

PROYECTO FINAL DE CARRERA

LA ENERGÍA SOLAR EN LA EDIFICACIÓN:

**LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA
Y
LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**



ESCUELA UNIVERSITARIA INGENIERÍA TÉCNICA CIVIL

ARQUITECTURA TÉCNICA

Autor: Lorena Ruzafa Otón

Tutor: Manuel A. Ródenas López

Julio 2009

“Produce una inmensa tristeza pensar que la Naturaleza habla mientras el género humano no escucha”

Víctor Hugo

Que la energía es imprescindible es algo que nadie puede poner en duda. Pero quizás, técnicos y ciudadanos, somos pocos conscientes del incalculable valor que tienen los recursos que, convertidos en calor o electricidad, hacen más fácil y confortable nuestra vida cotidiana y son la llave para que nuestras industrias y empresas progresen. En definitiva, que sea posible la sociedad del bienestar.

Y digo incalculable valor porque además de su precio en dinero, la energía tiene un coste social, tratándose de un bien escaso en la naturaleza, agotable y que debemos compartir. Su uso indiscriminado, por otro lado, produce impactos negativos sobre la salud ambiental de un planeta que estamos obligados a conservar.

Tenemos indicios suficientes que nos alertan de una situación preocupante: el incremento exponencial de la población, la desaparición acelerada de las masas boscosas, el incremento de contaminantes con sus secuelas variadas, la degradación de la naturaleza, la desaparición de especies, el calentamiento del planeta...

La energía solar, es una energía limpia e inagotable, que junto con la tecnología actual permite que prácticamente cualquier edificio pueda convertirse en una pequeña central generadora de electricidad o productora de su propia agua caliente sanitaria.

Este proyecto nace como consecuencia de la necesidad de clarificar aspectos sobre la energía solar térmica en áreas urbanas, donde tiene su principal desarrollo, profundizar en algunos temas para los que ya ha sido tratada esta energía, y en general, para todo el mundo interesado en la diversificación de la energía a través de esta tecnología.

Por ello, recojo en este proyecto los aspectos técnicos, fundamentos y ventajas de la energía solar térmica con un lenguaje claro, con el objetivo de satisfacer al mayor número posible de personas.

Además, se analiza el panorama nacional e internacional de la energía solar térmica, incluyendo información sobre legislación, casos concretos y contactos de interés, que están actualmente en funcionamiento en España.

No me gustaría acabar este prólogo sin antes agradecer a D. Manuel Ródenas López, la oportunidad brindada para la realización de este proyecto y en general, a familia y amigos, por los sabios consejos recibidos cuando una se encuentra "seca" de ideas.

Espero poder aportar un poco de luz sobre un tema consolidado y a la vez desconocido para usuarios y técnicos, creando una conciencia global de que todos podemos aportar nuestro granito de arena.

LA ENERGÍA SOLAR EN LA EDIFICACIÓN: LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

● Bloque 1: La arquitectura sostenible: pautas a seguir

1.1 Introducción

1.2 Definición de arquitectura sostenible

1.3 Grados de sostenibilidad

1.4 Pautas que definen la arquitectura sostenible

- 1.4.1 Parámetros bioclimáticos: ubicación, forma y orientación
- 1.4.2 Materiales de construcción sostenibles
- 1.4.3 Optimización de recursos naturales
- 1.4.4 Implantación de sistemas para el ahorro energético
- 1.4.5 La gestión de los residuos de construcción y demolición

● Bloque 2: La alternativa a las fuentes de energía convencionales: las energías renovables

2.1 La energía como recurso natural

- 2.1.1 Acerca de la energía
- 2.1.2 La energía asociada al grado de confort
- 2.1.3 Energía y desarrollo
- 2.1.4 Los tres grandes tipos de energía
 - 2.1.4.1 Energía fósil
 - 2.1.4.2 Energía nuclear
 - 2.1.4.3 Energía solar

2.2 Las energías convencionales: las energías no renovables

- 2.2.1 Tipos de energía no renovable
 - 2.2.1.1. Petróleo
 - 2.2.1.2 Carbón
 - 2.2.1.3 Gas natural
 - 2.2.1.4 Energía nuclear
- 2.2.2 Las fuentes de las energías no renovables
 - 2.2.2.1 Yacimientos de petróleo y gas natural
 - 2.2.2.2. Yacimientos de carbón
 - 2.2.2.3 Yacimientos de uranio
- 2.2.3 Efectos ambientales a escala local
- 2.2.4 Efectos ambientales a escala global

2.3 Las energías alternativas: las energías renovables

- 2.3.1 El por qué de las energías renovables
- 2.3.2 Tipos de energías renovables
 - 2.3.2.1 Energía solar térmica
 - 2.3.2.2. Energía solar fotovoltaica
 - 2.3.2.3 Energía eólica

- 2.3.2.4 Energía de la biomasa
- 2.3.2.5 Energía hidráulica
- 2.3.2.6 Energía geotérmica
- 2.3.3 Las fuentes de las energías renovables
 - 2.3.3.1 La máquina atmosférica
 - 2.3.3.2 Bosques y cultivos
 - 2.3.3.3 Captación directa de la radiación solar
- 2.3.4 Energías renovables y medio ambiente
 - 2.3.4.1 El cambio climático
 - 2.3.4.2 El protocolo de Kioto
- 2.3.5 Los aspectos socioeconómicos de las energías renovables
- 2.3.6 Las ventajas del uso de las energías renovables

2.4 La energía solar

- 2.4.1 El sol, fuente inagotable de energía
- 2.4.2 Potencial solar en España
- 2.4.3 Formas de aprovechamiento de la energía solar

● **Bloque 3: La energía solar térmica en la edificación**

3.1 Introducción histórica

3.2 Usos y aplicaciones de la energía solar térmica

- 3.2.1 Producción agua caliente sanitaria
- 3.2.2 Sistemas de calefacción
- 3.2.3 Climatización de piscinas
- 3.2.4 Refrigeración en edificios
- 3.2.5 Usos en la industria
- 3.2.6 Otras aplicaciones

3.3 Clasificación de los sistemas de energía solar térmica

- 3.3.1 Sistemas de baja temperatura
- 3.3.2 Sistema de alta temperatura

3.4 Funcionamiento de una instalación solar

- 3.4.1 Principio elemental de funcionamiento
- 3.4.2 Elementos principales de una instalación solar
 - 3.4.2.1 Captadores solares
 - 3.4.2.2 Sistema de distribución
 - 3.4.2.3 Sistema de almacenamiento
 - 3.4.2.4 Sistema de apoyo convencional
- 3.4.3 Mantenimiento

3.5 Principios básicos de diseño y dimensionado de una instalación solar

- 3.5.1 Dimensionado básico del campo de captadores
 - 3.5.1.1 Cálculo de la demanda
 - 3.5.1.2. Zonas climáticas
 - 3.5.1.3 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación
 - 3.5.1.4 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

- 3.5.1.5 Método de cálculo F-Chart
- 3.5.1.6 Conexionado
- 3.5.2 Diseño del sistema de acumulación
 - 3.5.2.1 Generalidades
 - 3.5.2.2 Situación de las conexiones
 - 3.5.2.3 Varios acumuladores
- 3.5.3 Diseño del sistema de distribución
 - 3.5.3.1 Sistema de intercambio
 - 3.5.3.2 Circuito hidráulico
- 3.5.4 Diseño del sistema de energía auxiliar

3.6 Configuraciones adoptadas por las instalaciones solares térmicas en la edificación

- 3.6.1 Posibles configuraciones en viviendas unifamiliares
- 3.6.2 Posibles configuraciones en edificios de viviendas
 - 3.6.2.1 Acumulación solar y sistema de apoyo centralizado
 - 3.6.2.2 Acumulación centralizada y sistema de apoyo individual
 - 3.6.2.3 Acumulación y sistema de apoyo individual

3.7 Integración de los captadores solares en la edificación

- 3.7.1 Tipos de integración
 - 3.7.1.1 Muy integrado
 - 3.7.1.2 Integrado
 - 3.7.1.3 No integrado
- 3.7.2 Formas de colocación de los captadores
 - 3.7.2.1 Superpuestos
 - 3.7.2.2 Embebidos, sustituyendo al propio elemento constructivo
 - 3.7.2.3 Exentos
- 3.7.3 Emplazamiento de los captadores solares
 - 3.7.3.1 Sobre suelo o pérgolas
 - 3.7.3.2 Sobre cubierta inclinada
 - 3.7.3.3 Sobre cubierta plana
 - 3.7.3.4 Montaje en fachada
 - 3.7.3.5 Montaje especial: sistemas por termosifón prefabricados
- 3.7.4 Propuestas de soluciones constructivas
 - 3.7.4.1 En edificios de nueva planta
 - 3.7.4.2 En edificios existentes
 - 3.7.4.3 Sobre terreno
- 3.7.5 Ejemplo de integración. Formulación de hipótesis

3.8 Ahorro y eficiencia energética

- 3.8.1 Ahorro y rentabilización de una instalación solar térmica
- 3.8.2 Edificio energéticamente eficiente
 - 3.8.2.1 Ahorro energético
 - 3.8.2.2 Calificación de eficiencia energética de un edificio
 - 3.8.2.3 Certificación de eficiencia energética de un edificio
 - 3.8.2.4 La etiqueta de eficiencia energética

3.9 Situación actual y perspectivas de desarrollo

- 3.9.1 La energía solar térmica en el mundo

- 3.9.2 La energía solar térmica en Europa
- 3.9.3. La energía solar térmica en España
 - 3.9.3.1 Objetivos propuestos a nivel nacional

3.10 Normativa aplicada

- 3.10.1 Legislación europea
- 3.10.2 Legislación nacional
 - 3.10.2.1 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
 - 3.10.2.2 Código Técnico de la Edificación
 - 3.10.2.2.1 Exigencia básica HE-4
 - 3.10.2.3 Real Decreto 865/2003 del Ministerio de Sanidad y Consumo.
- 3.10.3 Legislación autonómica
 - 3.10.3.1 Ordenanza solar de la Región de Murcia

● **Bloque 4: La energía solar fotovoltaica en la edificación**

4.1 Introducción histórica

4.2 Tecnología aplicada en la energía solar fotovoltaica

- 4.2.1 Generalidades y conceptos básicos
- 4.2.2 El efecto fotovoltaico
 - 4.2.2.1 Proceso de aparición de una corriente eléctrica
 - 4.2.2.2 Principio de funcionamiento. Explicación simplificada
- 4.2.3 Los semiconductores
 - 4.2.3.1 Semiconductor tipo N
 - 4.2.3.2 Semiconductor tipo P
- 4.2.4 Tecnología de los principales componentes de los sistemas solares fotovoltaicos
 - 4.2.4.1 Módulo fotovoltaico
 - 4.2.4.2 Acumuladores
 - 4.2.4.3 Reguladores de carga
 - 4.2.4.4 Onduladores

4.3 Usos y aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos

- 4.3.1 Aplicaciones de los sistemas aislados de la red eléctrica
- 4.3.2 Aplicaciones de los sistemas conectados a la red eléctrica

4.4 Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas

- 4.4.1 Clasificación por aplicación
- 4.4.2 Clasificación según su utilización

4.5 Componentes de una instalación solar fotovoltaica

- 4.5.1 Células fotovoltaicas
 - 4.5.1.1 Funcionamiento
 - 4.5.1.2 Rendimiento
 - 4.5.1.3 Tipos
 - 4.5.1.4 Parámetros de una célula fotovoltaica
 - 4.5.1.5 Proceso de fabricación de las células monocristalinos
 - 4.5.1.6 Las cuatro generaciones de células fotovoltaicas

- 4.5.1.7 Módulo fotovoltaico
- 4.5.1.8 Generador fotovoltaico
- 4.5.1.9 Dimensionado
- 4.5.2 Sistema de acumulación. Baterías
 - 4.5.2.1 Conceptos generales
 - 4.5.2.2 Carga del acumulador
 - 4.5.2.3 Dimensionado
 - 4.5.2.4 Acumuladores de gel
 - 4.5.2.5 Acumuladores de níquel-cadmio
- 4.5.3 Reguladores de carga
 - 4.5.3.1 Conceptos generales
 - 4.5.3.2 Regulador en paralelo
 - 4.5.3.3 Regulador en serie
 - 4.5.3.4 Módulos fotovoltaicos autorregulados
- 4.5.4 Inversor
 - 4.5.4.1 Necesidad del inversor
 - 4.5.4.2 Tipos de inversores
 - 4.5.4.3 Requisitos para el inversor en el sistema fotovoltaico
- 4.5.5 Otros equipos para usos en la instalación
 - 4.5.5.1 Sistemas de medida y control
 - 4.5.5.2 Desconectores
 - 4.5.5.3 Interruptores horarios
 - 4.5.5.4 Temporizadores
 - 4.5.5.5 Convertidores continua-continua
 - 4.5.5.6 Convertidores de acoplamiento
- 4.5.6 Estructuras soporte
 - 4.5.6.1 Conceptos generales
 - 4.5.6.2 Tipos de estructuras
 - 4.5.6.3 Sombras entre filas de módulos fotovoltaicos
 - 4.5.6.4 Efectos de los agentes atmosféricos

4.6 Sistemas solares fotovoltaicos: aislados y conectados a red

- 4.6.1 Generalidades
- 4.6.2 Sistemas aislados
- 4.6.2 Sistemas conectados a red

4.7 Sistemas aislados

- 4.7.1 Conceptos básicos.
- 4.7.2 Electrificación en viviendas
 - 4.7.2.1 Generalidades
 - 4.7.2.2 Dimensionado básico. Recomendaciones de diseño.
- 4.7.3 Bombeo fotovoltaico
 - 4.7.3.1 Conceptos básicos
 - 4.7.3.2 Dimensionado básico. Recomendaciones de diseño.
- 4.7.4 Mantenimiento

4.8 Sistemas conectados a red

- 4.8.1 Generalidades
- 4.8.2 Dimensionado básico. Recomendaciones de diseño
- 4.8.3 Mantenimiento

4.9 Integración de módulos fotovoltaicos en edificios

- 4.9.1 Generalidades
- 4.9.2 Grados de integración
 - 4.9.2.1 Nulo. Captadores independientes
 - 4.9.2.2 Medio. Captadores superpuestos
 - 4.9.2.3 Alto. Captadores integrados
- 4.9.3 Integración en cubiertas
- 4.9.4 Integración en fachadas
- 4.9.5 Posibilidades de integración
- 4.9.6 Recomendaciones de diseño urbanístico

4.10 Rentabilidad económica de las instalaciones fotovoltaicas

- 4.10.1 Generalidades
- 4.10.2 Instalaciones aisladas
- 4.10.3 Instalaciones conectadas a la red eléctrica
 - 4.10.3.1 Instalaciones conectadas a la red con potencia inferior a 5 kWp
 - 4.10.3.2 Instalaciones conectadas a la red con potencia superior a 5 Kwp
- 4.10.4 Gastos fiscales y de mantenimiento de la instalación
- 4.10.5 Ahorro "medioambiental"

4.11 Las pérdidas producidas en un sistema fotovoltaico

- 4.11.1 Pérdidas por temperatura
- 4.11.2 Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal
- 4.11.3 Pérdidas por conexionado
- 4.11.4 Pérdidas por sombreado del generador
- 4.11.5 Pérdidas por polvo y suciedad
- 4.11.6 Pérdidas angulares
- 4.11.7 Pérdidas espectrales
- 4.11.8 Pérdidas por el rendimiento del inversor
- 4.11.9 Pérdidas por rendimiento de seguimiento del punto de máximo potencia de generador
- 4.11.10 Pérdidas por caídas ohmicas en el cableado
- 4.11.11 Pérdidas por explotación y mantenimiento

4.12 Situación actual y perspectivas de desarrollo

- 4.12.1 La energía solar fotovoltaica en el mundo
- 4.12.2 La energía solar fotovoltaica en Europa
- 4.12.3 La energía solar fotovoltaica en España
 - 4.12.3.1 Mercado
 - 4.12.3.2 Industria
 - 4.12.3.3 Líneas de investigación tecnológica
 - 4.12.3.4 Barreras
 - 4.12.3.5 Objetivos. Medidas para alcanzarlos

4.13 Normativa aplicada

- 4.13.1 Legislación europea
- 4.13.2 Legislación nacional
 - 4.13.2.1 Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
 - 4.13.2.2 Código Técnico de la Edificación

- 4.13.2.2.1 Exigencia Básica HE-5
- 4.13.2.3 Real Decreto 661/2007: actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- 4.13.3 Legislación autonómica

➤ **Bibliografía**

- **Anexo: Catálogo de empresas de energías renovables que operan en la Región de Murcia**

**LA ARQUITECTURA
SOSTENIBLE: PAUTAS A
SEGUIR**



1. La arquitectura sostenible: pautas a seguir

1.1 Introducción

El deterioro del medio ambiente y particularmente los cambios en el clima, obliga al conjunto de la sociedad y a todos los sectores productivos y económicos que lo provocan a una reorientación profunda de las pautas de producción y consumo.

Tenemos indicios suficientes que nos alertan de una situación preocupante: el incremento exponencial de la población, la desaparición acelerada de las masas boscosas, el incremento de contaminantes con sus secuelas variadas (radiactividad de las centrales nucleares, CO2 y el calentamiento del planeta, daños en la capa de ozono...), la degradación de nuestra Naturaleza, la desaparición de especies,...

Otros indicios nos hablan del bajo nivel de desarrollo de la Humanidad: no hemos sabido distribuir los recursos del planeta de manera uniforme, de forma que unos pocos tenemos todo lo que necesitamos, y algunos mucho más, y una gran mayoría de la población es pobre, hasta el extremo a veces de morir de hambre. Tampoco hemos sabido resolver nuestros conflictos pacíficamente, de manera que las guerras están a la orden del día.

En cambio nos hemos dotado de un sistema social y económico que impulsa al individuo a la acumulación de riqueza, cuanta más mejor, en dura competencia con sus semejantes y la Naturaleza.



El **sector de la construcción** contribuye de manera importante a ese deterioro en sus distintas fases (extracción y fabricación de materiales,

diseño de la edificación y de sus instalaciones que influye decisivamente en el rendimiento energético de la misma, gestión de la obra y de sus residuos...) y necesita dar un giro notable hacia la adopción de decisiones encaminadas hacia la sostenibilidad.

En pocas palabras, la **Arquitectura Sostenible** quiere difundir la idea de la construcción bioclimática porque es una alternativa ecológica adecuada para abordar algunos problemas del planeta.

Existen ya unas cuantas normas e instrumentos legales que marcan caminos. Entre ellas el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión de CO2 para algunos fabricantes de materiales, algunas ordenanzas solares municipales, el Código Técnico de la Edificación, los requerimientos para una planificación urbanística racional.

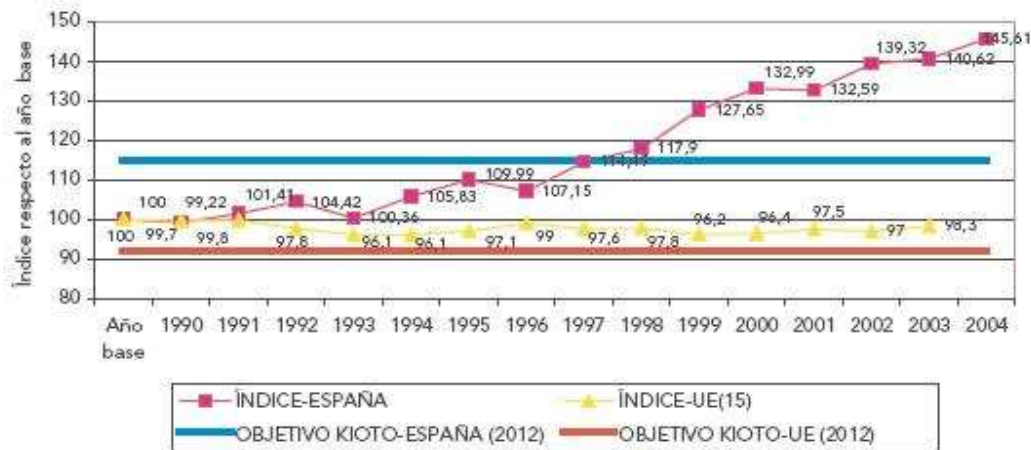
Es sabido que la construcción es uno de los sectores de mayor peso específico en cualquier sociedad de nuestro primer mundo. Curiosamente cuando asistimos a uno de esos cíclicos períodos de expansión económica, también asistimos a un repunte en la actividad constructora. Así podemos concluir sin riesgo de equivocarnos que la construcción pertenece a los elegidos sectores dinamizadores de nuestra economía. Pero ¿a costa de qué?

En la Unión Europea, la construcción de edificios consume el 40% de los materiales, genera el 40% de los residuos y consume el 40% de la energía primaria.

La importancia del sector constructivo nos da idea de los denodados esfuerzos que debemos llevar a cabo para conseguir avanzar hacia un modelo de construcción que nos despilfarre energía, recursos naturales y, a su vez, no desborde nuestros vertederos con una avalancha de los denominados Residuos de Construcción y Demolición, en definitiva un modelo de construcción sostenible.

El 22 de Octubre de 2004, el Parlamento ruso ratificaba el Protocolo de Kyoto, en ese momento los países cuyas emisiones de suman el 55% del total de emisiones de 1990 ya lo habían ratificado y por fin el Protocolo podía entrar en vigor.

La certeza de saber que estamos afectando de forma quizá irreversible la atmósfera, que la actividad humana emisora de los llamados gases de efecto invernadero parece encaminada a romper todos los equilibrios climáticos con sus catastróficos resultados. Hace que parezca imprescindible tomar las medidas adecuadas destinadas a reducir nuestra balanza en el consumo de energía a partir de combustibles fósiles. Y si recordamos el famoso 40% parece que la responsabilidad del sector constructivo es evidente.



Sin embargo, solo en España se están construyendo el 28% de la totalidad de viviendas de la Unión Europea. Este dato, que sin lugar a dudas representa un factor positivo desde la perspectiva económica, se convierte en descorazonador si tenemos en cuenta que:

- **Necesitamos más de 2 toneladas de materias primas por cada m2 de vivienda que construimos.**
- **La cantidad de energía asociada a la fabricación de materiales que componen una vivienda puede ascender, aproximadamente, a un tercio del consumo energético de una familia durante un período de 50 años.**
- **La producción de residuos de la construcción y demolición supera la tonelada anual por habitante.**

El análisis del ciclo de la vida de un edificio permite intuir con mayor facilidad las consecuencias ambientales que se derivan del impacto de la construcción, que, a grandes rasgos, pueden reducirse a lo siguiente:

- Los edificios resultantes del proceso constructivo, así como las infraestructuras necesarias para favorecer la accesibilidad, ocupan y transforman el medio en el que se disponen.
- La fabricación de materiales de construcción comporta el agotamiento de recursos no renovables a causa de la extracción ilimitada de materias primas y del consumo de recursos fósiles.
- Nuestro entorno natural se va afectado por la emisión de contaminantes, así como por la deposición de residuos de todo tipo.

Es el momento de plantearse la búsqueda alternativa que ponga freno a la situación actual, abocada a alterar la calidad de vida de las generaciones futuras.

La reducción del impacto ambiental se centra en tres aspectos:

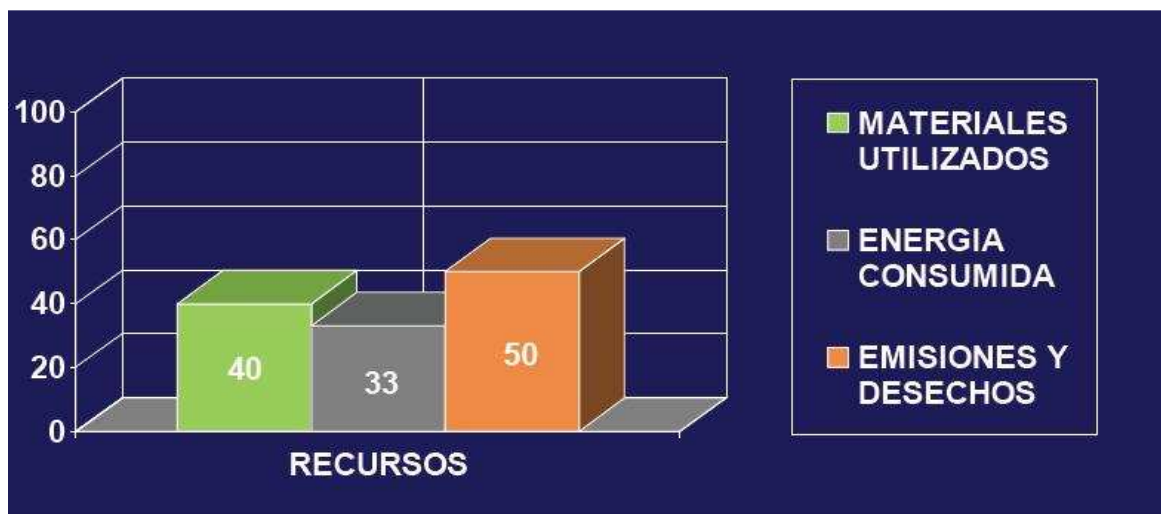
- El control del consumo de recursos
- La reducción de las emisiones contaminantes

- Y la minimización y la correcta gestión de los residuos que se generan a lo largo del proceso constructivo.

Sin embargo, para poder conseguir nuestro objetivo y contribuir al progreso sin dañar el planeta, será imprescindible:

- Contar con la colaboración del conjunto de agentes que intervienen en las diferentes etapas del ciclo de vida de una obra de construcción (desde la extracción de las materias primas hasta la demolición de un edificio...) Si cada uno de ellos asume la responsabilidad que le corresponde, será posible aplicar estrategias para la prevención y la minimización del impacto ambiental.
- Considerar los residuos como un bien, es decir, aprovecharlos como materia prima mediante reciclaje o reutilización, e incorporarlos de nuevo en el proceso productivo, imitando en cierto modo a los ciclos naturales.

La problemática medioambiental derivada de este sector, a pesar de haber sido abordada desde los años noventa por la mayoría de las empresas constructoras mediante sistema de gestión medioambiental, todavía es una asignatura pendiente por parte de la que es considerada en nuestro país como "la industria de industrias".



Recursos mundiales absorbidos por la construcción y mantenimiento de edificios

Tal vez el fracaso del intento de implantación de diferentes medidas se ha visto mermado por factores relacionados con:

- La falta de concienciación ambiental de los empresarios y promotores.
- La falta de formación específica orientada a los trabajadores del sector de la construcción
- La falta de especialización como consecuencia de la movilidad continua de los trabajadores de un sector que se caracteriza por ser uno de los principales vehículos de integración de la inmigración en nuestro país.

- La falta de control en cuanto a la aplicación de la legislación ambiental en las obras de construcción
- La dificultad para las pequeñas empresas de asumir costes asociados a la implantación de normas ambientales.

El problema se agrava si a los puntos anteriores añadimos que un sistema de gestión medioambiental, aún siendo por definición una herramienta flexible de mejora continua para garantizar un control más eficiente sobre el impacto que ocasiona la actividad de construir en nuestro entorno, se ha demostrado en la mayor parte de los casos completamente ineficaz cuando:

- Ha sido exclusivamente como un argumento de imagen
- La burocracia del sistema hace perder de vista los objetivos ambientales
- Y cuando no camina en paralelo con campañas de sensibilización y de formación enfocadas a minimizar la problemática ambiental.

1.2 Definición de arquitectura sostenible

El concepto de bienestar ha ido evolucionando de una manera curiosa. Al igual que la ropa de abrigo representa mucho más que la simple necesidad de abrigarse (y de tal manera, se evoluciona hasta el concepto de moda), la vivienda representa más que la necesidad de tener un lugar confortable donde desarrollar parte de nuestra vida, y puede representar por ejemplo, un símbolo de estatus. El ahorro energético y el aprovechamiento del sol como recurso pueden no responder adecuadamente al modelo de estatus, y sí en cambio el disponer de un costoso sistema de climatización que pueda mantener todas las habitaciones de la casa (aunque no se utilicen) por encima de la temperatura adecuada en invierno y por debajo en verano.

A pesar de las esporádicas campañas de concienciación, la publicidad de esfuerzo todos los días en asociar el ahorro con incomodidad y bajo nivel de vida, y el consumo y derroche con el buen vivir y el prestigio. Y lo consiguen: muchos tienen la idea de que ahorro es sinónimo de privación. La realidad es, sin embargo, que en la sociedad de consumo, éste debe ser incentivado para que el engranaje siga funcionando. No es posible que las compañías de suministro energético, ni los fabricantes de sistemas de climatización en sistemas alternativos que desbanquen su tecnología. Los arquitectos y constructores tampoco se preocupan si, hasta ahora, el negocio va bien, y el consumidor, que no tiene información al respecto, no puede demandar productos alternativos que no conoce.

Son los gobiernos, conscientes del problema del derroche energético, los primeros que impulsan la investigación y generan nueva normativa en este sentido. Por ejemplo, algo tan sencillo como aislar bien para guardar bien el calor, se ha convertido en objeto de normativa que cada vez toma más importancia. Y en todos los países, hay organismos (en España el CIEMAT) que investigan y difunden conocimientos bioclimáticos entre arquitectos y constructores.

El objetivo central de la investigación, es desarrollar sistemas de evaluación de impactos ambientales que permitan identificar y valorar decisiones de diseño arquitectónico y urbano, con énfasis en los aspectos energéticos e impacto ambiental. Se consideraron variables tales como forma, ubicación, orientación, relación con el medio circundante... así como la aplicación de tal sistema de evaluación a fin de verificar su pertinencia. A su vez, se propone generar bases de información para plantear pautas de diseño y construcción que, introducidas en el proceso proyectual, tiendan a minimizar los impactos negativos en sus distintas dimensiones: ambiental, social y económica.

Del objetivo principal planteado, se desprender un conjunto de objetivos secundarios:

- Sistematización de la información disponible referida a sistemas de evaluación del hábitat construido.
- Construcción de criterios e indicadores de "evaluación de sustentabilidad" compatibilizando los tradicionales con aquellos

propuestos desde ámbitos internacionales de investigación, surgidos en las últimas décadas.

- Promoción del enfoque de "desarrollo sustentable", aportando pautas específicas de diseño y construcción para minimizar impactos ambientales negativos en la ciudad.

La utilización de recursos naturales, la buena orientación, el aprovechamiento de las características climáticas y la utilización de materiales disponibles en la región junto a un buen diseño arquitectónico, que obtenga beneficios de estas características, dando como resultado edificios de calidad interior apropiada, a esto lo llamamos **Arquitectura Sostenible**.

La arquitectura sostenible bien entendida y con buen aprovechamiento de estos recursos, no encare la obra y brinda un gran beneficio desde el punto de vista del confort interior, ofreciendo al usuario una vivienda con menos consumo de energía para calefacción e iluminación.

La correcta interrelación entre la naturaleza y el hábitat construido brindará edificios y viviendas que respeten el medio ambiente y a la vez resulten confortables para sus habitantes.

Es aquella arquitectura que reflexiona sobre el impacto ambiental de todos los procesos implicados en una obra de construcción, desde los materiales de fabricación (obtención que no produzca desechos tóxicos y no consuma mucha energía), las técnicas de construcción (que supongan un mínimo deterioro ambiental), la ubicación de la vivienda y su impacto en el entorno, el consumo energético de la misma y su impacto, y el reciclado de los materiales cuando la casa ha cumplido su función y se derriba.

La arquitectura sostenible se basa en 5 pilares básicos:

- El ecosistema sobre el que se asienta
- Los sistemas energéticos que fomentan el ahorro
- Los materiales de construcción
- El reciclaje y la reutilización de residuos
- La movilidad

El objetivo de la misma es cubrir las necesidades de sus habitantes con el menor gasto energético y con respecto hacia el entorno que la rodea. Para ello, se trata de estudiar a conciencia tanto el diseño de la edificación como los materiales y sistemas constructivos a utilizar con miras a dar origen a una edificación ahorradora y muy confortable, intentando:

- Lograr la calidad del ambiente interior, es decir, unas condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire.
- Tener en cuenta los efectos de los edificios sobre el entorno en función de:
 - las sustancias que desprendan;
 - el impacto que produzca el asentamiento: teniendo en cuenta aspectos como el exceso de población, las vías de acceso, aparcamientos, destrucción del tejido vegetal;

- los consumos que afectan al desarrollo sostenible del lugar:
el consumo de agua o de otras materias primas por encima
de su capacidad de renovación

- Contribuir a economizar en el consumo de combustibles (entre un 50% y 70% de reducción sobre el consumo normal)
- Disminuir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera (entre un 50%-70%)
- Disminuir el gasto de agua e iluminación (entre un 30% y 20% respectivamente)

1.3 Grados de sostenibilidad

Existen tres grupos de acciones que pueden realizarse para lograr una arquitectura sostenible. El primer grupo concierne a la propia actividad del diseño del arquitecto, y puede dar lugar a grandes resultados sin apenas coste alguno adicional. Por ejemplo, si el planteamiento urbano y el diseño de las viviendas se hiciera utilizando criterios bioclimáticos, de tal modo que estén orientados al Sol para calentar la casa, aprovechando las corrientes de aire para refrescarla, etc... la construcción podría mejorar sustancialmente.

En el segundo tipo de acciones se incluyen, por ejemplo, el aumento del aislamiento y la inercia térmica del edificio, y la utilización de materiales y sistemas constructivos ecológicos. Este tipo de acciones cuesta algo más de dinero.

Por último, un tercer tipo de acciones más costosas pero también eficaces. A este grupo pertenecen, por ejemplo la utilización de placas fotovoltaicas para generar electricidad.

Las conclusiones obtenidas en el II Congreso Internacional para la Arquitectura Sostenible, organizado conjuntamente por la Asociación Nacional para la Arquitectura Sostenible (ANAS) y la Asociación Nacional para la Vivienda del Futuro (ANAVIF), dentro del marco de Construmat 2005, fueron la base para llegar a una definición conceptual de Arquitectura Sostenible y establecer una serie de recomendaciones para alcanzar el mayor grado de sostenibilidad en la arquitectura, al menor precio posible.

Luis de Garrido, Fundador y Presidente de ANAVIF y ANAS ha conseguido, gracias a su amplia y demostrada experiencia en este ámbito, establecer un conjunto de indicadores capaces de definir el grado de "sostenibilidad" de una determinada construcción.

El Arquitecto Luis de Garrido ha desarrollado a partir de los principios fundamentales en los que se basa la arquitectura sostenible un conjunto de indicadores que podrán determinar cuán ecológico es un determinado edificio.

Con la ayuda de dichos indicadores, los arquitectos y profesionales de la construcción podrían ser conscientes igualmente de todas las medidas que podrían tomar con el fin de aumentar el grado de "sostenibilidad" de sus edificios, lo que puede proporcionar un entorno mucho más agradable para nuestro planeta y para nuestra propia salud y subsistencia.

En el diseño de estos indicadores se ha tratado de no olvidar ningún aspecto de la construcción, ya que los criterios medioambientales y ecológicos son de utilidad para todos. Por otro lado, su utilización es muy sencilla. En concreto, se han establecido 32 indicadores agrupados en 5 grupos: MR (Materiales y recursos), E (energía), GR (gestión de residuos), S (salud) y U (uso del edificio). Cada indicador se cuantifica por separado de forma porcentual (lo que se traduce a un valor decimal de 1 a 10), con lo

que se puede hacer la media aritmética ponderada para dar un valor medio al grupo en el cual se incluye. Al final, se tiene un valor por grupo, que da muestra del grado total de "sostenibilidad" de una determinada construcción.

Se proporciona el listado detallado de los indicadores propuestos por Luis de Garrido. Dichos indicadores son globales, pero se deberían adaptar y modificar, según sea el tiempo y entorno en el cual se vayan a aplicar.

MR (Materiales y Recursos)

1. Utilización de materiales y recursos naturales
2. Utilización de materiales y recursos reciclados
3. Utilización de materiales y recursos reciclables
4. Utilización de materiales y recursos duraderos
5. Capacidad de reciclaje de los materiales y recursos utilizados
6. Capacidad de reutilización de los materiales y recursos utilizados
7. Capacidad de reutilización de otros materiales con funcionalidad diferente
8. Grado de renovación y reparación de los recursos utilizados

E (Energía)

1. Energía utilizada en la obtención de materiales de construcción
2. Energía utilizada en el proceso de construcción del edificio
3. Idoneidad de la tecnología utilizada respecto a parámetros intrínsecos humanos
4. Pérdidas energéticas del edificio
5. Inercia térmica del edificio
6. Eficacia del proceso constructivo (Tiempo, recursos y mano de obra)
7. Energía consumida en el transporte de los materiales
8. Energía consumida en el transporte de la mano de obra
9. Grado de utilización de fuentes de energía naturales mediante el diseño del propio edificio y su entorno
10. Grado de utilización de fuentes de energía naturales mediante dispositivos tecnológicos.

GR (Gestión de Residuos)

1. Residuos generados en la obtención de los materiales de construcción
2. Residuos generados en el proceso de construcción del edificio
3. Residuos generados debido a la actividad en el edificio
4. Uso alternativo a los residuos generados por el edificio

S (Salud)

1. Emisiones nocivas para el medio ambiente
2. Emisiones nocivas para la salud humana
3. Índice de malestares y enfermedades de los ocupantes del edificio
4. Grado de satisfacción de los ocupantes

U (Uso)

1. Energía consumida cuando el edificio está en uso
2. Energía consumida cuando el edificio no está en uso
3. Consumo de recursos debido a la actividad en el edificio 5.4. Emisiones debidas a la actividad en el edificio
4. Energía consumida en la accesibilidad al edificio
5. Grado de necesidad de mantenimiento del edificio

En base a estos indicadores se han modelizado 40 acciones que deberían realizarse para hacer una construcción 100% sostenible. De nuevo, estas 40 acciones han sido agrupadas en tres grupos: Grupo A - Sin coste adicional (25 acciones), Grupo B - Sobre coste moderado (10 acciones) y Grupo C - Sobre coste sustancial (5 acciones).

Llevando a cabo las 25 acciones que no suponen ningún sobre coste en la construcción podemos lograr una efectividad sostenible de hasta un 60%, con las 10 acciones que implican un sobre coste moderado (2% al 5% del coste total) se puede lograr una sostenibilidad adicional de un 30% adicional, y por último, con las 5 acciones que implican un sobre coste sustancial (del 5% al 10% del coste de la obra), se puede conseguir un grado adicional del 10% aproximadamente.

Es evidente que el modelo de sostenibilidad que hay que seguir para la construcción debe ser incrementativo. O lo que es lo mismo, primero agotar las acciones del grupo A; cuando esto haya ocurrido, pasar a las acciones del grupo B, y solo cuando se hayan realizado, pasar, por fin, a las acciones del grupo C. Y si hay que quedarse a medio camino, quedarse tan solo con las acciones del grupo A.

A continuación transcribimos el "**Decálogo de recomendaciones y medidas a adoptar para obtener una Arquitectura Sostenible al menor coste posible**" propuesto por Luis de Garrido:

Arquitectura Sostenible:

1. Adoptar nuevas normativas urbanísticas encaminadas a conseguir una construcción sostenible (factor de forma de los edificios, distancia de sombreado, orientación de edificios, dispositivos de gestión de residuos...).
2. Aumentar el aislamiento de los edificios, permitiendo a su vez la transpirabilidad de los mismos.
3. Establecer ventilación cruzada en todos los edificios, y la posibilidad de que los usuarios puedan abrir cualquier ventana de forma manual.
4. Orientación sur de los edificios: disponer la mayoría de estancias con necesidades energéticas al sur, y las estancias de servicio al norte.
5. Disponer aproximadamente el 60% de las cristaleras al sur de los edificios, el 20% al este, el 10% al norte y el 10% al oeste.
6. Disponer de protecciones solares al este y al oeste de tal modo que solo entre luz indirecta. Disponer protecciones solares al sur de tal modo que en verano no entren rayos solares al interior de los edificios, y que si puedan hacerlo en invierno.

7. Aumentar la inercia térmica de los edificios, aumentando considerablemente su masa (cubiertas, jardineras, muros), favorecer la construcción con muros de carga en edificios de poca altura.
8. Favorecer la recuperación, reutilización y reciclaje de materiales de construcción utilizados
9. Favorecer la prefabricación y la industrialización de los componentes del edificio.
10. Disminuir al máximo los residuos generados en la construcción del edificio.

Integración de Energías Alternativas en la Arquitectura

1. Favorecer la utilización de captores solares térmicos para el agua caliente sanitaria
2. Estimular la utilización de biomasa, sobre todo de residuos y "pallets" de aserrín
3. Integrar los captores solares de forma adecuada en la arquitectura, de tal modo que no se reduzca la eficacia de los mismos.
4. Favorecer la integración y complementación de diferentes energías: solar-eléctrica, solar-biomasa.
5. Favorecer la utilización de energía solar por medio del correcto diseño bioclimático del edificio, sin necesidad de utilización de captores solares mecánicos.

Eficiencia Energética en los edificios

1. Aumentar el aislamiento de los edificios un 40% respecto la normativa actual.
2. Utilizar tecnologías de alta eficiencia energética
3. Utilizar dispositivos electrónicos de control del consumo energético
4. Diseñar el edificio de tal modo que consuma la menor energía posible durante su utilización (diseño bioclimático, correcta ventilación e iluminación natural, facilidad de acceso, reducción de recorridos, fácil intercomunicación entre personas,)
5. Diseñar el edificio de tal modo que se utilice la menor energía posible en su construcción (materiales que se hayan fabricado con la menor energía posible, eficacia del proceso constructivo, evitar transportes de personal y de materiales, establecer estrategias de prefabricación e industrialización)

Vivienda Social

1. Permitir la construcción de mayor número de alturas en los solares en los que se vayan a realizar viviendas sociales, con el fin de disminuir la repercusión del precio del suelo.
2. Estimular la modulación, industrialización y prefabricación de la construcción.
3. Determinar nuevos tipos de viviendas (incluyendo nuevos programas y superficies) mejor adaptadas a las necesidades reales de los usuarios.
4. Diseñar nuevos tipos de viviendas mas flexibles y que permitan adaptarse a las necesidades cambiantes de cada usuario.

5. Establecer tipologías de viviendas colectivas que mejoren el bienestar, la salud y las relaciones sociales de sus ocupantes.

1.4 Pautas que definen la arquitectura sostenible

Puedo arriesgarme a esbozar los espacios comunes de todo edificio de todo edificio sostenible como una construcción que:

- Se adapta y es respetuosa con su entorno
- Ahorra recursos
- Ahorra energía
- Cuenta con los usuarios

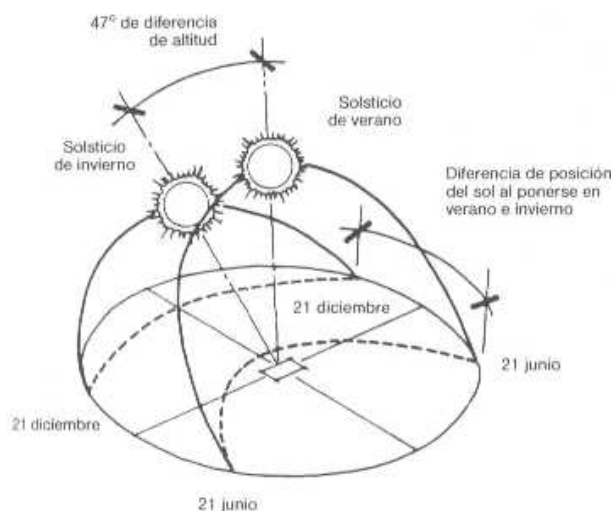
Para conseguir estos aspectos, la construcción sostenible se guía por una serie de principios:

1.4.1 Parámetros bioclimáticos: ubicación, forma y orientación.

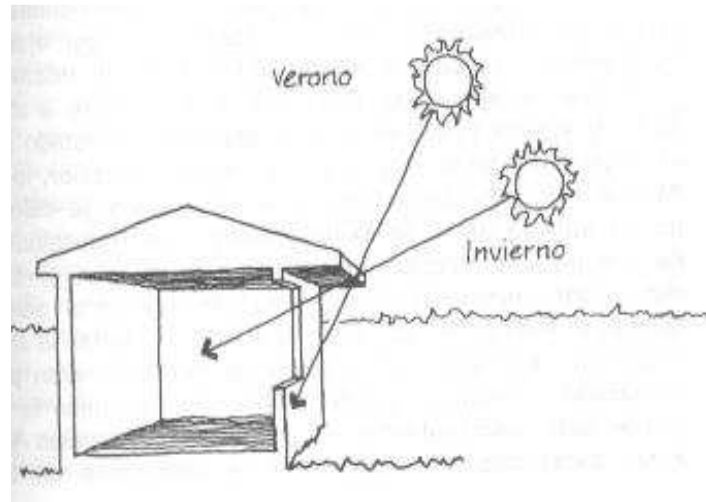
La orientación. Captación solar.

Desde siempre es conocida la necesidad de incorporar a nuestros edificios espacios habitables con iluminación natural. Desde esta premisa, podemos aprovechar la fracción infrarroja de la radiación solar incidente (aquella capaz de aportar energía calorífica) y disponer una serie de estrategias que permitan capturarla, almacenarla y utilizarla, acondicionando de este modo nuestro ambiente interior. Para ello, tan solo tenemos que exponer nuestros habitáculos a esa radiación, orientándolos adecuadamente y permitiendo su constante soleamiento.

La primera condición, por tanto, es el conocimiento de la posición del sol a lo largo del año, parámetro variable que depende de la latitud y del día que tomemos en consideración. El sol recorre, desde nuestra posición, la trayectoria más baja y corta posible durante el solsticio de invierno (22 de diciembre), mientras que en el solsticio de verano (21 de junio) se sitúa en su mayor altura y alcanza su máxima duración; estamos en este caso ante el día más largo del año.

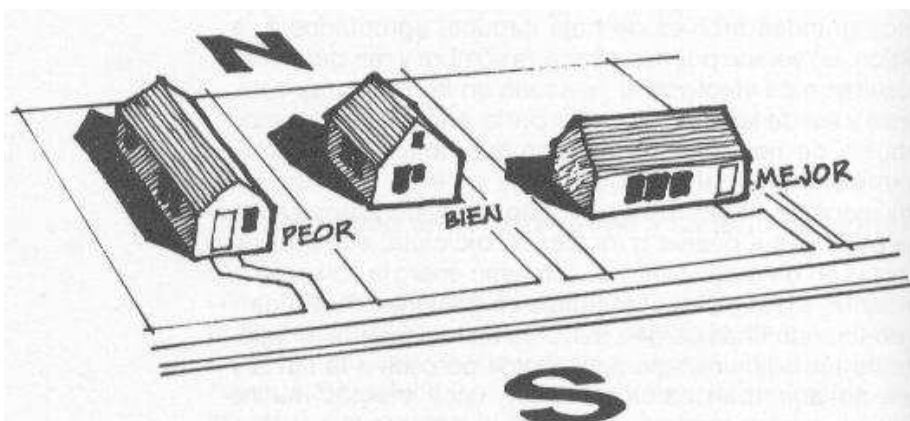


De esta consecuencia podemos aprovecharnos de modo natural y sencillo sin requerir el concurso de ningún ingenio capaz de consumir energía; si miramos al sol, si la orientación la buscamos a mediodía, al sur, conseguiremos que durante el período invernal el sol penetre en todas las estancias, dado que la trayectoria solar es baja y el ángulo de incidencia con respecto a la horizontal, pequeño. Tendremos radiación solar y por tanto calor.



Durante el verano aumenta el ángulo de incidencia en función de la trayectoria más elevada, con lo que dificultará el paso del sol al interior y contribuirá al sobrecalentamiento de los espacios servidos. Si además arbitramos elementos de protección solar, tales como parasoles, pérgolas, marquesinas, etc... contribuiremos a potenciar el efecto de refrigeración que pretendemos conseguir.

Además y abundando en esta tesis, sabemos que la fachada que mayor radiación solar recibe durante el invierno es la de orientación sur, siendo al mismo tiempo la que menos recibe durante el período estival. Por tanto, con la orientación adecuada, de momento y sin ningún aporte energético convencional, estamos en situación de optimizar los rendimientos de los sistemas de acondicionamiento ambiental necesarios en toda edificación.



Almacén energético.

Una vez que tenemos aportes solares, debemos ser capaces de almacenar esa energía y de utilizarla de modo que convenga a nuestros fines. Para ello, estudiaremos en que zonas del espacio interior (suelos, techos o paredes) el sol impacta, y dispondremos en ellas material adecuado capaz de acumular esta energía.

Si conocemos el comportamiento de los materiales, podemos disponer el más adecuado para el paramento receptor de la radiación solar, de modo que seamos capaces de controlar la cantidad energía acumulada y posteriormente la restitución del ambiente interior.

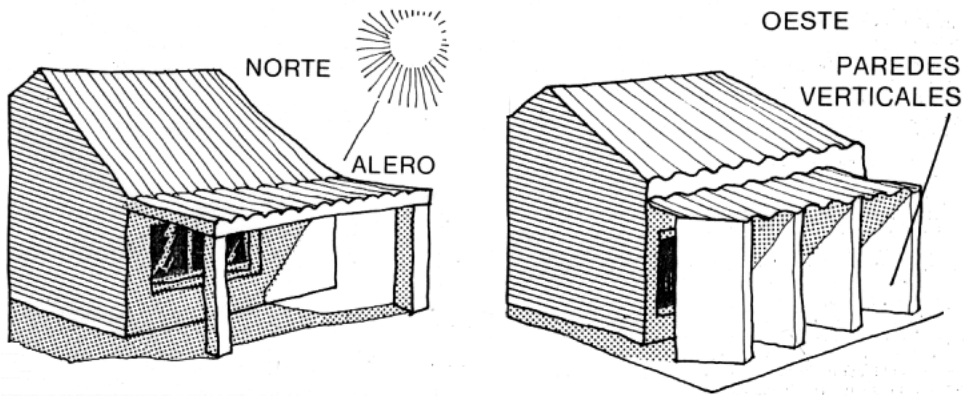
Si potenciamos la utilización de materiales pesados (piedras naturales o cerámicos) en muros, por ejemplo, contribuiremos a tener abundante masa, con buena capacidad de acumulación térmica y una restitución pausada en el tiempo. Es decir, obtendremos muros de considerable inercia térmica.

La consideración de la **inercia térmica** como estrategia pasiva exige de coherencia formal y constructiva. Las construcciones que poseen materiales pesados en sus muros, se ocupan en primer lugar de llenar su almacén energético, por lo que el ambiente tarda más en llegar a una situación de confort; pero una vez que lo ha logrado, se produce una estabilidad térmica que permite tener muy pocas variaciones de temperatura interior, tanto diarias como estacionales, asumiendo las oscilaciones más o menos pronunciadas que experimenten las condiciones exteriores.

Las estrategias pasivas de refrigeración.

Hasta ahora tan sólo hemos hablado de las posibilidades de aportar calor, pero de la misma manera y con las mismas premisas podemos cubrir las necesidades de refrigeración utilizando técnicas pasivas de acondicionamiento. Haciendo hincapié en el doble papel que puede jugar en el confort ambiental: la inercia térmica. Siempre se ha mostrado como un receptor de energía calorífica, por lo que en condiciones de verano asume las mismas funciones, toma el calor del ambiente cálido y por tanto contribuye a bajar la temperatura interior.

