia, o superior), que aportan grandes cantidades de electricidad en instalaciones que se sitúan en las zonas de mayor recurso eólico.

Sin embargo, existe la posibilidad de producir electricidad en los entornos urbanos mediante el aprovechamiento del viento a través de los aerogeneradores de baja potencia, normalmente menores a 100 kW, que se instalan en las cubiertas de los edificios en que las condiciones de viento son aceptables para la producción eólica. Aún así, estas condiciones de generación son más complejas que en zonas abiertas o en las cimas de las montañas, ya que la velocidad del viento es más baja y su flujo más turbulento.

Estas instalaciones eólicas, con una potencia inferior a 100 kW y que trabajan en baja tensión, se denominan minieólicas, y presentan una similitud con las instalaciones solares fotovoltaicas de conexión a red, en las que la energía producida se vuelca en la red eléctrica y se recibe una prima por la producción de cada kWh.

El desarrollo de la minieólica en los edificios es inminente, con la próxima creación de un marco regulatorio específico que active el mercado y que permita el desarrollo de tecnología minieólica fiable con costes competitivos. En esta nueva situación, se establecerá una prima por producción diferente a la aplicada a instalaciones eólicas de gran potencia, lo que favorecerá su instalación. Otros

aspectos que fomentarán la minieólica serán su mínimo mantenimiento, su integración en la red de baja tensión y la minimización del ruido producido en su funcionamiento.

La energía minieólica se convertirá, junto con la energía solar fotovoltaica, en uno de los generadores de energía de un nuevo sistema energético basado en la generación distribuida, modelo descentralizado de producción de electricidad en el que los sistemas generadores son cada vez más pequeños y situados cerca de los centros de consumo. Además, para determinados momentos de máxima producción de renovables y escaso consumo (por ejemplo, horas nocturnas), el excedente se acumulará en dispositivos de almacenamiento. La cercanía a los puntos consumidores implicará la reducción en las pérdidas de transporte y en la transformación, lo que convierte la generación distribuida en uno de los cambios principales que se producirán en la forma de consumir la electricidad en los edificios.