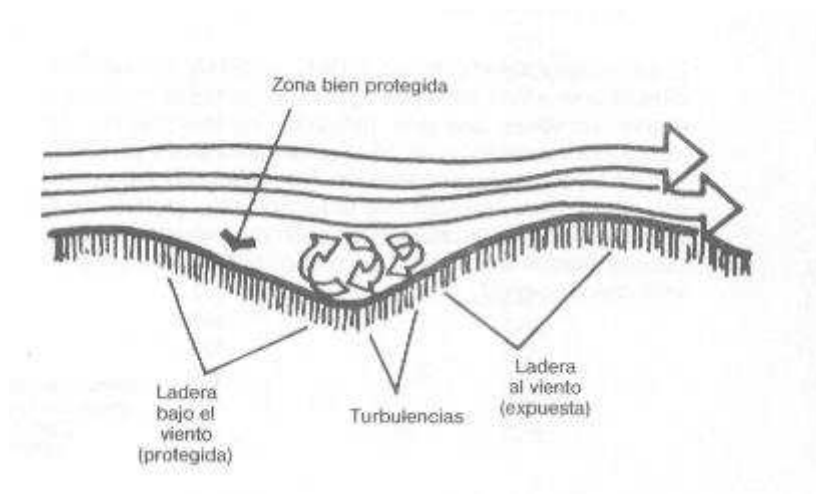
De una u otra manera, el sol, en verano, no debe penetrar en los edificios. Para ello la arquitectura ha desplegado a lo largo de la historia numerosos recursos sobre los huecos y paramentos de fachada: pasaroles, contraventanas, celosías, lamas, etc... en la actualidad, los propios vidrios contienen importantes prestaciones de control en sus variedades reflectantes y absorbentes.



Otra estrategia pasiva de refrigeración es la llamada ventilación cruzada, se trata de favorecer el movimiento del aire en el interior, colocando las ventanas en fachadas opuestas y sin obstáculos entre ellas. De esta forma se consiguen mitigar los efectos del sobrecalentamiento de los habitáculos.

Ubicación y entorno.

La ubicación determina las condiciones climáticas (macro y microclimáticas) con las que tiene que "relacionarse" la vivienda. Las condiciones macroclimáticas vienen determinadas por la latitud y la región en la que se ubique la vivienda. Estas condiciones vienen definidas por las temperaturas (máxima, media y mínima anual), pluviometría, radiación solar incidente, y dirección del viento dominante. Las condiciones microclimáticas están condicionadas por la presencia de accidentes geográficos locales que pueden modificar de forma significativa las condiciones macroclimáticas.



A la hora de elegir la ubicación de una vivienda, además de tener en cuenta las condiciones climáticas, es importante también analizar la

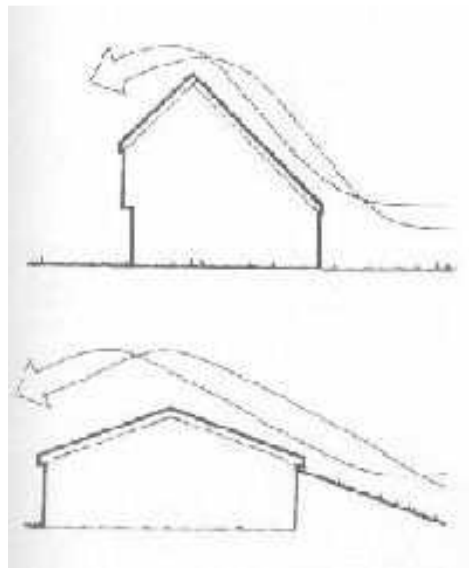
pendiente del terreno, la existencia de relieves orográficos, la presencia de corrientes de agua, la presencia de masas boscosas y la existencia de otros edificios.

La clave se encuentra en la actitud que debemos adoptar a la hora de crear un asentamiento, esta debe ser de integración y no de ocupación.

Forma de la vivienda.

La superficie de contacto entre la vivienda y el exterior tiene que ser lo más pequeña posible, ya que ésta influye en las pérdidas o ganancias caloríficas. Para un determinado volumen interior, una forma compacta (como el cubo), sin entrantes ni salientes, es la que determina la superficie de contacto más pequeña. La existencia de patios, alas, etc. incrementan esta superficie.

La altura también es un factor determinante: una casa alta siempre ofrece mayor resistencia que una casa baja. Esto es bueno en verano, puesto que incrementa la ventilación, pero malo en invierno, puesto que incrementa las infiltraciones. La forma del tejado y la existencia de salientes diversos, por ejemplo, influye en conseguir una casa más o menos "aerodinámica".



La forma ideal es una casa compacta y alargada, es decir, de planta rectangular, cuyo lado mayor va de este a oeste, y en el cual se encontrarán la mayor parte de los dispositivos de captación (fachada sur), y cuyo lado menor va de norte a sur. Hay que reducir la existencia de ventanas en las fachadas norte, este y oeste, puesto que no son muy útiles para la captación solar en invierno y, sin embargo, se producen muchas pérdidas de calor a su través.

Mención especial requiere la distribución de espacios en una vivienda tipo; parece sensato la colocación al sur de aquellas estancias que mayor

presencia van a tener dejando para la orientación norte las que por su uso específico son productoras de calor (cocina, por ejemplo), o las que puedan servir de tapón ante las pérdidas ocasionadas por la fachada más desfavorable. De manera sorprendente, los bloques de viviendas se diseñan simétricamente en las 2 direcciones perpendiculares, con lo que se disponen cocinas, salones y dormitorios a las cuatro direcciones cardinales sin tomar en consideración las particularidades de cada una de ellas.

1.4.2 Materiales de construcción sostenibles

La importancia de los materiales de construcción a la hora de crear un modelo de construcción sostenible es innegable; solamente la construcción y mantenimiento de edificios consume el 40% de los materiales empleados en la Unión Europea.

A lo largo de la historia se ha producido un cambio en el proceso de obtención de los materiales, hasta no hace mucho las mayoritarias sociedades rurales obtenían sus materiales en el entorno más próximo con un impacto sobre el territorio relativamente bajo. La aparición de medios de extracción y fabricación más eficientes y potentes, así como un transporte mucho más globalizado por la abundante y barata disponibilidad de energía, hace que la producción de materiales pierda la inmediatez de lo cercano y se convierta en una actividad altamente impactante.

Incidencia ambiental de los materiales de construcción.

El impacto que sobre el medio ambiente y la salud humana producen los materiales de construcción puede centrarse en cinco aspectos:

1. El consumo de recursos naturales

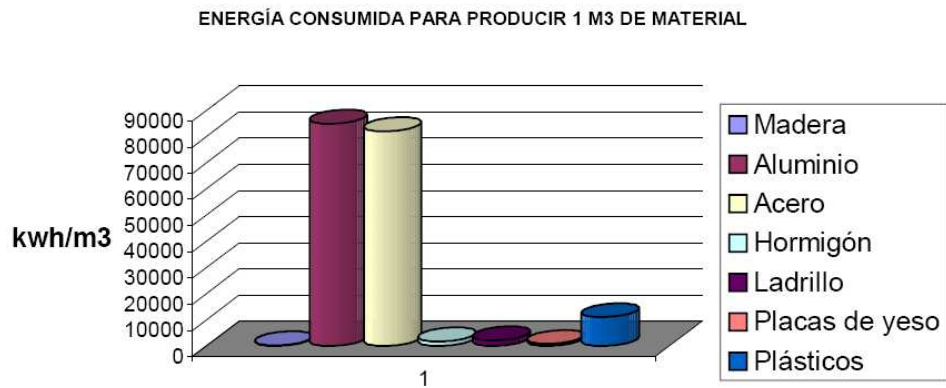
El consumo a gran escala de determinados materiales puede llevar a su agotamiento. Así, el empleo de determinados materiales procedentes de recursos renovables y abundantes será una opción de interés.

El empleo de la madera puede ser un buen ejemplo de material renovable y abundante.

2. El consumo de energía

Si una importante fracción de la energía primaria se consume en el sector de la construcción y su empleo ocasiona el tristemente famoso calentamiento global, a partir de las emisiones de CO₂, así como el riesgo de agotamiento de determinados recursos, emplear materiales de bajo consumo energético en todo su ciclo de vida será uno de los mejores indicadores de sostenibilidad.

Si analizamos el consumo de energía para la fabricación de estos materiales, comprobaremos que los materiales pétreos (arena, grava, piedra, tierra) y la madera presentan el comportamiento energético más idóneo, mientras que los plásticos y los metales, en especial el aluminio, el más negativo.



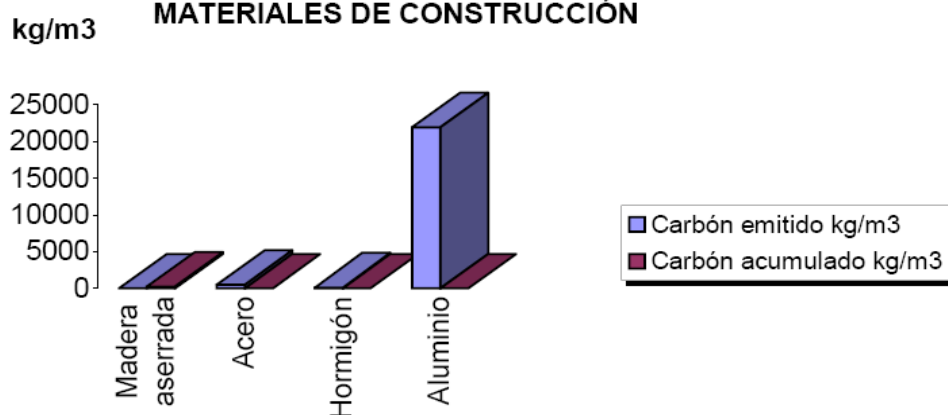
Los metales y los plásticos consumen gran cantidad de energía en su proceso de fabricación, aunque los primeros presentan unas óptimas características resistentes y los segundos unas propiedades aislantes de interés.

3. Las emisiones que generan

Uno de los grandes problemas ambientales que supuso la explotación de la conciencia tecnológica fue el adelgazamiento de la capa de ozono debido a, entre otros motivos, la emisión de los denominados clorofluorocarbonos (CFC). Los aislantes más empleados en construcción presentaban un agente espumante que le daba sus características como espuma o panel. Aunque hoy en día los espumantes no utilizan CFC, asistimos a la aparición de multitud de productos de aislamiento ecológico que nos permiten descartar estas opciones.

Los PVC, abanderados de la industria de cloro, y debido a sus contaminantes emisiones de dioxinas y furanos, son materiales que poco a poco van siendo prohibidos en cada vez más usos, por ejemplo en el suministro de agua para el consumo humano.

CARBÓN EMITIDO Y ACUMULADO EN LA MANUFACTURA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



4. El impacto sobre los ecosistemas

El empleo de materiales cuyos recursos no procedan de ecosistemas sensibles sería otro aspecto a tener en cuenta a la hora de su selección.

Las maderas tropicales sin ninguna garantía en la gestión de su procedencia, la bauxita procedente de las selvas tropicales para la fabricación del aluminio, las graveras en áreas protegidas de interés para la extracción de áridos.

5. Su comportamiento como residuo

Los materiales al finalizar su vida útil pueden ocasionar importantes problemas ambientales. Su destino, ya sea la reutilización directa, el reciclaje, la deposición en vertedero o la incineración, hará que se impacto sea mayor o menor.

Los materiales metálicos para chatarra, la teja cerámica vieja, las vigas de madera de determinada sección pueden ser pequeñas joyas en el derribo para un uso posterior.

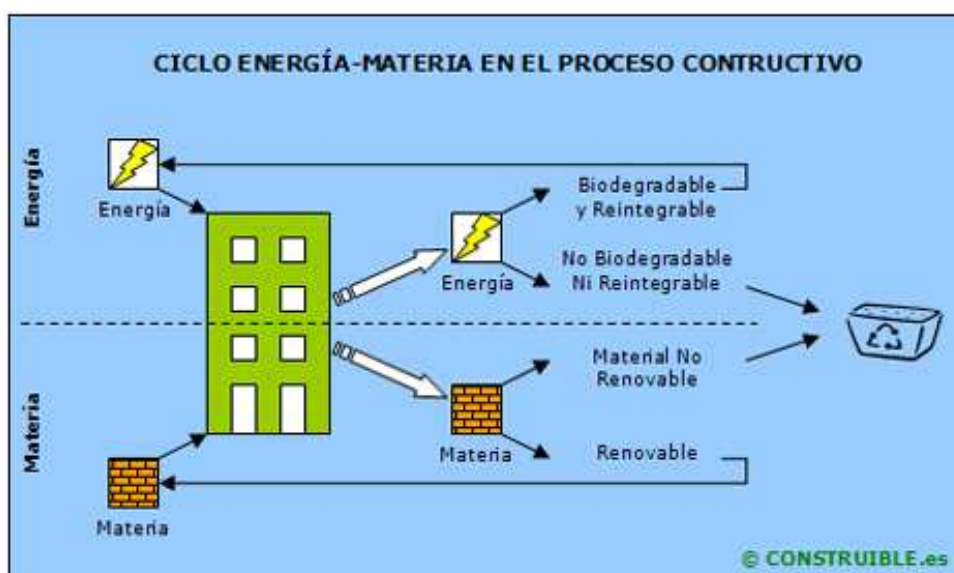
Ciclo de vida de los materiales

Cuando analicemos el comportamiento de los materiales debemos tener en cuenta el Ciclo de Vida, las diferentes fases que lo configuran:

- En la **fase de extracción de los materiales** habrá que considerar la transformación del medio.
- En la **fase de producción** (plásticos y metales), las emisiones que se generan y el consumo de energía.
- En la **fase de transporte**, el consumo de energía que será más elevado si provienen de lugares más lejanos.
- En la puesta **en obra**, los riesgos sobre la salud humana y la generación de sobrantes.

- En la **reconstrucción**, las emisiones contaminantes y la transformación del medio.

Los métodos de Análisis de Ciclo de Vida pretenden analizar el impacto que ocasionan en cada una de las fases de su vida. Lo fundamental es cuantificar en magnitudes comparativas dicho impacto (por ejemplo, las emisiones de gases invernadero se traducen en cantidades equivalentes de CO2). Y a continuación proceder a su comparación para facilitar la elección.



El análisis de las variables anteriores en todo el ciclo de vida del material nos puede determinar una serie de pautas a seguir para seleccionar los materiales más sostenibles. Son los materiales que:

- procedan de fuentes renovables y abundantes;
- no contaminen;
- consumen poca energía en su ciclo de vida;
- sean duraderos;
- puedan estandarizarse;
- sean fácilmente valorizables;
- procedan de producción justa;
- tengan valor cultural en su entorno;
- tengan bajo coste económico.

Análisis de los materiales de construcción más empleados.

- **Los materiales pétreos.**

Los materiales pétreos presentan un impacto pequeño. Esta situación requiere una aclaración: efectivamente lo es, por kilogramo de material empleado; el problema se plantea cuando analizamos el uso masivo que se hace de ellos.

El principal impacto estriba en su fase de extracción, es decir la alteración que se produce en el terreno, la modificación de ecosistemas y del paisaje.

La extracción y, por su peso, el transporte requieren un consumo de energía elevado; por eso siempre se aconseja el empleo de materiales locales.

La mayor ventaja de los materiales pétreos es su elevada durabilidad, una de las máximas de los materiales sostenibles.

Este tipo de materiales, y debido a su uso masivo, son los principales responsables del colapso de vertederos. En la actualidad emergen iniciativas encaminadas a comercializar áridos reciclados para relleno y para la fabricación de morteros y hormigones.

El cemento produce un impacto ambiental muy importante. La obtención del clinker implica un elevado consumo de energía y posteriormente, en su proceso de molido, genera emisiones importantes de gases y polvos. Además de ser altamente consumidor de energía, puede ocasionar peligros para la salud humana. Por ello, se deberán mantener medidas de prevención en su manipulación para controlar tanto la inhalación de polvo como las irritaciones y quemaduras que se producen por el contacto con la piel.

Otro de los materiales pétreos, considerado universal, sería el hormigón. Su uso masivo en cimentación y estructura aconseja su optimización. Una alternativa es utilizar la cal como aglomerante.

- **Los metales**

Los metales, fundamentalmente el acero y el aluminio, representan la dualidad existente en casi todos los materiales de construcción con una serie de beneficios y otras de perjuicios.

El principal impacto de los materiales metálicos se produce en la fase de transformación y en los tratamientos de acabado y protección. Materiales que requieren un elevado consumo energético, además de producir la emisión de sustancias nocivas a la atmósfera.

Asimismo, se trata de uno de los materiales más valorizables existentes en obra. La chatarra se convierte en un pequeño tesoro en cualquier derribo. A esto podemos añadir sus muy interesantes prestaciones mecánicas que nos permiten soportar las mismas cargas con una menor cantidad de material.

Los materiales metálicos requieren tratamientos de protección a base de pinturas férricas o galvanizados altamente impactantes. En la actualidad existen múltiples sistemas que incorporan productos naturales.

- **Las maderas**

La madera es uno de los materiales que pueden considerarse más sostenibles siempre que cumplan dos premisas. Por un lado debemos tener garantías de que la gestión del espacio forestal de donde procede es sostenible; para ello se ha creado una certificación que garantiza el origen sostenible de esa madera (sello FSC).

Por otro lado, los tratamientos de preservación de la madera frente a la humedad suelen ser tóxicos para el medio ambiente y la salud humana. En la actualidad existen varias casas que comercializan imprimaciones y tratamientos cuyos compuestos son resinas vegetales.

Al finalizar su vida útil, la madera puede ser recuperada o reciclada para la fabricación de tableros aglomerados o bien para su valorización energética como biomasa.

La gran parte de la madera semimanufacturada que se emplea en nuestro país procede de los países nórdicos, bálticos y norteamericanos, con el consiguiente consumo de energía para su transporte. Para minimizarlo, el uso de maderas locales es una opción recomendable.

- **Los materiales aislantes**

Los aislantes más empleados en construcción serían las espumas en forma de proyectado o en forma de panel. El uso de agentes espumantes causantes del adelgazamiento de la capa de ozono y del efecto invernadero ha hecho que los CFC se vieran sustituidos por otros productos como el HCFC y el HFC que, aunque evitan daños a la capa de ozono, son responsables del calentamiento global.

Existen en el mercado otras opciones tales como las fibras minerales (fibra de vidrio o de roca), el vidrio celular y, sin duda las más interesantes desde el punto de vista ambiental, las procedentes de fuentes renovables (corcho, cáñamo, celulosa, etc.).

- **Los plásticos**

Los plásticos son materiales que procedentes del petróleo presentan un comportamiento similar a los metales, elevado consumo energético y altas contaminaciones en su proceso de fabricación. A estos problemas deberíamos añadir los riesgos sobre el medio ambiente en caso de accidentes de petroleros, así como la inestabilidad geopolítica que provoca su control.

Por el contrario, el plástico como material de construcción presenta interesantes propiedades, tales como su alta resistencia, su estabilidad y su ligereza, así como las posibilidades de empleo como aislamiento.

Algunos materiales tradicionales empleados para las instalaciones (sobre y plomo) están siendo sustituidos por los plásticos (polietilenos y

polibutilenos) por su mejor comportamiento ambiental y sus magníficas prestaciones.

- **Las pinturas**

Las pinturas presentan una composición muy variada, pigmentos, resinas, disolventes, etc., muchos de ellos derivados del petróleo. Paralelo a ello, y debido a tratarse de un material comúnmente empleado, se han desarrollado multitud de productos que sustituyen los originales hidrocarburos por componentes naturales, las llamadas pinturas ecológicas y naturales.

El principal impacto provocado por las pinturas se origina con los sobrantes del proceso de puesta en obra, ya que son vertidos en lugares no adecuados con el riesgo de emanaciones contaminantes.

1.4.3 Optimización de recursos naturales

Es muy recomendable realizar un estudio de recursos del lugar, de tal manera que podamos determinar los elementos naturales que nos puedan aportar algún tipo de "trabajo" sin limitar su perdurabilidad, a tener presente:

- Climatología
- Insolación
- Geología e Hidrología
- Pluviometría
- Vientos dominantes
- Terreno
- Masa forestal
- Ecosistemas

A lo largo de la historia, el primer análisis para la elección de un lugar como asentamiento humano, ha sido el agua. Es este el elemento primordial que condiciona la sostenibilidad de un asentamiento. Hoy en día debemos considerarlo un recurso escaso.

Se tendrá un especial cuidado con el tratamiento del agua, su captación, su acumulación, su uso, su depuración, su reutilización y su retorno al medio natural.

Gestión del agua

Gestionar nuestro recurso más precioso es un tema que cualquier propuesta de sostenibilidad ha de tomar muy en serio.

En el hogar, existen varias maneras de reducir el consumo sin que ello implique una pérdida de bienestar. Uno sería a través de la instalación de aparatos y grifería que permitan un ahorro de agua, y otro consiste en modificar el comportamiento del usuario. Es destacado el importante

empleo de agua potable para fines que podrían sustituirse perfectamente por agua de lluvia.

Podrá utilizarse el agua de lluvia, recogida en un cubo grande, desde uno de los bajantes del tejado, sin ningún tratamiento, para el riego del jardín.

Si se pretende darle mayor utilización, se recomienda la instalación de una cisterna, un sistema de filtrado y tuberías para abastecer varios puntos de consumo: inodoros, lavadora, lavavajillas, servicio de riego integral del jardín.

Aprovechar el agua pluvial tiene otras ventajas a la hora de lavar nuestra ropa, al ser el agua de lluvia mucho más barata que la del grifo, estamos ahorrando hasta un 50% de detergente.

Si aprovecháramos el agua de lluvia se podrían llegar a sustituir, en un hogar medio, 50.000 litros anuales de agua potable, por agua de lluvia. Esto supone una importante contribución a la sostenibilidad de nuestro hábitat.

Podemos observar que más de la mitad del agua que se utiliza en las viviendas puede proceder de agua reutilizada. Evidentemente, esta agua reutilizada necesita una cierta depuración para extraer las grasas o partículas que pueda tener, pero no es necesario que esté en el mismo estado de potabilidad que el agua de beber.

Reutilizar el 44% de agua potable, junto con una cierta captación de aguas pluviales, permitiría evitar el consumo del 56% del agua para uso doméstico, independientemente de que el usuario de la vivienda esté concienciado de reducir su consumo.

Elementos de la instalación

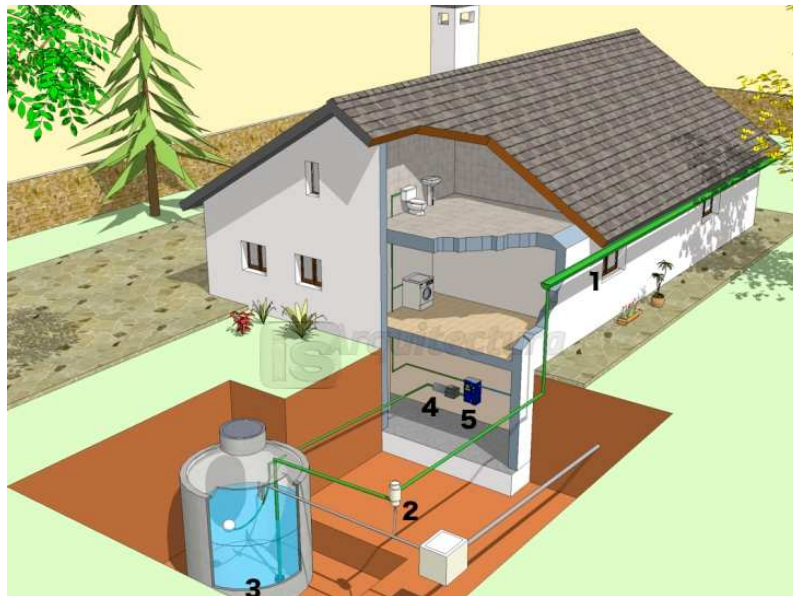
Filtro: es imprescindible delante de la entrada del depósito para evitar suciedades y elementos no deseados. No es aconsejable la recogida de agua de lluvia al aljibe o al depósito sin filtros. Si el agua es recogida sin un filtro, es desaconsejable su utilización para las instalaciones de dentro de las casas, en todo caso podrían servir para el riego del jardín o la huerta.

Depósito: en el caso de viviendas de nueva edificación, se recomienda un depósito enterrado; en el caso de instalar un sistemas de recogida de agua pluvial en una vivienda ya construida, se aconseja utilizar depósitos de polietileno en el sótano. Sin embargo el hecho de no haber planificado la instalación y no poder disponer de un depósito enterrado acarrea problemas como el crecimiento de algas y la proliferación de bacterias por la luz o la cercanía de fuentes de calor.

Bomba: debe elegirse aquella más adecuada para nuestra instalación, prestando atención a la potencia a y a la calidad. Una buena elección es una bomba no sobredimensionada y resistente al agua. Las mejores para esta

aplicación son las de plástico (polietileno), económicas, y mucho más duraderas en este tipo de agua, que las de acero inoxidable.

Tuberías: La normativa es menos estricta que para el agua potable por lo que pueden ser empleadas de plástico. El agua de lluvia, al ser blanda, no las arremete.



Elementos de una instalación de aprovechamiento del agua de lluvia

La gestión del territorio.

Una gestión del territorio encaminada a conseguir:

- El equilibrio entre desarrollo urbano y conservación del suelo destinado a otros usos (agrícola y forestal), así como a la creación de zonas verdes destinadas al ocio.

A cada lugar una planificación. Cualquier planificación urbana debe estar próxima al terreno, debe valorar los parámetros que lo condicionan, el relieve, el clima, el paisaje, la vegetación...

- La conservación del suelo, de los ecosistemas y de los entornos naturales.

Renunciar a una vivienda aislada con una gran parcela de terreno situada en la periferia urbana (ciudad difusa) frente a la recuperación de los cascos antiguos, la vivienda con mayor densidad de población (ciudad compacta) es un primer paso hacia un modelo urbano sostenible.

La ciudad compacta permite aproximar la vivienda al lugar de trabajo y a los servicios públicos, permite la organización de un sistema de transporte público más eficiente que en zonas de población dispersa. El gran reto es

hace de la ciudad compacta un espacio para la socialización, un espacio atractivo para la vida, donde el ciudadano no busque desesperadamente una casa unifamiliar con jardín privado.

El impacto de la construcción sobre el territorio va a depender de la densidad de la vivienda a diseñar. Así como podemos comprobar en la siguiente tabla, agrupar a las personas en edificios compactos plurifamiliares presenta múltiples ventajas ecológicas y económicas.

	8 viviendas en casas aisladas	8 viviendas en 2 bandas de 4 adosados	8 viviendas en edificio plurifamiliar
Ocupación del suelo	100%	70%	34%
Superficie envolvente	100%	74%	35%
Energía calefacción	100%	89%	68%
Coste de la obra	100%	87%	58%

Análisis comparativo del impacto producido por tres tipos de viviendas

Un planeamiento urbanístico sostenible debe prestar especial atención al ahorro energético, del agua y de los recursos, a la gestión de los residuos, al impacto acústico y a la creación de un entorno agradable de una red de zonas verdes.

El trazado de las calles: fundamental, bien orientado. Una de las estrategias más interesantes y efectivas sería la correcta orientación de las calles para así aprovechar la radiación solar y aprovechar o protegerse de los vientos. Calles alineadas a eje este-oeste generan fachadas a sur, fachada captadora ideal, y a norte, buen comportamiento en verano.

1.4.4. Implantación de sistemas para el ahorro energético

Una construcción sostenible será aquella que ahorra energía, si queremos caminar hacia la sostenibilidad debemos seleccionar el tipo de energía que empleamos para cubrir nuestras necesidades.

Cerca del 40% de la energía consumida en la Unión Europea se consume en la construcción, en servicios e industrias afín.

Una suma de tres factores, **Ahorro + Eficiencia + Energías Renovables**

- **El Ahorro**

Como ya se ha dicho anteriormente, podemos emplear diversas estrategias que nos ayudan a aprovechar las condiciones climáticas del lugar donde se asienta nuestra construcción. El diseño de los edificios nos permite ahorrar energía; el ahorro más eficaz y sencillo, no necesitamos una compleja tecnología, tan sólo conocer las posibilidades que el entorno nos ofrece. Con medidas sencillas podemos esperar ahorros de hasta un 65%.

- **La eficiencia energética**

Aún aplicando medidas de ahorro seguiremos necesitando energía; menos, pero energía al fin y al cabo. Para minimizar el consumo de energía en nuestros edificios podemos emplear elementos y electrodomésticos de alta eficiencia; capaces de usar menos energía y dar el mismo servicio. Uso de termostatos para controlar la temperatura de las estancias, empleo de sistemas centralizados de mayor rendimiento.

- **Empleo de energías renovables**

Aplicando medidas de ahorro y eficiencia conseguiremos reducir de forma sustancial nuestra factura energética. Para las necesidades que todavía nos queden, reservamos nuestro tercer sumando, el empleo de las energías renovables:

- Energías que tienen una capacidad natural de regeneración permanente, no se agotan.
- Energías que presentan un bajo impacto ambiental.
- Energías que pueden utilizarse para obtener electricidad, climatización, agua caliente sanitaria. Tanto para una única vivienda como para un edificio de varias plantas, una industria, una granja...

En el balance energético la aportación de las energías renovables es aún baja, aunque se espera un notable incremento en los próximos años.

El tipo de energía renovable más adecuado a cada caso dependerá de las condiciones del emplazamiento (latitud, vientos, orografía, etc.) y de las instalaciones a las que se van a aplicar.

Las energías renovables en la construcción

- **Biomasa**

Las posibilidades de emplear biomasa para la producción de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) son largamente conocidas. Desde siempre los restos orgánicos han supuesto un combustible para calefactor el medio rural. Como siempre, lo que podemos hacer, y de hecho hacemos, es analizar los conocimientos adquiridos y darles una mano de tecnología.

➤ **Hidráulica**

La energía hidráulica se obtiene a partir de las aguas de los ríos y se utiliza para generar electricidad.

Se puede transformar a muy diferentes escalas, existiendo desde hace siglos pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río mueve un rotor de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales. Sin embargo, la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas de represas, aunque estas últimas no son consideradas formas de energía verde por el alto impacto ambiental que producen y por el uso de grandes cantidades de combustible fósil para los generadores.

➤ **Eólica**

La producción de electricidad puede darse tanto a pequeña escala como a gran escala. Los pequeños molinos domésticos se aplican normalmente a viviendas particulares aisladas de zonas rurales, mientras que los aerogeneradores de mayores dimensiones se encuentran agrupados en conjunto, formando un parque eólico conectado a la red eléctrica.

➤ **Solar térmica**

Común es el acuerdo de tomar a la energía solar térmica como la energía renovable más interesante a aplicar en la construcción de viviendas. De una forma sencilla y completamente avalada por la experiencia, con una tecnología que mejora rendimientos, podemos cubrir gran parte de nuestras necesidades de ACS y de climatización. Esto hace que las administraciones, a través de ordenanzas solares y líneas de subvención, apuesten, de forma más o menos intensa, por la instalación de estos sistemas.

➤ **Solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica nos permite aprovechar la energía que nos llega del sol transformándola directamente en electricidad. Tradicionalmente, la energía solar fotovoltaica se ha utilizado para suministrar energía eléctrica a lugares donde no era económicamente rentable llevar las líneas eléctricas; la electrificación rural de emplazamientos aislados, los repetidores de telecomunicaciones y el bombeo de agua en fincas rústicas.

➤ **Geotérmica**

La calefacción geotérmica es una variante del sistema conocido como bomba de calor, basado en llevar al calor de un sitio a otro. Una bomba geotérmica capta el calor del exterior y lo introduce en el interior de la vivienda.

En función del generador geotérmico (bomba de calor) tendremos diversas instalaciones de diferentes potencias. Pueden emplearse para calefacción por suelo o muro radiante y para ACS.

1.4.5 La Gestión de los residuos de construcción y demolición

Como ya he señalado, en Europa el 40% de los residuos son generados por la industria de la construcción. Hasta ahora el destino habitual de los denominados Residuos de Construcción y Demolición (RCD) eran los vertederos o escombreras. El progresivo colapso de estos espacios, unido a la dificultad que encuentran los municipios para habilitar nuevos vertederos, hace que el tema de los RCD haya sufrido una cierta convulsión en los últimos tiempos. Así, en el año 2001 se publicó el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006, y en 2007 se publicó II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (IIPNRCD) 2007-2015, donde se establecen las bases para una gestión más sostenible de los RCD. Básicamente, sus objetivos son:

- a) Una gestión basada en el principio de jerarquía donde se trata, en este orden, de prevenir, reutilizar, reciclar, valorizar energéticamente y, por último, depositar en vertedero.
- b) Respetar el principio de proximidad , ya que dado el elevado peso y volumen de los RCD, el gasto en transporte es muy gravoso. Así, las plantas de tratamiento previstas se ubicarán en un radio de 25km.
- c) Articular un sistema que obligue a constructores y a colegios profesionales competentes a incluir en proyecto la adecuada gestión de los RCD.
- d) Creación de una red de infraestructuras para el reciclaje de los RCD.

Objetivos del Plan Nacional de Residuos 2007-2015

Recogida controlada y correcta gestión	95%	2011
Reducción de RCD	15%	2011
Reciclaje o reutilización	40%	2011
Valorización de los residuos de envases de materiales	70%	2010

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

Los RCD se producen en tres fases del ciclo de vida de cualquier construcción; en la excavación, en la construcción y en el derribo. En la excavación, lo fundamental es minimizar el volumen de tierras generado mediante una adecuada programación y control de las excavaciones y rellenos.

Los RCD generados en la construcción y el derribo variarán en función del modelo constructivo utilizado y de la forma de llevar a cabo el derribo. Así, la construcción tradicional emplea mayoritariamente materiales de naturaleza pétreo que generan una gran cantidad de sobrantes en el proceso de ejecución y de residuos en el derribo, responsables del colapso de los vertederos. Mientras tanto la construcción industrializada emplea menos volumen y mayor variedad de materiales, con mayores posibilidades de valorización. Del mismo modo, un derribo intenso provocará mayor cantidad de RCD que un sistema que fomente la separación y recuperación.

En definitiva, el objetivo en materia de RCD se centra en intentar minimizar y en el caso de existir buscar su reutilización o reciclaje, la llamada valorización económica. Para ello, y como cualquier otro tipo de residuo, lo esencial es la recogida selectiva. En principio, la mayoría de los RCD son inertes y por tanto no peligrosos.

Los residuos inertes, a menudo, se eliminan en vertedero. Al ser, en su mayoría, de origen pétreo pueden ser reciclados para la obtención de áridos.

Los residuos banales, por su composición, pueden ser gestionados de igual manera que el resto de los residuos sólidos urbanos.

La mayoría de los residuos de construcción son inertes o banales, muy pocos son potencialmente peligrosos para la salud. Debe evitarse su uso p garantizar su fácil recuperación. El tratamiento de estos residuos se basa en la recuperación selectiva para su tratamiento específico o deposición en vertederos especiales.



La gestión de los residuos de construcción.

Una de las labores básicas que garantizan el posterior éxito de todo el proceso es la separación y recogida selectiva de los residuos. La finalidad de estas operaciones será el facilitar el reciclaje y la reutilización de los residuos. Una vez realizada la separación se procede a señalar aquellos que son valorizables e incorporables al circuito de reciclaje; de aquellos que no lo son, que se envían a vertedero. Los residuos especiales se envían a vertederos especiales siempre que no puedan ser reciclados.

Para minimizar los residuos, desde la fase de proyecto deben incorporarse criterios funcionales y constructivos idóneos que fomenten la utilización de materiales y técnicas constructivas que favorezcan la valorización de los mismos; reincorporándolos sin cambios en las nuevas construcciones o transformándolos en nuevos productos.

La forma más beneficiosa, por sus evidentes ventajas ambientales y económicas, de valorización de los residuos es la reutilización. Consiste en recuperar elementos constructivos completos reutilizables con las mínimas transformaciones. Su éxito dependerá del estado de conservación del elemento y de las dimensiones del mismo (valores modulares). Los productos empleados en construcción podrán ser originados en otras actividades industriales, así a partir de chapas de acero procedentes de la industria del automóvil se obtienen tableros metálicos para ejecutar techos.

Los reciclados. Posibilidades de reutilización

En principio, todos los RCD son potencialmente reciclables, salvo los especiales que requieren un tratamiento específico. En la práctica, tan solo se reciclan aquellos que existe una red que pone en el mercado estos productos, aquellos donde el productor del residuo y el usuario de la materia prima están en contacto. Los residuos producidos en el proceso de fabricación son más fácilmente reciclables que los originados en la demolición.

- **Materiales cerámicos**

Los materiales cerámicos son materiales muy inertes y estables por lo que son altamente reciclables. Los residuos generados en las diferentes fases de producción del material pueden reincorporarse al circuito de preparación de la materia prima. En general, los residuos de obra de fábrica van a vertedero, aunque podrían ser machacados y empleados en rellenos de firmes o en la fabricación de hormigones.

Entre los cerámicos destacan una serie de materiales como la teja vieja, muy demandada para su reutilización; la baldosa antigua o artística, recuperada tras un proceso muy complicado y caro, y los sanitarios que pueden recuperarse en piezas completas.

- **Hormigones**

En el hormigón en masa los residuos que se originan en el lavado de la amasadora, poco significativos, no se reciclan, aunque debe controlarse dónde se vierten. El hormigón que vuelve a la central en el camión se lava y deposita en una fosa de decantación.

Los residuos generados en la fabricación de elementos prefabricados en serie en taller pueden emplearse como relleno en firmes o canteras.

Los residuos procedentes de derribo pueden ser reciclados como árido para hormigones en masa o armados o para relleno. El proceso lo complica la separación de las armaduras.

- **Yeso**

Para los enyesados no existen técnicas para separar el yeso de la obra de fábrica usada como soporte. En el caso de las placas de cartón-yeso es necesario proceder a la separación de sus dos componentes. A partir de entonces el yeso vuelve al horno y el cartón se envía a la industria papelera.

- **Vidrio**

El reciclado del vidrio, tanto el procedente del proceso de fabricación como de la puesta en obra, es muy sencillo mediante la fusión del vidrio. Al no existir circuitos de reciclaje acostumbran a terminar en vertederos. Los vidrios de color y los compuestos de varias hojas son más difíciles de reciclar.

- **Madera**

Los residuos procedentes de la madera son fácilmente reciclables o valorizables. A través de la reutilización de piezas completas, tan sólo los elementos de sección elevada y buena calidad; del reciclaje en forma de tableros y del aprovechamiento energético como biomasa. Los tratamientos de la madera son potencialmente peligrosos para la salud en el caso de su incineración.

- **Metales**

Los metales representan el ejemplo más notorio de recuperación de materiales para su transformación en metal nuevo, consolidando un circuito de transformación del material. Por su ubicación en obra los residuos son fácilmente separables de otros elementos. Una de las razones que explican la creación del circuito de transformación es el mayor coste de fabricación del metal a partir de su materia prima.

- **Plásticos**

La principal característica de los plásticos, su elevada durabilidad, hace que la cantidad de residuos sea pequeña. Aunque técnicamente es posible, los únicos plásticos que se reciclan son los PVC, los poliestirenos y los procedentes del embalaje. La incineración es altamente desaconsejable por la emisión de contaminantes muy nocivos, en especial dioxinas y furanos.

**LA ALTERNATIVA A LAS FUENTES
DE ENERGÍAS CONVENCIONALES:
LAS ENERGÍAS RENOVABLES**



2. La alternativa a las fuentes de energía convencionales: las energías renovables.

2.1 La energía como recurso natural

2.1.1 Acerca de la energía

La necesidad de energía es una constatación desde el comienzo de la vida misma. Un organismo para crecer y reproducirse precisa energía, el movimiento de cualquier animal supone un gasto energético, e incluso el mismo hecho de la respiración de plantas y animales implica una acción energética. En todo lo relacionado con la vida individual o social está presente la energía.

La obtención de luz y calor está vinculada a la producción y al consumo de energía. Ambos términos son imprescindibles para la supervivencia de la tierra y consecuentemente de la vida vegetal, animal y humana.

El ser humano desde sus primeros pasos en la tierra, y a lo largo de la historia, ha sido un buscador de formas de generación de esa energía necesaria y facilitadora de una vida más agradable. Gracias al uso y conocimiento de las formas de energía ha sido capaz de cubrir necesidades básicas: luz, calor, movimiento, fuerza, y alcanzar mayores cotas de confort para tener una vida más cómoda y saludable.

El descubrimiento de que la energía se encuentra almacenada en diversas formas en la naturaleza ha supuesto a las diferentes sociedades a lo largo de los tiempos, el descubrimiento de la existencia de "almacenes energéticos naturales" que aparentemente eran de libre disposición. Unido a esto, el hombre ha descubierto que estos almacenes de energía disponibles en la naturaleza (masas de agua, dirección de viento, bosques,...) eran susceptibles de ser transformadas en la forma de energía precisa en cada momento (luz y calor inicialmente, fuerza y electricidad con posterioridad), e incluso adoptar nuevos sistemas de producción y almacenamiento de energía para ser utilizada en el lugar y momento deseado: energía química, hidráulica, nuclear,...

Sin embargo, parejo a este descubrimiento de almacenes naturales, se ha producido una modificación del entorno y un agotamiento de los recursos del medio ambiente. Así, el uso de la energía ha acarreado un efecto secundario de desertización, erosión y contaminación principalmente, que ha propiciado la actual problemática medioambiental y el riesgo potencial de acrecentar la misma con los desechos y residuos de algunas de las formas de obtención de energía.

2.1.2 La energía asociada al grado de confort

La necesidad de aumento productivo de las sociedades industrializadas lleva parejo un incremento de los bienes de consumo y la creación de un mecanismo en el que se establece una equivalencia entre el confort y el consumo. Ello ha supuesto en las últimas décadas una avidez consumista, en donde el consumo es una finalidad en sí misma. La acumulación de

bienes, útiles o no, el despilfarro como signo de poder adquisitivo y distinción social, la exigencia de gasto de elementos perecederos, son consecuencias del mecanismo de sostenimiento que el sistema económico de las sociedades desarrolladas ha establecido para mantener la capacidad productiva creciente que lo sustenta.

Así, la demanda de energía no sólo ha tenido que crecer en la industria, sino también en los consumidores de los productos manufacturados, dado que éstos precisan mayoritariamente energía para cumplir su finalidad. Para satisfacer esta demanda no sólo de bienes, sino de exigencia de nuevas cotas de confort, se hace precisa una mayor generación y oferta de energía. Por ello, se ha hecho necesario dotar de grandes centros generadores de energía excedentaria, ante la eventualidad de poder satisfacer la demanda que pueda ser requerida.

El estado del bienestar, ha generado el "estado de gasto y de la dependencia energética". No es de extrañar por tanto, que uno de los parámetros más importantes para clasificar el grado de desarrollo de un país, sea su gasto energético per cápita.

La energía ha pasado a lo largo de la historia, de ser un instrumento al servicio del ser humano para satisfacer sus necesidades básicas, a ser la gran amenaza – motor y eje de la problemática ambiental- que se cierne sobre el planeta, hipotecando la existencia de las generaciones venideras.

Una de las aportaciones a la solución, o al menos paralización de esta problemática ambiental, es lograr que satisfaciendo las necesidades actuales de energía, ésta sea producida sin alterar esos almacenes energéticos que cumplen una función de equilibrio ecológico, y que su uso, además de ser eficiente, no sea origen de fuentes de contaminación ni aumento del deterioro actual y futuro del entorno, evitando el derroche de energía y aprovechando al máximo la producción realizada.

En resumen, tres son los problemas a los que nos ha abocado el consumo desmedido de la energía:

- Un deterioro del entorno
- Un paulatino agotamiento de los recursos naturales
- Un desequilibrio irracional en el reparto del consumo y uso de la energía

Ante esta situación, las energías de origen renovable adquieren un papel primordial, necesario y urgente tanto en su aplicación como en la difusión de su uso.

2.1.3 Energía y desarrollo

La energía es esencial en nuestra vida. La usamos para que funcionen las fábricas, se mueven los coches, aviones, trenes y barcos, para calentar la comida, iluminar nuestras casas... Sin embargo, el consumo de energía es muy distintos en los diferentes países del mundo. Un niño de Estados Unidos consumen tanta energía como diez o veinte niños chinos juntos, casi como un español y medio y más que cincuenta niños de África negra.

Ese consumo de energía se mide en toneladas equivalente de petróleo (tep), que es el calor desprendido de petróleo al quemar una tonelada de petróleo. En los países desarrollados cada persona consume al año de 4 a 6,5 tep por persona y año. Mientras, que en los países no desarrollados el consumo está por debajo de 0,2 tep por persona y año.

Consumo de energía en el mundo y otros indicadores

REGIÓN DE LA TIERRA	CONSUMO DE ENERGÍA TEP/(PERSONA-AÑO)	ESPERANZA DE VIDA		TASA DE MORTALIDAD INFANTIL(*)	ANALFABETISMO
		HOMBRES	MUJERES		
País no desarrollado	<0,2	45 años	45 años	120 niños/1000	65 %
País desarrollado	4 a 6,5	75 años	82 años	<10 niños/1000	< 5 %

(*) Muertos antes de 5 años.
Fuente: datos de la UNESCO, recogidos por José Aguilar Peris (2003)

También hay que precisar que el consumo de energía ha sido muy distinto a lo largo de la historia. El hombre primitivo recolector consumía 2000kcal/día (todas ellas en alimentación). Poco a poco el consumo fue aumentando y el hombre cazador ya consumía un 150% más de energía que el recolector, en total 5000kcal/día. Cuando el hombre se vuelve agricultor y comienza a utilizar metales (en cuya obtención y manipulación siempre se consume energía), el consumo energético aumenta en gran manera. Y así ha continuado de manera imparable, hasta el punto de que actualmente un individuo consume 200 veces más energía que el hombre primitivo.

Consumo diario de energía, (en miles de kcal/día)

	A	B	C	D	T
HOMBRE PRIMITIVO RECOLECTOR	2	-	-	-	2
HOMBRE PRIMITIVO CAZADOR	3	2	-	-	5
HOMBRE PRIMITIVO AGRICULTOR	4	4	4	-	12
AGRICULTOR AVANZADO	6	12	7	1	26
HOMBRE DE ÉPOCA INDUSTRIAL	7	32	24	14	77
HOMBRE DE ÉPOCA TECNOLÓGICA (EE.UU), 1980	10	66	91	63	230

A=ALIMENTO / B=CONFORT Y COMERCIO / C=INDUSTRIAS Y AGRICULTURA / D=TRANSPORTE / T=TOTAL

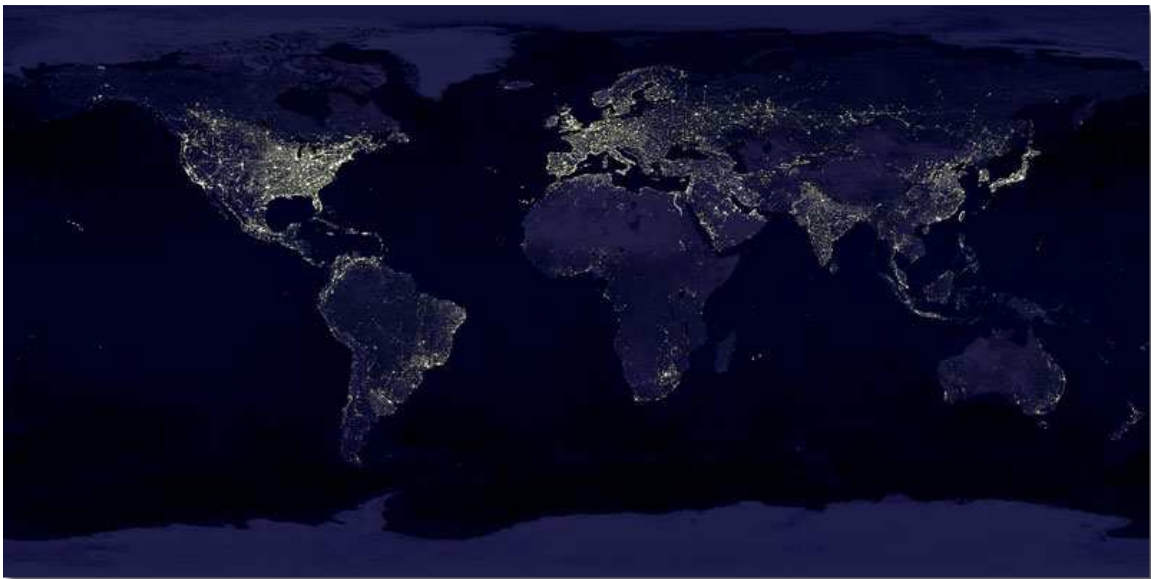
Fuente: Jesús Fernández

Globalmente, la distribución del consumo de energía se revela como profundamente desigual. Si tuviéramos la oportunidad de observar nuestro planeta por la noche desde el espacio, podríamos rastrear las diferencias de desarrollo entre los diversos países, con sólo observar si grado de iluminación. Percibiríamos entonces el contraste entre los países desarrollados y ricos (Europa Occidental, Norteamérica, Japón, áreas del

Extremo Oriente y Australia) con el inmenso vacío del continente africano, donde apenas destacan las leves luces del Magreb y de Sudáfrica y el resplandor del fuego de los pozos petrolíferos, que queman el gas natural de los yacimientos, en el África Occidental.

Apreciaríamos el doblamiento costero de América Latina y los inmensos espacios vacíos del interior del continente. Podríamos observar el crecimiento de la iluminación en los países del sudeste asiático, China e India, frente al descenso causado por el declive económico en algunos países del antiguo bloque soviético que aún así continúan reflejando una significativa industrialización y urbanización.

Igualmente podríamos distinguir los grandes espacios vacíos, apenas habitados, en Asia Central, el Sahara, la Amazonía, las Montañas Rocosas, el gran norte Canadiense, el despoblado australiano o el interior de Siberia y constatar la continua penetración de la civilización en esos últimos espacios cada vez menos vírgenes, observando las vías de colonización alrededor de las cuales se agrupan los nuevos núcleos de doblamiento y los efectos de los incendios forestales, cuyo resplandor es visible desde el espacio y que consumen millones de hectáreas de selva tropical.



Aspecto de La Tierra iluminada de noche. Fuente: Nasa

Se estima que el consumo en los países desarrollados es 80 veces superior al del África subsahariana. Menos de la cuarta parte de la población mundial, la que habita en el mundo industrializado, consume las $\frac{3}{4}$ partes del total de energía disponible. En el mundo hay 2000 millones de personas que no tienen acceso a la electricidad y 1200 millones que no disponen de agua potable.

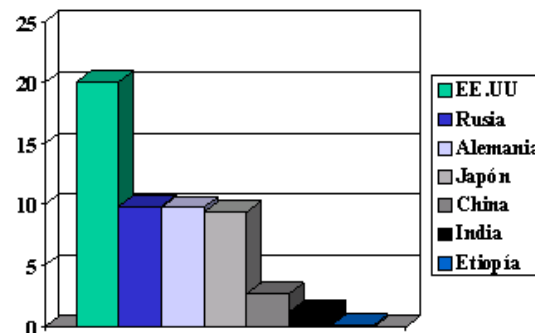
Frente a ello el caso extremo de los EE.UU. que con menos del 5% de la población mundial realiza más del 20% del consumo energético total. Otro ejemplo nos puede ilustrar: el 92% de la población mundial no tiene coche; mientras en EE.UU y en la UE hay un coche por cada 1,8 y 2,8

habitantes respectivamente, en África sólo 1 por 110, y en China 1 por 1375.

Existe una correlación, casi lineal, entre grado de desarrollo y consumo de energía por habitante. Lo cual es lógico si tenemos en cuenta que el desarrollo económico de un país se relaciona con sus capacidades productivas, en el sector primario (agricultura, ganadería, pesca y minería), secundario (industrias) y terciario (servicios). Dentro de estos últimos juega un papel determinante el transporte que permite el comercio entre diversas comunidades humanas. Todas estas actividades suponen un elevado consumo de energía, como ya hemos visto.

De forma idéntica existe también una clara diferencia en la proporción de responsabilidad en el impacto total generado sobre el medio ambiente. Así tomamos en consideración las emisiones medias de CO₂ por persona y año en los diferentes países para el año 2006:

- EEUU: 20,1 toneladas
- Rusia: 9,9 toneladas
- Alemania: 9,8 toneladas
- Japón: 9,4 toneladas
- España: 7,3 toneladas
- China: 2,7 toneladas
- India: 1,2 toneladas
- Etiopía: 0,1 toneladas



En un contexto de población mundial creciente, que ya ha rebasado los 6000 millones, se ve cada vez más claro que la presente situación de desigualdad extrema es insostenible por más tiempo. Es en este contexto donde se sitúa la necesidad de una mayor equidad en el acceso a la energía, de forma que todos puedan acceder a unos mínimos imprescindibles para una vida digna. Todo ello al tiempo que de forma ineludible se toman las medidas necesarias para impedir que el impacto sobre el medio ambiente siga creciendo y llegue a provocar daños irreversibles en el planeta de consecuencias catastróficas.

Pensemos en las alteraciones que se derivarán del cambio climático: inundación de espacios costeros al subir el nivel de los océanos por la fusión de los casquetes polares, variaciones en el régimen de lluvias, con fuertes sequías en unos lugares y lluvias torrenciales en otros, elevación de las temperaturas medias, aumento de las catástrofes ligadas al clima: huracanes, tifones, inundaciones, etc. Catástrofes todas ellas, que incidirán fuertemente sobre la población mundial, especialmente en los países más pobres, los más vulnerables por carecer de recursos adecuados para hacerles frente. Es de prever que como consecuencia lógica de este panorama se acentúen también en el mundo las divisiones y los conflictos, empezando por las tensiones migratorias y continuando por posibles conflictos bélicos.

La solución a este problema que constituye una auténtica encrucijada para el futuro de la Humanidad implicará necesariamente un replanteamiento de las bases mismas del sistema energético mundial, que descansa fundamentalmente en un recurso finito, como son los combustibles fósiles cuyo uso está generando un grave problema medioambiental, y en un reparto extremadamente desigual de los recursos que son consumidos de manera insostenible por una pequeña fracción de la Humanidad. Para ello es imprescindible no sólo un desarrollo tecnológico que haga posible el cambio sino también una modificación de los patrones sociales de conducta, de modo que las sociedades actúen de acuerdo a criterios de racionalidad y de solidaridad con nuestros semejantes, presentes y futuros y con nuestro planeta.

Corresponde a las sociedades industrializadas del mundo, en gran medida causantes del problema y a la vez las únicas capaces de ponerle remedio, arbitrar las soluciones que permitan resolverlo, a través de mecanismos que ayuden a reducir las emisiones y la transferencia de recursos y tecnología a los países más pobres. Es en esta línea donde se sitúan los esfuerzos realizados a través de iniciativas como el protocolo de Kioto.

2.1.4 Los tres grandes tipos de energía

Casi toda la energía que utilizamos viene de tres grandes fuentes: el sol, la fisión nuclear y la materia orgánica fósil. Estos distintos orígenes explican sus diferentes posibilidades de cara a la sostenibilidad

Fotones solares, minerales radiactivos o hidrocarburos: todos ellos contienen energía en diferente grado de concentración. Tras un proceso de refinado más o menos largo y complejo, todos se convertirán en energía útil.

2.1.4.1 Energía fósil

La energía fósil es energía solar concentrada y petrificada en forma de compuestos de carbono, procedente de plantas y animales que vivieron hace millones de años. Este carbono, al quemarse, pasa a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, el principal componente del efecto invernadero.

El carbón fue el primer tipo de combustible fósil en ser utilizado como energía comercial. Siguieron el petróleo y por último el gas natural. Hoy en día los tres tipos coexisten en nuestro modelo de consumo de energía, con el carbón estabilizado, el petróleo en crecimiento y el gas natural en franca expansión.

Toda nuestra economía está basada en el consumo masivo de energía fósil: la energía procedente de carbones, petróleo y gas natural aporta un 88% del consumo total de energía primaria.

Reducir el consumo de energía fósil se ha convertido hoy en día en una necesidad, si queremos reducir la emisión de CO₂ a la atmósfera y cumplir los objetivos de emisión establecidos en el protocolo de Kioto.



Quemar carbón o petróleo tiene un impacto bien visible sobre el paisaje, en forma de penachos de humo cargados de diversas sustancias contaminantes.

2.1.4.2 Energía nuclear

La energía nuclear (energía de fisión del núcleo atómico) se basa en la división del átomo de uranio en elementos más ligeros. Este proceso libera una enorme cantidad de energía en forma de calor. El proceso se realiza de manera controlada en el interior de un reactor. El calor generado se emplea para generar energía eléctrica.

España pertenece al grupo de países autorizados para operar reactores nucleares. El primero comenzó a funcionar en 1969. Los ambiciosos planes de expansión de la energía nuclear llegaron a prever la construcción de 25 centrales, pero actualmente solo permanecen 8 en operación.

Tras los accidentes de Harrisburg (1981) y Chernobyl (1986) la mayoría de los países declararon moratorias nucleares, parando la instalación de nuevas centrales y planeando el cierre paulatino de la ya existentes.

No existe energía más polémica que la nuclear. Sus detractores aducen el riesgo que implican sus instalaciones, mientras que sus partidarios plantean su contribución para frenar el cambio climático.



Las centrales nucleares son lugares muy controlados, con múltiples barreras y protocolos de seguridad.

2.1.4.3 Energía procedente del Sol

Existen tres principales maneras de convertir la luz del sol en energía útil: la fotosíntesis de las plantas, el movimiento de la maquinaria atmosférica y la propia radiación solar. Parte de los residuos urbanos también procede de la energía solar: por ejemplo, el papel procedente de la madera.

Las distintas variantes de la energía solar aportan un 6% al consumo total de energía primaria. Tras años de crecimiento muy lento de este porcentaje, el rápido desarrollo de la energía eólica y otras renovables permite abrigar esperanzas de alcanzar en un plazo de tiempo razonable una "cesta energética" más sostenible.

Los principales obstáculos al desarrollo de la energía solar son el coste y la irregularidad. Hoy día es más barato el kWh obtenido quemando carbón que el procedente de un panel solar. Pero este cálculo no tiene en cuenta el coste del daño al medio ambiente que causa la quema de carbón. Si se tuviera en cuenta, la energía solar sería rentable.

Arrumbada desde hace décadas por la energía fósil y nuclear, la energía solar aparece hoy claramente como la mejor manera de colocar a nuestra sociedad en el camino de la sostenibilidad.



La fuerza del sol bastaría y sobraría para abastecer a toda la humanidad de la cantidad de energía que necesita.

2.2 Las energías convencionales: las energías no renovables

2.2.1 Tipos de energía no renovables

La energía no renovable es un término genérico referido a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y que, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, ya que no existe sistema de producción o extracción viable, o la producción desde otras fuentes es demasiado pequeña como para resultar útil a corto plazo.

A medida que se consume un recurso no renovable. Las reservas disponibles están sujetas a la factibilidad técnica y económica de su explotación, al descubrimiento de nuevos yacimientos y al ritmo de extracción y consumo.

La utilización de este tipo de energía convencionales tiene una serie de impactos medioambientales negativos a nivel global.

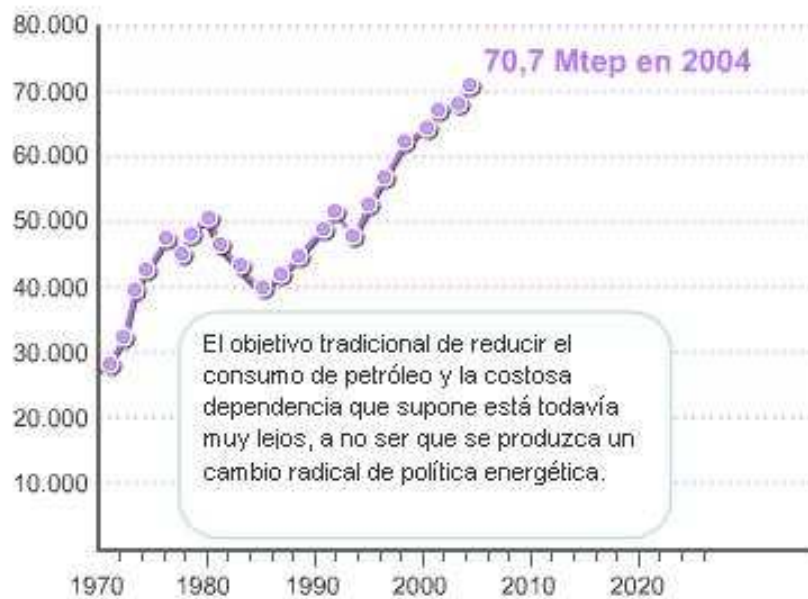
Las principales fuentes de energía de origen no renovable son:

- **El petróleo y sus derivados**
(gasolina, gasoil, fueloil, gas butano, keroseno para aviones...)
- **Los carbones**
(turba, lignitos, hulla, antracita,...)
- **El gas natural**
- **La energía nuclear**

2.2.1.1 Petróleo

El petróleo es un líquido aceitoso, viscoso e inflamable, constituido por una mezcla de hidrocarburos, que, de forma natural, se encuentra en determinadas formaciones geológicas.

Más de 30 años después de la gran crisis petrolera de 1973, la economía mundial sigue dependiendo estrechamente de este combustible. Cada década aproximadamente tiene lugar un nuevo pánico petrolífero, con subida en vertical de los precios y consecuencias en forma de paro y recesión. Se lanzan ambiciosos planes de energías renovables. Algún tiempo después, el precio del crudo se estabiliza y las energías renovables pierden atractivo... hasta el próximo pánico petrolífero.



Tras unos años de crecimiento muy rápido y un descenso del consumo en la década de 1980, el consumo de petróleo crece actualmente a un ritmo sostenido.

En nuestro país, la dependencia del oro negro ha pasado de un 70% aproximadamente en los años 70 a un 50% en la actualidad. Pero la demanda en términos absolutos sigue creciendo año tras año: cada año entran más toneladas de petróleo en España.

Esta inagotable sed de petróleo se explica por el fuerte crecimiento del sector del transporte, tanto público como privado. El número de vehículos de todas clases que se mueven en España está creciendo a buen ritmo, y hoy por hoy solo pueden moverse a base de gasóleo, gasolina o queroseno.

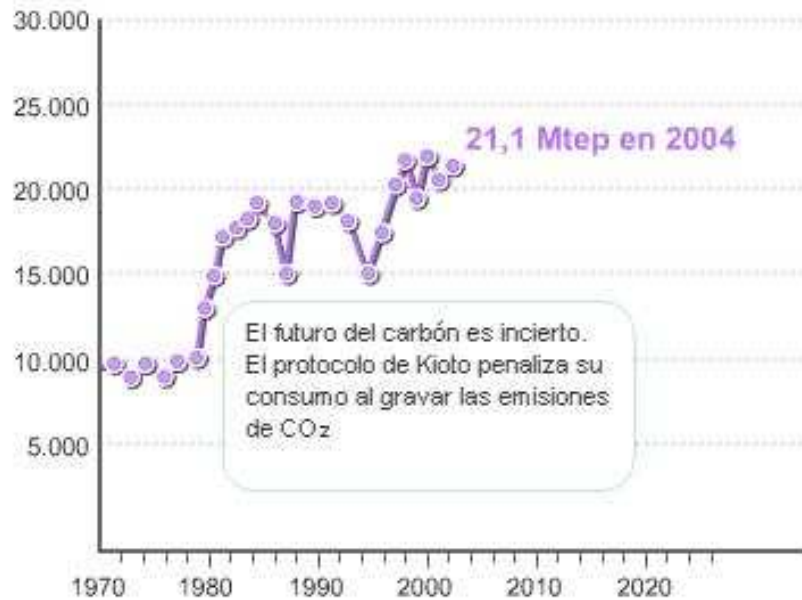
La industria del crudo afirma que sin petróleo el mundo sería un lugar frío y oscuro. Esto puede ser cierto, pero también lo es que el mundo es un lugar contaminado y violento gracias en parte a este apreciado combustible.

Reducir la gran dependencia que tiene nuestra economía del petróleo es un objetivo ampliamente compartido. Pero resulta más fácil de decir que de hacer. Parte del problema radica en el mito de que no es posible abandonar el petróleo y crear una economía basada en las energías renovables hasta dentro de 50 o 60 años, como pronto.

2.2.1.2 Carbón

El carbón o carbón mineral es una roca sedimentaria utilizada como combustible fósil, de color negro, muy rico en carbono. Suele localizarse bajo una capa de pizarra y sobre una capa de arena y arcilla. Se cree que la mayor parte del carbón se formó durante la era carbonífera (hace 280 a 345 millones de años).

El carbón (hulla, antracita y lignito) es un tipo de energía en retroceso, propio de la primera revolución industrial. Pero su definitiva erradicación está todavía lejana, pues los gobiernos lo emplean como solución de emergencia para paliar los altos precios del petróleo.



El carbón se salvó de la extinción gracias a su empleo masivo como sustituto del petróleo en la generación eléctrica.

Quemar carbón es una manera muy sucia de producir energía, pues genera gran cantidad de contaminantes de todas clases, incluyendo partículas que oscurecen la atmósfera y nuestros pulmones y gran cantidad de cenizas.

Se han propuesto diversos métodos para "civilizar" el carbón y reducir su impacto sobre el medio ambiente, pero todos son relativamente complejos y costosos.

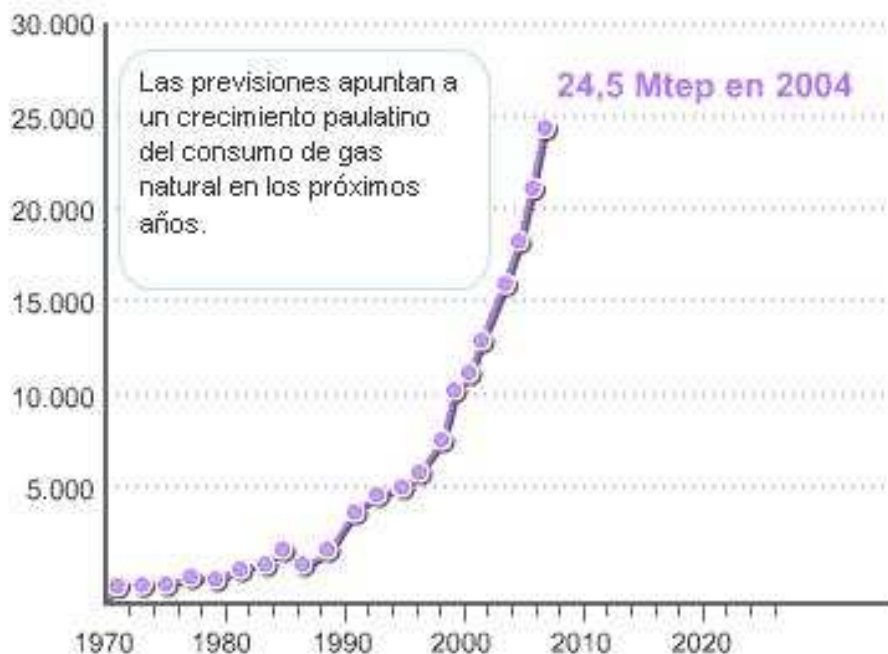
Los carbones han retrocedido recientemente a la tercera plaza en importancia como fuentes de energía primaria, desbancados por el gas natural. Es un tipo de energía que reducirá su consumo en los años por venir.

Erradicar la quema de carbones sería un gran paso adelante en la dirección de una energía sostenible. Pero para ello será necesario reducir la demanda de energía eléctrica: es en las centrales térmicas donde se emplea la mayor parte de este combustible.

2.2.1.3 Gas natural

El gas natural es una mezcla de gases que se encuentra frecuentemente en yacimientos fósiles, no-asociado (solo), disuelto o asociado con (acompañando al) petróleo o en depósitos de carbón.

El gas natural ha superado recientemente al carbón en España como la segunda fuente en importancia de energía primaria, y su crecimiento en los próximos años será rápido.



El consumo de gas natural, tras unos modestos comienzos hacia 1970, crece actualmente con un ritmo cada vez más acelerado.

La tendencia actual va en la dirección de reducir la fuerte dependencia del gas natural procedente de Argelia (casi la mitad del consumo total en 2004), diversificando las fuentes de abastecimiento.

El gas natural se muestra como un combustible muy adecuado para el medio urbano, por su casi nula producción de contaminantes. También está ganando posiciones en la producción de energía eléctrica en centrales de alto rendimiento, en sustitución del carbón. Su empleo en la industria también crece, con la ventaja añadida de poder adaptarse fácilmente a la cogeneración de energía eléctrica.

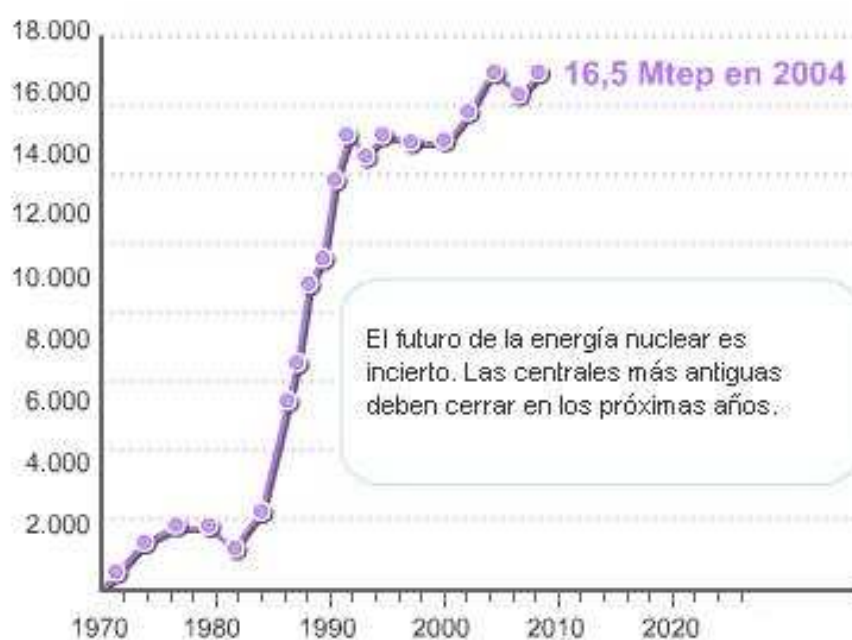
El gas natural ha conquistado una posición como el menos malo de los combustibles fósiles, por ser adaptable, eficiente y poco contaminante.

Sustituir consumos de petróleo, carbones y combustible nuclear por gas natural es una opción "de transición" en el camino hacia una energía sostenible.

2.2.1.4 Energía nuclear

La energía nuclear es aquella que se libera como resultado de una reacción nuclear. Se puede obtener por el proceso de Fisión Nuclear (división de núcleos atómicos pesados) o bien por Fusión Nuclear (unión de núcleos atómicos muy livianos).

Es difícil resumir con brevedad los argumentos de detractores y partidarios de la energía nuclear. Los primeros aducen varias características negativas: potencial de riesgo catastrófico, excesiva centralización, cercanía a la industria militar de producción de armas atómicas y generación de residuos con una vida tóxica de millares de años.



La energía nuclear ha tenido un crecimiento muy rápido, hasta la moratoria de 1984. Luego la producción ha crecido paulatinamente.

Los partidarios insisten en que los elevados niveles de seguridad en todas las partes del ciclo nuclear reducen prácticamente a cero la posibilidad de un accidente catastrófico, al menos en los países occidentales. Han recibido un inesperado apoyo de las iniciativas internacionales de lucha contra el efecto invernadero, pues las centrales nucleares no lanzan CO₂ a la atmósfera.

Lo cierto es que todos los países, España incluido, están iniciando un amplio debate acerca de los pros y los contras de la energía nuclear en el nuevo contexto creado por el protocolo de Kioto.

De gran esperanza de suministro de energía abundante y barata a actividad de alto riesgo siempre bajo sospecha, la energía nuclear ha recorrido un largo camino envuelto siempre en la polémica.

La energía nuclear no cumple los requisitos de la sostenibilidad, pues deja una pesada herencia de residuos radiactivos a las generaciones futuras. No obstante, es necesario convivir con ella mediante una mejora constante de los procedimientos de seguridad.

2.2.2. Las fuentes de las energías no renovables

¿Dónde vamos a buscar la energía? Estas energías no renovables tienen su origen en diferentes puntos del planeta.

2.2.2.1 Yacimientos de petróleo y de gas natural

Petróleo y gas natural tienen el mismo origen y proceden muchas veces de los mismos yacimientos. Se cree que ambos proceden de procesos de compactación y mineralización de organismos acuáticos depositados en el lecho marino hace millones de años.

Casi las dos terceras partes de la energía comercial que se consume en el mundo procede de un número limitado de campos de petróleo y de gas natural, distribuidos de manera muy irregular por nuestro planeta. Algunos países, como Arabia Saudí o los Estados Unidos, los poseen en abundancia, mientras que apenas existen en otros como Japón o España.

Tenga o no tenga tales recursos en su territorio, ningún país puede permitirse no participar en el gigantesco comercio mundial de hidrocarburos.

Los campos petrolíferos y de gas saudíes, rusos, venezolanos, argelinos y nigerianos son la principal fuente de abastecimiento de energía primaria de España. Su distancia a nuestro país oscila entre 1.000 y 10.000 kilómetros.

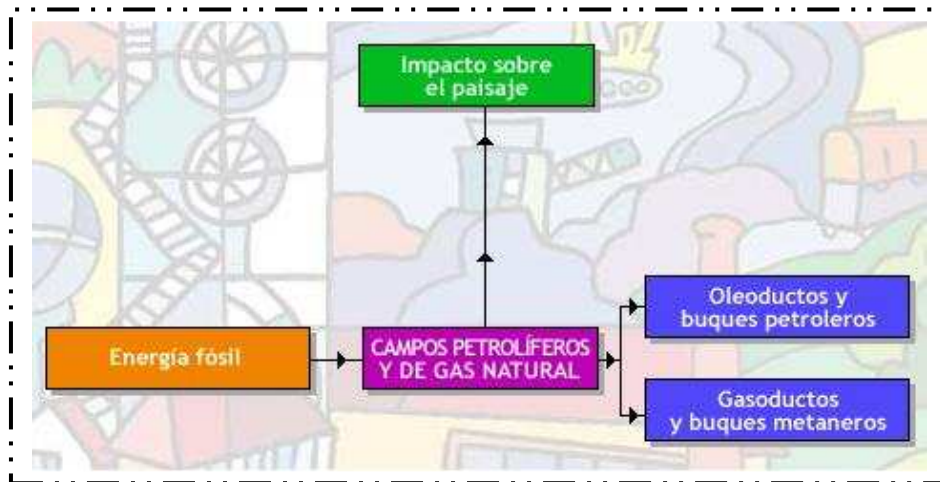
Cada pocos años, una crisis de combustibles azota el mundo. Los precios del petróleo y el gas natural suben por las nubes, la economía se resiente, la inflación sube, se pierden puestos de trabajo, etc. Desde la gran crisis de 1973, todas las economías del mundo se han propuesto abandonar la dependencia del petróleo, con poco éxito a la vista de los resultados 30 años después.



Los campos petrolíferos y de gas se pueden encontrar tanto en tierra como en el mar, ya sea en yacimientos de aguas someras o en plataformas de mar abierto.

La distribución de los yacimientos de hidrocarburos es un factor clave de la geopolítica mundial.

Una cesta energética ideal debería reducir a cero la quema de hidrocarburos, tanto líquidos como gaseosos. Mientras llega este momento, deberíamos reducir las extracciones de petróleo, y sustituir el consumo de petróleo por el de gas natural.



2.2.2.2 Yacimientos de carbón

A finales del siglo XX, las minas de carbón europeas dejaron de ser rentables. Resultaba mucho más barato traer carbón desde Australia, a 17.000 km., que desde Asturias, a 100 km. del punto de consumo.

Millones de trabajadores dependían de las minas de carbón en las comarcas mineras tradicionales, como el Rhur en Alemania o la Cuenca Minera de Asturias. A medida que el consumo de carbón local desciende, todo un modo de vida va desapareciendo.

Aunque todavía se consume una cierta cantidad de carbón procedente de Asturias, León o Teruel, la mayoría del consumo en España viene de gigantescas explotaciones en Australia, Indonesia o Estados Unidos.

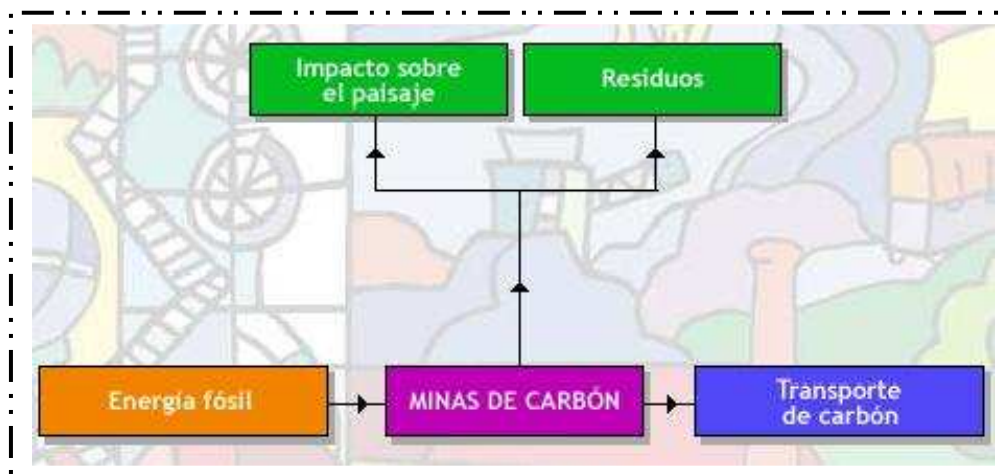
Los yacimientos mineros abandonados se someten a planes de restauración del paisaje y corrección de impactos sobre las aguas. En algunas se están creando interesantes parques arqueológicos industriales.



La mina de carbón clásica, con galerías profundas de las que se arrancaba el mineral a pico o mediante barrenos, ha dejado paso a gigantescas explotaciones a cielo abierto, en las que las capas de carbón se arrancan con excavadoras del tamaño de grandes edificios.

Generaciones de mineros y comarcas enteras han vivido de la explotación de las minas de carbón. Hoy en día el futuro de esta industria está en entredicho.

Los yacimientos de carbón deberían cesar paulatinamente en su actividad, a medida que el modelo energético basado en las energías renovables conquista posiciones.



2.2.2.3 Yacimientos de uranio

La minería del uranio es una actividad potencialmente muy destructiva. Es necesario arrancar y procesar gran cantidad de roca para obtener pequeñas cantidades de uranio aprovechable, pues su concentración es

baja, en torno a 500 gramos por tonelada de mineral. Los residuos mineros –débilmente radiactivos– pueden contaminar el suelo y las aguas.

El mineral de uranio está compuesto en más de un 99% por el isótopo inerte U238. Menos del 1% es el isótopo activo U235. El mineral debe ser por lo tanto refinado para hacer aumentar su concentración de U235 en instalaciones especiales. Todo el proceso conlleva múltiples riesgos, y está muy centralizado y controlado directamente por el Estado.

Hasta 2001 se extrajo uranio de las minas de Saelices-Ciudad Rodrigo (Salamanca). Las minas clausuradas son objeto hoy de una laboriosa restauración ambiental. El uranio que se utiliza hoy en España procede de explotaciones mineras de todo el mundo. Una parte importante viene de COMINAK (Compagnie Minière d'Akouta), en la República de Níger, sociedad participada por ENUSA.



La minería del uranio implica grandes movimientos de tierra y rocas

de extraer el mineral y fabricar el combustible nuclear. Como en el caso de los combustibles fósiles, el mineral de uranio que se empleará en las centrales procede de diversos países.

La minería de uranio es una actividad muy contaminante y potencialmente muy peligrosa. Además de cerrar las minas situadas en los países ricos, sería una buena idea plantear también el cierre de las minas situadas en los países pobres.



2.2.3 Efectos ambientales a escala local

□ Agotamiento progresivo de los recursos. Las cuatro energías convencionales no son renovables, es decir, no pueden ser usadas indefinidamente puesto que a medida que las usamos se van acabando. En el año 2000, una serie de expertos calcularon que, al ritmo actual de consumo, las reservas de petróleo conocidas durarán unas cuatro décadas, las de gas natural 65 años y las de carbón 219 años.

□ Tres de ellas (carbón, petróleo y derivados, y gas natural) cuando se queman emiten gases o partículas contaminantes a la atmósfera que, además de contaminar, pueden afectar a la salud de las personas. Los gases que emiten dependen del tipo de combustible que se queme. Entre estos gases contaminantes se encuentran el dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO₂) que provoca el efecto invernadero; los óxidos de azufre y de nitrógeno que provocan la lluvia ácida; el metano que también provoca el efecto invernadero; y el monóxido de carbono (CO), un gas que no se puede ver ni oler, pero que puede resultar muy venenoso cuando se lo respira en niveles elevados. Otro tanto ocurre con ciertos metales pesados.

□ La energía nuclear se utiliza en medicina, en la investigación y para producir electricidad. El problema es que la energía nuclear genera unos residuos sólidos, que son radioactivos y difíciles y costosos de tratar. Cuando hay algún accidente en una central nuclear, como ocurrió el 25 de abril de 1986 en Chernóbil, las pérdidas son muy grandes (los daños de este desastre afectaron a 75 millones de personas). Las modernas centrales nucleares de Europa – incluidas las españolas– y de otros países desarrollados son mucho más seguras y están mucho más controladas.

□ Otro impacto local negativo puede ser la contaminación de aguas continentales y marítimas y de sueños. Este impacto lo provocan los residuos que se producen en la extracción (obtención del combustible), procesamiento (mejora del mismo para obtener un producto más útil, por ejemplo, pasar de petróleo a gasolina) y transporte.

Un ejemplo de estos impactos es el provocado en las costas gallegas por el hundimiento del petrolero "Prestige". Estaba lleno de fueloil, unas 70.000 toneladas. Se hundió a 3.500m de profundidad; pero mientras se hundía y, ya hundido, envió al mar un residuo negro, oscuro y dañino que mezclado con el agua del mar forma el llamado "chapapote". Este residuo llegó desde Galicia a las costas vascas e incluso a las francesas. Miles de peces murieron. Aún quedan restos en el fondo del mar. Pero también miles de españoles acudieron a limpiar las playas gallegas poniendo de manifiesto lo que todos podemos hacer, siendo solidarios, para evitar los impactos negativos de la energía que todos usamos.

□ Impacto visual de las instalaciones energéticas en el paisaje (por ejemplo, el que provocan las centrales térmicas), si bien a base de imaginación e ingenio se puede reducir ese impacto.

□ Las redes de transmisión de energía eléctrica también afean el paisaje y pueden resultar peligrosas para las aves que chocan con ellas.

Últimamente se están poniendo los medios para evitarlo, con bastante éxito.

2.2.4 Efectos ambientales a escala global

Los cuatro problemas globales más serios derivados del uso de las fuentes convencionales de energía son el cambio climático provocado por el efecto invernadero, la lluvia ácida, la pérdida de biodiversidad y la disminución de la capa de ozono.

- Efecto invernadero. Cuando se quema carbón, para producir calor y, después, energía eléctrica se emite a la atmósfera una serie de gases. Entre estos gases está el CO₂ que provoca el efecto invernadero.

- Lluvia ácida. Ciertos carbones cuando se queman para producir calor o para producir (usando ese calor) energía eléctrica desprenden óxidos de azufre y de nitrógeno. Estos gases al reaccionar con el vapor de agua de la atmósfera (las minúsculas gotas de lluvia) forman otros compuestos que son llamados ácidos y que caen a la tierra en forma de las llamadas "lluvias ácidas".

- Pérdida de biodiversidad. La palabra biodiversidad quiere decir diversidad biológica. La emisión de gases y de partículas provocada al quemar ciertos combustibles, la ocupación del terreno, las reacciones químicas derivadas o los vertidos incontrolados en el transporte de combustibles fósiles pueden causar, si se realizan a grandes escalas, efectos negativos en ciertas especies de plantas y animales, llegando a ocasionar su desaparición. Es lo que llamamos la pérdida de "biodiversidad".

- Disminución de la capa de ozono. El ser humano ha venido utilizando una serie de compuestos en aerosoles, espumas sintéticas, refrigerantes, disolventes, pulverizadores... que destruyen la capa de ozono que protege la Tierra de las radiaciones solares más peligrosas. Los compuestos más peligrosos se llaman clorofluocarbonos. Desde 1987 los países que emitían esos gases se han puesto de acuerdo, de tal manera que el "agujero de la capa de ozono" parece que ha comenzado a taponarse de nuevo y se espera que dentro de unos lustros tenga el grosor que tuvo hace trescientos años.

2.3 Las energías alternativas: las energías renovables

2.3.1 El por qué de las energías renovables

El consumo de energía es necesario para el desarrollo económico y social. Entonces, ¿por qué es necesario utilizar fuentes energéticas diferentes de las tradicionales?. Ante esta pregunta se pueden enumerar diversas razones, por ejemplo:

- Las energías no renovables se van agotando
- Producen impactos negativos sobre el medioambiente
- No aseguran el abastecimiento energético desde el exterior

Las energías renovables proceden del sol, del viento, del agua de los ríos, del mar, del interior de la tierra, y de los residuos. Hoy por hoy, constituyen un complemento a las energías convencionales fósiles (carbón, petróleo, gas natural) cuyo consumo actual, cada vez más elevado, esta provocando el agotamiento de los recursos y graves problemas ambientales.

Se pueden destacar las siguientes ventajas de las energías renovables respecto a las energías convencionales:

	E. Renovables	E. Convencionales
Ventajas medioambientales	Las energías renovables no producen emisiones de CO ₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera.	Las energías producidas a partir de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) sí los producen.
	Las energías renovables no generan residuos de difícil tratamiento.	La energía nuclear y los combustibles fósiles generan residuos que suponen durante generaciones una amenaza para el medioambiente.
	Las energías renovables son inagotables.	Los combustibles fósiles son finitos.
Ventajas estratégicas	Las energías renovables son autóctonas	Los combustibles fósiles existen sólo en un número limitado de países
	Las energías renovables disminuyen la dependencia exterior	Los combustibles fósiles son importados en un alto porcentaje
Ventajas socioeconómicas	Las energías renovables crean cinco veces más puestos de trabajo que las convencionales.	Las energías tradicionales crean muy pocos puestos de trabajo respecto a su volumen de negocio
	Las energías renovables han permitido a España desarrollar tecnologías propias	Las energías tradicionales utilizan en su gran mayoría tecnología importada.

2.3.2 Tipos de energías renovables

La inmensa mayoría de ellas provienen de la energía que llega a nuestro planeta de forma continua como consecuencia de la radiación solar (eólica, solar, biomasa e hidráulica). La energía geotérmica procede de la energía que encierra la Tierra en forma de calor.

Dependiendo de los recursos naturales utilizados, se distinguen distintos tipos de energías renovables:

- Energía solar térmica
- Energía solar fotovoltaica
- Energía eólica
- Energía de la biomasa
- Energía hidráulica
- Energía geotérmica

2.3.2.1 Energía solar térmica

Consiste en el aprovechamiento de la energía solar para calentar agua, cualquier otro líquido o comida. La tecnología actual permite, también, calentar agua mediante el calor del sol hasta producir vapor y, posteriormente, obtener energía eléctrica.

Hay varias formas de aprovechar la energía solar térmica:



□ Una de ellas es mediante los llamados colectores solares planos. El efecto que se produce en ellos es el mismo que se produce en un invernadero. En esencia constan de una placa ennegrecida por la que circula el agua que se va a calentar. La luz del sol (la radiación solar) atraviesa la placa de vidrio y calienta la placa ennegrecida. La placa de vidrio es una "trampa solar" pues deja pasar la radiación del sol pero no deja salir la radiación que emite la placa ennegrecida. Con el tiempo esta placa ennegrecida se va calentando.

□ Otra es mediante los llamados colectores concentradores. Tienen forma cilíndrico-parabólica y, en este caso, se trata de espejos. En el centro de estos espejos se coloca un tubo que contiene el agua o el líquido que se quiere calentar.

□ Los pequeños hornos solares utilizados para calentar líquidos y cocinar alimentos son también espejos que concentran, como una lupa, el calor del sol en el cazo o en la sartén. Se pueden desmontar y se transportan con facilidad. Tiene un problema: por la noche no funcionan.

□ También se fabrican grandes espejos, de una altura superior a dos personas puestas una encima de la otra, llamados helióstatos (en griego, "helio" quiere decir sol) que reflejan la radiación del sol en un recipiente donde se hierve agua obteniendo vapor. Luego ese vapor se mete en una turbina de vapor y hace que su eje de vueltas. Al girar este eje gira también el eje de un generador de corriente eléctrica y así se obtiene energía eléctrica.



2.3.2.2 Energía solar fotovoltaica

En este caso la luz del sol (radiación electromagnética) incide sobre una célula fotoeléctrica o fotovoltaica que produce energía eléctrica. Por tanto, la célula fotovoltaica es un dispositivo electrónico capaz de generar energía eléctrica, de forma directa, al recibir luz solar.

Así es cómo actúa una célula solar: cuando la luz del sol incide en una de sus caras, se crea una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras, que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generándose una corriente eléctrica. Estas células se combinan en paneles para conseguir los voltajes adecuados. Los paneles comerciales suelen ser de 12 o 24 voltios, los cuales a su vez pueden combinarse para conseguir las potencias adecuadas a cada necesidad. La energía eléctrica generada mediante este sistema puede ser aprovechada de dos formas: para verterla en la red eléctrica, o para ser consumida en lugares aislados, donde no existe una red eléctrica convencional.

Gracias a este aprovechamiento de la energía solar se puede llevar luz, por ejemplo, a una escuela o a un centro de salud situado en un lugar remoto, y no habrá necesidad de construir una central convencional que con sus gases contamine la atmósfera. Tampoco va a hacer falta construir tendidos eléctricos, pues la energía fotovoltaica se produce allí donde hay sol y donde se consume.



Para las caravanas que recorren el desierto la energía solar fotovoltaica también resulta muy útil. Los camellos de algunas caravanas llevan paneles que van recogiendo la energía solar a medida que van andando y cargando unas baterías. Así, por la noche, las personas que van en la caravana pueden oír la radio, recargar el teléfono móvil o ver la televisión.



Los paneles solares fotovoltaicos también son capaces de mover los coches. De hecho, ya hay "coches solares" que funcionan con la energía eléctrica generada por las células fotovoltaicas que llevan incorporadas (normalmente, en el techo). La electricidad se carga en unas baterías y, estas alimentan los motores eléctricos de los vehículos. En Australia, California y Cataluña se celebran anualmente rallies con estos ingeniosos vehículos. Pero hay

muchas más aplicaciones. La fotovoltaica es la base energética de los satélites artificiales, de pequeños instrumentos de uso cotidiano que funcionan gracias a la radiación solar, como relojes o calculadoras, o de los puestos de socorro que se sitúan en carreteras y autopistas.

2.3.2.3 Energía eólica

La diferente distribución de temperaturas en la atmósfera (el sol no calienta igual en todas partes) provoca el movimiento del aire, originándose así los vientos. Gracias a ellos, los barcos de vela han podido navegar durante siglos. También ha permitido que las palas de los molinos giren y transmitan ese movimiento al eje al que están sujetas. Cuando el eje gira se puede usar para moler trigo y obtener harina, subir agua de un pozo o mover tierra.

Hoy en día, para captar la energía que transporta el viento, se usan máquinas eólicas llamadas aerogeneradores. Lo habitual es que sólo tengan tres palas, de forma alargada y aerodinámica y que se sitúen sobre una torre, ya que la velocidad del viento aumenta con la altura. Con su giro, las palas mueven un generador eléctrico contenido en una góndola, produciéndose así energía eléctrica. Hay aerogeneradores tan grandes que pueden proporcionar energía eléctrica a 900 familias europeas cada uno de ellos. Frecuentemente, los aerogeneradores se agrupan en los llamados parques eólicos, para verter a la red eléctrica toda la energía producida por este conjunto de molinos. De esta manera se consigue producir en un espacio pequeño de terreno gran cantidad de electricidad limpia.

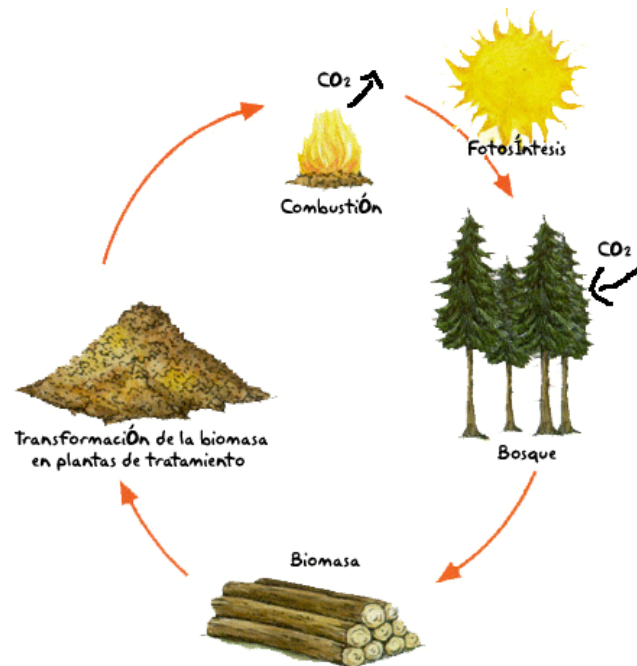
Pero no siempre la energía eólica se vierte a la red eléctrica. En otros casos se utilizan aerogeneradores de menos tamaño para generar la electricidad que necesita una vivienda aislada o una pequeña embarcación, para hacer funcionar electrodomésticos y otros aparatos eléctricos, o para extraer agua del subsuelo y regar con ella campos de cultivo.



2.3.2.4 Energía de la biomasa

Ha sido la energía más utilizada por el hombre a lo largo de la historia; sobre todo la paja de cereales y la leña de los árboles. En muchas regiones pobres del mundo sigue siendo la principal fuente de energía.

La biomasa es la forma que tienen las plantas para almacenar la energía que les llega del sol. Lo hacen gracias a la fotosíntesis, para lo cual necesitan energía solar, agua, dióxido de carbono y ciertas sustancias que las raíces absorben del suelo, cada planta lo hace a su manera y empleando diferentes sustancias del suelo.



La energía de la biomasa –biocombustibles- es:

- Renovable. Se está produciendo continuamente mientras haya sol, agua y suelo fértil.
- Autóctona. Se produce en los terrenos agrícolas y forestales.
- Capaz de absorber y fijar dióxido de carbono.

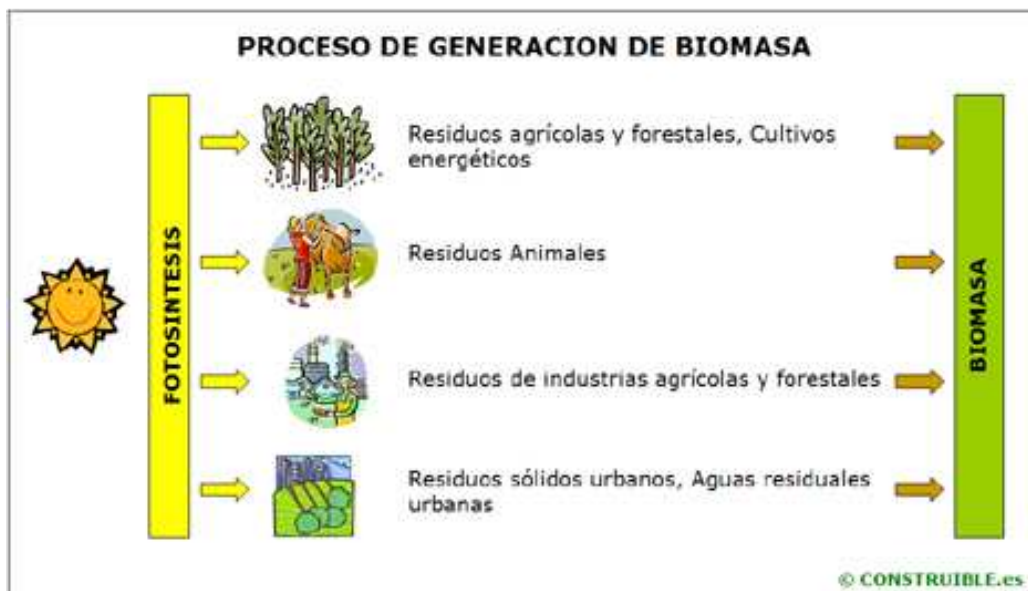
Estos biocombustibles pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Entre los sólidos destacan la paja de cereales, las leñas, las astillas, los pelets

(especie de cigarrillos hechos con biomasa compactada), las briquetas (cilindros de biomasa compactada) y el carbón vegetal.

Los combustibles líquidos son cada día más importantes porque pueden ser empleados para mover los motores de los coches. Hay dos grandes grupos. El primero está formado por los alcoholes (sobre todo el bioetanol) que se obtienen de la caña de azúcar, el maíz, los cereales y, en un futuro, se piensa obtenerlos de la paja de cereales y de la celulosa de la madera. Los biocombustibles líquidos de este primer grupo funcionan en motores de gasolina.

El segundo grupo está formado por los metilésteres (sustancias químicas que se sacan de los aceites como los que empleamos en casa para freír alimentos). Los metilésteres se mezclan con el gasoil formando el llamado "biodiesel" y mueven motores de coches y máquinas empleadas en la construcción de carreteras y viviendas. Además, el biodiesel, es menos contaminante que el gasoil normal.

La energía de la biomasa también se aprovecha para producir calor y electricidad. Por ejemplo, en Cúella (Segovia) funciona desde hace varios años una central que utiliza residuos forestales para calentar agua, que circula por tuberías y atiende las necesidades de calefacción y agua caliente de parte de los habitantes de esta localidad. En Sangüesa (Navarra) hay otra central que quema paja para generar energía eléctrica. El gas producido en los vertederos por la descomposición de los restos orgánicos (biogás) también se está empleando para generar electricidad. Así se hace, por ejemplo, en el vertedero de El Garraf (Barcelona)



2.3.2.5 Energía hidráulica

La energía hidráulica se obtiene a partir de las aguas de los ríos. De forma indirecta, tiene al sol como origen, puesto que el calor del sol evapora

el agua de los mares formando las nubes, que a su vez se transforman en lluvia o nieve que termina volviendo en parte al mar.

La energía hidráulica se utiliza para generar electricidad. Cuando el agua, retenida en un embalse o en una presa, se mete en un tubo y se coloca a la salida del tubo, el eje de la turbina empieza a dar vueltas. Este giro hace que también de vueltas un generador eléctrico, obteniéndose así la energía hidroeléctrica. Hay varios tipos de centrales, normalmente se habla de tres centrales: de "agua fluyente" (captan una parte del caudal del río y, a través de un canal, lo trasladan hacia la central), a "pie de presa" (debajo de una presa) y "reversibles" (que, aparte de generar electricidad, también bombean agua para complementar la producción eléctrica cuando más hace falta). No obstante, a pesar de ser una energía muy limpia, pues produce energía eléctrica sin emitir gases de combustión, la construcción de las centrales puede producir daños en el entorno. También puede afectar a las personas, al obligarles a abandonar su pueblo.

Todo ello hace que las centrales minihidráulicas y las microhidráulicas sean consideradas más interesantes. En cualquier caso, si están bien hechas, no alteran al río ni afectan a la vida fluvial y permitir electrificar zonas aisladas. Por eso, antes de construirlas hay que hacer estudios hidrológicos de la zona y otros análisis que garanticen que la instalación no va a dañar el entorno.

Las centrales aún más pequeñas, llamadas microhidráulicas, tienen las mismas ventajas. En cualquier punto aislado de la red eléctrica donde las necesidades energéticas sean muy básicas (por ejemplo, que se limiten a la iluminación), estas microturbinas hidráulicas proporcionan la energía necesaria. También sirven para cargar baterías. De hecho, este tipo de microturbinas son un complemento ideal para una instalación fotovoltaica aislada ya que puede completar la producción de energía cuando no luzca el sol.

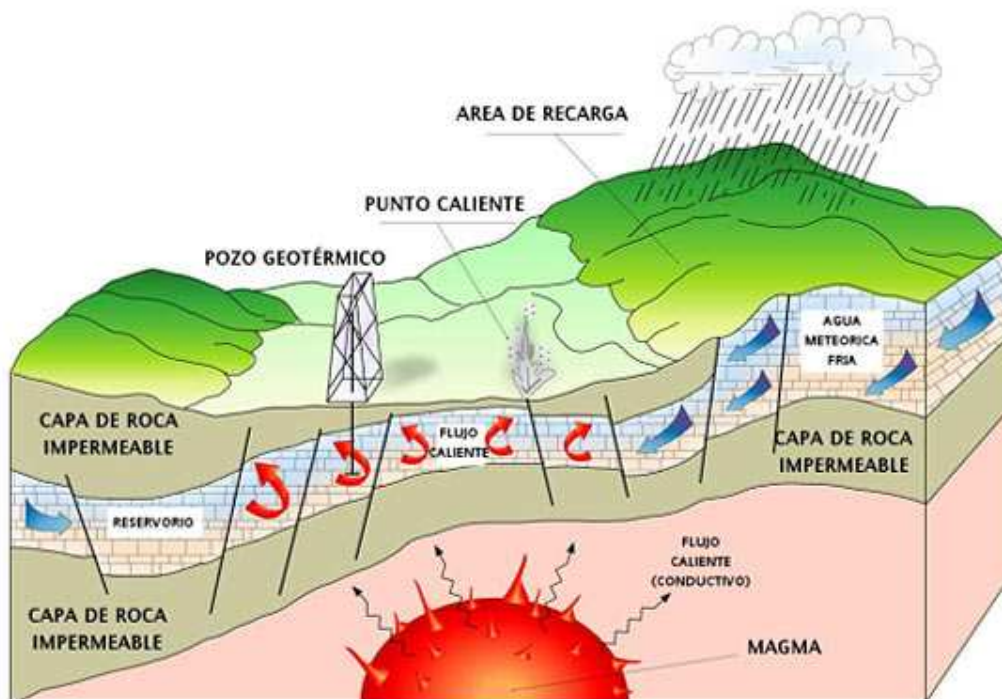


2.3.2.6 Energía geotérmica

La energía geotérmica tiene su origen en la enorme diferencia de temperaturas que existen en el interior de la Tierra y que van desde los 15°C de la superficie a los 4.000°C que rigen en el núcleo. Esta diferencia de temperaturas, conocida como gradiente térmico, origina un continuo flujo de calor desde el interior de la Tierra a la superficie.

Normalmente este gradiente aumenta a razón de unos 3°C por cada 100m de profundidad, aunque hay zonas de la litosfera en las que hay flujos de calor mucho más elevados. Estas zonas calientes son las más fáciles de aprovechar para producir energía. No obstante, incluso los yacimientos de

muy baja temperatura (15°C) pueden ser aprovechados, de manera que prácticamente todas las aguas subterráneas del mundo son potenciales yacimientos de energía.



De hecho la energía geotérmica ha sido aprovechada por el hombre desde los tiempos más remotos. Los baños turcos, las termas romanas, la sauna escandinava, las curas balnearias, son algunos ejemplos de ello. Ahora, el calor de la Tierra también se aprovecha para calentar invernaderos, piscifactorías o llevar calefacción a pueblos y ciudades (en Islandia, el país con mayor actividad geotérmica del mundo, el 99% de las viviendas utilizan la energía geotérmica con esta finalidad). En los países muy fríos, se usa incluso para evitar que las calles estén cubiertas de bloques de hielo (habitualmente mediante tuberías enterradas a ras del suelo por las que circulan agua caliente o vapor).

La energía geotérmica también se está utilizando, desde hace varias décadas, para generar electricidad. En Italia y en California (EE.UU) por ejemplo, hay plantas que, mediante tuberías, recogen el vapor que desprenden acuíferos que se encuentran a temperaturas muy altas y lo emplean para accionar turbinas que ponen en marcha generadores eléctricos. La tecnología actual está permitiendo que también puedan empezar a aprovecharse los llamados yacimientos de roca caliente, en los que no hay fluido, solo roca caliente.

2.3.3 Las fuentes de las energías renovables

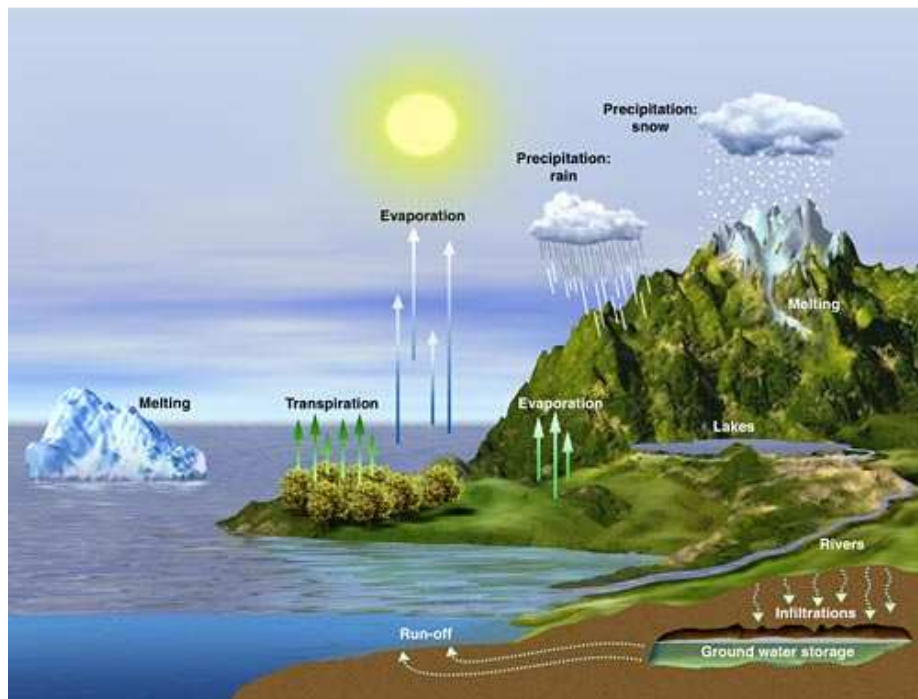
2.3.3.1 La máquina atmosférica

A escala planetaria, la atmósfera es un delgado barniz que cubre nuestro globo. Pero esta capa fluida está en constante movimiento bajo el

influjo de la radiación solar, elevando millones de toneladas de agua y enviando millones de caballos de fuerza en forma de viento de un extremo a otro de la Tierra.

Intercalando captadores en el camino de este torrente de energía podemos convertirla en energía comercial. Para ello se instalan presas en el curso de los ríos o molinos de viento en la cresta de los montes.

La mayor parte de la energía procedente de la máquina atmosférica se transforma hoy día en electricidad. Hasta hace unos años, era corriente su empleo directo en máquinas movidas por fuerza hidráulica o de molinos de vientos en pequeñas fábricas, serrerías o molinos de grano.



Dos mecanismos importantes de acumulación de energía en la atmósfera son la elevación de agua por evaporación y el movimiento de masas de aire entre zonas de diferente presión.

La fuerza del viento y del agua es una fuente de energía conocida y aprovechada desde hace miles de años. Ahora se están viendo sus grandes posibilidades para construir una cesta energética sostenible.

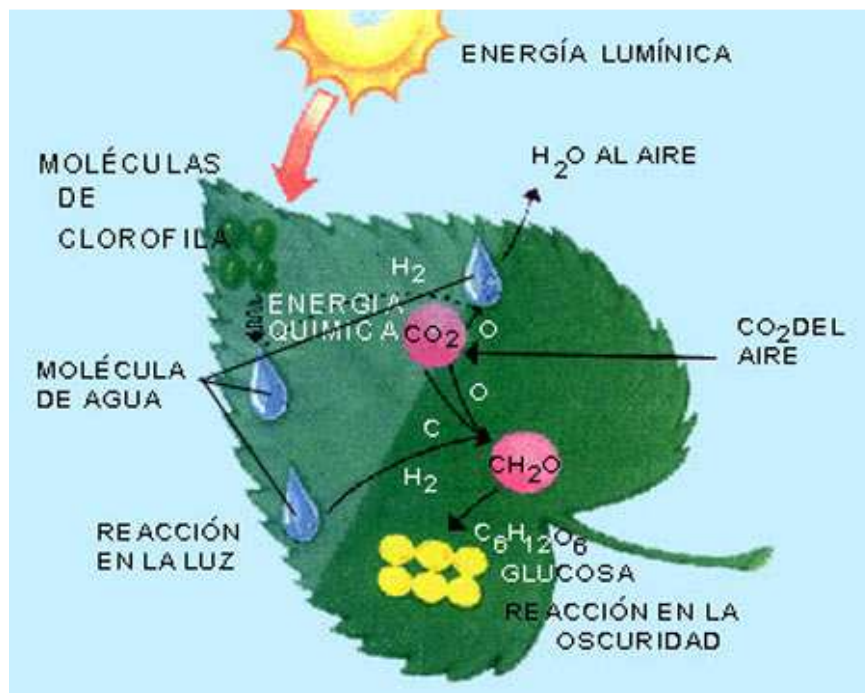
Existen grandes posibilidades de expansión de la energía "atmosférica". Para ello será necesario mejorar la eficiencia de captación y reducir su impacto sobre el medio ambiente.

2.3.3.2 Bosques y cultivos

La biomasa, en forma de leña, paja, boñigas secas o carbón vegetal, ha sido la forma de energía más usada a lo largo de toda la historia de la humanidad. Incluso hoy en día constituye una parte importante del consumo mundial de energía.

Desde hace unos años, se está volviendo a tener en cuenta esta fuente de energía dentro de la cesta energética, ya que la biomasa es un tipo de energía que se puede "fabricar" en cualquier lugar. Además, no supone emisión de carbono extra a la atmósfera cuando se quema, a diferencia de lo que sucede cuando quemamos combustibles fósiles. El carbono de la biomasa ha sido previamente extraído de la atmósfera gracias a la fotosíntesis.

Hoy en día, los principales "yacimientos" de biomasa son los residuos agrícolas y forestales, así como ciertos procesos industriales (fabricación de muebles de madera, por ejemplo).



La fotosíntesis produce materia orgánica (biomasa) a partir de CO₂ y agua, en presencia de luz solar. Un subproducto del proceso es el oxígeno.

La fotosíntesis es una fuente de energía inagotable y no contaminante, que funciona en cualquier lugar donde haya plantas, agua y luz solar.

Potenciar el uso de la biomasa es un gran paso hacia una energía sostenible. Su grado de contaminación y nivel de riesgos asociados es pequeño. Recientemente se está planteando superar la fase de empleo de residuos vegetales y comenzar a cultivar en gran escala plantas destinadas a ser convertidas en biomasa (cultivos energéticos).

2.3.3.3 Captación directa de la radiación solar

El flujo medio de la radiación solar sobre la superficie de la tierra tiene una potencia de 170 W/m². En España esta cifra es mayor. Con unas 2.500 horas de sol al año como media, la captación directa de la energía solar tiene enormes posibilidades en nuestro país.

A razón de unos 1.500 kWh/m² al año de energía incidente, se necesitaría una superficie total de unos 5.000 km² para producir todas las

necesidades de energía del país, suponiendo que se pudiera aprovechar solo un 20% de la energía incidente.

Esto equivale a un 1% de la superficie total disponible. Expresado de otra forma, se necesitarían unos 100 m² de panel por habitante. Buena parte de sus necesidades de agua caliente y calefacción se suplirían con paneles térmicos situados en su vivienda, mientras que "huertas solares" fotovoltaicas proporcionarían la electricidad necesaria, No es probable que se llegue nunca a una cesta energética "100% solar", pero estas cifras muestran el potencial de este tipo de energía.



Aprovechar una pequeña parte de la radiación solar que incide sobre nuestro planeta supliría de largo todas las necesidades energéticas de la humanidad.

Casi toda la energía usada en la Tierra, incluyendo los combustibles fósiles, procede en último término de la luz del sol. Además, existen sistemas para aprovecharla directamente, mediante ingeniosas tecnologías.

La radiación solar se puede aprovechar directamente mediante captadores térmicos o fotovoltaicos. Reducir el precio de estas instalaciones y elevar el rendimiento de los paneles solares es una medida fundamental para garantizar su futuro.

2.3.4 Energías renovables y medio ambiente

La creciente y excesiva dependencia energética exterior de España y la necesidad de preservar el medio ambiente y asegurar un desarrollo sostenible, obligando al fomento de fórmulas eficaces para un uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes limpias. Las energías renovables en tanto que fuentes energéticas autóctonas e inagotables permiten reducir la dependencia energética exterior contribuyendo a asegurar el suministro futuro.

Otro aspecto muy importante a considerar es el que utilizar energías renovables no contribuye al efecto invernadero ni al cambio climático.

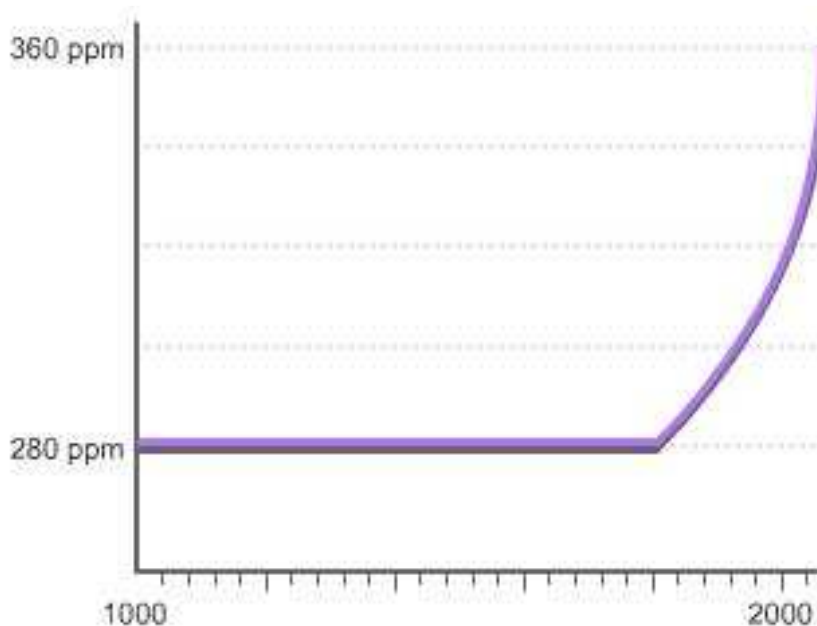
2.3.4.1 El cambio climático

Por 'cambio climático' se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

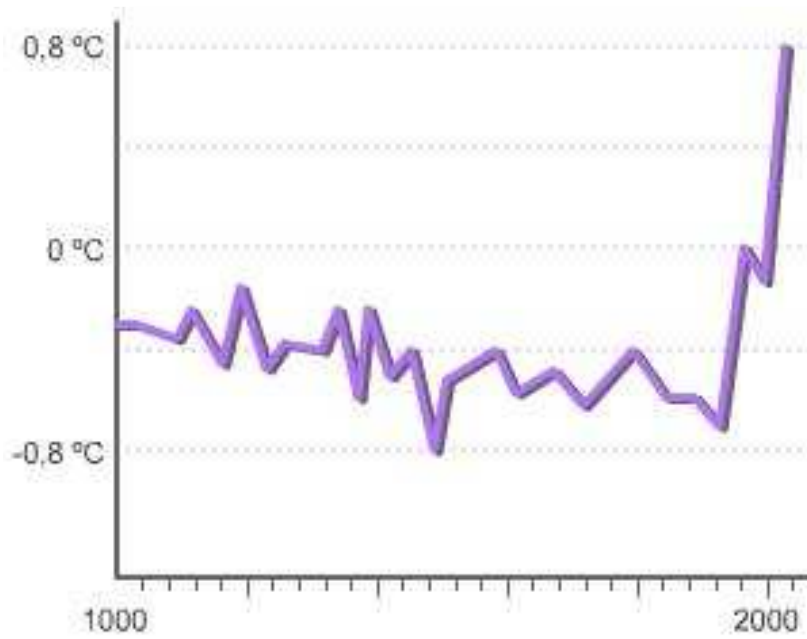
El sector energético es la fuente más importante de gases de efecto invernadero. Los principales gases producidos son el CO_2 y el CH_4 derivados de la quema de combustibles fósiles, así como el de las minas de carbón, y de las instalaciones de hidrocarburos y gas.

Cuatro son las principales causas del efecto invernadero, que las resumo a modo de gráficos:

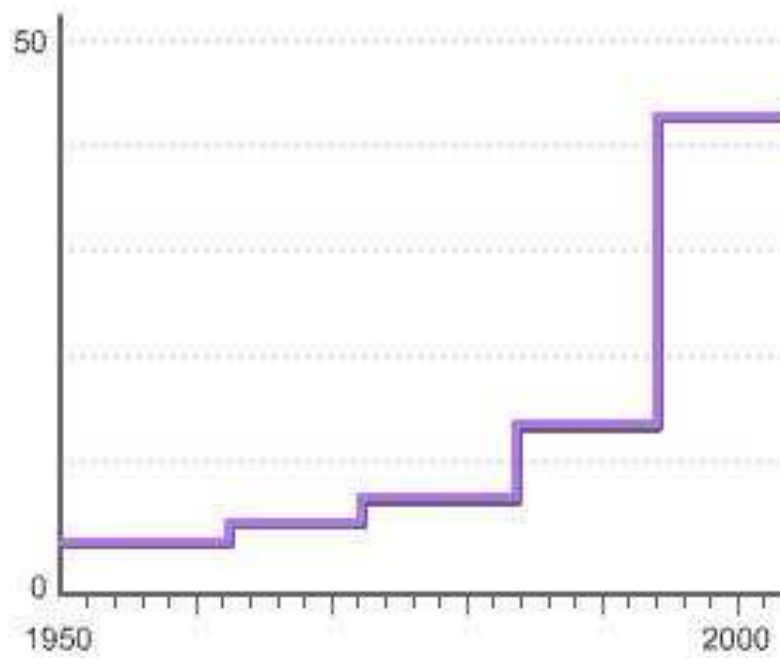
❖ *Concentración de CO_2 en los últimos 1.000 años:*



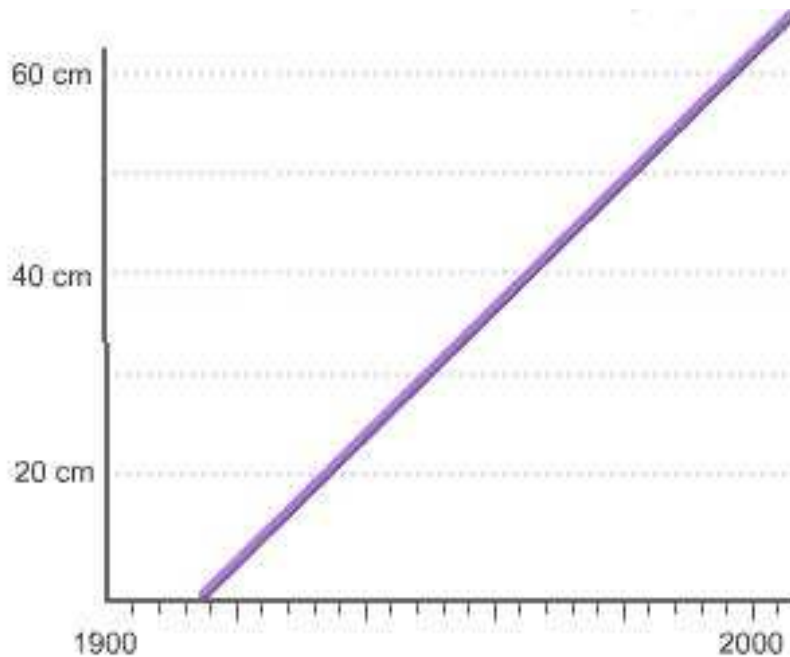
❖ *Temperatura media en los últimos 1.000 años:*



❖ *Pérdidas por catástrofes climáticas en millones de dólares:*



❖ *Nivel del mar en los últimos 100 años:*



El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero. Desde hace aproximadamente dos siglos, su concentración en la atmósfera ha aumentado significativamente por la quema de combustibles fósiles.

Según el consenso científico mundial, las consecuencias de este aumento de la presencia del CO₂ en la atmósfera son inquietantes: aumento de la temperatura y sequía, elevación del nivel del mar por el deshielo de los casquetes polares que afectaría a zonas costeras muy pobladas, y un aumento de la potencia destructiva de los huracanes, provocada con el aumento de la temperatura del mar.

Todas las etapas del camino de la energía tienen un impacto mayor o menor sobre el paisaje y la biodiversidad. La minería energética a cielo abierto crea enormes heridas en el terreno. El transporte de gas o petróleo en gasoductos u oleoductos abre profundos surcos en los campos.

Las centrales de producción de energía final reflejan diferentes tipos de efectos sobre el paisaje. En una nuclear, el riesgo potencial es más importante que el impacto visual o la ocupación de terreno. Una gran central térmica, por el contrario, ocupa una enorme extensión de terreno física y visualmente, con sus parques de almacenamiento de carbón y chimeneas de más de 300 metros de altura.

Las centrales eólicas son muy poco contaminantes, pero paradójicamente son las más visibles de todas, al estar enclavadas en crestas y cuerdas de las sierras. También es importante el impacto de las centrales hidroeléctricas, más por el efecto de corte que crean en el ecosistema del río que por su impronta visual.

Tal vez el efecto más visible sobre el paisaje lo cree la red eléctrica, con sus decenas de miles de kilómetros de tendidos de alta y media tensión, y centenares de miles de baja tensión.

Aunque bien es cierto que las energías renovables también tienen algún tipo de impacto negativo sobre el medio ambiente, según unos estudios que emplearon como metodología el análisis del ciclo de vida, una herramienta de gestión ambiental que analiza los impactos de un proceso, producto o actividad, las conclusiones fueron que **las energías renovables tienen 31 veces menos impactos que las convencionales.**

2.3.4.2 El protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990.



Por ejemplo, si la contaminación de estos gases en el año 1990 alcanzaba el 100%, al término del año 2012 deberá ser del 95%. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5%, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.

La Unión Europea, como agente especialmente activo en la concreción del Protocolo, se comprometió a reducir sus emisiones totales medias durante el periodo 2008-2012 en un 8% respecto de las de 1990. No obstante, a cada país se le otorgó un margen distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de «reparto de la carga».

La entrada en vigor del Protocolo de Kioto el 16 de febrero de 2005 supone que los países industrializados que lo han ratificado, entre ellos España, deben reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero durante el período 2008-2010 respecto a los niveles de 1990.

La Unión Europea se comprometió a alcanzar una reducción de gases de efecto invernadero del 8% en 2010, así como cubrir el 12% de la demanda europea de energía primaria con energías renovables.



2.3.5 Los aspectos socioeconómicos de las energías renovables

A la larga lista de beneficios ambientales y de eficiencia energética descritos, hay que añadir sociales. La energía solar térmica genera una actividad económica y, como tal, contribuye a la creación de empleo, en especial al impulso de empresas de carácter local.

El tejido empresarial del sector de las energías renovables en nuestro país está constituido por empresas de muy diferentes perfiles. La comercialización e instalación se realiza a través de un importante grupo de pequeños suministradores e instalaciones, la fabricación de equipos se encuentra en manos de productores nacionales y de importadores y distribuidores de compañías extranjeras.

Según el IDAE, España cuenta con casi 700 empresas dentro de este sector. De ellas, más de un 52% tienen menos de 25 empleados, y sólo el 3,8% supera la cifra de 500. Este reducido tamaño medio de las compañías se debe en parte a la descentralización y dispersión de los proyectos de aprovechamiento de las fuentes renovables, que se localizan donde se halla el recurso. De todas las empresas, más de 400 se dedican al desarrollo de proyectos y 370 se ocupan de la instalación de equipos, aunque es normal que las propias compañías se dediquen a varios ámbitos a la vez: servicio y asistencia técnica, mantenimiento, etc. Alrededor de 290 firmas trabajan también en el extranjero, principalmente en América Latina, en la Unión Europea, sobre todo en Portugal, y en el norte de África. Por áreas tecnológicas, el mayor número de empresas lo acapara la energía eólica, con 310, seguida de la energía solar fotovoltaica, con 285, y la solar térmica

de baja temperatura, con 283. La geotermia es la que menos empresas abarca, con 41.

En Madrid y Cataluña están ubicadas la mayoría de estas compañías, 154 y 132, respectivamente, siendo Andalucía la tercera comunidad autónoma en este desglose, con 69 empresas.

El sector de energías renovables agrupa en España a un millar de empresas que emplean directamente en su actividad renovable a 89.000 trabajadores y generan otros 99.000 empleos indirectos en otras empresas, sumando un total de 188.000 empleos.

El sector de las energías renovables, agrupa a un millar de empresas que generan cerca de 200.000 empleos, un tercio en la energía eólica; es reciente, está en expansión y tiene empresas con un tamaño superior al de la media; ocupa a trabajadores con contratación indefinida y un alto nivel de cualificación profesional.

Creación de empleo por sectores en España

	2000	2010
Eólica	5.000	8.000
Biomasa	3.000	30.000
Solar térmica	1.500	8.000
Fotovoltaica	1.500	12.000
Minihidráulica	500	500
Temas comunes (Investigación, ingenierías...)	500	2.000
Total directos	12.000	50.000/70.000
Total inducidos	45.000	150.000/200.000

Fuente: CC.OO

2.3.6 Las ventajas del uso de las energías renovables

Las energías renovables suponen un progreso en el desarrollo a muchos niveles como se ha descrito anteriormente en este proyecto, como conclusión enumero las ventajas más destacadas del uso de las energías renovables frente a las fuentes de energía convencionales:

- Como su palabra indica son "renovables": se están produciendo continuamente. Aunque nosotros las utilicemos, nuestros hijos y nuestros nietos las podrán seguir utilizando.
- Autóctonas: en cada territorio hay un tipo de energía. En los desiertos, por ejemplo, hay energía solar. En las selvas se puede aprovechar la energía de la biomasa, haciéndolo con cuidado y sin agotar los recursos existentes. En los lugares montañosos suele haber viento y se aprovecha la energía eólica, mientras que en las zonas lluviosas puede aprovecharse la energía hidráulica.
- Algunas de ellas, como la solar, la eólica y la hidráulica no emiten dióxido de carbono ni otros gases contaminantes. No obstante, si en su construcción se manejan otras energías si estamos emitiendo pequeñas cantidades de esos gases.
- Todas ellas pueden tener grandes ventajas sociales ya que dan trabajo a las personas que colocan la instalación o, como el caso de la biomasa, que la plantas, cuidan y recogen esta biomasa.

- Son la mejor vía para lograr el desarrollo sostenible (desarrollo actual que no compromete ni entorpece el desarrollo futuro) y ayudan al desarrollo de los países pobres (evitan, por ejemplo, que tengan que importar petróleo)
- Su contribución al equilibrio territorial, ya que pueden instalarse en zonas rurales y aisladas.
- Las energías renovables han permitido a España desarrollar tecnologías propias con unas amplias líneas de investigación.

2.4.2 El potencial solar en España

La suma de variables como la radiación actuante, la declinación del Sol, la hora del día, la estación del año y muy especialmente las condiciones atmosféricas nos permiten conformar el mapa solar de una región determinada del planeta y establecer que cantidad de energía media podremos captar para su uso doméstico, industrial, ...

En el caso concreto de España se juntan todos los requisitos para ser uno de los países europeos con mayor capacidad para recoger a energía solar: una situación geográfica privilegiada, con una climatología envidiable. Situada entre los 36° y los 44° latitud Norte, nuestro país recibe una intensidad de radiación solar muy superior a la de otras regiones del planeta (incluso por encima de las zonas ecuatoriales). Además, España se ve particularmente favorecida con respecto a otros países de Europa por la cantidad de días sin nubes que disfruta al año. No en vano, sobre cada metro cuadrado de suelo inciden al año una media de 1.500 kWh de energía, cifra similar a la de muchas regiones de América Central y del Sur.

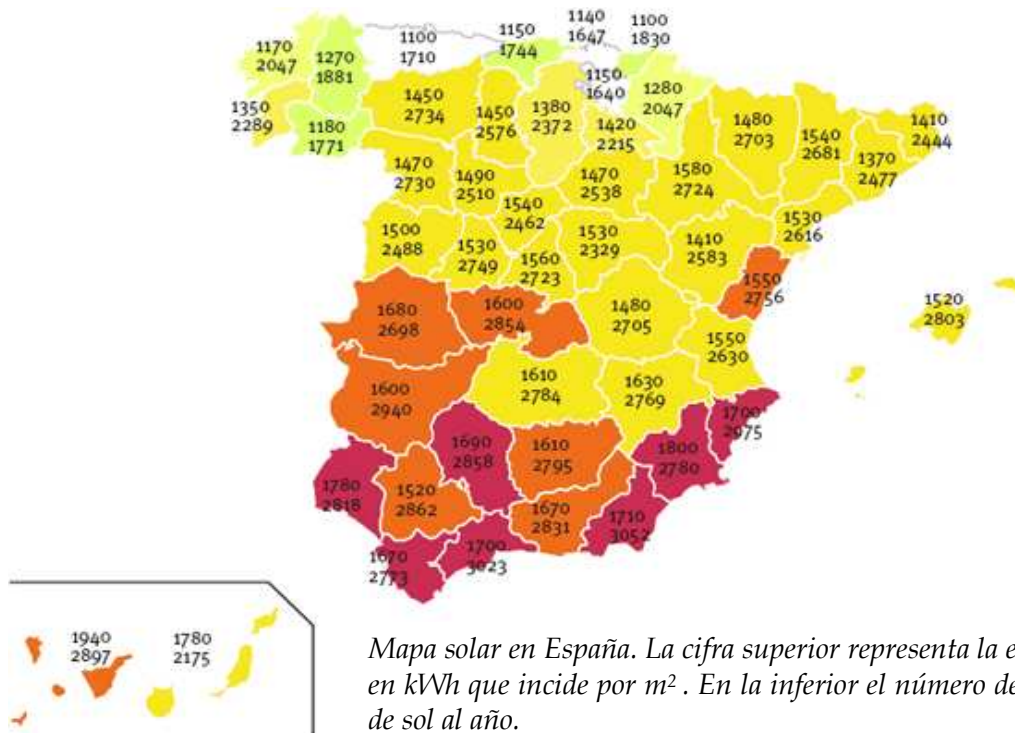
Visto lo visto, España tiene ante sí un amplio potencial de desarrollo de energía solar térmica, con una media de 2.500 horas de sol aseguradas al año. La poca nubosidad, la baja humedad ambiental, el clima seco y la incidencia de los rayos solares, hace que nuestro país obtenga unos valores de radiación directa envidiables.

El potencial solar en España es de más de 2.300 MW para energía solar fotovoltaica, y de 26,5 Mm² para energía solar térmica de baja temperatura

Aun así, existen evidentes diferencias entre las distintas comunidades españolas. Según los datos disponibles, existe un gran contraste entre las comunidades del Cantábrico, que rondan las 1.700 horas de sol al año, y las mediterráneas, que alcanzan las 2.750 horas de sol anuales. Estas diferencias están motivadas por la presencia de varias zonas climáticas en el interior de la Península Ibérica, lo que explica por qué algunas zonas del norte de España reciben menos horas de sol que incluso regiones del centro de Europa, como Viena, con 1.890 horas del sol al año.

La radiación global que recibe España oscila entre 3,2 kw/h/m²/día y los 5,3 kw/h/m²/ día, paradójicamente, el ratio de captación solar está por debajo de la media europea y esto es debido, principalmente, al alto coste que suponen sus instalaciones. Pero todos los estudios indican que el país podría cubrir, a corto plazo, entre el 10 y el 60% de su demanda eléctrica gracias a la implantación de paneles fotovoltaicos de energía solar.

Las provincias del sur de Andalucía, Murcia y Canarias son las que concentran mayor número de horas de sol anuales, alcanzando las 3.000. Teniendo en cuenta que en la actualidad no se aprovecha ni el 10% de la energía que nos ofrece el Sol, las posibilidades de desarrollo son espectaculares.

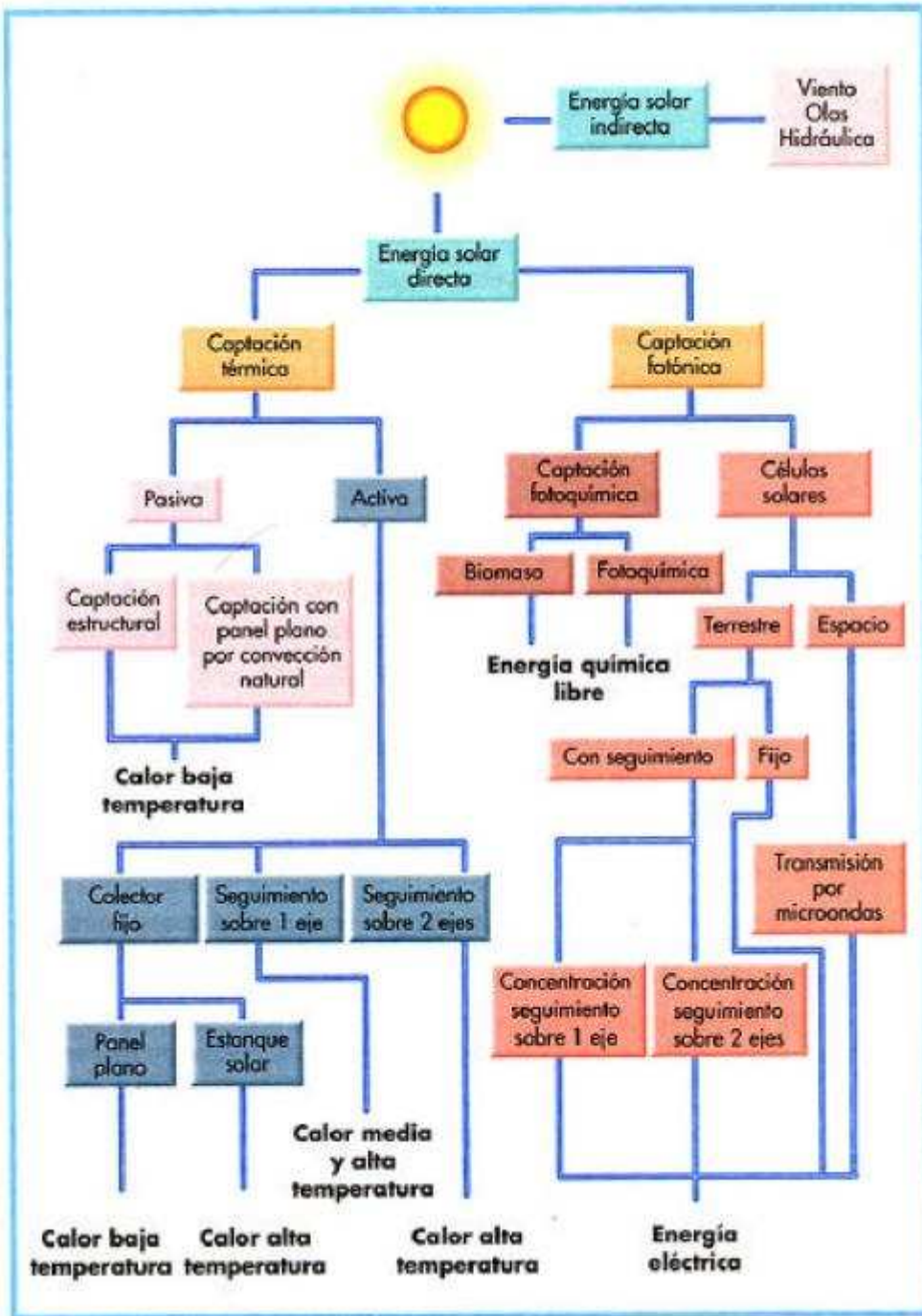


2.4.3 Formas de aprovechamiento de la energía solar

Según la forma de recoger la radiación solar podremos obtener energía térmica o transformarla en electricidad, dependiendo de la tecnología utilizada en cada caso. El calor se logra mediante los captadores solares térmicos, mientras que la electricidad, por lo general, se consigue a través de los llamados módulos fotovoltaicos. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología, ni en su aplicación.

Los sistemas solares térmicos y los fotovoltaicos son técnicamente independientes entre sí, es decir de un mismo panel no se puede obtener calor y energía eléctrica a la vez. Sin embargo, son instalaciones perfectamente compatibles y se pueden tener, en una misma instalación, paneles solares térmicos y paneles solares fotovoltaicos.

A continuación expongo las diferencias de ambas energías, cuya única semejanza es su fuente de energía, el Sol. En el siguiente apartado, propósito de este proyecto, intento aclarar las dudas acerca de estas tecnologías hablando sobre sus usos, tipos, funcionamiento, principios de diseño, normativas a seguir y en general todo lo que pueda arrojar un poco de luz sobre un tema consolidado pero a veces desconocido para usuarios y técnicos.



LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN



3. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN.

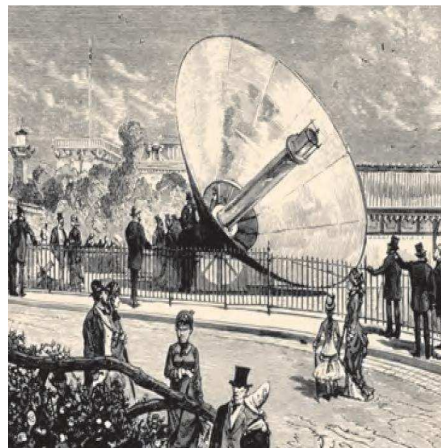
3.1 Introducción histórica.

El aprovechamiento de la energía solar por el hombre se ha dado desde los albores de la Historia. Hace más de 2.500 años, en la antigua Grecia, se empezaron a diseñar viviendas que permitían la captación de la energía del Sol, sobre todo durante los meses de invierno (Sócrates decía "el edificio ha de ser fresco en verano y cálido en invierno"). De esta forma empezaron a construir viviendas y edificios orientados y con grandes ventanales al Sur, de manera que en invierno el Sol penetrase en ellas, y en verano, a través de voladizos, se impidiera su entrada.

Muchas culturas de la antigüedad, no sólo en Europa sino también en Asia y América, construyeron edificios basándose en el Sol. Es bien conocida la cultura Anasazi por sus edificios y poblados, construidos a lo largo de los siglos XI y XII, y que hoy no dudaríamos en calificar como bioclimáticos.

Ya en el año 1909, W.J.Bailey empezó a vender unos revolucionarios sistemas solares que suministraban agua caliente, las 24 horas del día, con Sol o días nublados. Lo conseguía separando el sistema de captación del de almacenamiento. Era el nacimiento de la tecnología que hoy se ha generalizado para el calentamiento del agua a partir del Sol. A finales de la Primera Guerra Mundial, Bailey había instalado más de 4.000, bajo la marca comercial "Día y noche".

En 1938 un equipo de ingenieros del MIT (Massachusetts Institute of Technology), de Estados Unidos, dirigidos por Hoyt hotel, iniciaron dos décadas de investigación en torno a la aplicación de colectores solares para calentamiento de viviendas. Diseñaron y construyeron una vivienda con colectores solares en el tejado, que almacena la energía del Sol en forma de agua caliente en un depósito subterráneo de 65.000 litros, situado en el subsuelo de la misma. La Segunda Guerra Mundial interrumpió este trabajo.



Mientras los proyectos del MIT se paralizaban, un ingeniero que había participado en ese proyecto, Dr. George Löf, desarrolló un sistema de aprovechamiento de la energía solar mediante colectores solares planos de aire situados en el tejado del edificio, preocupado por la posible escasez de la energía debido a las necesidades de combustible de la maquinaria militar durante la Segunda Guerra Mundial.



Finalizada la guerra del equipo del MIT volvió sobre la vivienda con colectores solares e introdujeron algunas modificaciones: dotarla de una fuente de energía auxiliar y equiparla con grandes ventanales en fachada sur. El resultado fue espectacular: casi tres cuartas partes de las necesidades de calefacción fueron cubiertas mediante la energía solar.

De estas investigaciones deriva el mejorado sistema de captación actual, el más extendido es el colector solar, que absorbe la radiación solar y transmite la energía absorbida a un fluido portador (principalmente agua, aunque también puede utilizarse aire o una mezcla de agua con otros líquidos). El colector, además de absorber la radiación solar, emite radiación térmica y pierde energía por conducción y convección. Los colectores solares que se comercializan actualmente tienen un elevado grado de absorción (minimizando la reflexión y la transmisión) y un bajo nivel de pérdidas caloríficas.

La energía solar térmica de baja temperatura ha sufrido un incremento más significativo en las últimas décadas. En su desarrollo se pueden distinguir dos períodos significativos:

- **Período 1978-1985:**

Durante los dos primeros años de este período la energía solar térmica de baja temperatura empezó a ser aplicada de forma industrial, instalándose unos 30.000 m²/año a nivel mundial. Esto vino dado por el optimismo reinante debido a la simplicidad de las instalaciones, gran demanda y bajo mantenimiento. También la intensidad de la crisis de los carburantes fósiles durante esos años influenció en gran medida a su desarrollo. En su mayor parte las instalaciones eran para uso individual, a pequeña escala, aunque existían algunas de grandes dimensiones con carácter experimental.

La segunda parte de este período (años 1979-1982) estuvo marcada por el incremento de la demanda, alentado la aparición de numerosas empresas de fabricación e instalación, con la consiguiente bajada de la calidad de los productos. Este descenso de la calidad llevó al escepticismo a los posibles clientes, provocando un estancamiento en la demanda (años 1982-1985) y, como resultado final, la quiebra de las empresas cuyos productos contaban con los niveles de calidad más bajos.

- **Período 1986-1990:**

Las ventas de equipos de energía solar térmica sufrieron un nuevo descalabro durante estos años debido a que el precio de los combustibles fósiles descendió considerablemente, borrando el sentimiento de crisis energética. Esta caída en las ventas provocó que las empresas con mayor dependencia de la energía solar térmica incrementaran aún más la calidad de sus productos para intentar mantener el mercado, con la consiguiente

mejora en la aceptación por parte de la demanda. El resultado final fue una estabilización en la venta de instalaciones.

El principal cliente de la energía solar térmica de baja temperatura es el individual que la aplica a la obtención de agua caliente sanitaria (ACS), con una superficie instalada de absorción de unos 1.5m², aproximadamente. Las zonas con más presencia de estas instalaciones son los archipiélagos Balear y Canario, los que cuentan con mayor difusión de esta energía, debidos principalmente a la existencia de grandes zonas turísticas. Otras autonomías con un elevado número de instalaciones son Andalucía, Valencia y Cataluña.

A pesar de la difusión de la energía solar térmica, existen algunos puntos negros que afectan a esta tecnología, como son:

- Necesidad de inversión intensa y puntual que, a pesar de las numerosas subvenciones existentes, intimida a posibles usuarios.
- Escasez de información y propaganda al público, que sigue considerando la energía térmica en fase experimental.
- Los principales usuarios de esta energía (hoteles, piscinas públicas, polideportivos, etc.) siguen considerando la energía como un problema de segundo plano.

3.2 Usos y aplicaciones de la energía solar térmica en la edificación.

La energía solar térmica es una alternativa muy interesante en una gran variedad de aplicaciones, entre las que se encuentra el agua caliente sanitaria, la calefacción, la climatización de piscinas, o la producción de calor en multitud de procesos industriales.

A la larga lista de usos plenamente probados y contrastados tras varias décadas de experiencia, hay que añadir otros que empiezan a tener grandes expectativas de desarrollo a corto y medio plazo, como es el caso de la refrigeración de ambientes por medio de procedimientos solares.

3.2.1 Producción Agua Caliente Sanitaria

El agua caliente sanitaria es, después de la calefacción, el segundo consumidor de energía de nuestros hogares: con un 20% del consumo energético total. La cantidad de energía que dedicamos a satisfacer estas necesidades es lo suficientemente importante como para detenernos por un momento para determinar cual es el sistema de agua caliente que mejor se ajusta a nuestras circunstancias.

En la actualidad la energía solar térmica ofrece una solución idónea para la producción de agua caliente sanitaria, al ser una alternativa completamente madura y rentable. Entre las razones que hacen que esta tecnología sea muy apropiada para este tipo de usos, cabe destacar los niveles de temperatura que se precisan alcanzar (normalmente entre 40 y 45°C), que coinciden con los más adecuados para el buen funcionamiento de los sistemas solares estándar que se comercializan en el mercado. Además, hacemos referencia a una aplicación que debe satisfacer a lo largo de todo el año, por lo que la inversión en el sistema solar se rentabilizará más rápidamente que en el caso de otros usos solares, como la calefacción, que sólo tienen utilidad durante los meses fríos.

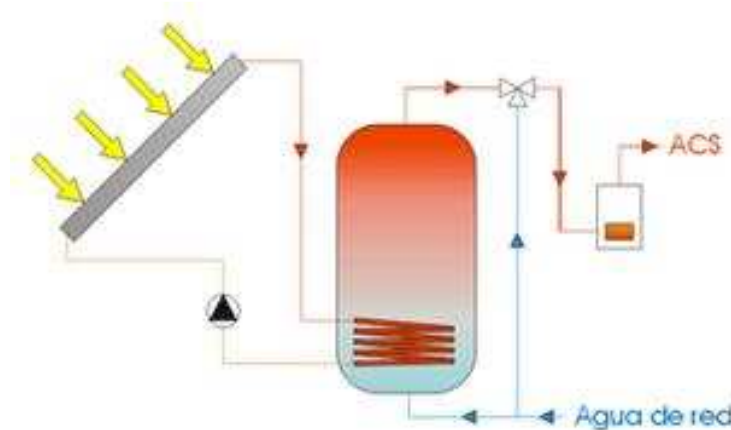


Con los sistemas de energía solar térmica hoy en día podemos cubrir el 100% de la demanda de agua caliente durante el verano y del 50 al 80%

del total a lo largo del año; un porcentaje que puede ser superior en zonas con muchas horas de sol al año, como por ejemplo el sur de España.

Para satisfacer la mayor parte de las necesidades de agua caliente, el propietario de una vivienda familiar tendrá que instalar una superficie de captación de 2- 4 m² y un depósito de 100- 300 litros, en función del número de personas que habiten en la vivienda y la zona climática española en la que se encuentra.

El grado de desarrollo y comercialización de estos sistemas de producción de agua caliente sanitaria es tal que ha llevado a esta aplicación a convertirse en la más popular de cuantas ofrece la tecnología solar en nuestros días. Y es que su uso no sólo se limita a las viviendas unifamiliares, sino también a edificios vecinales, bloques de apartamentos, hoteles, superficies comerciales y oficinas.



Esquema básico de una instalación de ACS

La gran fiabilidad y versatilidad de la energía solar térmica la convierte en la solución más competitiva para este tipo de aplicaciones, ya sea mediante equipos compactos termosifón o mediante pequeñas instalaciones por circulación forzada.

3.2.2 Sistemas de calefacción

La posibilidad de satisfacer, al menos parcialmente, la necesidad de calefacción de edificios por medio de la energía solar constituye siempre un potencial atractivo, máxime si tenemos en cuenta el elevado coste que tiene mantener una temperatura agradable en una vivienda durante los meses de invierno.

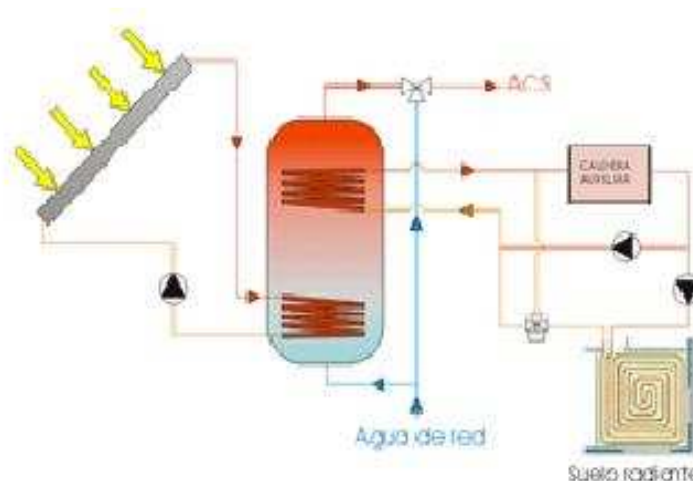
Gracias a los ahorros de energía de más del 25% que se pueden llegar a alcanzar, en el centro y en el norte de Europa resulta muy habitual emplear este tipo de instalaciones para cubrir parte de la demanda de calefacción. Además, estos equipos suelen ser compatibles con la producción de agua caliente sanitaria, existiendo elementos de control que dan paso a la calefacción una vez que se han cubierto las necesidades de agua caliente, o bien aprovechando el calor del fluido que circula en el

captador para calentar el espacio cuando la calefacción funciona a temperaturas menos elevadas.

El principal inconveniente con el que se encuentran los usuarios que optan por un sistema de calefacción de estas características es la temperatura de trabajo a alcanzar. Mientras las instalaciones de calefacción convencionales abastecen los radiadores de agua con temperaturas entre 70 y 80°C, los captadores de energía solar de placa plana convencionales (sin ningún tipo de tratamiento selectivo en el absorbedor) no suelen trabajar a temperaturas superiores a los 60°C, por lo que sólo se utilizan para precalentar el agua.

La mejor posibilidad para obtener una buena calefacción utilizando captadores solares es combinándolos con un sistema de suelo radiante, el cual funciona a una temperatura muy inferior a la de los radiadores (entre 30 y 40°C), exactamente el rango idóneo para que los captadores trabajen con un alto rendimiento.

Otra opción cada vez más utilizada en zonas de climas fríos es la de instalar captadores de vacío que, aunque resultan más costosos, trabajan a temperaturas superiores a los 70°C. Este tipo de captadores son los preferidos por los chinos, japoneses, norteamericanos o alemanes, al estar especialmente indicados para aplicaciones de apoyo a calefacción por radiadores convencionales. Aunque en España todavía tienen poca penetración en el mercado, se ha registrado un incremento de la demanda considerable durante los últimos años.



Esquema básico de una instalación de ACS+ Calefacción

Normalmente las instalaciones serán mixtas, es decir, dedicadas a la producción de ACS y apoyo a la calefacción. Estas instalaciones pueden proporcionar un ahorro de combustible significativo.

3.2.3 Climatización de piscinas

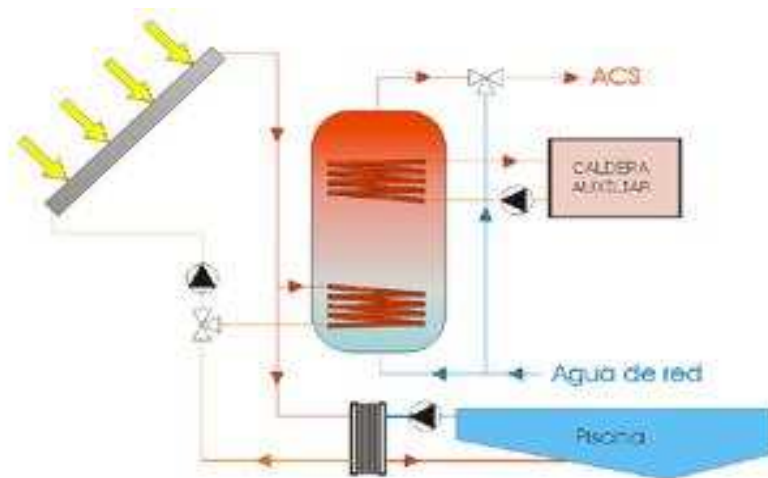
La climatización del agua para piscinas constituye otra aplicación interesante de la energía solar, tanto si se trata de instalaciones cubiertas como a la intemperie. Estas últimas merecen especial atención al existir en gran número y al conseguir resultados más que satisfactorios con sistemas sencillos y baratos.

De hecho, resulta bastante económico lograr una temperatura estable y placentera en piscinas al aire libre. En primer lugar porque, al circular el agua de la piscina directamente por los captadores solares, no es necesario utilizar ningún tipo de intercambiador de calor ni de sistema de acumulación. Y en segundo lugar, porque la temperatura de trabajo suele ser tan baja (en torno a los 30°C) que permite prescindir de cubiertas, carcacas o cualquier otro tipo de material aislante. De esta manera, se consigue reducir el precio del captador sin excesivo perjuicio en su rendimiento.

La utilización de la energía solar para climatizar piscinas cubiertas también es otra opción interesante. Estos sistemas son algo más complejos que los empleados en piscinas al aire libre, pero al mismo tiempo perfectamente compatible con otras aplicaciones de aprovechamiento solar. Lo habitual en estos casos es que se empleen captadores de placa plana con un sistema formado por un doble circuito e intercambiadores combinables con la producción de agua caliente sanitaria y la calefacción.



Las piscinas cubiertas deben contar con una fuente energética de apoyo, a la vez que será recomendable planificar su operación, debido a los largos períodos que se requieren para calentar la totalidad del agua con el sistema solar.



Esquema básico de instalación de ACS+Calentamiento de piscinas

La forma más recomendable de afrontar estas instalaciones es mediante la utilización conjunta del campo de colectores para cada una de las aplicaciones, estableciendo prioridad entre la preparación de agua caliente sanitaria y el calentamiento de la piscina.

3.2.4 Refrigeración en edificios

La demanda energética para la refrigeración de edificios con el fin de lograr unas condiciones de confort aceptables en verano y parte de la primavera y otoño, aumenta considerablemente año tras año en los países desarrollados. Pese a que la mayor parte de instalaciones para acondicionar el ambiente funcionan mediante equipos eléctricos, cada vez existen más opciones en el mercado basadas en energía solar.

El aprovechamiento de la energía solar para producir frío es una de las aplicaciones térmicas con mayor futuro, pues las épocas en las que más se necesita enfriar el espacio coinciden con las que se disfruta de mayor radiación solar. Además, esta alternativa a los sistemas de refrigeración convencionales es doblemente atractiva porque permite aprovechar las instalaciones solares durante todo el año, empleándolas en invierno para la calefacción y en verano para la producción de frío.



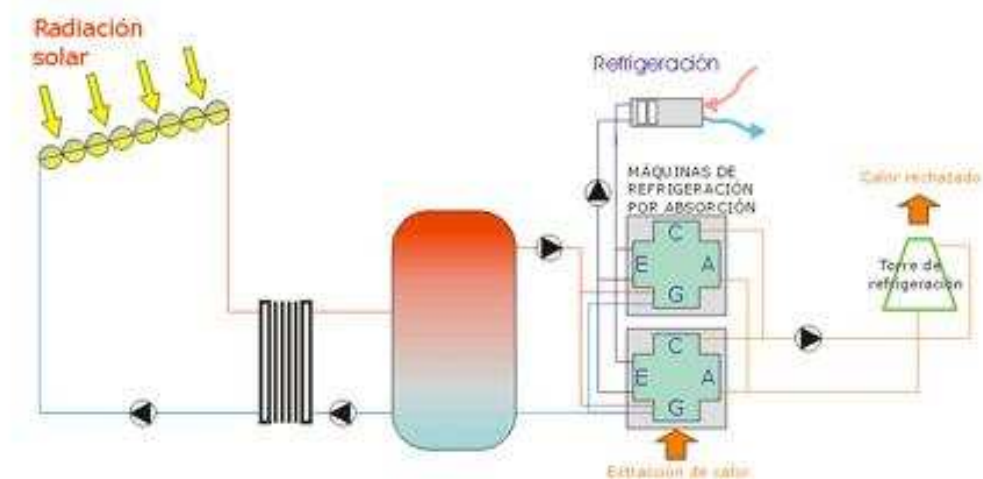
Por eso, algunos de los organismos internacionales más representativos en el ámbito de la energía solar térmica, como es el caso de Federación de la Industria Solar Térmica Europea (ESTIF) o la Agencia Internacional de la Energía, dedican gran parte de sus esfuerzos a potenciar la investigación y el desarrollo de estas tecnologías basadas en lo que se ha denominado "frío solar".

Hoy por hoy existen cerca de 70 sistemas de estas características en Europa, con un área total de captación solar cercana a los 17.000 m² y de una capacidad de energía que ronda los 12 MW. En nuestro país existe un pequeño grupo de fabricantes que demuestran cada vez mayor interés por desarrollar este tipo de soluciones, estando trabajando en el desarrollo de captadores adaptados a esta aplicación, aunque todavía queda mucho camino por recorrer.

Las medidas puestas en marcha por las principales asociaciones del sector, juntos a los avances que se han producido durante los últimos años en este campo, permiten ser optimista de cara al futuro. Según las previsiones disponibles en estos momentos, la demanda de refrigeración solar crecerá de manera significativa en los próximos años. Unas expectativas que vienen a corroborar que la tecnología solar para producir frío ya está madura desde el punto de vista tecnológico y ambiental, y lo que es más importante, también desde el punto de vista económico.

De las diversas fórmulas de aprovechar el calor solar para acondicionar térmicamente un ambiente, la más viable en términos de la inversión y ahorro de energía es la constituida por el sistema de refrigeración por absorción, utilizada en el 60% de los casos. El funcionamiento de estos equipos se basa en la capacidad de determinadas sustancias para absorber un fluido refrigerante. Como absorbentes se utilizan principalmente el amoníaco o el bromuro de litio, mientras que como líquido refrigerante es el agua el más recomendado.

La diferencia fundamental entre un sistema de refrigeración convencional a los utilizados con tecnología solar radica en la fuente de energía que ambos precisan para operar. En el caso del refrigerador solar por absorción, la energía eléctrica requerida en el sistema de compresión se suplanta por una adición de calor.



Esquema básico de instalación de refrigeración

3.2.5 Usos en la industria

Las posibilidades que ofrece la energía solar térmica son extraordinariamente amplias, apareciendo cada día nuevas aplicaciones para su aprovechamiento. Como no podía ser de otra manera, la energía del Sol también reporta importantes beneficios en el ámbito de la industria, de modo especial en los procesos que requieren un considerable caudal de calor para secar, cocer, limpiar o tratar ciertos productos.

Son muchos los ejemplos en los que la industria se vale de calor solar para desempeñar sus actividades: tintado y lavado de tejidos en la industria textil, procesos de obtención de pastas químicas en la industria papelera, baños líquidos de pintura para la limpieza y desengrasado de automóviles, limpieza y desinfección de botellas e infinidad de envases, secado de productos agrícolas, tratamiento de alimentos, suelo radiante por granjas o invernaderos, y un largo etcétera.



Entre los sistemas basados en la energía del Sol que más se utilizan con fines industriales debemos hacer hincapié en los secadores solares y el precalentamiento de fluidos:

- Secadores solares: en procesos de secado de semillas, tabaco, etc., así como en procesos de secado de madera, pescado... los sistemas solares ofrecen una solución muy apropiada. Mediante grandes tubos que actúan como captadores solares de aire, es posible precalentar y elevar la temperatura de una planta industrial de 10 a 15°C, lo que es suficiente en la mayoría de los procesos de secado. En estos ámbitos, los captadores de aire presentan indudables ventajas, al no ser necesario estar pendientes de posibles fugas o problemas de congelación.
- Precalentamiento de fluidos: es factible la utilización de la energía solar (mediante captadores de baja o media temperatura) para el precalentamiento de fluidos, obteniéndose importantes ahorros energéticos. Los elementos y diseños para esta aplicación pueden ser los mismos que los utilizados en agua caliente sanitaria. En consecuencia, se trata de sistemas de aprovechamiento de energía solar muy similares a los que se emplean en la vivienda.

3.2.6 Otras aplicaciones

El aprovechamiento de la energía solar encuentra cada día nuevos usos que amplían el radio de acción a ámbitos más allá de la vivienda o la industria. Gracias al ingenio y perspicacia de algunos fabricantes, continuamente aparecen en el mercado nuevas aplicaciones que parecerían impensables solo hace algunos años. Entre ellas, queremos destacar las cocinas solares, que ya han encontrado utilidad a nivel comercial con equipos portátiles que resultan muy apropiados para pasar un estupendo día de campo al aire libre.

Antes de que se les diera esta utilidad, estos simples artefactos habían sido, y siguen siendo, muy útiles para el cocinado de alimentos y la pasteurización de agua en países subdesarrollados. Las cocinas solares evitan el consumo de grandes cantidades de leña y reducen el riesgo de

enfermedades ocasionadas por el mal estado de las aguas en regiones especialmente castigadas por la pobreza en África, Asia o el sur de América.



3.3 Clasificación de los sistemas de energía solar térmica

Existe un amplio abanico de clasificaciones que podríamos realizar de las instalaciones de energía solar térmica en función de diversos parámetros: principio de circulación, sistema de expansión, sistema de intercambio... sin embargo, creo que eso queda fuera del alcance de este proyecto y como primera clasificación voy a diferenciar estos sistemas dependiendo del aprovechamiento de la energía que realice.

Resulta ineludible precisar que hay muchas maneras de aprovechar la energía térmica de los rayos solares, y que dependiendo del uso y la tecnología utilizada, podremos conseguir resultados muy diversos: desde el calentamiento de agua para fines domésticos, pasando por la producción de calor en procesos industriales, hasta la generación de electricidad en pequeñas centrales, o incluso en grandes plantas de producción eléctrica.

Siendo los sistemas de baja temperatura los que mayor implantación tienen en la actualidad, ya que se basan en una tecnología completamente desarrollada y comercializada a todos los niveles, a lo largo de este proyecto me he centrado fundamentalmente en este tipo de instalaciones. Pero no por ello podemos olvidar la existencia de otros sistemas de energía solar térmica que han experimentado avances muy significativos durante los últimos años y que cuentan con grandes expectativas de cara al futuro.

Aunque sería demasiado pretencioso por mi parte intentar abordar en tan sólo unas pocas páginas todas las tecnologías que existen para aprovechar la energía que nos regala el Sol de forma cotidiana, sí me parece conveniente esbozar cuáles son las tecnologías basadas en la energía térmica que están desarrollándose en estos momentos y qué fines persiguen.

3.3.1 Sistemas de baja temperatura

La energía solar denominada de baja temperatura es la que acostumbramos a utilizar en el ámbito doméstico y suele instalarse en azoteas de viviendas o edificios comerciales. El procedimiento en el que se basan estos sistemas de captación solar es muy simple, pero a la vez de gran utilidad para el hombre por los servicios que ofrece en multitud de aplicaciones.

Por aprovechamiento de baja temperatura se entiende todos aquellos sistemas de energía solar en los que el fluido calentado no sobrepasa los 100°C. Estas instalaciones se caracterizan por emplear como elemento receptor de energía un captador fijo de placa plana o captador solar de vacío.

Como ya he comentado en anteriores ocasiones, entre las utilidades más extendidas basadas en esta fuente de energía de baja temperatura figuran la producción de agua caliente sanitaria, la calefacción de edificios, la climatización de piscinas, etc.

3.3.2 Sistemas de media y alta temperatura

La tecnología de media temperatura va destinada a aquellas aplicaciones que requieren temperaturas más elevadas de trabajo. A partir de 80°C los captadores planos convencionales presentan rendimiento bajos y cuando se pretende generar vapor entre 100°C y 250°C debe acudirse a otro tipo de elementos de captación.

Para llegar a estos niveles de temperatura resulta indispensable utilizar sistemas que concentren la radiación solar mediante lentes o espejos parabólicos. Los más desarrollados en la actualidad son los captadores cilindro-parabólicos, que se valen de espejos para calentar un fluido hasta producir el vapor que nos permita mover una turbina. De esta forma, la energía térmica se convierte en energía mecánica.

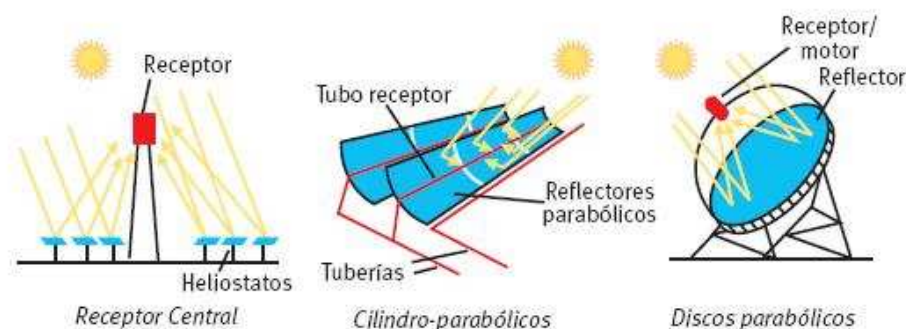
En este tipo de instalaciones el fluido que se utiliza, principalmente, es aceite o soluciones salinas porque nos permite trabajar a temperaturas más elevadas. Además, estos sistemas de concentración requieren un seguimiento continuo del Sol, ya que sólo aprovechan la radiación directa.

Por ello, en las tecnologías de media temperatura son muy comunes los equipos de seguimiento en el eje Norte-Sur o Este-Oeste. También existen ejemplos con seguimiento en todas las direcciones, aunque los mecanismos correspondientes se complican en exceso, por lo que no suele ser una solución demasiado adecuada para este tipo de sistemas de captación.

Las aplicaciones más usuales en las instalaciones de media temperatura que se han realizado hasta la fecha, han sido la producción de vapor para procesos industriales y la generación de energía eléctrica en pequeñas centrales de 30 a 2.000 kW. También existen ejemplos de otras aplicaciones tales como la desalinización o la refrigeración mediante energía solar.

En las tecnologías de alta temperatura, la radiación solar puede servir para la generación de electricidad a gran escala. Mediante un proceso que convierte el calor en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica, se consiguen altas capacidades en la producción de electricidad.

Las instalaciones solares de alta temperatura, también conocidas como termoeléctricas, se basan en procesos parecidos a los utilizados en instalaciones de media temperatura, pero eso sí, con una mayor capacidad para concentrar los rayos del Sol, así como para alcanzar temperaturas más elevadas.



En este tipo de centrales se llegan a superar los 2.000 °C de temperatura por medio de un gran número de espejos enfocados hacia un mismo punto (la cúpula de una torre o un tubo de vidrio dispuesto a lo largo del tramo central del espejo concentrador), con el fin de calentar un fluido hasta convertirlo en vapor. Gracias a la elevada presión alcanzada es posible accionar una turbina, que a su vez impulsará un generador eléctrico.

Las instalaciones que han conseguido un mayor desarrollo con este tipo de tecnologías son las Centrales Torres, formadas por un campo de espejos (helióstatos) que realizan un seguimiento del Sol en cualquier dirección para reflejar la radiación sobre una caldera independiente y situada en lo alto de una torre central y los sistemas cilindro-parabólicos, que reflejan la energía procedente del Sol en un tubo que circula a lo largo de la línea focal del espejo.

Últimamente, en nuestro país se han puesto en marcha varios proyectos para la construcción de plantas de estas características que cuentan con muy buenas expectativas comerciales de cara al futuro.

Características de las centrales solares termoelectricas			
	CILINDRO PARABOLICOS	RECEPTOR CENTRAL	DISCOS PARABÓLICOS
■ Potencia	30-80 MW	10-200 MW	5-25 kW
■ Temperatura operación	390°C	565°C	750°C
■ Factor capacidad anual	23-50%	20-77%	25%
■ Eficiencia pico	20%	23%	29,4%
■ Eficiencia neta anual	11-16%	7-20%	11-25%
■ Estado comercial	Disponible	Demostración	Prototipos-demostración
■ Riesgo tecnológico	Bajo	Medio	Alto
■ Almacenamiento	Limitado	Sí	Baterías
■ Diseños híbridos	Sí	Sí	Sí
■ Coste W instalado (euros)	3,49-2,34	3,83-2,16	11,00-1,14

Fuente: EurObserver'ER 2003

3.4 Funcionamiento de una instalación solar

La energía solar térmica aprovecha la radiación del Sol para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable.

La conversión de la energía luminosa del Sol en energía calorífica se produce directamente de forma cotidiana, sin que sea necesaria la intervención del hombre en este proceso. Todos hemos realizado, en alguna ocasión, el experimento de quemar un papel con la ayuda de una lupa. La lupa concentra los rayos solares en un punto determinado de su superficie (foco). Esta concentración de rayos (y por tanto de energía) produce un rápido aumento de la temperatura del papel, provocando su combustión.

Este ejemplo tan sencillo de llevar a la práctica, a la vez que tan vistoso por sus resultados, nos permite comprobar cómo la radiación solar se transforma en energía calorífica de manera inmediata. Pero, en realidad, ni siquiera será necesario concentrar los rayos solares para conseguir la conversión térmica perseguida. Cualquier materia experimenta un aumento de temperatura de modo natural al estar expuesta a la radiación solar. Mientras una superficie negra absorberá toda la radiación visible (por esa razón la vemos negra), una blanca reflejará toda la radiación que llega hasta su superficie, por lo que su incremento de temperatura será muy poco significativo.

En el caso de una instalación térmica, los captadores solares se valdrán de superficies de color oscuro para absorber la mayor cantidad de radiación solar posible. Así, en días soleados, bastará con que los rayos solares incidan directamente sobre nuestro sistema de captación para obtener el aporte energético que necesitamos para su uso en muy diversas aplicaciones. Eso sí, habrá que evitar que la energía obtenida pueda perderse instantes después si realmente queremos sacar provecho de esta fuente de energía tan beneficiosa para el ciudadano por sus ventajas medioambientales y su grado de autonomía.

**Se basa en combinar el
"efecto de cuerpo negro"
con el "efecto invernadero"**

Con el objetivo de evitar fugas de energía, los sistemas de captación solar imitan los procesos naturales que tienen lugar en la Tierra, donde la radiación solar atraviesa con facilidad nuestra atmósfera hasta llegar a la superficie terrestre. Cuando la tierra y el mar se calientan por este motivo, irradian la energía que han absorbido en longitudes de onda más largas. Parte de la radiación de onda larga vuelve a la atmósfera, que la absorbe y la reirradia de nueva a la superficie terrestre en un efecto rebote. Esto es lo que se conoce como "efecto invernadero", un fenómeno que impide, entre otras cosas, que la temperatura de la Tierra pueda ser de 30 a 40°C más baja de lo que es en la actualidad.

Este mismo fenómeno, a otra escala más modesta, es el que se aplica en los invernaderos para el cultivo de plantas y, por supuesto, en los sistemas de captación de energía solar. El cristal, como la atmósfera de nuestro planeta, tiene la propiedad de ser atravesado fácilmente por las ondas cortas de los rayos solares, al mismo tiempo que se comporta como un "muro" impenetrable ante las radiaciones de onda larga. Cuando los rayos solares atraviesan una superficie acristalada se produce un aumento de temperatura en el interior del habitáculo. Entonces, el cristal actuará como una trampa de calor que impedirá que la energía calorífica pueda salir al exterior.

Cualquier sistema de captación solar se basará, pues, en combinar el "efecto de cuerpo negro" con el "efecto invernadero", con lo que, por un lado, se consigue aprovechar gran parte de la radiación que llega hasta una instalación solar, y por otro, impedir la fuga de calorías una vez ganadas.

3.4.1 Principio elemental de funcionamiento

El principio elemental en el que se fundamenta cualquier instalación solar es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario.

Este mecanismo tan sencillo al mismo tiempo que eficaz resulta muy útil en múltiples aplicaciones, tanto en el ámbito doméstico como en el industrial. Baste con señalar algunas de ellas como al agua caliente para uso doméstico, el aporte de energía para instalaciones de calefacción, el calentamiento de agua para piscinas, o el precalentamiento de fluidos en distintos procesos industriales, para darnos cuenta del beneficio de esta energía para la humanidad.

Así, la posibilidad de captar la energía del Sol desde el lugar que se necesita, junto con la capacidad de poder almacenarla durante el tiempo suficiente para disponer de ella cuando haga falta, es lo que hace que esta tecnología sea tan ampliamente aceptada en muchas partes del mundo. No en vano, la única contribución del hombre para aprovechar esta fuente de energía es canalizar y retrasar el proceso natural que ocurre a cada instante en la superficie terrestre, por el que la radiación solar se convierte en energía térmica.

El procedimiento actual que se lleva a cabo en cualquier instalación consiste en absorber la energía térmica contenida en los rayos solares. Una vez que el fluido que circula en el interior del captador se calienta, hay que evitar su enfriamiento a través de un aislamiento térmico lo más eficaz posible. Por ejemplo, si el fluido de trabajo es el aire, se le puede hacer circular entre piedras que se calientan y son capaces de devolver este calor al aire frío. También se puede, y es el caso más habitual, mantener el calor de una masa de agua por medio de un tanque de almacenamiento bien aislado.

Ahora bien, cualquiera que sea el procedimiento utilizado, lo cierto es que se puede pensar en acumular cantidades importantes de energía durante largos períodos de tiempo (almacenamiento estacional). No

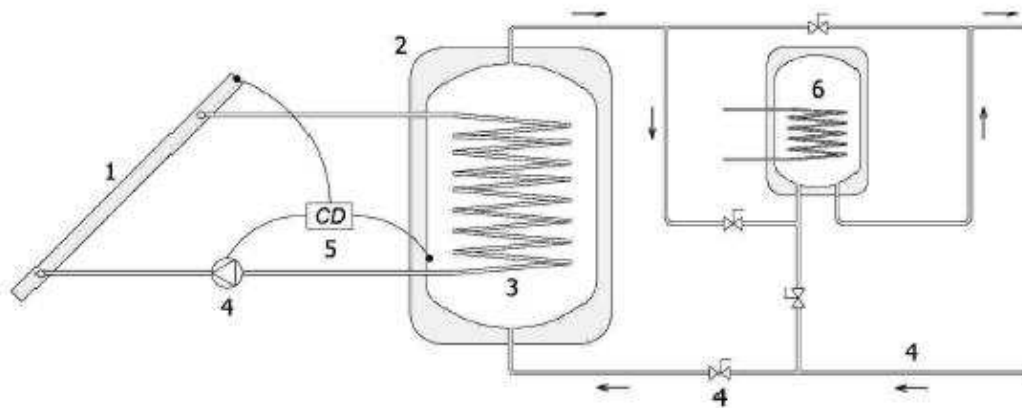
obstante, los depósitos de almacenamiento terminan por perder la energía térmica conseguida a lo largo del tiempo, por lo que el funcionamiento de nuestra instalación también estará condicionado por la cantidad de radiación solar que llega hasta el captador y por la demanda de energía de cada momento. Generalmente se dimensiona para que la acumulación solar sea la demandada por los usuarios en un día.

Para evitar posibles restricciones energéticas en aquellos períodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un aporte de energía extraordinario. En estas ocasiones, entrará automáticamente en funcionamiento un sistema de calentamiento auxiliar que permite compensar el déficit existente. Este sistema de apoyo utilizará los medios energéticos convencionales, como el gas, la electricidad o el gasóleo.

En la actualidad, una instalación de energía solar cubre del 50 al 80% del total de la demanda de agua caliente sanitaria de una vivienda, aunque en zonas de gran soleamiento a lo largo del año, el porcentaje puede ser superior. El resto se suple con un sistema de apoyo energético.

La razón por la que las instalaciones solares no se diseñan para cubrir el 100% del consumo es porque, de hacerse así, sería necesario instalar costosos sistemas de acumulación de energía a largo plazo que harían económicamente inviable este tipo de equipos.

3.4.2 Elementos principales de una instalación solar térmica



Instalación tipo de energía solar térmica

Sistema	Componente	Función
Captación	Captador solar (1)	Captar la radiación solar y transformarla en energía térmica
Acumulación	Depósito (2)	Almacenar energía térmica
Intercambio	Intercambiador (3)	Realizar la transferencia de calor
Hidráulico	Bombas, válvulas, tuberías, etc. (4)	Transporte del fluido
Regulación y control	Centralita diferencial, termostatos, etc. (5)	Regular el funcionamiento
Apoyo	Caldera, termo, etc. (6)	Garantizar el suministro de agua caliente sanitaria

3.4.2.1 Captadores solares

Se han diseñado distintas y avanzadas versiones de captadores solares térmicos con el objetivo de incrementar la cantidad de energía y disminuir las pérdidas. Aunque los más comunes son los captadores planos, que utilizan como fluido el agua, en la actualidad también se comercializan otro tipo de captadores que cuentan con gran aceptación en el mercado. Entre ellos cabe destacar el captador solar de vacío, que consigue temperaturas más elevadas de funcionamiento, y los captadores solares de aire, que se utilizan fundamentalmente en los climas fríos para calentar el espacio.

A continuación detallo algunas de las características de los captadores solares más empleados hoy en día para aprovechar la energía térmica de baja temperatura; o sea, la que se utiliza convencionalmente para uso doméstico y que trabaja con temperaturas que no sobrepasan los 100°C de temperatura.

| **Captadores de tubo de vacío**
(ACS y producción de calor)



| **Captadores planos con cubierta**
(calentamiento de agua)



| **Captadores planos sin cubierta**
(climatización de piscinas)



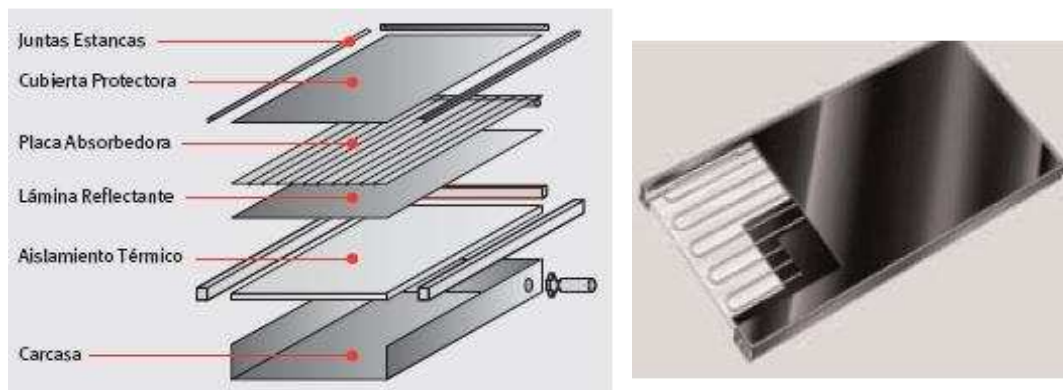
El principio de funcionamiento del **captador plano** de base "trampa de calor" que conjuga el "efecto de cuerpo negro" con el "efecto

invernadero". Gracias a este sistema de captación se consigue absorber la mayor parte de la radiación solar que llega hasta la superficie y devolver la menos posible.

Los captadores planos, destinados por lo general a la producción de agua caliente sanitaria, están recubiertos de una caja herméticamente cerrada. En la cara superior de esta caja se coloca una superficie acristalada que deja atravesar la radiación solar e impide que se pierda la ganancia térmica obtenida. Generalmente la carcasa que envuelve al equipo de captación es metálica, aunque en algunos casos puede ser de plástico especial o de algún otro material.

En el interior del sistema captador se encuentra la placa absorbidora, que es el lugar donde se realiza la captación de la radiación solar propiamente dicha. Fabricada con materiales que conducen bien el calor (aluminio, cobre, planchas metálicas...), esta placa tiene un funcionamiento parecido al de un radiador: con una disposición de tubos con una toma por donde entra el fluido a calentar y otra de salida.

Pese a que existe un gran número de diferentes configuraciones de tubos internos, los tradicionales suelen utilizar los de tipo serpentina o los de tubo paralelo. Estos consisten en varios tubos de cobre, orientados en forma vertical con respecto al captador, en contacto con una placa de color oscuro que transfiere el calor al fluido circulante. El contacto entre la placa absorbidora y el tubo por donde circula el fluido no tiene por qué ser un elemento crítico del captador siempre que esté bien sellado con cualquiera de las técnicas de soldadura disponibles en estos momentos en el mercado.

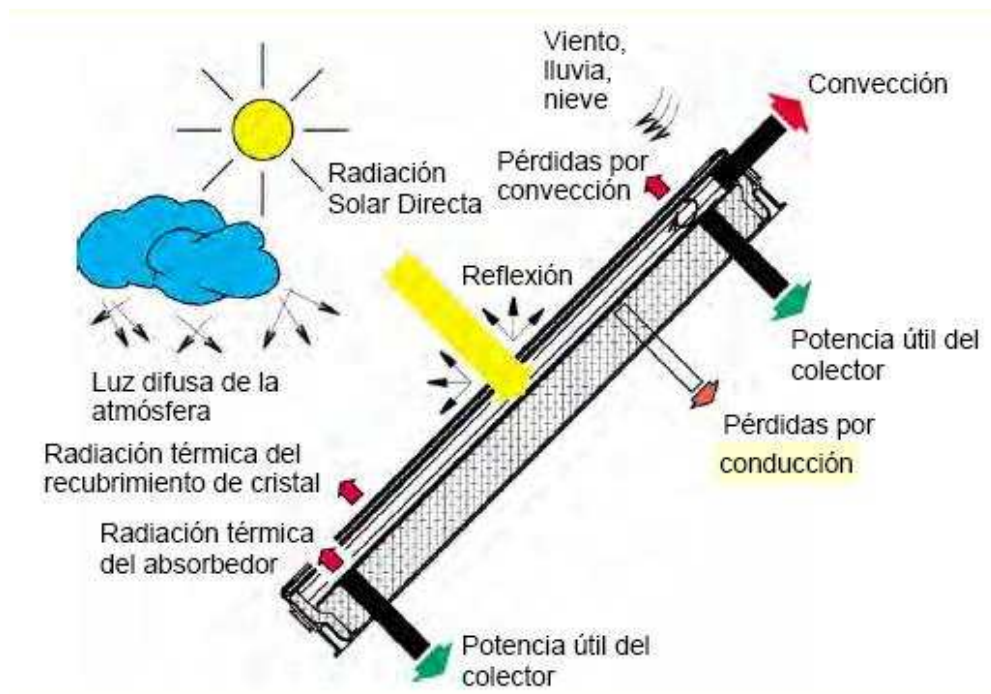


Las dimensiones de los captadores solares son muy diversas y van desde los $0,5\text{m}^2$ los más pequeños, hasta los 8m^2 los más grandes, siendo la medida más habitual en torno a los 2m^2 .

En cuanto al rendimiento de los captadores solares, resulta difícil precisar qué cantidad de energía se podrá obtener en cada momento, puesto que este tipo de captadores de baja temperatura carecen de cualquier forma de seguimiento de la posición del Sol a lo largo del día, y captan tanto la radiación directa como la difusa con resultados muy variables.

Toda la energía que incide sobre el captador solar no puede considerarse como energía útil, de manera que, al mismo tiempo que se produce el calentamiento del fluido de trabajo, una parte de esta energía se pierde por conducción, convección o radiación, generándose un balance energético entre la energía incidente (en forma de radiación solar) y las pérdidas térmicas, obteniendo como resultado una potencia útil del colector solar.

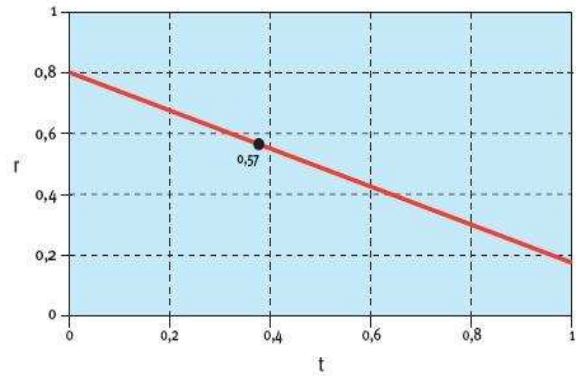
Estas pérdidas de calor crecen con la temperatura de fluido de trabajo, hasta que llega un momento de equilibrio en el que se cumple que la energía captada es igual a las pérdidas, alcanzándose en ese momento la temperatura de estancamiento del colector. En la mayoría de los colectores, esa temperatura de estancamiento o de equilibrio se alcanza a unos 150-200°.



Balance energético de un colector solar

Con todo ello y teniendo en cuenta la ecuación de la curva que define el rendimiento de un colector solar, se deduce que interesa hacer trabajar al colector a la temperatura más baja posible., siempre que ésta sea suficiente para la utilización específica en cada caso.

En líneas generales, la eficiencia de los captadores solares vendrá definida por esta curva de rendimiento, que permite saber cuál es la cantidad de energía que podremos aprovechar en cada situación (tal y como se puede apreciar en la figura). Al respecto, existe una normativa oficial para la homologación de estos equipos en la que se evalúan



modelos. Esta valoración se realiza sobre captadores nuevos, y de forma puntual, no siendo representativa del comportamiento del captador a lo largo de su vida útil, ya que su eficacia podrá evolucionar de diferente manera con el paso del tiempo, en función de su mantenimiento, etc.



$$r = a - b \times T$$

donde:

- r = rendimiento o eficiencia del captador.** Un mayor valor de r supone un captador de mejores prestaciones.
- a = parámetro característico del captador (eficiencia óptica)** (punto de corte con el eje Y). Valores mayores suponen una mayor ganancia solar del captador.
- b = parámetro característico del captador (pérdidas por radiación y convección)** (pendiente de la recta). Valores menores suponen menores pérdidas de la energía captada.
- T = parámetro variable que representa las condiciones ambientales y de trabajo del captador.** Se define como proporcional a la diferencia entre la temperatura de entrada del fluido y la temperatura ambiente, dividido entre la irradiancia.

Destacar que dentro de los captadores solares planos está muy extendido el uso de **captadores planos sin cubierta**. Formados normalmente por un conjunto de tubos de polipropileno, son muy apropiados en aquellos usos en que no se necesita una temperatura de funcionamiento elevada, como por ejemplo el calentamiento de una piscina. A temperaturas bajas estos captadores pueden tener rendimientos superiores a los captadores con cubierta.

Similares a los captadores planos, los **captadores solares de vacío** pueden llegar a ser más eficientes en unos determinados rangos de temperatura, aunque también más costosos. Estos captadores consiguen sacar el máximo provecho de las instalaciones térmicas, que trabajan a temperaturas por encima de los 60°C. Los captadores de vacío están consiguiendo gran popularidad en climas fríos y en el sureste asiático; sobre todo en China, uno de los países con más tradición en la generación de vatios térmicos de energía solar.

La principal diferencia respecto a los planos reside en los conductos que absorben la energía del Sol. Éstos están recubiertos de un tubo al vacío que deja pasar la radiación solar a la vez que evita las pérdidas de energía con mayor precisión que otros sistemas de captación.

No obstante, dentro de los captadores de vacío se han desarrollado distintas tecnologías y existe una gran variedad de calidades. Los más comunes son los captadores de tubo de vacío. Están formados por varios tubos en donde se ha eliminado el aire en su interior, lo que permite incrementar el rendimiento del captador y la temperatura de trabajo del mismo. Son muy aptos para usos en los que se requieran unas temperaturas más elevadas que las requeridas por el agua caliente sanitaria.

Dentro de esta tipología hablaremos también de los captadores CPC o concentradores cilindro-parabólicos. El captador está formado por varios reflectores de sección cilíndrica o parabólica sobre los que se reflejan los rayos solares. Estos inciden concentrados en una pequeña lámina absorbidora que lleva soldada un solo tubo de cobre por donde circula el fluido caloportador.

Como última tecnología al alcance doméstico, se comercializan desde hace algún tiempo los captadores heat pipe. No es más que un captador de tubo de vacío por donde, en vez de hacer circular un fluido caloportador normal, se hace circular una especie de alcohol. Lo que se hace es aprovechar el calor latente de vaporización de este fluido para producir un alto poder calorífico.

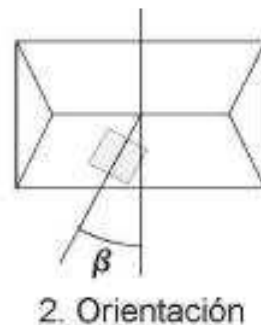


En cualquier caso, a la hora de decantarnos por uno u otro captador, lo primero a considerar es cuál de ellos se adapta mejor a nuestras circunstancias y para qué aplicación lo vamos a utilizar. En general, para las condiciones medias de España y para la producción de agua caliente sanitaria, los captadores planos son suficientes para dar servicio en unas condiciones óptimas para un aporte del 50-80%.

Los paneles solares operan mejor si son colocados en un lugar donde reciban luz solar plena. Pueden colocarse en el techo de una casa u oficina, sobre una estructura de soporte, montados en la fachada o sobre el terreno. Es preferible evitar los lugares que reciben sombra (vegetación, nieve, otros edificios, elementos constructivos, otros módulos, etc.), al menos durante las horas centrales del día, ya que la sombra afectará a su rendimiento.

Debido al cambio de posición del Sol durante el año, la inclinación ideal de los paneles varía en función de la latitud en la cual nos encontremos (38° en el caso de la Región de Murcia). La inclinación puede variar en función de la aplicación, criterios de uso e integración arquitectónica, en cualquier caso es recomendable una inclinación superior a los 15° , para permitir que el agua de lluvia se escurra. La inclinación debe aumentarse en los lugares donde nieve con frecuencia.

Del mismo modo, el sistema solar tendrá un mayor rendimiento si los paneles solares están orientados en la dirección sur.



3.4.2.2 Sistema de distribución

El sistema de distribución es el que se encarga de transportar el fluido caliente contenido en los captadores solares hasta el punto de consumo. Existen diferentes circuitos de distribución, dependiendo de las necesidades que pretendamos satisfacer o las condiciones climáticas del lugar donde vamos a realizar la captación.

En España, lo más utilizado para viviendas son los sistemas de distribución de circuito cerrado, ya sean con termosifón o circulación forzada. Es decir, aquellos que cuentan con un sistema de doble circuito en el que el fluido que transita por el captador es diferente al que corre a través del tanque de almacenamiento.

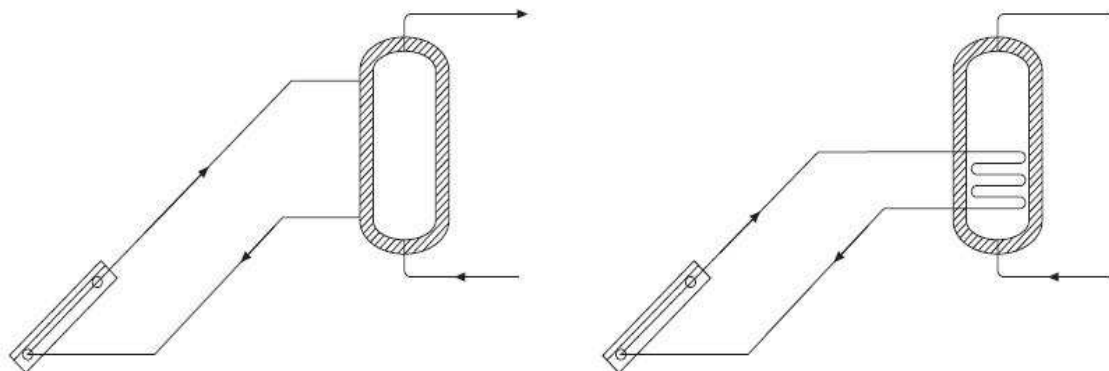
Pero detallaré algo más sobre los diferentes sistemas de circulación disponibles en el mercado que tienen como principal cometido impedir que se pierda la energía térmica obtenida en los captadores solares:

- **Instalaciones de circuito abierto.** Estos sistemas transfieren directamente el agua caliente producida en el captador solar hacia el depósito de acumulación. El funcionamiento de estos equipos es muy simple: cuando el captador es calentado por el Sol, el agua aumenta de

temperatura desplazándose hacia arriba. Una vez en el depósito de almacenamiento, éste se vacía con una cantidad equivalente de agua más fría que se dirige al captador.

La principal ventaja de los sistemas de estas características es que resultan más económicos, más sencillos de fabricar, de instalar e incluso obtienen mejores rendimientos energéticos. Por el contrario, el principal inconveniente de las instalaciones de circuito abierto es que al utilizar como único fluido de circulación el agua se corre el riesgo de rotura en períodos de heladas o la posibilidad de graves problemas de incrustaciones por la calidad de las aguas.

Para evitar este tipo de problemas, en el caso de las obstrucciones en el sistema de captación habrá que utilizar ciertos aditivos o dispositivos electrónicos. Por su parte, ante las heladas estacionales será necesario vaciar el circuito durante la época más fría del año, ya que el volumen del hielo es mayor que el del agua líquida y puede llegar a producir daños importantes en el equipo. Por este motivo, las instalaciones de circuito abierto son empleadas en lugares donde no se dan heladas a lo largo del año (zonas costeras de países cálidos), o bien en aplicaciones temporales (establecimientos de hostelería de temporada, piscinas descubiertas...).



Esquemas de una instalación de circuito abierto (izquierda) y circuito cerrado (derecha)

• **Instalaciones de circuito cerrado.** En este caso existen dos circuitos: el circuito primario del sistema captador y el circuito secundario donde se encuentra el sistema de almacenamiento. En el circuito primario se introduce un líquido especial que circula por dentro del captador y transmite calor al agua del tanque de almacenamiento por medio de un intercambiador de calor. Lo que se pretende con sistema de doble circuito es evitar que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador. Así, es posible colocar un componente anticongelante que permita su uso en zonas donde las temperaturas bajen de cero grados.

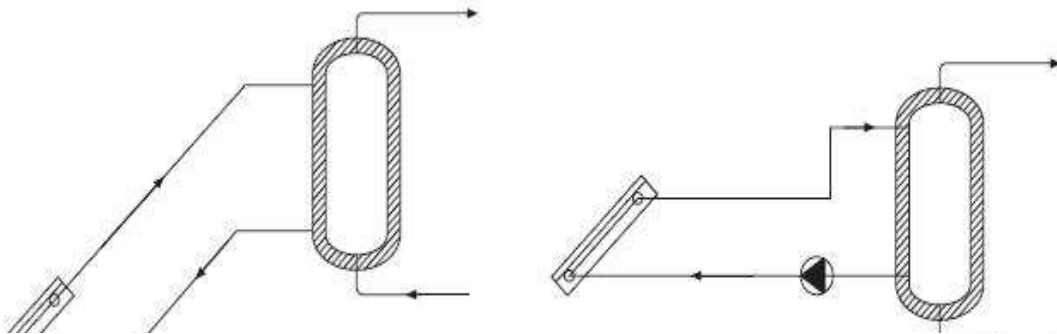
Dentro del sistema de distribución y de la clasificación de este tipo de sistemas según la manera en que el fluido circula por el circuito, también podemos hacer otra segunda clasificación que es distinta y a su vez inseparable de la primera. Nos encontramos pues con una clasificación según el mecanismo por el que se produce el movimiento del fluido: los

circuitos de circulación natural o con termosifón y los circuitos con circulación forzada.

- **Circulación forzada de agua:** Los sistemas de circulación forzada están basados en una bomba de impulsión movida por un aporte exterior de energía eléctrica; un gasto que deberemos tener en cuenta a la hora de optar por este tipo de mecanismos. La bomba de circulación colocada en el sistema de captación tiene como principal función transferir el fluido circulante más rápidamente, impidiendo así que se pueda perder parte de las calorías ganadas en el proceso de distribución.

La utilización de esta bomba también permite interrumpir la transferencia de calor cuando el agua de los captadores no circule más caliente que la que se encuentra en el depósito. Este sistema es muy común en climas fríos, donde cualquier pérdida de calorías puede restar eficacia a la instalación solar. Este tipo de circulación se utiliza para instalaciones solares de cualquier tamaño.

- **Circulación natural o con termosifón:** Estos sistemas tienen la ventaja de no contar con bombas de impulsión, aprovechando la circulación natural del agua caliente, que por naturaleza tiende a ascender. Los sistemas con termosifón son muy utilizados en áreas geográficas con climas más cálidos. Estos sistemas de circulación sólo se utilizan para instalaciones solares pequeñas.



Esquemas de una instalación de circulación natural (izquierda) y circulación forzada (derecha)

	NATURAL	FORZADA
ABIERTOS	No requiere potencia eléctrica Sencillez y bajo Coste Depósito a una altura superior que los colectores No se puede regular la temperatura del depósito No necesita bomba No se puede proteger contra las heladas Mayor peligro ante la corrosión Los colectores soportan mayor presión de trabajo. Pequeñas instalaciones Usada en viviendas unifamiliares aisladas	Necesidad de Potencia eléctrica Complejos y más caros Depósito en cualquier lugar Posibilidad de regular la temperatura Necesidad de bomba No se puede proteger contra las heladas Mayor peligro ante la corrosión Los colectores soportan mayor presión de trabajo. Instalaciones medias Viviendas unifamiliares
CERRADOS	No requiere potencia eléctrica Sencillez y bajo Coste Depósito a una altura superior que los colectores No se puede regular la temperatura del depósito No necesita bomba Se puede usar anticongelante Seguridad ante la corrosión Colectores sometidos a menos presión Instalaciones medias Usada en climatización de piscina	Necesidad de Potencia eléctrica Complejos y más caros Depósito en cualquier lugar Posibilidad de regular la temperatura Necesidad de bomba Se puede usar anticongelante Seguridad ante la corrosión Colectores sometidos a menos presión Grandes instalaciones Usada en viviendas con A.C.S. centralizada

Cuadro esquemático de características de cada tipo de sistema de distribución

3.4.2.3 Sistema de almacenamiento

Sin duda, la energía que se recibe del Sol no siempre coincide con las épocas de mayor consumo. Por este motivo, si se quiere aprovechar al máximo la energía que nos concede el Sol, será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día que más radiación existe, para utilizarla posteriormente cuando se produzca la demanda.

Lo habitual es almacenar la energía en forma de calor en depósitos especialmente diseñados para este fin. Según las características específicas del tanque de almacenamiento y los materiales con los que haya sido fabricado, podremos conseguir guardar las calorías ganadas durante más o menos tiempo; desde unas horas (ciclo de la noche al día), hasta dos días como máximo.

Por norma general, darán mejores resultados aquellos depósitos que tienen forma cilíndrica, en proporciones de uno de ancho por dos de alto. Esto se debe al fenómeno de estratificación por el que el agua caliente disminuye su densidad y tiende a ascender por encima del agua fría, que pesa más. Cuanto mayor sea la altura del depósito, mayor será también la diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior del tanque de almacenamiento.



Del mismo modo, también será importante tener en cuenta la capacidad de acumulación del depósito a utilizar, que deberá mantener un equilibrio conforme a la superficie de captación solar. Si el depósito fuera demasiado pequeño se desperdiciaría parte de la energía obtenida, mientras que si fuera demasiado grande no conseguiríamos alcanzar las temperaturas adecuadas de funcionamiento. Por eso existe una proporción adecuada entre los metros cuadrados de la superficie de captación y las dimensiones del tanque de almacenamiento. El depósito de acumulación más apropiado para los niveles de radiación que se dan en España y para agua caliente sanitaria, es el de 60 litros por metro cuadrado en las regiones con menos horas de sol y de 100 litros por metro cuadrado en las zonas con mayor intensidad de soleamiento.

Pueden encontrarse muchos tipos de depósitos para agua caliente en el mercado, siendo los materiales de construcción más adecuados el acero, el acero inoxidable, el aluminio y la fibra de vidrio reforzada. La adecuada elección del material de construcción tiene especial importancia porque uno de los problemas más importantes de las instalaciones solares es la calidad del agua, que puede producir corrosiones en el tanque de almacenamiento. En general no es aconsejable efectuar una instalación solar con dos materiales de distinta naturaleza, ya que se favorece la creación de pares galvánicos.



La corrosión puede prevenirse también mediante sistemas electrónicos especificados en las características de diseño, o insertando el denominado "ánodo de sacrificio" que debe ser cambiado periódicamente.

Los depósitos acumuladores, con el fin de disminuir las pérdidas, están recubiertos de un material aislante, pudiendo además recubrirse con una funda para incrementar su durabilidad.

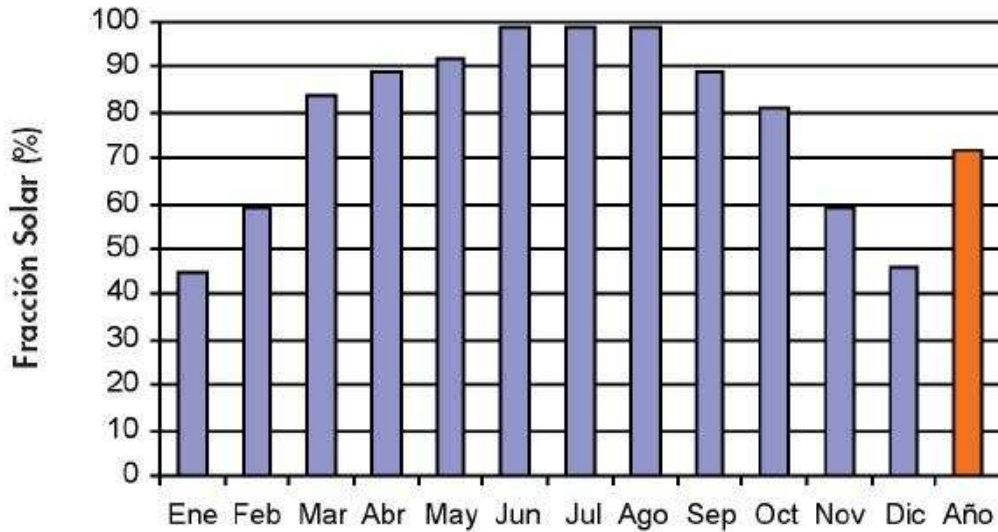
3.4.2.4 Sistema de apoyo convencional

El sistema de energía auxiliar es un elemento imprescindible en toda instalación solar si no se quieren sufrir restricciones energéticas en aquellos períodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto. Para prevenir estas situaciones, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un apoyo basado en energías "convencionales". La fuente de apoyo es muy variable, aunque en general es recomendable que se encuentre vinculada a un sistema de control. Algunos sistemas de apoyo son:



- Eléctricos, sobre todo para equipos pequeños, en los que la energía se suministra dentro del acumulador mediante una resistencia.
- Calderas de Gas o Gasóleo. Este tipo de apoyos, según el diseño de la instalación, puede provenir de las instalaciones preexistentes (adecuadamente modificadas) o bien realizarse de modo simultáneo a la instalación solar. En todo caso, y dependiendo de las demandas a satisfacer (puntuales, prolongadas, estacionales...) es posible emplear sistemas de calentamiento instantáneo o sistemas provistos de acumulador independiente u otros acumuladores intermedios.

En cualquier caso, siempre será necesario que exista un mecanismo de control adecuado que gestione correctamente la instalación, con el fin de reducir al máximo la entrada en funcionamiento del sistema de energía de apoyo. El sistema de control estará basado en un conjunto de sondas y/o válvulas automáticas, que en función de la temperatura del acumulador solar, de la temperatura del acumulador auxiliar si lo hubiera, y de la temperatura de uso activarán el sistema auxiliar o no y en diferente grado en el caso de los sistemas modulantes.



El gráfico muestra el porcentaje de la energía necesaria para el calentamiento de agua que se cubre con energía solar en una instalación media, por meses y el porcentaje total anual.

Se puede apreciar como en los meses de más baja radiación (enero, febrero, noviembre y diciembre) no se llega a cubrir el 60% de las necesidades de energía, mientras que en los meses de verano se alcanza prácticamente el 100% de las mismas. Así, el objetivo con el que se diseñan las instalaciones térmicas es cubrir un mínimo de un 60% de las necesidades energéticas anuales dependiendo de la zona geográfica.

Pretender cubrir por encima de un 60% o 70% anual requeriría colocar un campo solar muy grande, por lo que resultaría un costo sumamente elevado que no se llegaría a amortizar nunca, además de provocar en los meses de mayor radiación, como son los de verano, un excedente de producción que no se podría utilizar y que provocaría problemas de sobrecalentamiento en toda la instalación.

Por este motivo las instalaciones que mejor funcionan y antes se rentabilizan son las que necesitan ACS para todo el año, calefacción (mejor por suelo radiante) para invierno y cuentan con piscina para verano o incluso todo el año.

Independientemente de la tipología de sistema convencional utilizado, es muy importante la posición relativa de éste. Las distintas opciones que se pueden encontrar son:

- **Inmerso en el acumulador solar:** para esta configuración existen dos posibilidades en función del tipo de energía convencional utilizada, es decir, resistencia eléctrica o gas natural, gasóleo... mediante otro serpentín sumergido en la parte superior del acumulador.
- **En serie con el acumulador solar:** con esta configuración, el sistema de energía convencional ha de ser modulante por

temperatura y resistir entradas de agua precalentada entre 60-70°C. El rendimiento es el más alto, ya que no afecta a la temperatura de entrada a los colectores, además de poder modular el consumo de energía convencional en función de la temperatura de entrada a la caldera mural, por lo que presenta mayor eficacia

- **En paralelo con el acumulador solar:** es la tipología más usual en sistemas domésticos termosifónicos. El conexionado es menos eficiente, ya que no se aprovecha el agua precalentada solar, sería un todo-nada. Estas calderas no aceptan el agua precalentada.
- **Inmerso en un acumulador en serie con el acumulador solar:** con esta configuración se puede aprovechar el precalentamiento del agua solar (aún no a la temperatura de consumo) con el consiguiente ahorro energético. El conexionado es más eficiente. El acondicionamiento del acumulador convencional se realizará con caldera de gas, gasóleo o incluso con resistencia eléctrica (menor eficiencia).

3.4.3 Mantenimiento

Una instalación solar bien diseñada y correctamente instalada no tiene porqué ocasionar problemas al usuario. De hecho, el grado de satisfacción entre los usuarios actuales es muy elevado, tal y como ha quedado reflejado en múltiples ocasiones.

El hecho de introducir este apartado obedece más bien a que en una instalación solar es conveniente realizar unas ciertas labores de mantenimiento, de un alcance parecido a las correspondientes a cualquier otro tipo de sistemas de calefacción o de agua caliente sanitaria. Este factor conviene tenerlo presente a la hora de valorar la posibilidad de adquirir una instalación solar.

Como ocurre con cualquier otra tecnología, la situación y conservación del equipo dependerá del uso que se haga de él. Con un breve seguimiento rutinario será suficiente para poder garantizar el correcto funcionamiento del sistema durante toda su vida útil.

Las revisiones a cargo del propietario consistirán en observar los parámetros funcionales principales, para verificar que no se ha producido ninguna anomalía con el paso del tiempo. Por su parte, la empresa instaladora tendrá la responsabilidad de intervenir cuando se produzca alguna situación anormal y efectuar un mantenimiento preventivo mínimo periódicamente. Este mantenimiento implicará la revisión anual de aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20m², o una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20m². (Frecuencia especificada por el Código Técnico de la Edificación)

En las revisiones que lleve a cabo la empresa instaladora no se contempla la inspección del sistema de energía auxiliar propiamente dicho. Dado que no forma parte del sistema de energía solar, solo será necesario

realizar las actuaciones previstas para asegurar el buen funcionamiento entre ambos sistemas, así como comprobar el correcto estado de sus conexiones, derivando a la empresa responsable del sistema adicional la inspección del mismo.

En cualquier caso, el plan de mantenimiento debe realizar por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica. Con la instalación se facilitará un libro de mantenimiento en el que se reflejan las operaciones más importantes a realizar, así como la forma de actuar ante posibles anomalías.

3.5 Principios básicos de diseño y dimensionado de una instalación solar térmica.

Como definición, una instalación solar térmica esta constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo y, por último almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores, o bien transferirla a otro, para poder utilizarla después en los puntos de consumo. Dicho sistema se complementa con una producción de energía térmica por sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrada dentro de la misma instalación.

El objetivo básico del sistema solar es suministrar al usuario una instalación solar que:

- 1) optimice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio;
- 2) garantice una durabilidad y calidad suficientes;
- 3) garantice un uso seguro de la instalación.

Para poder cumplir estos objetivos la instalación tiene que dimensionarse adecuadamente y cada uno de los elementos que la conforman por separado:

3.5.1 Dimensionado básico del campo de captadores

Para el dimensionado del campo de captadores se sugiere el método de las curvas f (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario.

Antes de comenzar el cálculo, son necesarios unos datos de partida para poder realizar un primer dimensionado del campo de captadores:

- Datos geográficos y climatológicos:
 - Latitud
 - Temperatura media mensual diurna
 - Humedad relativa
 - Temperatura media mensual ambiente
 - Temperatura media mensual del agua de red

- Datos de consumo:
 - Consumo máximo diario
 - Carga energética mensual

➤ Datos de la instalación:

- Curva del rendimiento del captador solar
- Caudal unitario en circuito primario y secundario
- Calor específico del fluido del circuito primario y secundario
- Rendimiento del intercambiador de calor

3.5.1.1 Cálculo de la demanda

Un dato de partido fundamental es el consumo diario que se presentará en la instalación. Habrá que procurar que la acumulación solar sea lo más próxima posible al consumo diario, y que el dato de consumo sea calculado de forma lo más exacta posible, de modo que sea similar al consumo real que se representará en la instalación.

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla, en la que los valores para los litros de ACS/60°C se han calculado a partir de la tabla "Consumo unitario diario medio" de la norma UNE 94002:2005:

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamie
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla. Demanda de referencia a 60°C.

Para el caso de que se elija una temperatura en el acumulador final diferente de 60°C, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60 °C. No obstante, la demanda a considerar a efectos de cálculo, según la temperatura elegida, será la que se obtenga a partir de la siguiente expresión:

$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T)$$

$$D_i(T) = D_i(60^\circ \text{C}) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

Siendo:

- D(T) Demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida;
- Di (T) Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura T elegida;
- Di (60°C) Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura de 60°C;
- T Temperatura del acumulador final;
- Ti Temperatura media del agua fría en el mes i.

Para otros valores se tomarán valores contrastados por la experiencia o recogidos por fuentes de reconocida solvencia.

En el uso residencial vivienda el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

3.5.1.2 Zonas climáticas

En el mapa y tabla siguientes se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0



Fig: Zonas climáticas.

A CORUÑA	Arteixo	I	Petrer	IV	BARCELONA	Badalona	II
	Carballo	I	San Vicente del Raspeig	V		Barbera del valles	II
	A Coruña	I	Torreveja	V		Barcelona	II
	Ferrol	I	Villajoyosa	IV		Castelldefels	II
	Naron	I	Villena	IV		Cerdanyola del Valles	II
	Oleiros	I				Comelia de Llobregat	II
	Riveira	I	ALMERIA	Adra	V	Gava	II
	Santiago de compostela	I		Almería	V	Granollers	III
ALAVA	Vitoria-Gasteiz	I		El Ejido	V	L'Hospitalet de Llobregat	II
ALBACETE	Albacete	V	ASTURIAS	Roquetas de mar	V	Igualada	III
	Almansa	V		Aviles	I	Manresa	III
	Hellin	V		Castrillon	I	El Masnou	II
	Villarrobledo	IV		Gijón	I	Mataro	II
ALICANTE	Alcoy	IV		Langreo	I	Mollet del Valles	II
	Alicante	V		Mieres	I	Montcada i	II
	Benidorm	IV		Oviedo	I	El Prat de Llobregat	II
	Crevillent	V		San Martín del rey Aurelio Siero	I	Premia de mar	II
	Denia	IV	AVILA	Ávila	IV	Ripollet	II
	Elche	V	BADAJOS	Almendralejo	V	Rubi	II
	Elda	IV		Badajoz	V	Sabadell	III
	Ibi	IV		Don Benito	V	Sant Adria de Besos	II
	Javea	IV		Mérida	V		
	Novelda	IV		Villanueva de la Serena	V		
	Orihuela	IV					

	Sant Boi de Llobregat	II	Córdoba	IV	San Andres del Rabanedo	III
	Sant Cugat del Valles	II	Lucena	V	LUGO	Lugo II
	Sant Feliu de Llobregat	II	Montilla	V	LLEIDA	Lleida III
	Sant Joan Despi	II	Priego de Córdoba	V	MADRID	Alcalá de Henares IV
	Sant Pere de Ribes	II	Puente Genil	V		Alcobendas IV
	Sant Vicenç dels Horts	II	CUENCA	Cuenca III		Alcorcón IV
	Santa Coloma de Gramenet	II	GIRONA	Bianes III		Aranjuez IV
	Terrassa	III		Figueres III		Arganda del Rey IV
	Vic	III		Girona III		Colmenar Viejo IV
	Viladecans	II		Olot III		Coliada Villalba IV
	Vilafranca del Penedes	II		Salt III		Coslada IV
	Vilanova i la Geltru	II	GRANADA	Almuñecar IV		Fuenlabrada IV
BURGOS	Aranda de Duero	II		Baza V		Getafe IV
	Burgos	II		Granada IV		Leganes IV
	Miranda de Ebro	II		Guadix IV		Madrid IV
CACERES	Cáceres	V		Loja IV		Majadahonda IV
	Plasencia	V		Motril V		Mostoles IV
CADIZ	Algeciras	IV	GUADALAJARA	Guadalajara IV		Parla IV
	Arcos de la Frontera	V		Arrasate o Mondragon I		Pinto IV
	Barbate	IV		Donostia-San Sebastian I		Pozuelo de Alarcon IV
	Cadiz	IV		Eibar I		Rivas-Vaciamadrid IV
	Chiclana de la frontera	IV		Errenteria I		Las Rozas de Madrid IV
	Jerez de la Frontera	V		Irun I		San Fernando de Henares IV
	La Línea de la Concepción	IV	HUELVA	Huelva V	MADRID	San Sebastian de los Reyes IV
	El Puerto de Santa Maria	IV	HUESCA	Huesca III		Torrejon de Ardoz IV
	Puerto Real	IV	ILLES	Calvia IV		Tres Cantos IV
	Rota	V	BALEARS	Ciutadella de Menorca IV		Valdemoro IV
	San Fernando	IV		Eivissa IV		Antequera IV
	San Roque	IV		Inca IV	MALAGA	Benalmadena IV
	Sanlucar de Barrameda	V		Llucmajor IV		Estepona IV
CANTABRIA	Camargo	I		Mahon IV		Fuengirola IV
	Santander	I		Manacor IV		Malaga IV
	Torrelavega	I		Palma de IV		Marbella IV
CASTELLON	Burriana	IV		Santa Eulalia del Río IV		Mijas IV
	Castellon de la Plana	IV	JAEN	Alcalá la Real IV		Rincón de la Victoria IV
	La Vall d'uixo	IV		Andujar V		Ronda IV
	Vila-Real	IV		Jaén IV		Torremolinos IV
	Vinaroz	IV		Linares V		Velez-Málaga IV
CEUTA	Ceuta	V		Martos IV	MELILLA	Melilla V
CIUDAD REAL	Alcazar de San Juan	IV		Martos IV		Águilas V
	Ciudad Real	IV		Úbeda V		Alcantarilla IV
	Puertollano	IV	LA RIOJA	Logroño II		Caravaca de la Cruz V
	Tomelloso	IV	LAS PALMAS	Arrecife V		Cartagena IV
	Valdepeñas	IV		Arucas V		Cieza V
CORDOBA	Baena	V		Galdar V		Jumilla V
	Cabra	V		Ingenio V		Lorca V
			LEON	Las Palmas de Gran Canaria V		Molina de Segura V
				San Bartolome de Tirajana V		Murcia IV
				Santa Lucia V		Torre-Pacheco IV
				Telde V		
				León III		
				Ponferrada II		

	Totana	V		Carmona	V		Carcaixent	IV
	Yecla	V		Coria del Río	V		Catarroja	IV
NAVARRA	Barañain	II		Dos Hermanas	V		Cullera	IV
	Pamplona	II		Ecija	V		Gandia	IV
	Tudela	III		Lebrija	V		Manises	IV
OURENSE	Ourense	II		Mairena del Aljarafe	V		Mislata	IV
PALENCIA	Palencia	II		Morón de la Frontera	V		Oliva	IV
PONTEVEDRA	Cangas	I		Los Palacios y Villafranca	V		Ontinyent	IV
	A Estrada	I		La Rinconada	V		Paterna	IV
	Lalin	I		San Juan de Aznalfarache	V		Quart de poblet	IV
	Marin	I		Sevilla	V		Sagunto	IV
	Pontevedra	I		Utrera	V		Sueca	IV
	Redondela	I					Torrent	IV
	Vigo	I					Valencia	IV
	Vilagarcía de Arousa	I					Xativa	IV
							Xirivella	IV
SALAMANCA	Salamanca	III	SORIA	Soria	III	VALLADOLID	Medina del Camoo Valladolid	III
SANTA CRUZ DE TENERIFE	Arona	V	TARRAGONA	Reus	IV			II
	Icod de los Vinos	V		Tarragona	III	VIZCAYA	Barakaldo	I
	La Orotava	V		Tortosa	IV		Basauri	I
	Puerto de la Cruz	V		Valls	IV		Bilbao	I
	Los Realejos	V		El Vendrell	III		Durango	I
SANTA CRUZ DE TENERIFE	San Cristobal de Tenerife	V	TERUEL	Teruel	III		Erandio	I
	Tacoronte	V	TOLEDO	Talavera de la Reina	IV		Galdakao	I
SEGOVIA	Segovia	III		Toledo	IV		Getxo	I
SEVILLA	Alcala de Guadaira	V	VALENCIA	Alaquas	IV		leioa	I
	Camas	V		Aldaia	IV		Portugalete	I
				Algemesi	IV		Santurtzi	I
				Alzira	IV		Sestao	I
				Burjassot	IV	ZAMORA	Zamora	III
						ZARAGOZA	Zaragoza	IV

3.5.1.3 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

El objeto de este apartado es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas disponibles.

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- ángulo de inclinación, β definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plan horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales;
- ángulo de acimut, α definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.

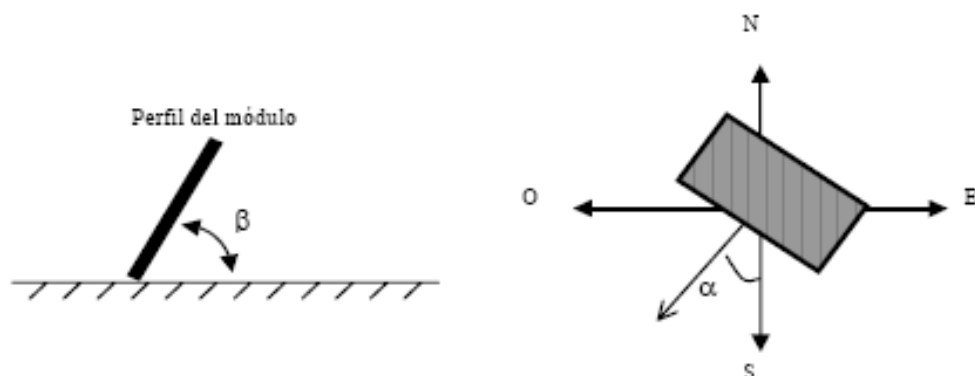


Figura 1. Orientación e inclinación de los módulos

Procedimiento:

1. Determinado el ángulo de acimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas con la figura 2 válida para una latitud (Φ) de 41° , de la siguiente forma:
 - a) conociendo el acimut, determinamos en la figura 2 los límites para la inclinación en el caso (Φ) = 41° . Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10%, para superposición del 20% y para integración arquitectónica del 40%. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima;
 - b) si no hay intersección entre ambas, las pérdidas superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud (Φ) = 41° y se corrigen de acuerdo a lo indicado a continuación;
2. Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:
 - a) **inclinación máxima** = inclinación ($\Phi = 41^\circ$) - (41° - latitud);
 - b) **inclinación mínima** = inclinación ($\Phi = 41^\circ$) - (41° - latitud);
siendo 5° su valor mínimo.
3. En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas(\%)} = 100 \cdot (1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} d^2) \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot (1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2) \quad \text{para } \beta = 15^\circ$$

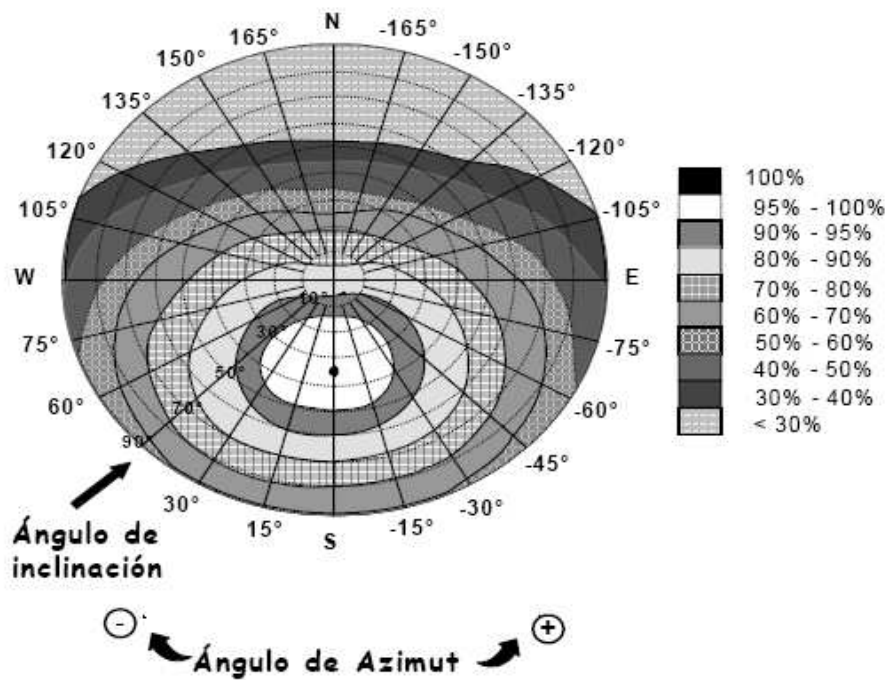


Fig. 2

Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación

3.5.1.4 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

En este apartado se describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

Procedimiento:

1. El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. Los pasos a seguir son los siguientes:
2. Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.
3. Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 3, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2... D14)

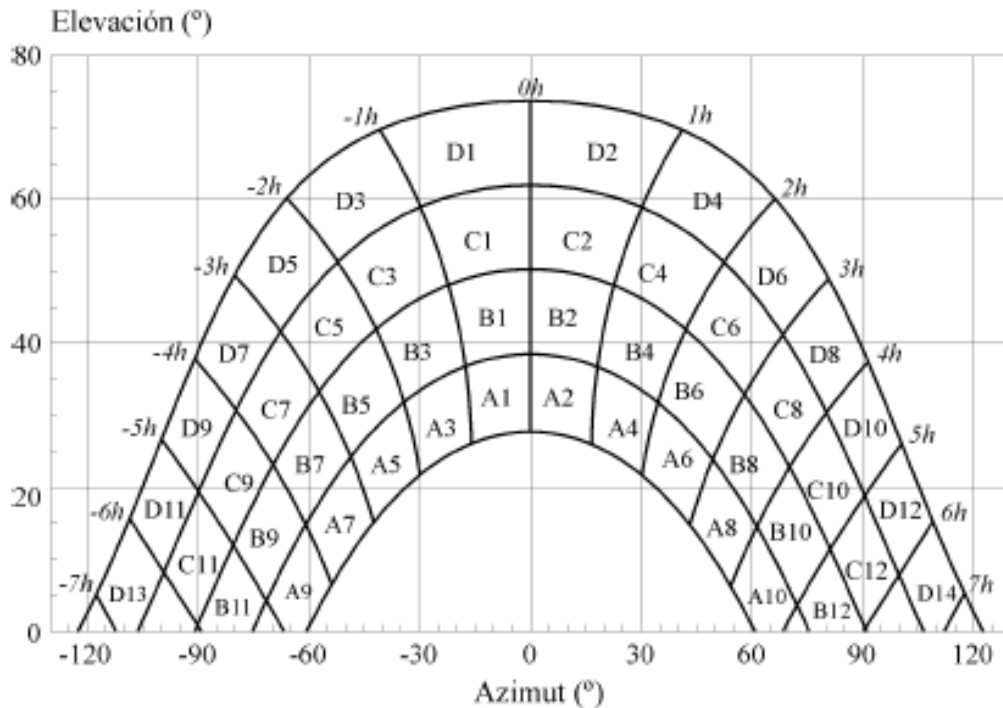


Fig.2 Diagrama de trayectorias del sol (Nota: los grados de ambas escalas son sexagesimales)

4. Cada una de las porciones de la fig. 3 representa el recorrido del sol en un cierto período de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquélla que resulte interceptada por el obstáculo.
5. La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25, 0,50, 0,75 ó 1.

3.5.1.5 Método de cálculo F-Chart

Una vez recogidos los datos previos y teniendo en consideración las pérdidas por orientación e inclinación y las pérdidas por sombras, se sugiera el cálculo con el método de las curvas f (F-Chart).

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la siguiente fórmula:

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de ACS o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro D_1 .
4. Cálculo del parámetro D_2 .
5. Determinación de la gráfica f .
6. Valoración de la cobertura solar anual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

Las cargas caloríficas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$Q_a = C_e CN (t_{ac} - t_r)$$

donde:

Q_a = Carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (J/mes)

C_e = Calor específico. Para agua: 4187J/(kg.°C)

C = Consumo diario de ACS (l/día)

t_{ac} = Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)

t_r = Temperatura del agua de red (°C)

N = Número de días del mes.

El parámetro D_1 expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes:

$$D_1 = \text{Energía absorbida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c F_r' (\zeta\alpha) R_1 N$$

donde:

S_c = Superficie del captador (m²)

R_1 = Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (kJ/m²)

N = Número de días al mes

$F_r' (\zeta\alpha)$ = Factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F_r' (\zeta\alpha) = F_r' (\zeta\alpha)_n [(\zeta\alpha) / (\zeta\alpha)_n] (F_r' / F_r)$$

donde:

$F_r'(\zeta\alpha)_n$ = Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.

$(\zeta\alpha)/(\zeta\alpha)_n$ = Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble)

F_r'/F_r = Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

El parámetro D_2 expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D_2 = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía producida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c F_r' U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2$$

donde:

S_c = Superficie del captador (m^2)

$F_r' U_L = F_r U_L (F_r'/F_r)$

donde:

$F_r U_L$ = Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador)

t_a = Temperatura media mensual del ambiente

Δt = Período de tiempo considerado en segundos (s)

K_1 = Factor de corrección por almacenamiento que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [\text{kg acumulación} / (75 S_c)]^{-0,25}$$

$$37,5 < (\text{kg acumulación}) / (m^2 \text{ captador}) < 300$$

K_2 = Factor de corrección, para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = 11,6 + 1,18t_{ac} + 3,86t_r - 2,32t_a / (100 - t_a)$$

donde:

t_{ac} = Temperatura mínima del ACS

t_r = Temperatura del agua de red

t_a = Temperatura media mensual del ambiente

Una vez obtenido D_1 y D_2 , aplicando la ecuación inicial se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar.

$$\text{De esta forma, la energía útil captada cada mes } Q_u = f Q_a$$

donde:

Q_a = Carga calorífica mensual de ACS

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operará para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema:

$$\text{Cobertura solar anual} = \frac{\sum_{u=1}^{u=12} Q_u \text{ necesaria}}{\sum_{a=1}^{a=12} Q_a \text{ necesaria}}$$

3.5.1.6 Conexionado

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre de entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

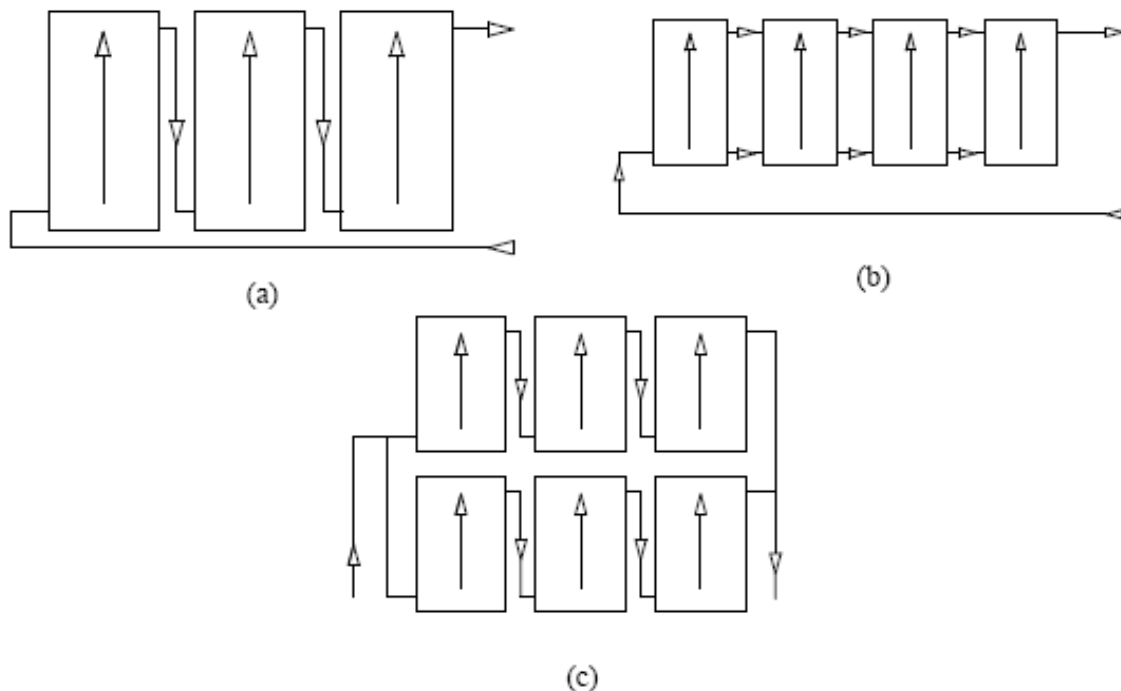
Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

El número de captadores conexionados en serie no será superior a tres. En casos de aplicaciones para algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando sea permitido por el fabricante. En el caso de que la aplicación sea de A.C.S. no deben conectarse más de dos captadores en serie.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismo adecuado, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

En el esquema siguiente se pueden observar de forma esquemática las conexiones mencionadas en este apartado:



Conexión de captadores: a) En serie b) En paralelo c) En serie-paralelo

3.5.2 Diseño del sistema de acumulación

3.5.2.1 Generalidades

El sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación. Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

siendo:

A la suma de las áreas de los captadores (m²)
 V el volumen del depósito de acumulación solar (litros)

Los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura / diámetro del mismo sea mayor de dos.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60° C y hasta 70° C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como aparece en el RD 909/2001 de 27 de julio.

En caso de aplicaciones para A.C.S y sistema de energía auxiliar no incorporado en el acumulador solar, es necesario realizar un conexionado entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionella. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionella.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen de 20m³ deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

Para instalaciones de climatización de piscinas exclusivamente, no se podrá usar ningún volumen de acumulación, aunque se podrán utilizar un pequeño almacenamiento de inercia en el primario.

3.5.2.2 Situación de las conexiones

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) La conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de la red se realizarán por la parte inferior.
- d) La extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.

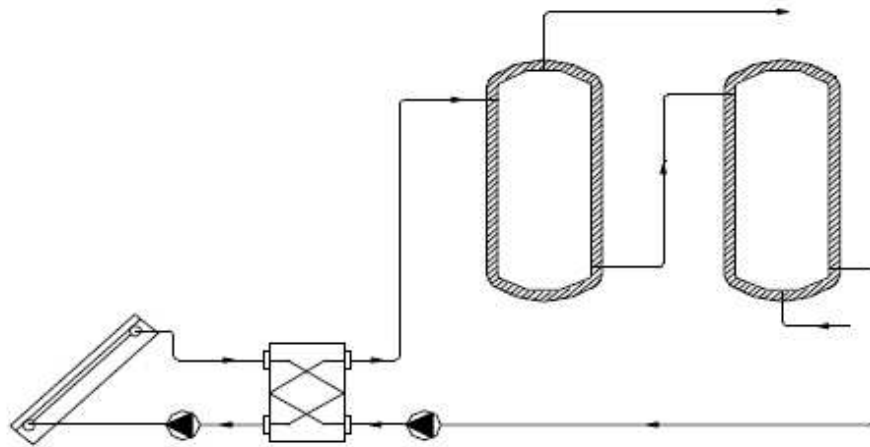
Se recomienda que la/s entrada/s de agua de retorno de consumo esté equipada con una placa deflectora en la parte inferior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten preferentes de circulación del fluido.

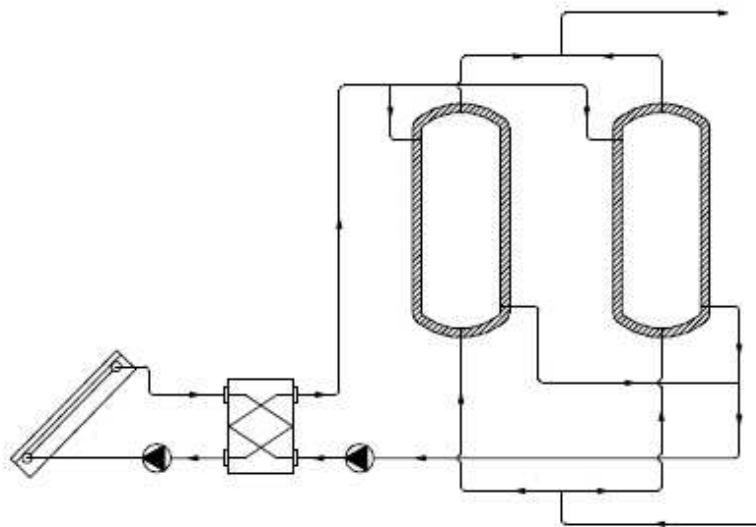
3.5.2.3 Varios acumuladores

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados, tal como se puede ver en la figura siguiente.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.



(a)



(b)

Conexiones: a) Conexión en serie invertida con el circuito de consumo b) Conexión en paralelo con el circuito secundario equilibrado

3.5.2 **Diseño del sistema de distribución**

3.5.2.3 Sistema de intercambio

Para el caso de intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P , se determinará para las condiciones de trabajo en las

horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m^2 y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50%, cumpliéndose la condición:

$$P \geq 500.A$$

siendo:

P potencia mínima del intercambiador (W)

A el área de captadores (m^2)

Para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

En cada una las tuberías de entrada y salida de gas del intercambiador de calor se instalará una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.

Se puede utilizar el circuito de consumo con un segundo intercambiador (circuito terciario).

3.5.2.4 Circuito hidráulico

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

En caso de aplicación para A.C.S., el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

Tuberías: Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

Bombas: Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones con superficie de captación superiores a 50m^2 se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Vasos de expansión: Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

Purga de aire: En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaieración y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaierador con purgador automático.

Drenaje: Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

3.5.3 Diseño del sistema de energía auxiliar

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas.

Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.

El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

- 1) Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura lo más idóneos.
- 2) En caso de aceptarse la instalación de una resistencia eléctrica como sistema de energía auxiliar dentro del acumulador solar, su conexión, salvo que se apruebe expresamente otro procedimiento, solo se podrá hacer mediante un pulsador manual y la desconexión será automática a la temperatura de referencia. Adicionalmente, se instalará un termómetro en la parte baja de la zona de calentamiento con energía convencional cuya lectura sea fácilmente visible para el usuario.
- 3) No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales, en los que se

prevea elevadas temperaturas en el acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.

- 4) Para la preparación de agua caliente sanitaria, se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:
 - Existe previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.
 - Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.
- 5) Para sistemas con energía auxiliar en paralelo y especialmente en aplicaciones de climatización, usos industriales y otras aplicaciones en ese rango de temperaturas, es necesario un sistema de regulación del agua calentada por el sistema solar y auxiliar de forma que se aproveche al máximo la energía solar.

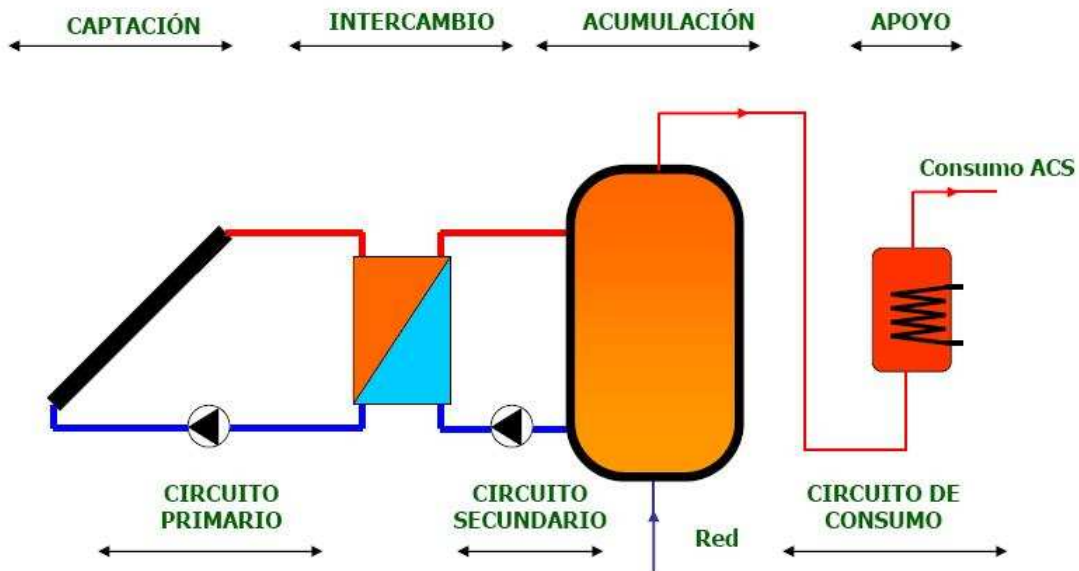
Para A.C.S., el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 909/2001. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

3.6 Configuraciones adoptadas por las instalaciones solares en la edificación.

Las aplicaciones de la energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria son muy diversas: viviendas unifamiliares, edificios, hoteles, geriátricos, hospitales, restaurantes, polideportivos, y en definitiva todos aquellos edificios en los que se demanda agua caliente sanitaria.

Todas las instalaciones solares para calentamiento de A.C.S. se componen de unos sistemas invariables sea cual sea su configuración inicial:

- Sistema de captación
- Sistema de intercambio
- Sistema de acumulación
- Sistema de apoyo



Esquema básico de una instalación solar térmica

3.6.1 Posibles configuraciones en viviendas unifamiliares.

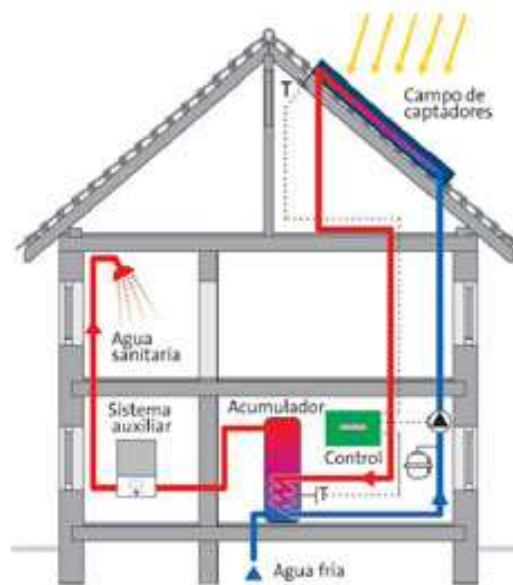
En viviendas unifamiliares podemos pensar básicamente en dos esquemas, aunque no propiamente dicho, el esquema de la instalación es siempre el mismo, pero dependiendo del principio de circulación utilizado podemos obtener:

➤ **Circulación forzada.**

Es la instalación que considero más típica por las siguientes razones:

□ Es de circuito cerrado y forzado. Es decir, el fluido que pasa por los captadores es independiente del agua de consumo con lo cual se puede utilizar un fluido con anticongelante y anticorrosivos con lo cual se evitan los problemas de heladas y de corrosión de manera que la instalación tiene mayor durabilidad y es más fiable. Al ser de circulación forzada (con bomba) se puede integrar mejor la instalación en la cubierta de la vivienda ya que el acumulador se puede instalar en el interior con la ventaja adicional de tener menos pérdidas térmicas y mayor durabilidad.

□ El sistema auxiliar se coloca en serie con el consumo, al ser una caldera de combustibles se consigue mayor rendimiento final en el pequeño consumo y, sobre todo, al emplear como energía auxiliar una fuente almacenable, solo se consume cuando se necesita.



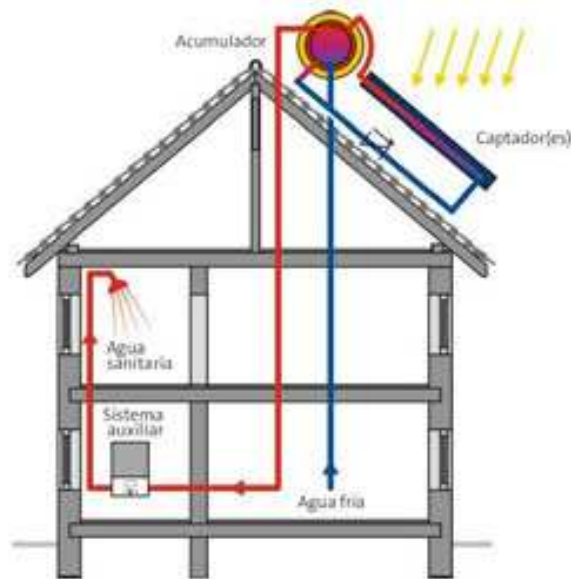
➤ **Circulación por termosifón.**

□ Como en el caso anterior, esta instalación solar térmica es muy típica porque presenta ventajas sobre la anterior, aunque también inconvenientes:

□ Es de circulación natural o termosifón. Puede ser de circuito indirecto (la que se esquematiza en el dibujo) o de circuito directo, solo válida en determinadas circunstancias de calidad del agua y sin riesgo de heladas.

□ Ventaja principal. Más sencilla y más barata.

□ Inconvenientes principales. Menos integrabilidad (y, por tanto, mayor impacto visual) al tener el depósito acumulador en las proximidades de los captadores y, normalmente, en el exterior. Menos durabilidad al ser menos controlable y poder ocurrir sobrecalentamientos en épocas de poca utilización y mucha radiación solar.

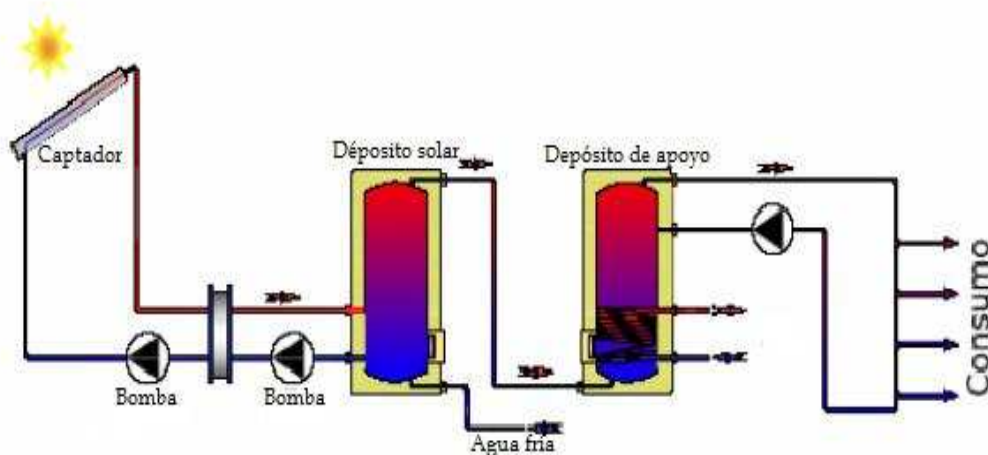


3.6.2 Posibles configuraciones en edificios de viviendas.

La creciente presencia de la energía solar térmica en el sector residencial ha provocado la adopción de esquemas de principio que, hasta el momento, no eran muy usuales en las instalaciones de energía solar térmica. Me refiero a una serie de sistemas integrales de producción de ACS en los que partiendo de una acumulación solar, centralizada o distribuida, llegamos a un sistema de apoyo energético, centralizado o distribuido.

3.6.2.3 Acumulación solar y sistema de apoyo centralizados

En esta tipología de instalación, el sistema de captación solar está ubicado en la cubierta del edificio, es comunitario, la acumulación solar y el sistema de energía auxiliar también es comunitario, y normalmente ubicado cerca del circuito de captación en una sala específica (sala de máquinas).



Esquema de instalación solar con acumulación solar centralizada y sistemas de apoyo individuales

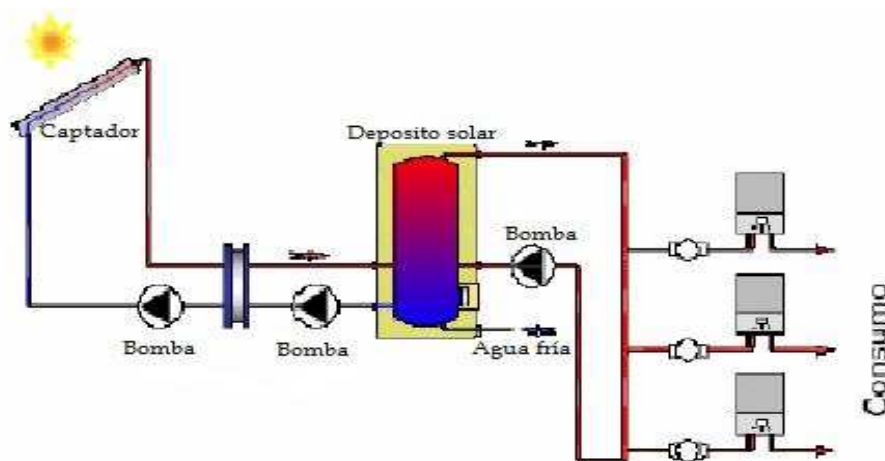
Este sistema de instalación tiene como mayores ventajas que se trata de una instalación única y compacta, por lo que se reduce al mínimo la superficie de captación y con ello tiene menor coste por viviendas.

Sin embargo, presenta dos problemas fundamentales, por un lado requiere de una mayor servidumbre de espacio común a utilizar, ya que debe disponer no sólo del espacio necesario para ubicar la acumulación solar, sino que también debe disponer del espacio para la acumulación del sistema auxiliar; por otro lado, este tipo de instalación presenta problemas a la hora de repartir el gasto entre los miembros de la comunidad de vecinos, pues es muy difícil distinguir, del gasto de agua caliente sanitaria, cuál ha sido generado con energía solar o con energía convencional. En cualquier caso debe considerarse, adicionalmente, que existe, según lo especificado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), la necesidad de instalar un contador de ACS por cada vivienda.

Los costes globales de esta instalación suelen ser elevados, sobre todo incluyendo el del espacio necesario para la ubicación de los depósitos de acumulación y auxiliares.

3.6.2.4 Acumulación centralizada y sistema de apoyo individual

En esta tipología de instalación, el sistema de captación solar está ubicado en la cubierta del edificio, es comunitario, la acumulación solar es comunitaria y el sistema de energía auxiliar es independiente por cada vivienda.



Esquema básico de instalación de acumulación centralizada y apoyo individual

Esta configuración podría considerarse la más adecuada para ser instalada en edificios de viviendas, tanto por su simplicidad y de bajo coste de instalación como por su rendimiento, desde el punto de vista del ahorro energético.

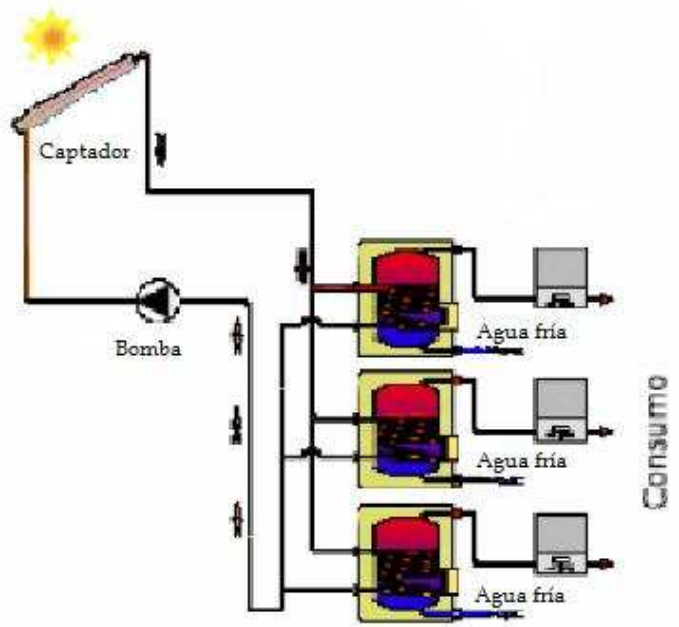
Otra ventaja sería la sencillez en el reparto de gastos por cada cliente, puede contabilizarse exactamente, la disponibilidad de agua caliente que

proviene de la energía solar térmica, lo que resulta fundamental a la hora de repartir los gastos de mantenimiento y operación de la instalación solar. Por ello, si se pretende hacer un reparto equitativo de los consumos en la vivienda, habría que instalar un contador de kilocalorías en cada vivienda.

Aun así esta tipología sigue requiriendo de cierta servidumbre de espacio colectivo en la vivienda, para la instalación del depósito de acumulación solar, si bien es cierto que precisa de muchísima menos superficie que en el caso anterior.

3.6.2.5 Acumulación y sistemas de apoyo individuales

En esta tipología, el sistema de captación solar está ubicado en la cubierta del edificio, es comunitario, la acumulación solar esta distribuida en cada vivienda con su propio sistema de energía auxiliar.



Esquema básico de instalación con acumulación y sistemas de apoyo individuales

Aunque no se requiere de espacio colectivo, ni para la acumulación solar ni para la acumulación auxiliar, si que es necesario disponer de un espacio adicional para la instalación de estos depósitos en el interior de la vivienda, si bien es cierto que podrían alojarse estos acumuladores en alguna zona común de cada planta que usualmente resulta desaprovechada (huecos en ascensores, paredes falsas...)

Además otro inconveniente agregado es que se dificulta muchísimo un control preciso de la instalación, en función del número de viviendas que se alimenten de la instalación solar.

En las tres tipologías comentadas, el rendimiento solar es correcto, pero la diferencia reside en:

- Sistema de facturación del agua comunitaria
- Sistema de facturación de la energía convencional
- Importe de la instalación
- Equilibrado y puesta en marcha

SISTEMA	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Sistema de facturación del agua comunitaria.	No	Si	Si
Sistema de facturación de la energía convencional.	Individual	Centralizada	Individual
Importe de la instalación.	Alto	Bajo	Medio
Equilibrado y puesta en marcha.	Complejo	Fácil	Fácil

3.7 Integración de los colectores térmicos en la edificación.

Una vez conocida la superficie aproximada de colectores necesarios para cubrir la demanda energética, en las condiciones indicadas en las diferentes normativas, hay que plantearse como y donde colocarlos.

En el presente proyecto trato el concepto de "integración" en un sentido global. Es fundamental que la captación solar se realice en condiciones óptimas de fijación y estructura pero además es importante que forme parte del edificio, no como un añadido final, porque lo exige la normativa, sino constituyendo un todo armónico, integrado y distinto de la suma de las partes que lo componen.

Por tanto, se pretende proporcionar ideas constructivas para que las instalaciones solares térmicas cumplan todas sus funciones para las que han sido diseñadas y a la vez que se planteen desde el inicio de la concepción del edificio y queden integradas en él, evitando de esa manera la proliferación de elementos claramente ajenos a las edificaciones que producen siempre efectos no deseados en el paisaje urbano.

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

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

La implantación de los captadores solares se realiza normalmente en la cubierta del edificio, que puede ser inclinada (normalmente con acabado de tejas) o plana. En general, la superficie de la terraza plana de un edificio de viviendas suele ser suficiente para la ubicación de los captadores solares, salvo en casos de edificios con un diseño singular o excepcionalmente elevados o con una exigencia de que la fracción solar anual sea muy elevada. La presencia y la distribución de casetas de escalera o ascensor y salidas de ventilación, chimeneas, antenas u otros elementos usuales en la cubierta de los edificios pueden reducir la superficie disponible para la ubicación de los captadores solares.

En el caso de tejados inclinados, las opciones son escasas y se limitan a la elección de la(s) vertiente(s) mejor orientada(s). En cualquier caso, debe preverse el acceso a los captadores solares con comodidad y, sobre todo, con seguridad para el personal de mantenimiento. En este sentido, la accesibilidad a los captadores en un tejado inclinado es más dificultosa.

La estructura y fijación de los captadores solares debe realizarse de forma que resistan las sobrecargas de viento y nieve. Se debe prestar especial atención en no dañar la impermeabilización ni dificultar el desagüe de la cubierta.

Algunos fabricantes y/o distribuidores de captadores solares disponen de soluciones para la fijación de captadores solares en cubiertas inclinadas, de forma que las tejas no se vean afectadas.

Sobre cubierta plana, una solución frecuente consiste en fijar las estructuras de soportación de los captadores solares empotradas o atornilladas sobre bancadas de hormigón situadas por encima de la capa de impermeabilización.

En cualquier caso, debe tratar de evitarse cargas puntuales concentradas que pudieran deteriorar la impermeabilización.

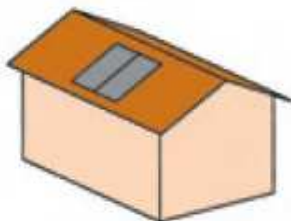
De forma general, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Para evitar filtraciones, se debe tratar evitar traspasar la cubierta del edificio con el anclaje, siendo preferible la construcción de muretes o bancadas de hormigón sobre los que se anclarán las estructuras.
- La estructura de soportación y su sistema de fijación y anclaje a la cubierta permitirán las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o del sistema hidráulico.
- Los puntos de sujeción serán los suficientes para evitar flexiones en el captador superiores a las indicadas por el fabricante.
- Todos los componentes de la estructura de soporte, incluida la tornillería, deben ser aptos para ser instalados a la intemperie.
- La distancia entre grupos de captadores situados en línea será suficiente para permitir la ejecución de las conexiones entre tuberías y captadores y la instalación de elementos necesarios de reglaje y control.

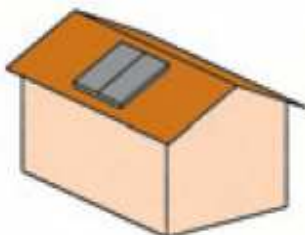
A continuación describo algunos de los aspectos más importantes para entender mejor el concepto de "integración" del que se habla en este proyecto.

3.7.1 Tipos de integración.

3.7.1.1 Muy integrado

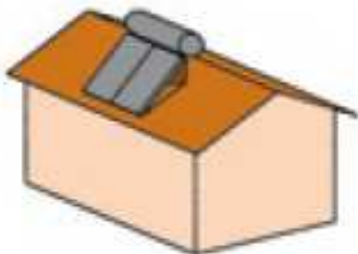


En general y para cubiertas inclinadas los captadores solares estarán integrados o apoyados en la cubierta, coincidiendo por tanto el ángulo de inclinación con el del faldón de la cubierta donde se ubique.

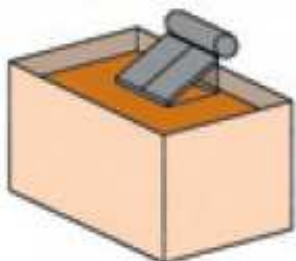


Igualmente los captadores tendrán la misma orientación. El acumulador no será visible, debiendo permanecer oculto (bajo cubierta, en un patio, etc.)

3.7.1.2 Integrado

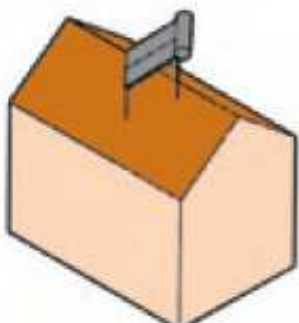


Para este tipo se distinguen dos casos: cubierta inclinada (tejado) o cubierta horizontal o plana (azotea). Para tejados, se exige al menos que la orientación de los captadores coincida con la del faldón de cubierta donde se apoya. Igualmente los apoyos de la instalación no deben sobrepasar los límites de dicho faldón. En este caso, el acumulador puede estar a la vista (en la configuración de termosifón) pero debe ser horizontal, que pasa más desapercibido que uno vertical.



Para cubiertas planas tenemos por un lado, cubiertas con antepecho igual o superior a 0.95m, donde se entiende que éste oculta la instalación en gran parte: por otro lado cubiertas sin pretil o éste inferior a 0.95m, donde se ha optado por exigir una distancia mínima variable (en función del número de plantas) de la instalación al borde del edificio donde apoya, de forma que la instalación también quede en parte oculta.

3.7.1.3 No integrado



Engloba todos los casos restantes. Se entiende que serán aquellos en los que la instalación será muy visible y quede poco armónica con las líneas principales del edificio.

Justificadamente y de forma excepcional, si la configuración elegida de la instalación no se ajusta a algunos de los tipos vigentes, podrá solicitarse la calificación como Tipo 1 o Tipo 2.

3.7.2 Formas de colocación de los captadores

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

3.7.2.1 Superpuestos

- Sobre estructura auxiliar con distinta inclinación que el soporte.

Suele emplearse este sistema para la colocación sobre fachadas o en cubiertas planas para conseguir el grado de inclinación óptimo del captador.

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

- Sobre estructura auxiliar con la misma inclinación que el soporte.

Es una solución adoptada en cubiertas inclinadas e interesante desde el punto de vista funcional porque se propicia la evacuación de calor por la parte trasera de la carcasa de los captadores.



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

Foto: Colocación sobre estructura auxiliar en fachada.

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



Foto: Sustitución de teja para colocación.

- Directamente anclados sobre el soporte.
Se emplea generalmente en el caso de superposición , posiblemente por ser la más sencilla a la hora de ejecutar la obra, aunque no es, evidentemente, la más satisfactoria, desde el punto de vista funcional y estético.

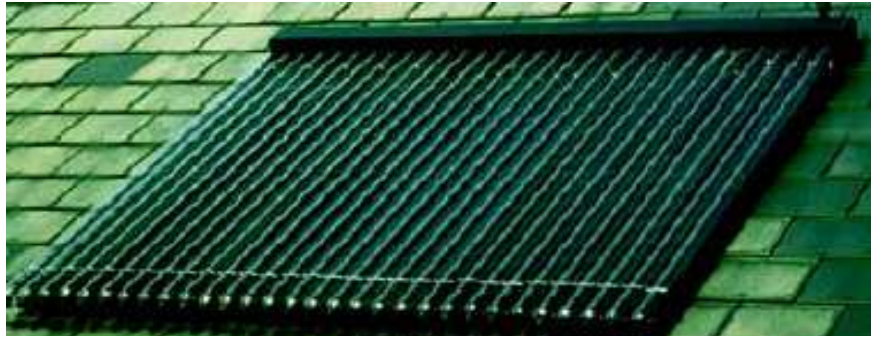


Foto: Captador anclado al soporte (cubierta de pizarra, en este caso)

3.7.2.2 Embebidos, sustituyendo al propio elemento constructivo

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

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



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

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

3.7.2.3 Exentos

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

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



3.7.3 Emplazamiento de los colectores solares.

3.7.3.1 Sobre suelo o pérgolas

El apoyo de la estructura soporte directamente sobre el suelo o encima de una cochera, pérgola, etc., puede resultar una solución adecuada y económica. Los espacios libres bajo el campo de captadores suelen usarse con frecuencia para otros usos como, por ejemplo, refugio para bicicletas, tendederos para ropa, etc. No obstante, hay que tener siempre en cuenta la posibilidad de daños por vandalismo, como puede suceder en cualquier lugar público accesible



3.7.3.2 Sobre cubierta inclinada

Cuando los captadores se montan sobre una cubierta inclinada, su ángulo de inclinación suele ser el mismo que el de ésta. Mientras el ángulo de inclinación esté comprendido entre 20° y 50°, la disminución del aporte solar anual será casi siempre inferior al 5% con respecto al óptimo.

La elección de la inclinación depende también de la aplicación en concreto y de las condiciones climáticas locales. Un sistema de apoyo a la calefacción, por ejemplo, necesita un ángulo de inclinación mayor que un sistema de A.C.S.

En el montaje sobre cubierta inclinada, los captadores solares se sujetan firmemente a la estructura soporte por medio de ganchos para tejado y perfiles de montaje, dejando un espacio de unos pocos centímetros entre los captadores y la propia cubierta. Solo es necesario manipular la cubierta en fase de montaje de los ganchos, quedando ésta, una vez concluida esta operación, en el mismo estado de impermeabilidad en el que se encontraba. El peso del captador actúa como carga adicional sobre la estructura de la cubierta.

Este tipo de montaje requiere menos trabajo en comparación con otros métodos de sujeción, razón por la cual es más económico. Asimismo, los captadores podrán sustituirse con facilidad en caso necesario. No obstante, la impresión visual resulta menos atractiva que cuando éstos se integran como parte de la propia cubierta.

Los captadores solares integrados en la cubierta se montan directamente sobre el encofrado o los listones de la misma. Visualmente, el captador parece ser una parte integrante de la cubierta, estando rodeado por un marco que lo sujeta de forma similar a una claraboya.

Las tejas o cualquier otro tipo de recubrimiento se desplazan de su lugar preestablecido o, en el caso de un edificio nuevo, se suprimen por completo. Como los captadores solares son, por lo general, menos pesados que el recubrimiento normal, no suelen surgir problemas de carga estática. Los costes de mano de obra inherentes a esta solución son sustancialmente mayores que en el caso de una instalación sobre cubierta; sin embargo, estéticamente supone una mejora.



Ejemplo de superposición (izquierda) e integración (derecha) en cubierta inclinada.

3.7.3.3 Sobre cubierta plana

En el caso de que el montaje se lleve a cabo sobre cubierta plana, se podrá obtener el ángulo de inclinación óptimo de los captadores solares mediante el empleo de una estructura soporte adecuada. El espacio mínimo que se deja entre las filas de los captadores con el fin de evitar el

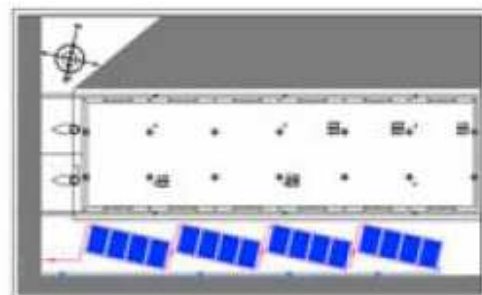
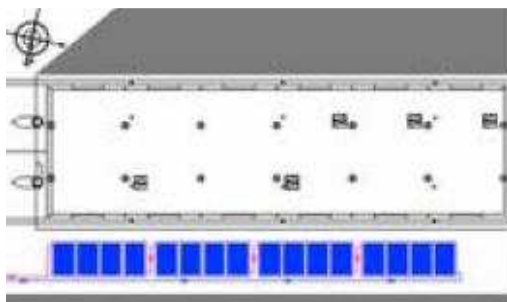
sombreado provocado por las filas posteriores, depende del ángulo de inclinación de los mismos y del lugar de ubicación (altura del Sol mínima). Como criterio para determinar la distancia mínima entre las filas se suele considerar que al mediodía del solsticio de invierno no haya sombras en los captadores. El solsticio de invierno tiene lugar el 21 de diciembre en el hemisferio norte y el 21 de junio en el hemisferio sur.

Al determinar la superficie disponible en la cubierta hay que tener presente un margen alrededor de 1,5m en todos los bordes de la misma, con el fin de facilitar el acceso para mantenimiento y reparación. Además, este margen disminuye las cargas de viento, ya que pueden producir fuertes ráfagas en las proximidades de los bordes, evitándose así el peligro de desprendimientos (por ejemplo, de trozos de vidrio rotos).

Según las condiciones climáticas locales, es importante que se tomen medidas para que la nieve pueda deslizarse sin impedimento por los captadores. Es, por tanto, recomendable dejar un espacio suficiente entre el borde inferior de los captadores y la cubierta.



Existen dos posibilidades básicas de colocación de los captadores, situándolos paralelos a fachada (fachada orientada al S-E) dando prioridad a los condicionantes de orden estético o priorizando la orientación óptima para garantizar las condiciones de aprovechamiento solar.



Sobre cubierta plana paralelos a fachada (izquierda) u orientados al sur (derecha)

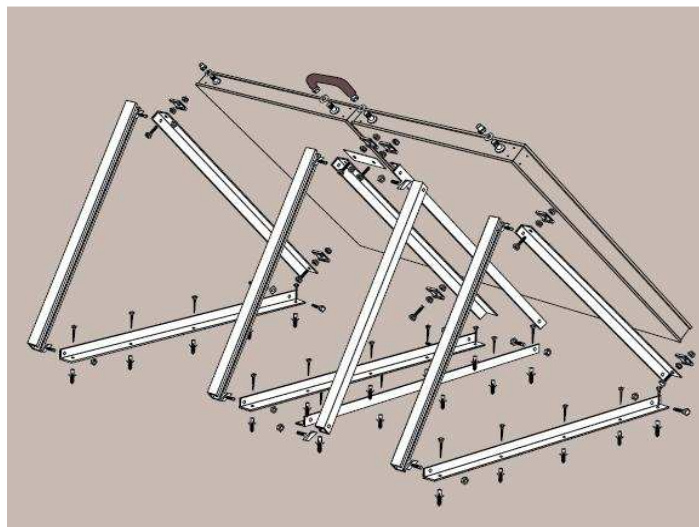
Las estructuras soporte, necesarias para dar el ángulo de inclinación óptimo al captador, deben cumplir la función de aportar sujeción y rigidez al campo de captadores solares, propiciando, en la medida de lo posible, la integración de los equipos solares en la edificación.

En cuanto al diseño, deberán cumplir la norma ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4, principalmente en el apartado dedicado a las cargas de viento y nieve que deba soportar. Debe permitir las dilataciones térmicas que sean necesarias, sin transmitir que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

En cuanto a la construcción, deberán estar realizadas con materiales que soporten las agresiones del medioambiente, siendo el material más empleado el galvanizado en caliente.

Es esencial que los elementos de fijación de los captadores y los elementos de la propia estructura no produzcan sombra sobre los captadores.

Deben proveerse los puntos de apoyo en cantidad suficiente y en posición correcta, de modo que nunca se sobrepasen los valores de flexión máxima preescritos por el fabricante.



Despiece de estructura soporte tipo formada por perfiles de acero normalizado.

3.7.3.4 Montaje en fachada

En latitudes medias, la irradiación anual sobre una superficie vertical equivale a un 60% o 65% de la correspondiente a una superficie con inclinación óptima. Si por razones de estética, o por falta de otras superficies adecuadas, se debe efectuar el montaje en fachada, se debe contar con la reducción correspondiente del aporte solar anual.

Este supuesto es, posiblemente, el más complejo y el que menos posibilidades brinda para la integración de los captadores. Evidentemente solo son aprovechables fachadas orientadas al sur o desviadas de esta orientación entre 20°-22° máximo, hacia el Este u Oeste.

Además tanto la solución embebida como la superpuesta precisan de paños ciegos de cierta entidad, al estar los captadores inclinados 90° respecto a la horizontal, por lo que suelen ser muy bien aprovechados los testeros ciegos bien orientados , si bien estas características no son, ciertamente, habituales.

Lo habitual es que la instalación de los captadores sobre fachada suele estar condicionada por la ubicación de ventanas o balcones, es posible que se originen costes relativamente altos en relación con el tendido de las tuberías.

Los captadores planos pueden instalarse con un ángulo diferente al de la fachada, sirviendo de esta manera, por ejemplo, de elementos de sombra, de parapeto de balcón o de antepecho de terrazas. Asimismo, se pueden integrar completamente en la fachada, sin embargo, los captadores integrados pueden reducir, pero no sustituir, el aislamiento térmico necesario para la misma. Además, pueden reemplazar a los elementos decorativos de la fachada, llevando a una reducción de costes.



3.7.3.5 Montaje especial: sistemas por termosifón prefabricados

La instalación de los sistemas por termosifón prefabricados representan un caso especial. Una unidad prefabricada típica consiste en uno o más captadores con el acumulador montado en posición horizontal en la parte superior. El peso de la unidad completa es relativamente elevado, precisamente el acumulador, con un peso relativo de entre, aproximadamente, 50kg y 125kg por m² de área de captación. Una de las desventajas de estos sistemas es que suelen causar un importante impacto visual negativo.

- Montaje en cubiertas planas.

El montaje más sencillo y común se realiza en terrazas planas o azoteas, a las que se debe poder acceder con facilidad. Los sistemas por termosifón son más apropiados para usar en climas moderados con cortos períodos de heladas, o carentes de ellos. La instalación es, en general, sencilla de efectuar, conectándose fácilmente al suministro de red convencional, ya que los depósitos de agua suelen colocarse habitualmente sobre la cubierta. Debido al propio peso del equipo, no se necesitan anclajes para efectuar la sujeción en la cubierta, aunque, lógicamente, ésta deberá ser capaz de aguantar la carga adicional.



- Montaje en cubiertas inclinadas.

El montaje del conjunto de acumulador y captador sobre una cubierta inclinada exige, en primer lugar, que ésta sea capaz de aguantar la carga adicional. La colocación del acumulador por encima de la cubierta requiere una estructura soporte fiable, la cual, al mismo tiempo, no debe afectar a la impermeabilidad de dicha cubierta.

La ubicación del acumulador por bajo la cubierta ofrece una alternativa para la integración de un sistema por termosifón. Para lograr mantener la circulación, es esencial asegurar una inclinación mínima de tuberías entre captador y acumulador. Por tal motivo, se requiere suficiente espacio en el desván por encima del captador. Este tipo de montaje no se puede llevar a cabo, por ejemplo, en el ático.

3.7.4 Propuestas de soluciones constructivas

Se desarrollan a continuación una serie de soluciones constructivas como propuestas de las adecuadas necesarias a tener en cuenta en los soportes donde se van a integrar los diferentes equipos, ya sean viviendas de nueva planta o existentes.

Las propuestas que aquí se presentan pretenden ofrecer unas soluciones que reúnan tanto la simplicidad y eficacia desde un punto de vista constructivo, como el menor impacto estético en la vivienda.

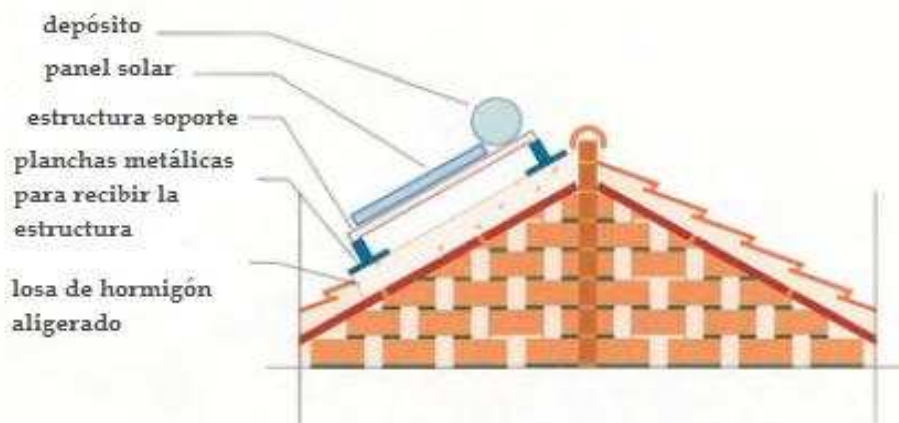
3.7.4.1 En edificios de nueva planta

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

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

Solución constructiva A:

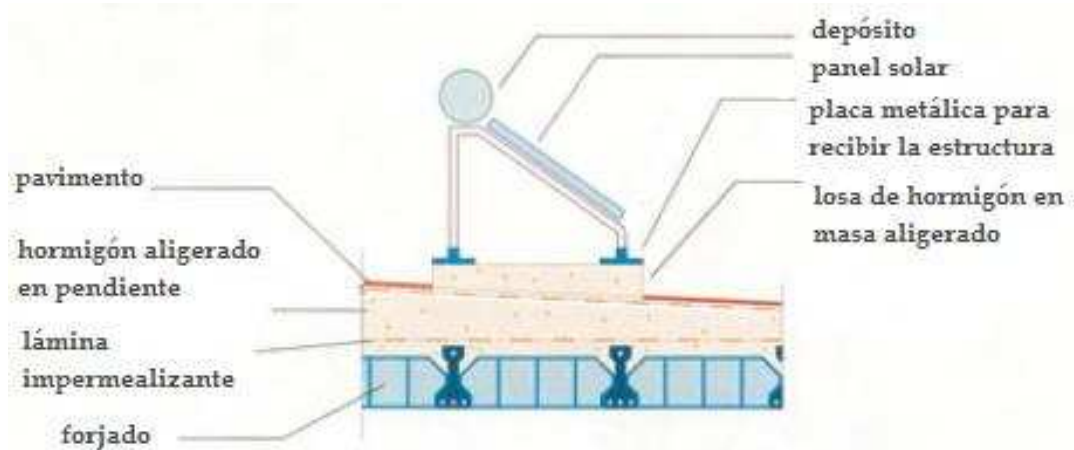
Solución para vivienda de nueva planta, consistiendo en la realización de una pequeña bancada de hormigón sobre la que se fija el soporte metálico donde apoya el equipo solar. Es importante la impermeabilización de la solera de hormigón.



Propuesta de solución para cubierta inclinada con faldón orientado al sur en obra de nueva planta.

Solución constructiva B:

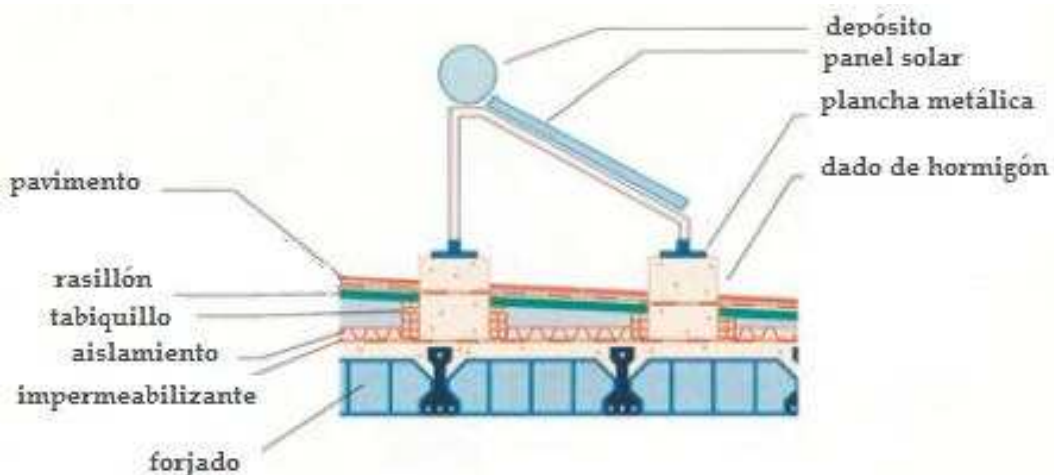
En este caso la cubierta se construye a la vez que se monta la instalación. Se realizará una pequeña bancada por encima de la impermeabilización, no interviniendo en ella y de esa forma asegurar la no aparición de posibles problemas de humedades.



Propuesta de solución constructiva para cubierta plana no ventilada en obra de nueva planta.

Solución constructiva C:

Si el equipo va instalado sobre cubierta plana ventilada será necesario preparar unos apoyos mediante dados de hormigón (hormigonados en dos fases con membrana impermeabilizante interpuesta en la junta de hormigonado) para la sujeción de las patas del soporte metálico del equipo, asegurando convenientemente la impermeabilización tal y como se refleja en el detalle gráfico.



Propuesta de solución constructiva en el caso de cubierta plana ventilada en obra de nueva planta.

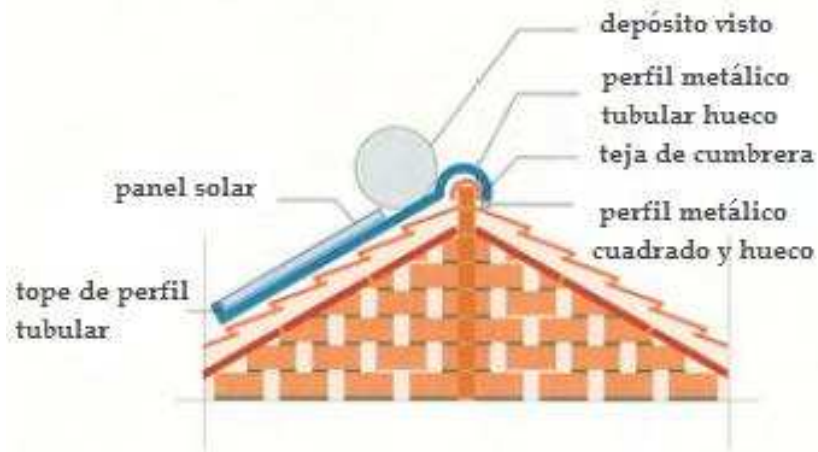
3.7.4.2 En edificios existentes

En la edificación existente la integración de cualquier elemento ajeno, en principio, a la concepción primitiva del edificio, es un planteamiento no excesivamente diferente al caso de la edificación de nueva planta, pero presenta lógicamente parámetros de partida en las que el proyectista no ha

intervenido (la edificación pre-existente) y que tiene que tener en cuenta a la hora de plantear su intervención.

Solución constructiva D:

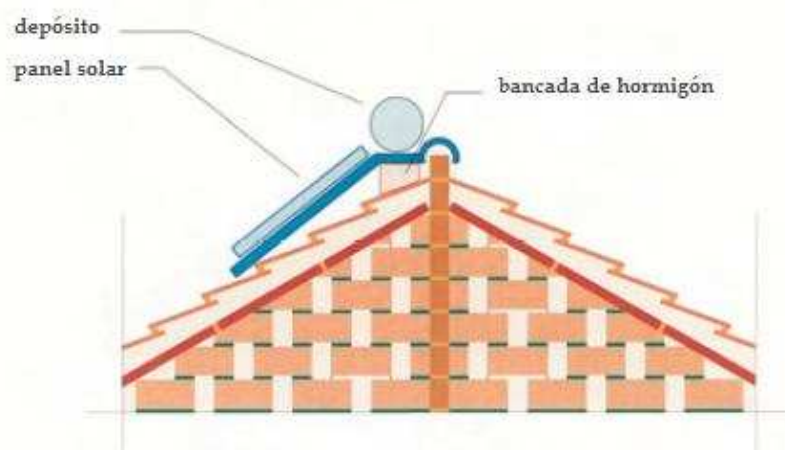
Estructura de perfiles metálicos que se apoya sobre las tejas y a su vez se "cuelga" de la cumbrera, atornillándose a un perfil que se fija previamente a la misma.



Propuesta de solución para cubierta inclinada con faldón orientado al sur.

Sistema constructivo E:

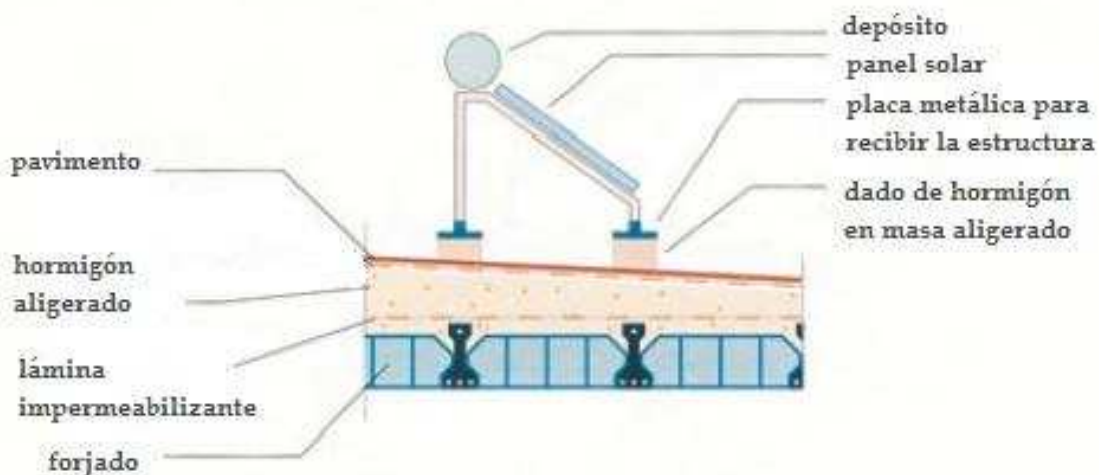
Solución para vivienda construida previamente al montaje de la instalación. Se preparará una bancada de hormigón junto a la cumbrera. Esta bancada servirá de apoyo al depósito y de la estructura de sujeción.



Propuesta de solución para cubierta inclinada con faldón orientado al sur en edificio construido.

Sistema constructivo F:

En el caso de que la cubierta plana horizontal (azotea), esté construida previamente al montaje de la instalación sólo cabe como solución de montaje colocar dados de hormigón que repartan la carga (fundamentalmente del depósito)

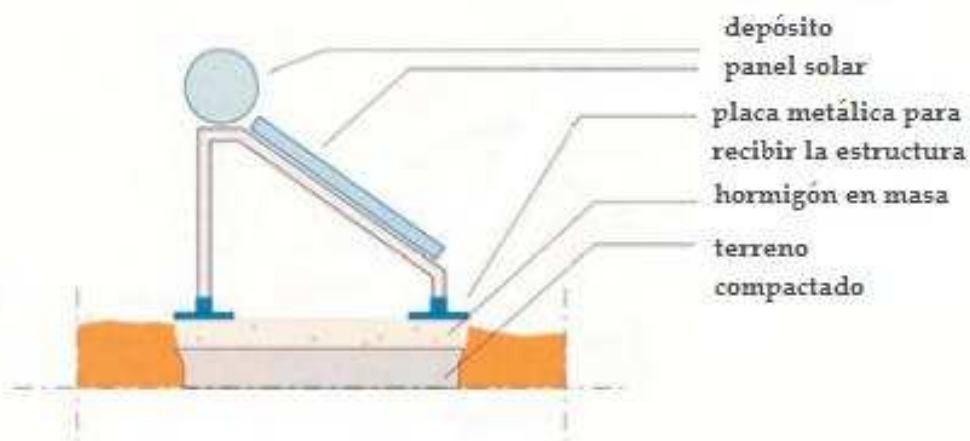


Propuesta de solución constructiva para cubierta plana ya construida.

3.7.4.3 Sobre terreno

Sistema constructivo G:

Si el equipo lo situamos en espacio exterior a la vivienda. Como puede ser un jardín, es necesario consolidar correctamente la base donde se va a apoyar. Para ello se compactará y consolidará convenientemente el terreno antes de la ejecución de la bancada.



Propuesta de solución para implantación de equipo solar sobre terreno.

Estas soluciones contractivas deben regirse por la normativa vigente, y es interesante recordar algunos puntos de esta normativa de obligado cumplimiento que afectan directamente a estas propuestas de integración de los captadores solares en la edificación.

1. NBE AE-88 Acciones en la edificación

Son de destacar los capítulos que siguen:

- Capítulo II Acciones gravitatorias
- Capítulo III Cargas de uso
- Capítulo IV Sobrecargas de nieve
- Capítulo V Acciones del viento

• *Estos capítulos hacen referencia al cálculo de las cargas producidas por el efecto del peso (acciones gravitatorias), del viento y la nieve. Se recuerda que el punto 21.9 de las Especificaciones Técnicas obliga a dimensionar el anclaje del equipo de forma que resista las cargas producidas por estas acciones.*

2. NBE QB 90 Cubiertas con materiales bituminosos

Son de destacar los capítulos y artículos que siguen:

- Artículo 4.4.8 Anclaje de elementos, del capítulo 4, Ejecución de la cubierta.

• *Debe evitarse que los anclajes y los apoyos de elementos tales como barandillas o mástiles, atraviesen la impermeabilización, para lo que deben fijarse preferentemente sobre parámetros o sobre bancadas apoyadas en el pavimento, por encima de la impermeabilización.*

- Capítulo 6 Utilización y mantenimiento de las cubiertas.

• *No debe recibirse sobre la cubierta elementos tales como antenas, mástiles, etc., que perforen la impermeabilización o el aislamiento o que dificulten el desagüe de la cubierta.*

• *Cuando en la cubierta del edificio se sitúen, con posterioridad a su ejecución, equipos de instalaciones que necesiten un mantenimiento periódico, deben disponerse las protecciones adecuadas en sus proximidades para que en el desarrollo de dichas operaciones no se dañe la impermeabilización.*

En las cubiertas no transitables debe ponerse especial atención para que los equipos móviles de mantenimiento sólo circulen por zonas previstas.

3. NBE FL-90 Muros resistentes de fábrica de ladrillo.

Es de destacar:

- Capítulo 5. Cálculo de muros.

• Es norma de buena construcción no anclar o sostener elementos de peso en muros de espesor inferior a 12 cm construido con ladrillo macizo (citara) ni de altura superior a 3 metros. En cualquier caso es preciso consultar la Norma y realizar un estudio, así como utilizar soluciones constructivas seguras.

- Apartado 2.2.1 Instalaciones del Anexo 2, Condicionantes del medio.

• En el mencionado apartado al hablar de las instalaciones de fontanería se llama atención en las bombas de circulación, que pueden generar niveles de ruido y transmitir vibraciones por las canalizaciones, estructura y el propio fluido.

5. Impacto ambiental.

Los impactos ambientales principales son los siguientes:

Impacto en el paisaje.

La implantación en el paisaje de la instalación solar, por ser un elemento de barras y volúmenes de colores fuertes que se superpone a la cubierta, puede ser en algunos casos de gran impacto visual, es necesario disminuir este impacto.

• En este aspecto las normativas más restrictivas suelen ser las ordenanzas municipales. Estas normativas pueden variar dependiendo de cada municipio por lo que conviene consultar a la Administración Local.

Impacto acústico.

En el caso de que existan bombas de recirculación es preciso tener en cuenta la mencionada normativa NBE CA-88 de condiciones acústicas.

3.7.5 Ejemplo de integración. Formulación de hipótesis.

Se considera que se va a instalar un equipo de energía solar en una vivienda de varias plantas con alturas y cubiertas diferentes, situada en una

parcela entre medianeras con patio trasero, la vivienda es más alta que las colindantes.

El proceso de análisis que nos permite definir la vivienda y tener una opinión metódica sobre ella, es la siguiente:

1. Altura: Variable, una, dos y tres plantas.

2. Orientación: Se han considerado cuatro hipótesis en este ejemplo.

3. Tipos de cubierta: Cubierta de pabellón a cuatro aguas.
Tejado inclinado de tejas cerámicas.
Azotea transitable.

4. Lindes: Adosada con otras viviendas en 2 de sus lindes.

5. Accesibilidad: La azotea es accesible.
Los tejados no son accesibles en la situación actual.

6. Partes vistas y ocultas: La altura de la vivienda y la estrechez de la calle impiden cualquier visión desde la misma, salvo la cubierta del pabellón.

7. Sombras: El patio trasero se considera nulo para la instalación.

8. Estilo arquitectónico: Adosado tipo tradicional.

9. Exposición al viento: Por tratarse de un núcleo de población y estar abrigado con otras viviendas no se considera que la situación pueda ser expuesta.

10. Núcleos húmedos: Están situados en las dos plantas.

11. Forjados: Unidireccional de viguetas con bovedillas de hormigón.

12. Paredes: Exteriores: cerramiento con cámara de aire
Interiores: tabiquería ordinaria.

Del conjunto de datos que hemos extraído de la observación de la vivienda, su entorno y su sistema constructivo, voy a realizar cuatro hipótesis de orientación que a su vez nos permitirán adoptar varias soluciones en cada caso.

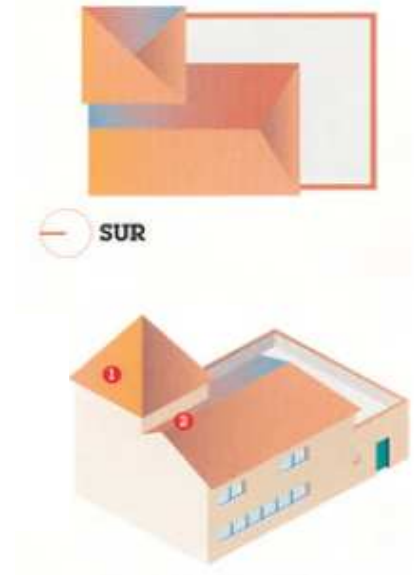
✕ ORIENTACIÓN 1:

SOLUCIONES:

Solución 1: Situar el sistema en la cubierta del pabellón

VENTAJAS

- Soleamiento permanente
- Sencillez de montaje para captador inclinado



INCONVENIENTES

- Dificultad de la instalación
- Dificultad de mantenimiento (inaccesibilidad)
- Impacto en el paisaje moderadamente negativo
- A mayor altura mayor acción del viento

Solución 2: Situar el sistema en el tejado formando 90 grados con la limateza, fuera de la zona de sombra del torreón.

VENTAJAS

- Mayor facilidad de instalación
- Mayor facilidad de realizar el mantenimiento

INCONVENIENTES

- Dificultad de implantación ya que es preciso construir apoyos
- Es necesario construir algún sistema de acceso para mantenimiento
- Impacto en el paisaje muy negativo

CONCLUSIÓN A LA HIPÓTESIS DE ORIENTACIÓN Nº1:

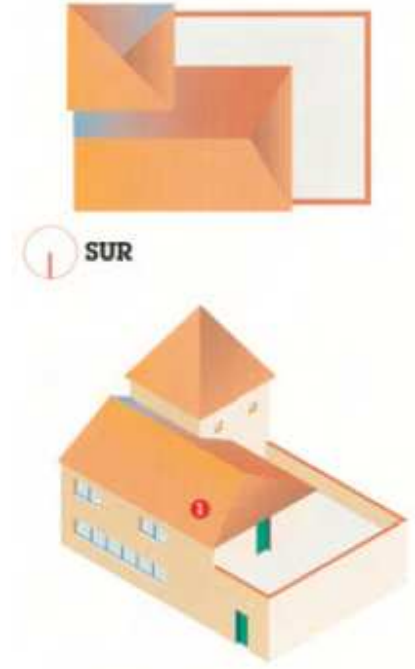
La forma y orientación de la vivienda hacen que no exista una buena solución de implantación, ya que en las dos soluciones que se han estudiado se producen problemas tanto de implantación como de mantenimiento e impacto ambiental.

✘ ORIENTACIÓN 2:

SOLUCIONES:

Solución 1: Situar el equipo en el faldón del tejado.

En este caso de orientación no es necesario más que considerar esta hipótesis, que consiste en situar el sistema en el faldón del tejado con orientación sur lo más próximo posible a la fachada este para su fácil accesibilidad de mantenimiento.



✘ ORIENTACIÓN 3:

SOLUCIONES:

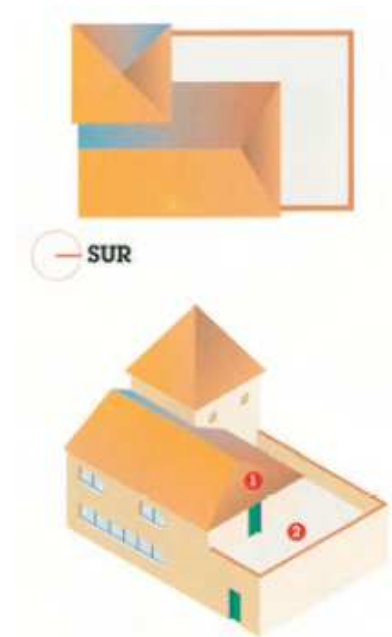
Solución 1: Situar el equipo en el faldón sur de cubierta

VENTAJAS

- Soleamiento permanente
- No se ocupa espacio

INCONVENIENTES

- Dificultad de mantenimiento y conservación
- La superficie del faldón es pequeña



Solución 2: Situar el sistema en la azotea

VENTAJAS

- Completa facilidad de instalación
- Completa facilidad para realizar el mantenimiento
- Impacto nulo

INCONVENIENTES

- Se pierde espacio en la azotea

CONCLUSIÓN A LA HIPÓTESIS DE ORIENTACIÓN N°3:

La situación en la azotea si no se produce una pérdida de espacio que conlleve otros inconvenientes me parece siempre mejor solución, tanto de cara a la colocación como al mantenimiento y al impacto ambiental, en este caso si el sistema se coloca en el faldón, es fácil acceder desde la azotea con una escalera adecuada por qué también sería visible.

✂ ORIENTACIÓN 4:

SOLUCIONES:

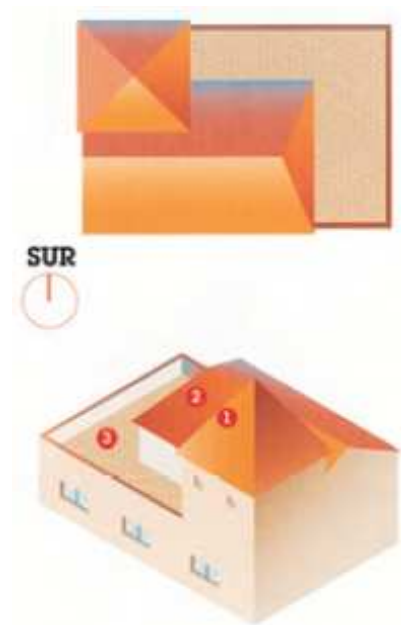
Solución 1: Situar el sistema en la cubierta del pabellón

VENTAJAS

- Soleamiento permanente

INCONVENIENTES

- Dificultad de la instalación
- Dificultad de accesibilidad
- Impacto en el paisaje moderadamente negativo
- A mayor altura, mayor acción del viento



Solución 2: Situar el sistema en el faldón sur de la cubierta

VENTAJAS

- Soleamiento permanente
- No se ocupa espacio

INCONVENIENTES

- { Dificultad de accesibilidad

Solución 3: Situar el sistema en la azotea.

VENTAJAS

- { Completa facilidad de instalación
- { Completa facilidad para realizar el mantenimiento
- { Impacto nulo

INCONVENIENTES

- { Se pierde espacio en la azotea

CONCLUSIÓN A LA HIPÓTESIS DE ORIENTACIÓN N°4:

De forma similar a los casos estudiados con anterioridad, rechazo la situación en la cubierta de pabellón y considero que la situación en la azotea si no se produce una pérdida de espacio que conlleve otros inconvenientes es mejor solución tanto de cara a la colocación como al mantenimiento y al impacto ambiental, en este caso si el sistema se coloca en el faldón, es fácil acceder desde la azotea con una escalera adecuada por lo que también sería visible.

3.8 Ahorro y eficiencia energética

3.8.1 Ahorro y rentabilización de una instalación solar térmica

La inversión inicial de un sistema solar térmico será mayor frente al años de vida de la instalación será irrelevante comparado con del de compra de combustible o energía eléctrica, reparaciones, mantenimiento, etc. asociado al sistema convencional. Así, la instalación de energía solar resulta económicamente más ventajosa, ya que toda la energía que obtengamos del Sol con los captadores solares térmicos, nos la ahorraremos de producirla (quemando combustible en una caldera) o consumirla (de la red eléctrica de distribución).

La energía proviene del Sol; por tanto, lo que supone un desembolso extraordinario es la adquisición y montaje de la instalación; no obstante, esta inversión se compensará con creces en pocos años. Desde el mismo momento en que pongamos en marcha nuestra instalación solar, la factura del gas o la electricidad destinada a la producción de agua caliente sanitaria bajará. Esto se traduce en ahorros medio de entre unos 75 a 150 euros al año en una economía familiar, en función del combustible que se sustituya.

De esta forma, una instalación de energía solar acaba rentabilizándose a lo largo de los años, ya que el ahorro energético que produce se materializa en ahorro económico, el cual permite amortizar el coste de la instalación. Esta amortización puede oscilar entre los 5 y 12 años dependiendo de varios factores:

- tamaño de la instalación
- ayudas obtenidas a fondo perdido
- lugar donde se instale (mayor o menor radiación)
- mayor o menor necesidad del usuario

En el caso de colocar estas instalaciones en viviendas de nueva construcción o rehabilitación, la amortización se puede considerar instantánea, ya que el incremento que representa en el precio total de la vivienda es muy pequeño; el importe que se paga por ese mayor costo en un préstamos hipotecario cada año es inferior al importe en euros que supone el menor gasto de gas o gasóleo.

Durante los últimos años las instalaciones de energía solar térmica no han experimentado una alteración sustancial de precios, ni es previsible que lo hagan en los próximos años. Las posibles rebajas en este tipo de instalaciones pueden venir motivadas, por las mejoras en el proceso de fabricación de los captadores solares, o por una disminución de los precios de venta al público como consecuencia del crecimiento de mercado.

El coste de implantación de la energía solar térmica es variable en función de múltiples factores, como pueden ser:

- tipo de aplicación (ACS, piscinas, climatización, refrigeración...)
- tamaño de la instalación
- tecnología utilizada (captadores planos o de vacío)

- instalación en vivienda de nueva construcción o edificio existente

Con el objetivo de tomar un valor de referencia, en este proyecto me centraré en el coste de la energía solar de baja temperatura para el suministro de agua caliente sanitaria: la aplicación más extendida en todo el mundo y la que cuenta con mayor potencial a corto plazo.

El precio varía según sea una instalación individual o colectiva. Por lo general, el precio medio de una instalación de placa plana oscila entre los 600 y 900 euros por metro cuadrado; este precio disminuye a medida que la instalación solar precise de más de superficie de captación o bien se trate de una vivienda nueva donde su incorporación vendrá integrada en el diseño del proyecto.

El tamaño de una instalación dependerá de la demanda de agua caliente sanitaria y de la zona geográfica en la que nos encontremos. A modo de ejemplo, podríamos decir que una vivienda familiar necesitará entre 2 y 4m² de superficie de captación solar, mientras que una comunidad de vecinos deberá instalar entre 1,5 y 3 m² por familia para configuraciones de sistemas centralizados.

No obstante, a la hora de emprender un proyecto de energía solar es preciso hacer un estudio previo de la demanda energética de la vivienda, hotel, polideportivo, etc., para poder dimensionar el sistema solar que mejor de adapte a las necesidades del edificio en todo momento.

Teniendo en cuenta todas estas variables, podemos asegurar que con los programas de ayudas existentes en las diferentes administraciones, una instalación de energía solar para agua caliente sanitaria viene a costar alrededor de 1.200 euros por vivienda; el valor aproximado de una televisión de plasma o algunos de los electrodomésticos que utilizamos habitualmente en el hogar.

CASO TIPO I	EQUIPO PREFABRICADO EN VIVIENDA UNIFAMILIAR
Superficie de captación	2 m ²
Producción energética	1.245 te/año
Inversión unitaria por m ² captador (2006)	676 €/m ²
Ahorro estimado según energía sustituida	75 €/año para Gas 100 €/año para Gasóleo C 137 €/año para Electricidad
Gastos de operación y mantenimiento	15 €/m ² año. 2,20% sobre inversión

CASO TIPO II

INSTALACIÓN POR ELEMENTOS EN COMUNIDAD DE VECINOS

Superficie de captación	38 m ²
Producción energética	21.300 te/año
Inversión unitaria por m ² captador (2006)	591 €/m ²
Ahorro estimado según energía sustituida	1.278 €/año para Gas 1.704 €/año para Gasóleo C
Gastos de operación y mantenimiento	10,6 €/m ² año. 1,80% sobre inversión

Ejemplos de instalaciones solares para viviendas unifamiliares y comunidad de vecinos

Existe la falsa creencia de que la energía solar no sería rentable sin las ayudas que ofrece el Estado, las comunidades autónomas, o algunas corporaciones locales. En la actualidad todas las fuentes de energía, tanto las renovables como las tradicionales, están subvencionadas de una forma u otra. Y es que pocas veces se tienen en cuenta los costes externos asociados a las energías convencionales o su impacto ambiental, que tarde o temprano acabamos pagando todos; ya sea a través de gastos en la salud, en compras de derechos de emisiones contaminantes o en desastres ambientales de muy diversa índole.

Además, la energía solar es rentable en sí misma. Lo único que se pretende actualmente es promover el uso de esta fuente de energía mediante ayudas públicas que la hagan aún más atractiva. No olvidemos que el fomento de las energías renovables figura entre los objetivos primordiales de la política energética de nuestro país y de la Unión Europea. ¿La razón? Las ventajas en materia de medio ambiente y la necesidad de diversificar nuestras fuentes de energía ante posibles crisis de suministro.

3.8.2 Edificación energéticamente eficiente.

Desde la década de los 70, durante la crisis del petróleo, hasta hoy se han planteado diversas respuestas al porque un edificio debe tener un menor consumo. Hoy no solamente tomamos en cuenta la escasez de recursos naturales renovables, sino que también se toman en cuenta aspectos tales como emisión de CO₂ a la atmósfera, residuos contaminantes de fabricación y utilización difíciles de degradar, mejoras en el confort higrotérmico en el interior de la vivienda y aumento de la vida útil de la misma.

Debemos tomar conciencia que la mayoría de los edificios que diseñemos hoy, seguramente estarán en pie dentro de 50 años. Para esa época una nueva realidad permitirá a los profesionales de entonces diseñar sus edificios en una forma más eficiente, pero es nuestra responsabilidad como profesionales contemporáneos, ser lo suficientemente previsores como para impedir que nuestros edificios se conviertan en obsoletos mucho

antes de lo previsto simplemente porque su costo de funcionamiento es sumamente elevado.

El costo de cualquier edificio está compuesto por tres partes fundamentales, dos de las cuales se pueden prever en instancias de diseño:

- a) El primer término de esta ecuación está constituido por el costo de la construcción del edificio, y dentro de este valor influye significativamente la calidad constructiva. Aunque si tomamos en cuenta un diseño optimizado (forma-volumen-orientación), seguramente el costo será igual o inferior que otro diseño poco optimizado de igual calidad constructiva. Este término es generalmente el único que le interesa al propietario o promotor del edificio.
- b) El segundo término de la ecuación de costo está constituido por el costo de funcionamiento del edificio a lo largo de la vida útil. En este punto un diseño inadecuado o de mala calidad constructiva tiene un peso importantísimo. En efecto si el costo de construcción tiene un valor de 100 unidades y para esta calidad constructiva el costo de funcionamiento es de, supongamos 12 unidades por año, al final de su vida útil, 50 años, el costo final de edificio fue de 600 unidades.

Si tomamos ahora un edificio optimizado desde el punto de vista energético pero con un valor de construcción de 110 unidades, cuyo costo de funcionamiento es de 7 unidades, el valor final de costo será entonces 460 unidades lo cual representa un ahorro aproximadamente del 24% en el costo total, aunque el costo de construcción fue un 10% mayor que en el primer ejemplo.

Como profesionales debemos ofrecer al propietario el panorama esperable a futuro en cuanto el costo de funcionamiento del edificio.

Como propietarios debemos tomar conciencia que el costo del edificio cuya construcción comencemos no está constituido solo por el importe a desembolsar durante el período de construcción y que los errores de diseño o aspectos constructivos se pagarán durante el resto de la vida útil del edificio.

- c) Por último, el tercer término de esta ecuación lo constituye el costo de las reparaciones o adecuaciones que debemos realizar debidos a errores de diseño que derivan en patologías. Este último aspecto seguramente será difícil de cuantificar de antemano pero podemos estar totalmente seguros que la aparición de algunas de estas patologías se puede impedir en la etapa de diseño a partir de un estudio consciente de su origen.

La edificación energéticamente eficiente o bioclimática pretende sentar las bases para construir edificios de manera que con un consumo mínimo de

energía renovable y/o convencional, mantengan constantemente las condiciones de confort requeridas, utilizando sistemas y técnicas conocidas, adaptándolas a la manera de construir actual y otras nuevas resultado de proyectos de investigación llevados a cabo en los últimos años. Para ello deben considerarse estrategias de diseño que aprovechen de forma óptima:

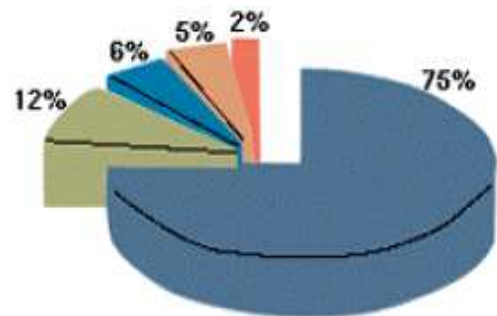
- Las condiciones ambientales del entorno (orientación, energía solar disponible, temperatura exterior, dirección predominante del viento, masas de agua, vegetación, etc.)
- Las características de los materiales y componentes de la envolvente del edificio y le doten de unas condiciones interiores de confort con la menor emisión de CO₂ a la atmósfera. Son, por tanto, edificios que reducen sensiblemente la demandas de energía convencional y la emisión de gases nocivos, y otros agentes contaminantes a la atmósfera.

3.8.2.1 Ahorro energético

Hoy en día, la energía nuclear, la energía de procedencia de combustibles fósiles, la energía procedente de la biomasa (principalmente combustión directa de madera) y la energía hidráulica, satisfacen la demanda energética mundial en un porcentaje superior al 98%, siendo el petróleo y el carbón de las de mayor utilización (ver gráfico).

Producción Energética en el mundo:

- **75%: Combustibles fósiles**
- **12%: Combustión en madera**
- **6%: Energía hidráulica**
- **5%: Energía nuclear**
- **2%: Otros**



La utilización de estos recursos naturales implica, además de su cercano y progresivo agotamiento, un constante deterioro para el medio ambiente, que se manifiesta en emisiones de CO₂, NO_x y SO_x, con el agravamiento del efecto invernadero, contaminación radiactiva y su riesgo potencial incalculable, un aumento progresivo de la desertización y la erosión y una modificación de los mayores ecosistemas mundiales con la consecuente desaparición de biodiversidad y pueblos indígenas, la inmigración forzada y la generación de núcleos poblacionales aislados tendentes a la desaparición.

Estas agresiones van acompañadas de grandes obras de considerable impacto ambiental (difícilmente cuantificable) como las centrales hidroeléctricas, el sobrecalentamiento de agua en costas y ríos generado por las centrales nucleares, la creación de depósitos de elementos radiactivos, y de una gran emisión de pequeñas partículas volátiles que

provocan la lluvia ácida, agravando aún más la situación del entorno: parajes naturales defoliados, ciudades con altos índices de contaminación, afecciones de salud en personas y animales, desaparición de especies animales y vegetales que no pueden seguir la aceleración de la nueva exigencia de adaptación.

Y es el momento de plantearnos la utilización de otras energías alternativas, energías que no consuman los recursos naturales agotables. La energía solar es la mayor fuente de energía disponible. El sol proporciona una energía de 1.34kw/m^2 a la atmósfera superior. Un 25% de esta radiación no llega directamente a la tierra debido a la presencia de nubes, polvo, niebla y gases en el aire. A pesar de ello, disponiendo de captadores energéticos apropiados y con sólo el 4% de la superficie desértica del planeta captando esa energía, podría satisfacerse la demanda energética mundial, suponiendo un rendimiento del 1%.

Como dato comparativo con otra fuente energética importante, sólo tres días de sol en la tierra proporcionan tanta energía como la que puede producir la combustión de los bosques actuales y los combustibles fósiles originados por fotosíntesis vegetal.

La energía solar contribuye a la reducción de las emisiones de CO_2 , no produce residuos de difícil tratamiento y constituye una fuente de energía inagotable.

•••••
•
• **Una instalación solar** •
• **térmica en una vivienda** •
• **unifamiliar con 2m^2 de** •
• **colectores solares puede** •
• **evitar anualmente 1,5** •
• **toneladas de CO_2 .** •
•••••

3.8.2.2 Calificación de eficiencia energética de un edificio.

La calificación de eficiencia energética es la expresión del consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación. Se determinará de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresará con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética.

La obtención de la calificación de eficiencia energética de un edificio se puede realizar mediante una de las dos opciones siguientes:

1. La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático que desarrolla la metodología de cálculo de una manera directa. Dentro de esta opción se pueden utilizar:
 - a) El programa informático de Referencia que tiene la consideración de documento reconocido, será de aplicación en todo el territorio nacional, y cuya correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento de los requisitos establecidos en este procedimiento básico. La versión oficial de este programa informático de

Referencia se denomina CALENER, y estará disponible al público para su libre utilización.

- b) Un programa informático Alternativo, que cumpla con las especificaciones técnicas de la metodología de cálculo, esté validado y cuente con el reconocimiento del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda, a propuesta de la Comisión Asesora.

- 2. La opción simplificada, de carácter prescriptivo que desarrolla la metodología de cálculo de una manera indirecta. El alcance y desarrollo de esta opción será aprobado en un documento reconocido y se inscribirá en el Registro general.

3.8.2.3 Certificación de eficiencia energética de un edificio

La certificación de eficiencia energética de un edificio es el proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto del edificio y por el edificio terminado y que conduce, respectivamente, a la expedición de un certificado de eficiencia energética del proyecto y de un certificado de eficiencia energética del edificio terminado.

El certificado de eficiencia energética dará información exclusivamente sobre la eficiencia energética del edificio y no supone en ningún caso la acreditación del cumplimiento de ningún otro requisito exigible al edificio.

El certificado de eficiencia energética contendrá como mínimo la siguiente información:

- a) Identificación del edificio.
- b) Indicación de la normativa energética que le es de aplicación en el momento de su construcción.
- c) Indicación de la opción elegida, general o simplificada y en su caso programa informático de Referencia o Alternativo utilizado para obtener la calificación de eficiencia energética.
- d) Descripción de las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones normales de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación de eficiencia energética del edificio.
- e) Calificación de eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta que figura en el apartado siguiente.
- f) Descripción de las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo durante la ejecución del edificio con la finalidad de establecer la conformidad de la información contenida en el certificado de eficiencia energética con el edificio terminado.

3.8.2.4 La etiqueta de eficiencia energética

La etiqueta de eficiencia energética de edificios en territorio español se ajustará al contenido siguiente:

La etiqueta deberá ser conforme al formato normalizado con objeto de permitir un mejor reconocimiento por parte de los consumidores, e incluirá, como mínimo, la siguiente información:

Certificación Energética de Edificios inicial/definitiva	
Más	
	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
Menos	
Edificio: _____	
Localidad/Zona climática: _____	
Uso del Edificio: _____	
Consumo Energía Anual: _____ kWh/año (_____ kWh/m ²)	
Emisiones de CO ₂ Anual: _____ kgCO ₂ /año (_____ kgCO ₂ /m ²)	
<p><i>El Consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa _____, para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación</i></p> <p><i>El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.</i></p>	

1. Zona climática donde se ubique el edificio, de acuerdo con la sección HE1 del CTE, localidad y uso.
2. Referencia al valor numérico del consumo de energía primaria estimado del edificio, expresado en kWh/año, y de emisiones de dióxido de carbono, expresado en kg de CO₂/año.
3. Cuando se utilice la opción general, inclusión del texto siguiente: "El consumo de energía y sus emisiones de dióxido de carbono es el obtenido por el programa _____ (programa informático de Referencia o Alternativo que corresponda).
4. El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán del comportamiento del edificio y de las condiciones climáticas entre otros factores.
5. Cuando se utilice la opción simplificada, incluir el texto correspondiente.
6. Constar si se refiere a la calificación energética del proyecto o edificio terminado
7. Incluir la fecha de validez de la etiqueta.

3.9 Situación actual y perspectivas de desarrollo

3.9.1 La energía solar térmica en el mundo

La contribución de la solar térmica al consumo energético mundial sigue siendo muy escasa todavía, pese a que empiezan a percibirse síntomas de cambio que permiten ser más optimistas de cara al futuro. Al creciente interés de los ciudadanos por este tipo de soluciones hay que sumar las ayudas e incentivos que se han puesto en marcha en muchos países del mundo y la reducción de precios de los captadores solares en algunos mercados especialmente activos como China o Japón. Una situación que pone de manifiesto que estamos ante una tecnología madura que ha experimentado un significativo avance durante los últimos años.

En la actualidad la capacidad de energía solar instalada en el mundo supera a la de otras renovables con altos índices de desarrollo, como es el caso de la energía eólica. Con una potencia instalada de 98,4 GW térmicos a finales de 2004, la solar térmica ha alcanzado unos niveles de popularidad impensables hace tan solo unos años. Y no exclusivamente por lo que a la producción de agua caliente se refiere, sino también en cuanto a la calefacción de viviendas.

A día de hoy la mayor parte de los captadores solares instalados en el mundo tienen como finalidad la producción de agua caliente para uso doméstico. A esta aplicación se destinan los esfuerzos de la mayoría de los mercados nacionales importantes, aunque el tipo y el tamaño de las instalaciones, así como el porcentaje total de la demanda que cubre, varía en función de la zona del mundo a la que hagamos referencia.

El aporte de energía solar en sistemas de calefacción es el segundo en importancia; una aplicación que resulta especialmente interesante en países fríos y que se utiliza cada vez con mayor frecuencia tanto para viviendas familiares como para todo tipo de instalaciones colectivas. Se trata de una opción cada vez más valorada en países como China, Australia, Nueva Zelanda o Europa, donde se entiende la edificación desde una perspectiva global en la que la energía solar puede ofrecer soluciones integradas en muy diversos ámbitos, y la calefacción constituye siempre un potencial muy atractivo.

Finalmente entre las aplicaciones de la energía solar térmica en el mundo cabe también destacar la climatización del agua para piscinas. Esta aplicación sigue teniendo gran importancia en países como Estados Unidos, Canadá, Australia y Austria, aunque en los últimos años ha perdido parte de su mercado, después de un período en el que se han registrado fuertes crecimientos.

Por lo que respecta al reparto de la energía solar térmica por países, el mercado mundial continua bajo el dominio de China. Se calcula que aproximadamente el 40% de los captadores solares colocados en el mundo se encuentran en este país. Después de alcanzar una gran aceptación en pequeños municipios durante las décadas de los años 80 y 90, la energía solar térmica en la República Popular China ha penetrado con fuerza en ciudades de medio y gran tamaño como Shangai o Tianjin. Hoy, 10 millones

de familias disponen de agua caliente gracias al Sol, lo que supone un ahorro de 6,3 millones de toneladas de carbón al año, que evita la emisión de más de 13 millones de toneladas de CO₂.

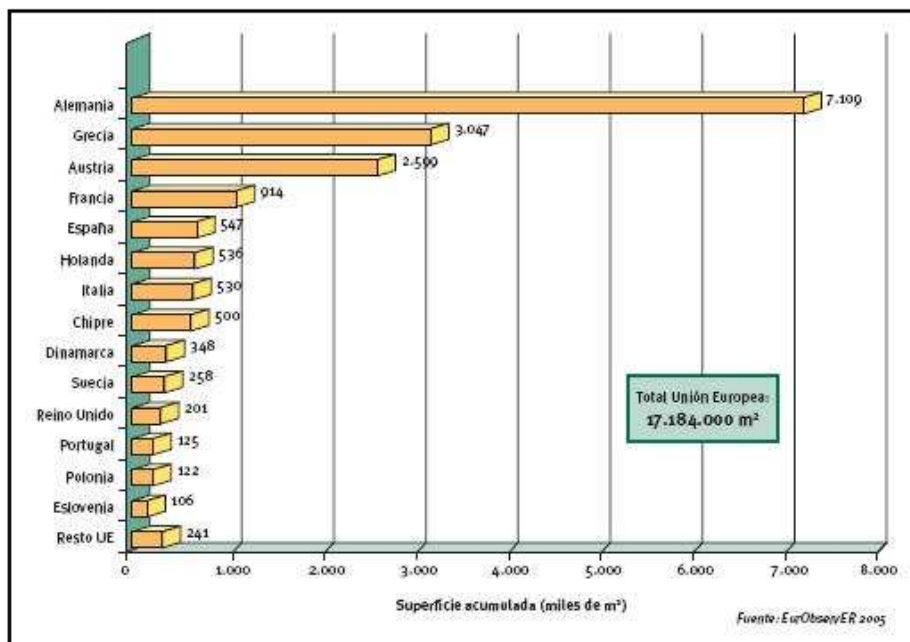
A China le siguen Japón, Turquía, Alemania e Israel con altos índices de crecimiento en los últimos años. Entre ellos, llama especialmente la atención el desarrollo de la energía solar en Israel, donde alrededor del 85% de las viviendas están equipadas con captadores solares térmicos, como resultado de una ley de hace 20 años que requiere que todos los edificios de menos de 20 metros de altura deban estar dotados de sistemas solares térmicos en los tejados.

Más espectacular si cabe resulta el caso de Chipre. El país que recientemente se ha incorporado a la Unión Europea es el que más cantidad de energía solar térmica aporta por habitante en el mundo, con 431 kWth (kW térmico) por cada 1.000 habitantes. En este país más del 90% de los edificios construidos están equipados con captadores solares térmicos, lo que representa más del doble de la capacidad instalada por habitante en otros países europeos con gran tradición solar, como Grecia o Austria.

3.9.2 La energía solar térmica en Europa

Europa representa tan solo el 9% del mercado mundial de energía solar térmica instalada de 10.000 MWth (MW térmico) a finales de 2004, o lo que es lo mismo, un total de 14 millones de m² de captadores solares en funcionamiento. El impulso que ha recibido esta industria durante los últimos años, es lo que ha permitido dar un paso firme en el objetivo común de alcanzar los 100 millones de m² de superficie instalada que se pretenden conseguir en el horizonte 2010.

Aunque los objetivos contemplados por la Comisión Europea en su Libro Blanco todavía están demasiado lejos, lo cierto es que los primeros años de este nuevo milenio han resultado decisivos para el despegue definitivo de la tecnología solar térmica en Europa. Algo que no habría sido posible sin el empuje solar de países como Alemania, Grecia, Austria y España que, en conjunto, representan el 78% de la capacidad instalada en Europa.



El uso de los captadores solares para producir agua caliente, al igual que ocurre en el resto del mundo, es la aplicación preferida por los europeos, seguida de la calefacción y de forma muy poco significativa de piscinas, que sólo tiene cierta importancia en Austria o Alemania. En países del norte de Europa también destaca el uso de colectores de aire para calentar el espacio, en especial Suiza, con un total de 581 MWth producidos con esta tecnología, Noruega con 287 MWth instalados, y a más distancia Finlandia.

Precisamente, la investigación de nuevas tecnologías de origen renovable es una de las señas de identidad del mercado europeo. Los países de la Unión Europea son los que más están conduciendo el desarrollo de la industria solar térmica en la mayoría de las áreas tecnológicas. Sin embargo, esto podría dejar de ser así pronto, a no ser que los países de la Unión se decidan a ampliar significativamente la capacidad de energía solar instalada en cada uno de los mercados nacionales que forman parte de la Europa de los 25.

Con el objeto de fomentar el uso de esta fuente renovable frente a otras opciones menos respetuosas con el entorno, la mayoría de los países europeos conceden ayudas públicas a empresas y particulares. El objetivo de éstas es aumentar significativamente el parque solar a través de incentivos económicos que hagan más atractiva la energía solar térmica al usuario. El tipo de apoyo público más usual son las subvenciones directas, en cuantías que varían del 20% al 60%, como es el caso de Austria, Alemania, Dinamarca, España, Holanda o Suecia. El último en sumarse a esta forma de potenciar la energía solar térmica es Francia, donde se ha puesto en marcha el "Plan Soleil", que permite deducir de la declaración de la renta más del 40% de los costes de instalación. Una iniciativa que ya empieza a dar sus frutos y que ha generado grandes expectativas a corto y medio plazo.

Por su parte, Alemania continúa con el programa "Marktanreiz" que tan buenos resultados le ha dado desde principios de los años 90 y que le ha llevado a colocarse como líder indiscutible en Europa, con 4.000 MW térmicos instalados y una superficie de 5,7 millones de metros cuadrados. El 80% del mercado doméstico en este país corresponde a instalaciones tipo para ACS en viviendas familiares, aunque también se está empezando a potenciar los sistemas solares de gran tamaño para suministrar calor a edificios comerciales, industrias, hospitales e incluso barridas enteras.

Grecia es el segundo país europeo en importancia en cuanto a volumen de mercado se refiere. Con un 14% del total de la superficie instalada en la Unión Europea, el país heleno dispone de un tejido solar que abastece de agua caliente a uno de cada cuatro habitantes. Después de varias décadas en la que el gobierno ha apoyado con decisión la instalación de paneles solares mediante incentivos fiscales y a través de campañas de publicidad en medios de comunicación, actualmente se han suspendido todos los privilegios con los que contaba esta tecnología en el pasado. Sin embargo, esta medida no ha repercutido en la demanda que, en 2005, aumentó un 34% respecto al año anterior. Esto pone de manifiesto el grado de

satisfacción de los helenos con la energía solar térmica y su confianza en esta tecnología para producir agua caliente.

3.9.3 La energía solar térmica en España

España es el cuarto país europeo en el aprovechamiento de la energía solar térmica, por delante de países como Italia, Francia o Gran Bretaña. Con un 6% del total del mercado europeo, nuestro país ha alcanzado la madurez tecnológica y comercial tras más de 20 años de experiencia.

No obstante, el desarrollo de la energía solar en España se ha producido a un ritmo muy desigual a lo largo de las últimas décadas. A finales de la década de los 70 y principios de los 80 se empezaron a dar los primeros pasos en el desarrollo de esta energía. Durante los primeros años, coincidiendo con la crisis energética que se encontraba en su mayor intensidad entonces, se crearon unas expectativas sobre la utilización de la energía solar quizás demasiado sobredimensionados para las posibilidades reales de aquellos momentos. Al abrigo de las buenas perspectivas de mercado surgieron un gran número de empresas, tanto de fabricación de captadores solares como de instaladores, que no en todos los casos contaban con las suficientes garantías técnicas de calidad y fiabilidad de los equipos para ofrecer este tipo de servicios. Esto provocó que algunas instalaciones no dieran los resultados previstos y, lo que es peor, la sensación de que la energía solar térmica ofrecía baja durabilidad, mal rendimiento y problemas frecuentes para el usuario.

Así, durante el último tramo de este período se produjo un estancamiento del mercado y una selección natural tanto de los fabricantes como de los instaladores, que llevó al cese de sus actividades a aquellos que no estaban lo suficientemente preparados para dar servicios de calidad en este mercado.

Posteriormente, en el período que va desde 1985 a 1995, los precios energéticos sufrieron un fuerte descenso y la sensación de crisis energética desapareció. Las entidades relacionadas con las instalaciones solares que continuaban en el mercado se afianzaron y la demanda se estabilizó a su nivel de aproximadamente 10.000 m² por año.

Durante este período se produjeron avances significativos en los aspectos de calidad y garantías ofrecidos tanto por los instaladores como por los fabricantes de equipos. También se mejoró notablemente el mantenimiento de las instalaciones. Cabe mencionar la aparición de nuevos conceptos, como la "garantía de resultados solares", por el que al usuario se le aseguraba la producción de una cantidad de energía con un sistema solar que, de no alcanzarse, se compensaba pagándole la diferencia entre la energía garantizada y la energía realmente producida por su instalación. Otra novedad fue la introducida en el "Programa Prosol" de la Junta de Andalucía, consistente en el "pago a plazos" de la inversión. Hoy en día este tipo de facilidades en la financiación se han extendido al resto del territorio español, a la vez que se han puesto en marcha otros mecanismos para favorecer la instalación de captadores solares mediante subvenciones directas.

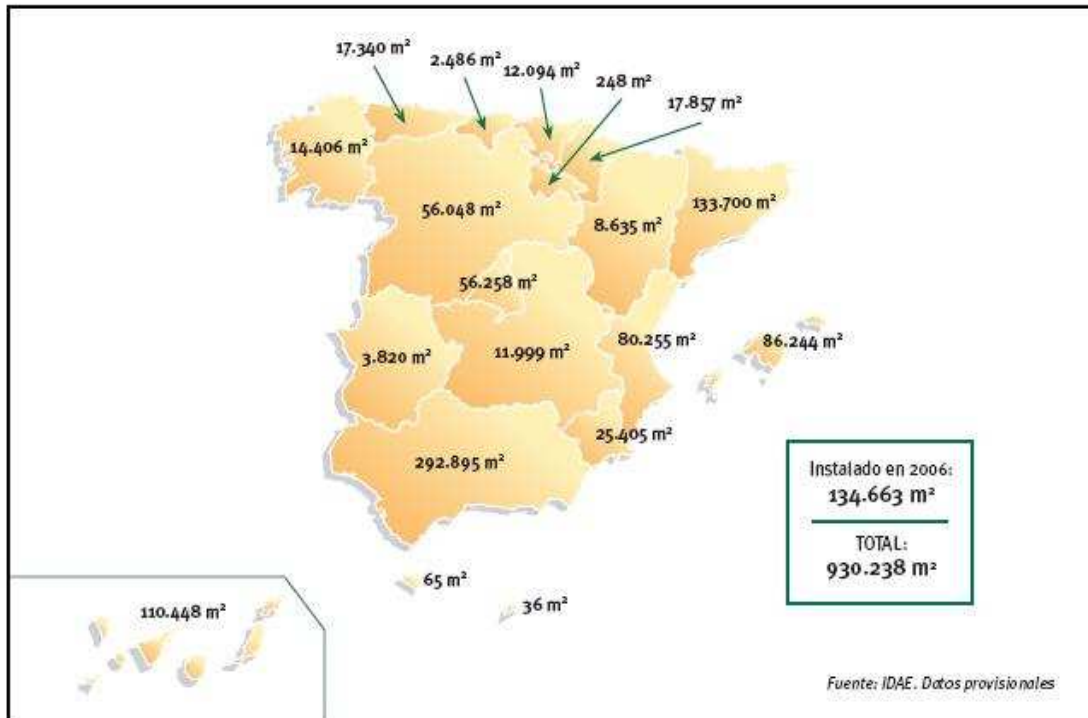
En esta última década, la aportación de energía solar térmica ha aumentado considerablemente en nuestro país, sobre todo, gracias a las ayudas públicas (línea ICO-IDEA, CC.AA., y ordenanzas municipales), a la madurez del mercado en todos los sentidos, y a las grandes posibilidades que ofrece esta tecnología en un país con tantas horas de sol al año como España. De los 10.000 m² nuevos que se instalaban cada año en la década de los 90, hemos pasado a crecimientos medios por encima de los 60.000 m² en los primeros años de 2000, hasta llegar a los 90.000 en el año 2005.



Con todo, nuestro país se encuentra lejos de los objetivos nacionales fijados en el Plan de Energías Renovables (PER), que plantea alcanzar una superficie instalada de 4,9 millones de metros cuadrados para el 2010. Para ello, la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación, que obliga a instalar un aporte de energía solar para agua caliente en todas las viviendas de nueva construcción, junto a las medidas ya puestas en marcha con anterioridad, darán un impulso definitivo a un mercado con excelentes perspectivas a medio y largo plazo.

En la actualidad, el principal cliente de energía solar en España es el usuario particular que solicita la instalación de captadores solares de baja temperatura para el consumo de agua caliente sanitaria. En segundo lugar se encuentran los hoteles y restaurantes, en los que existe un creciente interés por este tipo de soluciones energéticas.

Además de estos dos grupos de consumidores, que son los que más aportan al total de la superficie instalada en España, en general, se puede decir que existen buenos ejemplos en múltiples sectores y para todo tipo de aplicaciones posibles, pudiendo mencionar las instalaciones en centros educativos, centros deportivos, centros sanitarios, albergues, campings, servicios públicos, industrias, etc.



En cuanto al reparto del mercado por zonas geográficas, las comunidades autónomas con mayor superficie instalada son aquellas que cuentan con un clima más favorable para el aprovechamiento de la energía solar térmica. En este sentido destacan por sus cuotas de participación en el mercado Andalucía, Cataluña, Canarias, Baleares, la Comunidad Valenciana y Madrid, según orden de importancia. También se observa una mayor concentración de instalaciones solares en zonas turísticas o de alto nivel de renta.

3.9.3.1 Objetivos propuestos a nivel nacional

El Sol es una fuente de energía abundante y con amplias posibilidades, que está llamada a jugar un papel mucho más importante en nuestro país que el que actualmente desempeña. Durante los últimos años, la energía solar térmica ha venido registrando crecimiento muy bajo en relación con sus objetivos.

Sin embargo, la aplicación de la energía solar térmica puede presentar un gran desarrollo en España, asociada a la aprobación del Código Técnico de la Edificación. Las razones que fundamentan la aplicación de este tipo de energía son:

- Existencia de recursos solares muy favorables para el desarrollo de esta tecnología
- Adecuación térmica y económica de la energía solar térmica al sector de nuevas viviendas con grandes perspectivas de desarrollo en los próximos años.
- Oportunidad para que una gran parte de la sociedad participe directamente en el desarrollo de las energías renovables.

En el marco de los objetivos del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010, se identifica para el área un nuevo objetivo de incremento de superficie instalada de 4.200.000 m² en el período 2005-2010, siempre partiendo de la puesta en marcha de las medidas propuestas.

Las Comunidades Autónomas, en virtud de sus competencias, han elaborado planes energéticos que en unas ocasiones son de carácter general y en otras específicos para las energías renovables. Estos planes, para energía solar térmica, tienen distintos horizontes temporales, aunque la mayoría se refieren al año 2010, planificando en líneas generales, con objetivos energéticos inferiores a los indicados en este documento.

A la hora de determinar el ambicioso objetivo global de incremento de este Plan, se ha tenido en cuenta que las medidas a tomar van a poder tener efecto en el horizonte del Plan, dado que los proyectos pueden ejecutarse en períodos relativamente cortos y la experiencia de otros países demuestra que son posibles fuertes crecimientos.

Para llevar a cabo una distribución, meramente indicativa, por Comunidades Autónomas, de ese objetivo global, se han tenido en cuenta los siguientes criterios: densidad de población y previsible número de viviendas a construir, grado de implantación de la energía solar térmica en relación con la insolación existente en la zona, grado de desarrollo de medidas legislativas y planes de promoción e incentivos específicos (ordenanzas solares, programas de ayudas), así como, los propios objetivos planificados por las diferente Comunidades Autónomas.

SOLAR TÉRMICA. OBJETIVOS 2010

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SITUACIÓN ACTUAL 2004 (m ²)	INCREMENTO 2005 - 2010 (m ²)	SUPERFICIE EN 2010 (m ²)
ANDALUCÍA	213.239	910.398	1.123.637
ARAGÓN	6.686	85.892	92.578
ASTURIAS	9.022	41.810	50.832
BALEARES	78.362	358.474	436.836
CANARIAS	95.731	382.954	478.685
CANTABRIA	1.501	20.856	22.357
CASTILLA Y LEÓN	34.646	257.227	291.873
CASTILLA - LA MANCHA	7.845	294.666	302.511
CATALUÑA	82.358	489.523	571.881
EXTREMADURA	3.310	168.181	171.491
GALICIA	8.911	52.900	61.811
MADRID	56.204	380.123	436.327
MURCIA	19.321	143.903	163.224
NAVARRA	12.473	77.405	89.878
LA RIOJA	204	20.856	21.060
COMUNIDAD VALENCIANA	58.199	389.260	447.459
PAÍS VASCO	4.849	125.572	130.421
TOTAL (m²)	700.433	4.200.000	4.900.433

De acuerdo con el objetivo anterior y relacionándolo con las cifras de población española del INE, el ratio de metros cuadrados por cada 1000 habitantes, fruto del incremento, estaría situado en un valor cercano a 100.

La evolución anual prevista de la nueva superficie a instalar dentro del período 2005-2010 es la siguiente:

	2005 (m ²)	2006 (m ²)	2007 (m ²)	2008 (m ²)	2009 (m ²)	2010 (m ²)	TOTAL 2005 - 2010 (m ²)
Instalaciones prefabricadas	33.000	41.000	101.000	185.000	215.000	265.000	840.000
Instalaciones por elementos	115.000	170.000	430.000	815.000	880.000	950.000	3.360.000
TOTAL	148.000	211.000	531.000	1.000.000	1.095.000	1.215.000	4.200.000

Para estos incrementos de superficie instalada, la energía total producida cada año debida a los mismos se muestra en la tabla siguiente, según tipo de instalación. La energía producida en un año es consecuencia de toda la superficie instalada hasta finalizar 2005.

	2005 (tep)	2006 (tep)	2007 (tep)	2008 (tep)	2009 (tep)	2010 (tep)	TOTAL 2005 - 2010 (tep)
Instalaciones prefabricadas	2.551	5.720	13.528	27.828	44.448	64.932	159.006
Instalaciones por elementos	8.890	22.031	55.270	118.289	186.293	259.728	650.480
TOTAL	11.441	27.751	68.798	146.097	230.741	324.660	809.486

Pero para la consecución de este gran reto es necesario la puesta en marcha de un conjunto de medidas propuestas por la Administración dirigidas a salvar las barreras de carácter económico, tecnológico, normativo y social que existen en la actualidad. El éxito de este objetivo dependerá de la eficacia de las medidas que se recogen en el Plan y que se reproducen a continuación:

- Efectos de la aprobación del Código Técnico de la Edificación.
- Apoyar la intensificación de la puesta en práctica de Ordenanzas Solares Municipales, mediante la difusión de las mismas entre los ayuntamientos.
- Apoyar la aplicación de las Ordenanzas fiscales por parte de los ayuntamientos.

- Aplicación de apoyos públicos a la inversión por valor de 348 millones de euros durante el período. Esta cantidad global se alcanzará mediante la aplicación simultánea de presupuestos estatales y autonómicos. Se estima que con la aplicación de las medidas anteriores las instalaciones que accederán a ayudas aumentarán hasta un 35%.
- Introducción de una desgravación de la energía solar térmica en el IRPF.
- Formación específica a los técnicos municipales para la evaluación de los proyectos relacionados con el Código Técnico de la Edificación y Ordenanzas Solares Municipales.
- Introducir prescripciones técnicas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y en el Código Técnico de la Edificación.
- Modernización de las líneas de producción de captadores con el fin de adaptarlas a la demanda del mercado.
- Establecimiento de programas específicos para la realización de proyectos innovadores con incentivos adecuados. Apoyar específicamente la refrigeración solar, el desarrollo de equipos de bajo coste, la integración arquitectónica y la extensión del concepto de venta de energía.
- Aparición de guías de diseño y programas de cálculo reconocidos por el RITE dirigidos a instaladores, técnicos municipales y prescriptores (arquitectos, promotores, etc.)
- Realización de fuertes campañas de difusión y formación dirigidas a los ciudadanos.
- Promover que los Planes Generales de Ordenación Urbana establezcan para la aplicación de la energía solar a climatización, incrementando la edificabilidad.

Además el incremento y desarrollo de esta energía renovable también se debe a las líneas de investigación en torno a estas instalaciones. En solar térmica se plantean, básicamente, tres líneas de innovación tecnológica durante el horizonte del Plan, que se mencionan a continuación:

Desarrollo de nuevos captadores

Para aplicaciones a temperatura del rango del agua caliente puede ser interesante en España el desarrollo de captadores de bajo coste, basados en la aplicación de nuevos materiales u otros conceptos.

Procesos de fabricación

Se necesita por tanto una apreciable innovación en los procesos de fabricación, comenzando por la automatización de los mismos e implementando nuevas líneas con tecnologías avanzadas y nuevos productos. La implantación de los nuevos Standard europeos y la Solar Keymark debe propiciar la implantación de mejoras que permitan alcanzar mayores índices de calidad y el cumplimiento con las normativas de certificación o certificados de calidad que se requieran en Unión Europea.

Nuevas aplicaciones

La refrigeración con energía solar es una aplicación muy prometedora con un alto potencial para la energía solar térmica ya que la demanda de refrigeración en edificios esta creciendo enormemente, con incremento de consumo de energía eléctrica y de problemas de abastecimiento.

3.10 Normativa aplicada

3.10.1 Legislación europea

En los últimos años, en muchos países europeos se están ampliando considerablemente las actividades relacionadas con el desarrollo de la tecnología solar. En varios de ellos se han introducido ecotasas, programas de subvención y otras medidas para incentivar el uso de las tecnologías de las energías renovables.

Las normas reguladoras de estas instalaciones térmicas en el mercado europeo cuya autoridad es la propia Unión Europea son las normas EN, algo así como las homólogas a nuestras normas españolas UNE, que especifican terminología, requerimientos generales, características y métodos de prueba de sistemas solares térmicos y sus componentes.

- Normas europeas EN:

- EN ISO 9488 Energía solar-vocabulario.
- EN 12975-1 Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- EN 12975-2 Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayos.
- EN 12976-1 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.
- EN 12976-2 Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayos.
- ENV 12977-1 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.
- ENV 12977-2 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayos.
- ENV 12977-3 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas a medidas. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.

3.10.2 Legislación nacional

En nuestro país existen una serie de normas, tanto de obligado cumplimiento como de consulta que regula y sobre todo impulsa este tipo de energía renovable que aún en avanzado estado de integración en el panorama español, queda muy por atrás de otros países europeos.

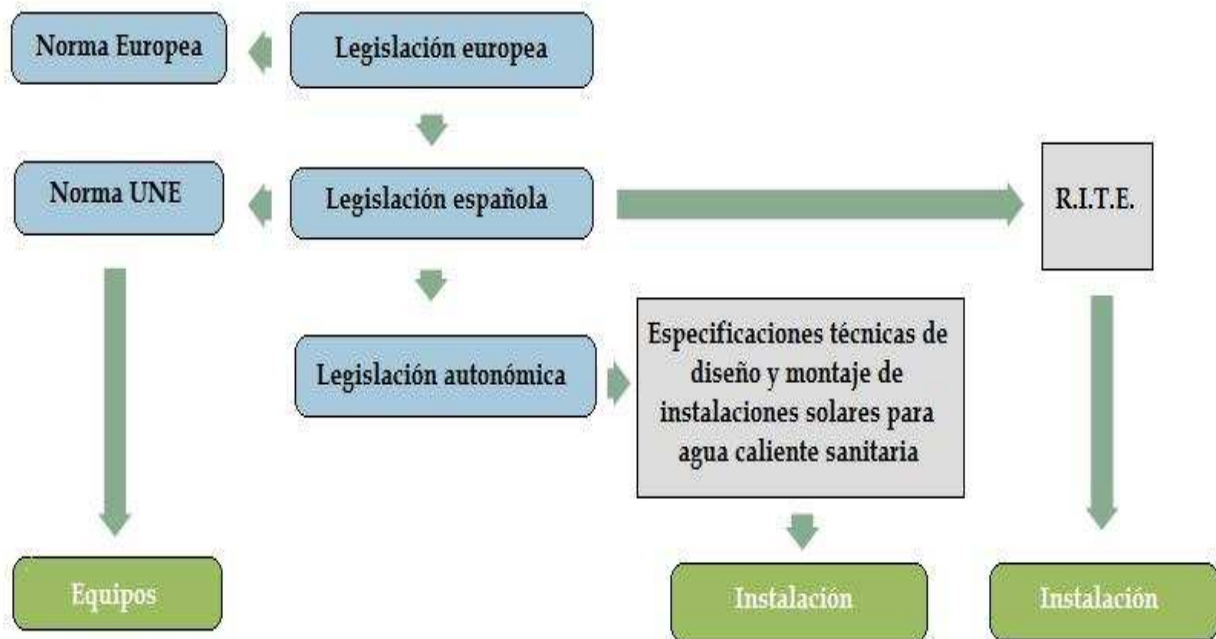
En todo caso deberá cumplirse la Normativa vigente que actualmente es la siguiente:

- Código Técnico de la Edificación.
- Reglamento de instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E.)
- Reglamento de recipientes a presión (RAP)
- Norma Básica de la Edificación – Condiciones Acústicas en los Edificios (NBE-CA)
- Norma Básica de la Edificación – Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios (NBE-CPI)
- Ordenanzas de seguridad e higiene en el trabajo (OSHT)
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA)
- Ley Número 88/67 de 8 de noviembre Sistema Internacional de Unidades de Medida S.I.

Aparte de la Normativa vigente de carácter obligatorio mencionada, se utilizarán otras normas, como las Normas UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), como son:

- UNE-EN ISO 9488 Energía solar-vocabulario.
- UNE-EN 12975-1 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12975-2 Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayos.
- UNE-EN 12976-1 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12976-2 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.

Se entiende que se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.



3.10.2.1 Reglamentos de Instalaciones Térmicas en los Edificios. RITE.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

El Consejo de Ministros del 20 de julio de 2007 aprueba un nuevo texto revisado del RITE que deroga el anterior. Se trata del Real Decreto 1027/2007. Con posterioridad se publicó una corrección de errores.

La necesidad de transposición parcial de la Directiva 2002/91/CE de eficiencia energética de edificios así como la armonización con el "Documento Básico de Ahorro de Energía" del Código Técnico de la Edificación, la incorporación de nuevas exigencias de ahorro y eficiencia energética de este tipo de instalaciones y la experiencia de su aplicación práctica durante los últimos años, convergen en la revisión de este Reglamento.

El Real Decreto ha sido elaborado conjuntamente por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Ministerio de Vivienda.

Las mayores exigencias en eficiencia energética que establece el RITE, se concretan en:

- Mayor Rendimiento Energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.

- Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.
- Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles, en especial la energía solar y la biomasa.
- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas.
- Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes.
- Desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.

Con el fin de facilitar el cumplimiento de las exigencias del RITE se crean los denominados documentos reconocidos, que se definen como documentos técnicos sin carácter reglamentario, pero que cuentan con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Ministerio de Vivienda. De acuerdo con el artículo 7 del RITE se crea un Registro general de documentos reconocidos del RITE, adscrito a la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio .

El RITE, además impone la obligación de revisar y actualizar periódicamente, al menos cada 5 años, las exigencias de eficiencia energética. Es ésta una tarea que compete a la Comisión Asesora del RITE, encargada de realizar las propuestas conforme a la evolución de la técnica y la política energética mundial.

Este Real Decreto tiene el carácter de reglamentación básica del Estado. Para su aplicación se deberá desarrollar por las Comunidades Autónomas la reglamentación complementaria correspondiente. Esto quiere decir que las Comunidades Autónomas podrán introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio.

A efectos de la aplicación del RITE se considerarán como instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

El RITE se aplicará a las instalaciones térmicas en los edificios de nueva construcción y a las instalaciones térmicas en los edificios construidos, en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección, con las limitaciones que en el mismo se determinan.

3.10.2.2 Código Técnico en la Edificación. CTE.

Si bien es verdad que se ha perdido un tiempo muy valioso para haber incorporado, vía normativa, la energía solar térmica a los millones de viviendas que se han construido en los últimos cinco años, también lo es que con la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación, nos situaremos de nuevo en una posición óptima para abordar el despegue definitivo de la energía solar térmica.

El nuevo Código de la Edificación (CTE) establece que todos los edificios de nueva construcción o en rehabilitación deberán tener en cuenta la energía solar térmica en su diseño. Una vez que entre en vigor este reglamento, todas las viviendas deberán conseguir que un porcentaje de la energía utilizada para producir agua caliente sanitaria sea de origen solar térmico que variará entre un 30 y 70% según la demanda de agua caliente sanitaria del edificio y las distintas zonas climáticas en las que se ha dividido España; esta obligatoriedad se ha extendido, además, para la climatización de piscinas.

El Código Técnico de la Edificación se aprobó con el RD 314/2006 de 17 de marzo (BOE 28/03/06), estableciendo un período de transición de aplicación voluntaria de 6 meses para la sección HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria", al haber pasado esos 6 meses actualmente es obligatorio para todos los edificios nuevos que se construyan o rehabiliten.

Esta medida supone un importante impulso para el desarrollo de la energía solar térmica en nuestro país porque, a pesar de que actualmente ya se contempla en varias ordenanzas municipales de algunas de las ciudades más importantes de nuestro país (Madrid, Barcelona y Sevilla entre otras), se amplía este criterio a todo el territorio nacional y permite el desarrollo de esta energía, beneficiándose así de sus ventajas un mayor porcentaje de la población.

En opinión de los principales agentes del sector, lograr que se establezcan en España mecanismos regulatorios que aseguren por lo menos el uso de la energía solar térmica en las nuevas viviendas en construcción y en los edificios en rehabilitación es, sin lugar a dudas, una buena noticia que contribuirá de forma decisiva a cumplir con los objetivos fijados en nuestro país para 2010.

Pero el CTE no se queda únicamente en la pretensión de generalizar el uso de la energía solar térmica en el ámbito de la vivienda, yendo un paso más allá. Este nuevo reglamento. Que ha sido uno de los principales objetivos del nuevo Ministerio de Vivienda, también incluye otras medidas, encaminadas a disminuir la demanda energética en los edificios y promover el ahorro en los mismos. No en vano, hay que tener en cuenta que la calefacción y la refrigeración de las viviendas residenciales en España consume actualmente en torno al 60% del consumo energético de una familia; un dato que resulta demasiado elevado si se compara con los índices registrados en otros países de nuestro entorno.

Para evitar este exceso de consumo de los sistemas de refrigeración y calefacción de las viviendas, el CTE propone la reducción de las necesidades energéticas de un edificio en un 20%, independientemente de la zona climática donde se encuentren. La manera de reducir el consumo de energía en los nuevos edificios no se especifica en este reglamento y queda a juicio del constructor cuál debe ser la orientación más adecuada de la vivienda, así como la elección de materiales o la cantidad de aislamiento a colocar en cada caso.

Los objetivos y exigencias que se definen en el CTE como de obligado cumplimiento se definen con los siguientes criterios:

- a) El objetivo del requisito básico "Ahorro de Energía" consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.
- b) Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
- c) El documento básico "DB HE Ahorro de energía" especifica los parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

Estos criterios de "Ahorro de energía" se plasman en las denominadas "Exigencias Básicas":

- 1) Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética
- 2) Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas
- 3) Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- 4) **Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria**
- 5) Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

En las mencionadas exigencias básicas HE-1, HE-2, HE-3, HE-4 y HE-5 se definen los criterios a seguir para cada edificio que deba ser proyectado para que, en función del tipo del edificio y de sus instalaciones, se garantice el requisito básico de Ahorro de Energía. De forma general, en las exigencias básicas se acuerda lo siguiente:

Exigencia básica HE-1: Limitación de demanda energética

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación

superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Exigencia básica HE-2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y sus equipos. Esta exigencia se desarrollaba con anterioridad, y hasta la entrada en vigor de modo definitivo del CTE, en función del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

Exigencia básica HE-3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

Exigencia básica HE-4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En los edificios, con previsión de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, en los que así se establezca en el CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

Exigencia básica HE-5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

En los edificios para los que así se establezca en el CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

3.10.2.2.1 Exigencia básica 4: La contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

La HE-4 es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta. La contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica, podrá disminuirse justificadamente en los siguientes casos:

- a) cuando se cubra ese aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio;
- b) cuando el cumplimiento de este nivel de producción suponga sobrepasar los criterios de cálculo que marca la legislación de carácter básico aplicable;
- c) cuando el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo;
- d) en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable;
- e) en edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria;
- f) cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

En edificios que se encuentren en los casos b), c), d) y e) del apartado anterior, en el proyecto, se justificará la inclusión alternativa de medidas o elementos que produzcan un ahorro energético térmico o reducción de emisiones de dióxido de carbono, equivalentes a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar, respecto a los requisitos básicos que fije la normativa vigente, realizando mejoras en el aislamiento térmico y rendimiento energético de los equipos.

Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia que se expone a continuación:

1. Obtención de la contribución mínima según el apartado 11.2:

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas siguientes se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria a una temperatura referencia de 60°C, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:

- general: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural, u otras;
- efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Tabla 2. Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule.

Para el caso de piscinas cubiertas, la contribución solar mínima será, en función de la zona climática, la reflejada en la siguiente tabla:

	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
Piscinas cubiertas	30	30	50	60	70

Tabla 3. Contribución solar mínima en %. Piscinas cubiertas.

El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100% y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.

Con independencia del uso al que de destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110%, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:

- dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario);
- tapado parcial del campo de captación. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador);

- c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento;
- d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

En el caso de optarse por las soluciones b) y c), dentro del mantenimiento deben programarse las operaciones a realizar consistentes en el vaciado parcial o tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas operaciones se realizarán una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. No obstante se recomiendan estas soluciones solo en el caso de que el edificio tenga un servicio de mantenimiento continuo.

Cuando la instalación tenga uso de residencial vivienda y no sea posible la solución d) se recomienda la solución a).

La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la siguiente tabla:

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

Tabla 4. Pérdidas límite

En la tabla se consideran tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. Se considera que existe integración cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos.

En todos los casos de han de cumplir las tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores obtenidos con orientación e inclinación óptimos y sin sombra alguna. Se considerará como la orientación óptima al sur y la inclinación óptima, dependiente del período de utilización, unos de los valores siguientes:

- demanda constante anual: la latitud geográfica
- demanda preferente en invierno: la latitud geográfica +10°
- demanda preferente en verano: la latitud geográfica -10°

Sin excepciones, se deben evaluar las pérdidas por orientación e inclinación y sombras de la superficie de captación. Cuando por razones arquitectónicas excepcionales no se pueda dar toda la contribución solar mínima anual se justificará esta imposibilidad, analizando las distintas alternativas de configuración del edificio y de ubicación de la instalación, debiéndose optar por aquella solución que de lugar a la contribución solar mínima.

2. Cálculo y dimensionado

En este apartado se recogen las condiciones y requisitos generales de instalación y de cálculo para todos los componentes de una instalación solar térmica.

Los datos de partida, tablas de valores y premisas para el cálculo recogidos en este punto del Código Técnico de la Edificación han sido recogidos con anterioridad en el apartado 1.5 "Principios básicos de diseño y dimensionado de una instalación térmica solar" de este proyecto.

3. Mantenimiento

Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación: el plan de vigilancia y el plan de mantenimiento preventivo.

Plan de vigilancia

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. Tendrá el alcance descrito en la siguiente tabla:

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
CIRCUITO PRIMARIO	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

Plan de mantenimiento

Son 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.

El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies de captación superior a 20m².

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Sistema de captación:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original. IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas de degradación	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

Sistema de acumulación:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Sistema de intercambio:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF 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	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

Sistema electrónico y de control:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

Sistema de energía auxiliar:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

3.10.2.3 Real Decreto 865/2003 del Ministerio de Sanidad y Consumo.

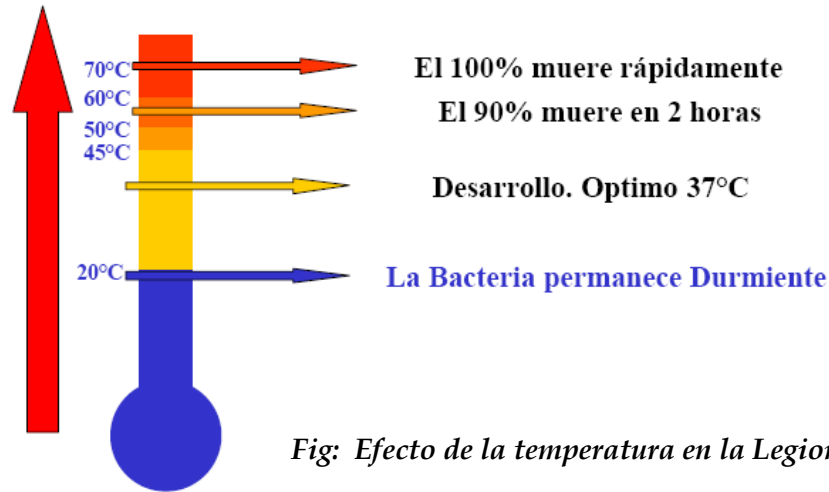
En este Decreto aprobado el 4 de julio de 2003 se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

La legionelosis es una enfermedad bacteriana de origen ambiental que suele presentar dos formas clínicas diferenciadas: la infección palomar o "Enfermedad del Legionario", que se caracteriza por neumonía con fiebre alta, y la forma no neumónica, conocida como "Fiebre del Pontiac", que se manifiesta como un síndrome febril agudo y de pronóstico leve.

La infección por Legionella puede ser adquirida en dos ámbitos, el comunitario y el hospitalario. En ambos casos la enfermedad puede estar asociada a varios tipos de instalaciones, equipos y edificios. Pueden presentarse en forma de brotes y casos aislados o esporádicos.

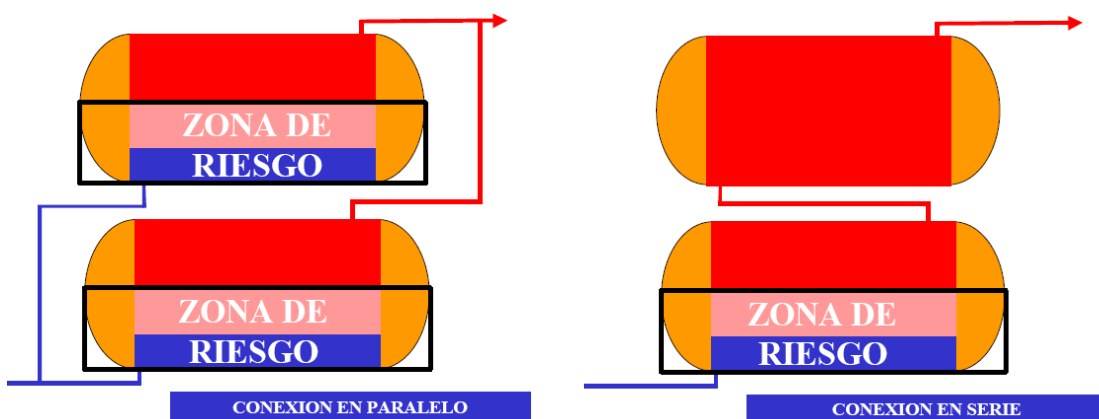
La legionella es una bacteria ambiental capaz de sobrevivir en un amplio intervalo de condiciones físico-químicas, multiplicándose entre 20 °C

y 45 °C, destruyéndose a 70°C. Su nicho ecológico natural son las aguas superficiales, como lagos, ríos, estanques, formando parte de su flora bacteriana.

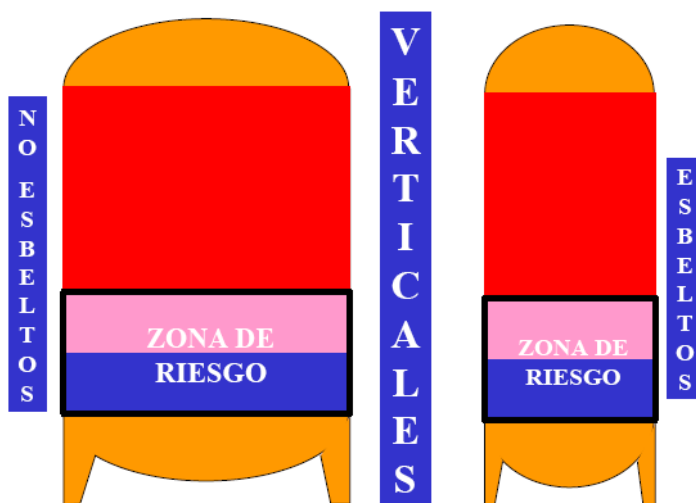


Desde estos reservorios naturales la bacteria puede colonizar los sistemas de abastecimiento de las ciudades y, a través de la red de distribución de agua, se incorpora a los sistemas de agua sanitaria (fría o caliente) u otros sistemas que requieren agua para su funcionamiento como las torres de refrigeración.

En algunas ocasiones, en estas instalaciones mal diseñadas, sin mantenimiento o con un mantenimiento inadecuado, se favorece el estancamiento del agua y la acumulación de productos nutrientes de la bacteria, como lodos, materia orgánica, materias de corrosión y amebas, formando una biocapa. La presencia de esta biocapa, junto a una temperatura propicia, explica la multiplicación de Legionella hasta concentraciones infectantes para el ser humano.



Zona de riesgos en depósitos horizontales conectados en paralelo y en serie.



Zona de riesgos en depósitos verticales

Las medidas contenidas en este real decreto se aplicarán a las instalaciones que utilicen agua en su funcionamiento, produzcan aerosoles y se encuentren ubicadas en el interior o exterior de edificios de **uso colectivo**, instalaciones industriales o medios de transporte que puedan ser susceptibles de convertirse en focos para la propagación de la enfermedad, durante su funcionamiento, pruebas de servicio o mantenimiento.

Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este real decreto las instalaciones ubicadas **en edificios dedicados al uso exclusivo en vivienda**, excepto aquellas que afecten al ambiente exterior de estos edificios. No obstante y ante la aparición de casos de legionelosis, las autoridades sanitarias podrán exigir que se adopten las medidas de control que se consideren adecuadas.

Las medidas preventivas se basarán en la aplicación de dos principios fundamentales:

- 1) La eliminación o reducción de zonas sucias mediante un buen diseño y el mantenimiento de la instalaciones;
- 2) evitando las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de Legionella, mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección continua de la misma.

Cuando se utilice un sistema de aprovechamiento térmico en el que se disponga de un acumulador conteniendo agua que va a ser consumida y en el que no se asegure de forma continua una temperatura próxima a 60°C, se garantizará posteriormente, que se alcance una temperatura de 60°C en otro acumulador final antes de la distribución hacia el consumo.

3.10.3. Legislación autonómica

Al intento de acercar los beneficios energéticos del sol al ciudadano se suman también muchos ayuntamientos y corporaciones locales. En la actualidad 59 municipios, de los más de 8.000 existentes, contemplan ayudas específicas a la instalación de sistemas solares térmicos. Entre los municipios que tienen ordenanzas aprobadas destacan las capitales de Barcelona, Madrid, Sevilla, Granada, Burgos, Ceuta y, recientemente, Valencia, con lo que unos 8 millones de ciudadanos pueden disfrutar de este tipo de bonificaciones en su localidad.



Los Ayuntamientos con Ordenanzas Solares Municipales (Datos junio de 2006)

Las contribuciones solares que son recogidas en el CTE tienen el carácter de mínimos, pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor como consecuencia de las ordenanzas solares dictadas.

El CTE deberá cumplirse en todos aquellos casos en los que no existan normativas municipales más restrictivas. En caso de existencia de ordenanzas municipales:

- Si la ordenanza municipal es menos restrictiva que el CTE, se debe cumplir el CTE.
- Si la ordenanza municipal es más restrictiva que el CTE, se cumplirá la ordenanza municipal

Las ordenanzas solares no contradicen al CTE. Éste es un documento de exigencias mínimas en el que las condiciones deben particularizarse al medio donde se realice el proyecto.

3.10.3.1 Ordenanza solar en la Región de Murcia

La nueva Ordenanza Municipal de Captación Solar ha entrado ya en vigor tras ser aprobada en Junta de Gobierno en el mes de marzo de 2008 y haberse sometido a exposición pública, no habiéndose presentado ninguna alegación. De este modo, los nuevos edificios estarán obligados a que el parte de la producción de agua caliente provenga de la energía solar.

Esta ordenanza sirve para fomentar el uso de la captación solar como fuente de energía, y regula la obligada incorporación de estos sistemas para la producción de agua caliente sanitaria y calentamiento de piscinas.

En concreto, afecta a las nuevas edificaciones, a aquellos edificios que se rehabiliten y a las piscinas de nueva construcción o aquellas ya construidas que deseen instalar un sistema de climatización de agua, siempre que la presentación del proyecto se realice con fecha posterior a la entrada en vigor de la ordenanza.

Como novedad incluye también la regulación de la instalación de estos tipos de placas en bajos comerciales, algo que no reflejaba el Código Técnico de la Edificación.

Uno de los artículos trata sobre la protección del paisaje y obliga a adoptar medidas que atenúen al máximo el impacto visual de las placas solares, consiguiendo la adecuada integración al paisaje. De esta forma, si las placas son visibles desde la calle se tendrá que corregir si cumple alguno de estos supuestos: si la alineación de los captadores no se corresponde con ninguna de las líneas principales del edificio, o si ocultan algún elemento arquitectónico singular.

Igualmente, las placas solares no podrán producir reflejos que molesten a personas residentes en edificios colindantes y las tuberías, cables o canalizaciones pertenecientes a la instalación no podrán ser visibles en las fachadas de los edificios.

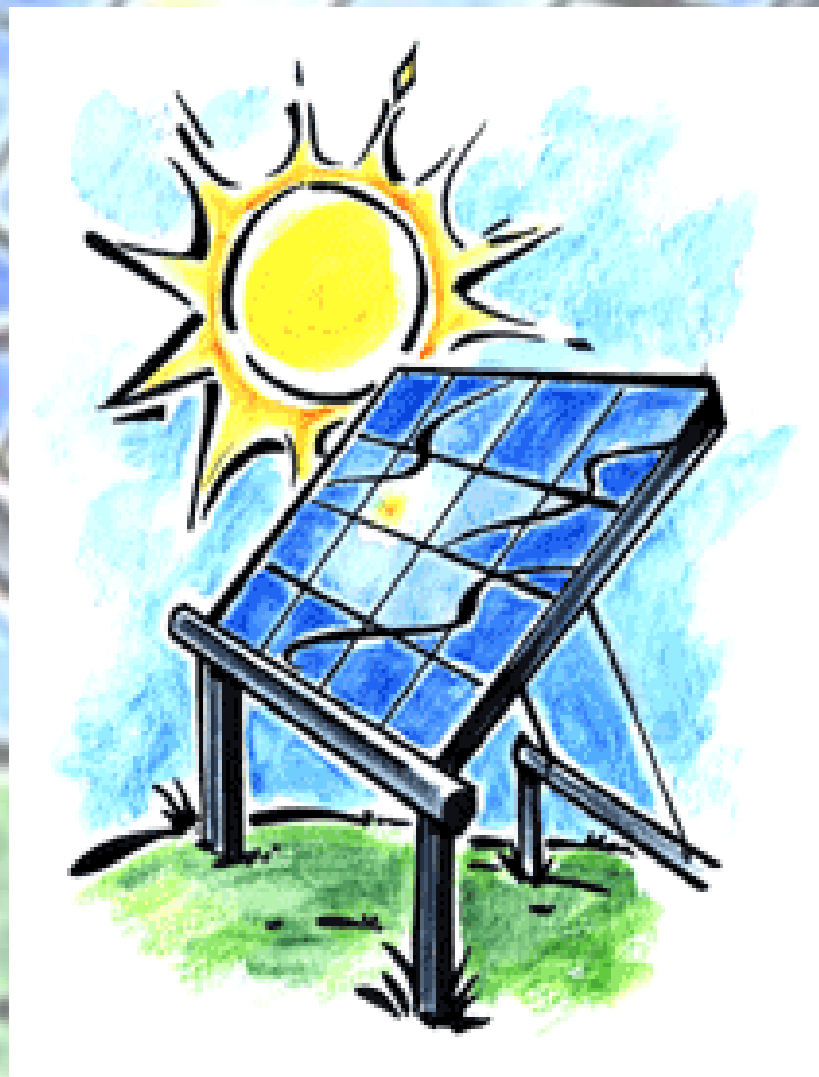
Por otra parte, el propietario de la instalación deberá suscribir un contrato de mantenimiento de la instalación solar con una empresa autorizada para que controle su funcionamiento, eficiencia, seguridad, salubridad y ornato público.

En esta ordenanza también se recoge que el Ayuntamiento establecerá una línea de ayudas para que los murcianos instalen energía solar, y que promoverá campañas de educación y sensibilización para concienciar a los ciudadanos del uso eficiente de la energía. También cederá fincas municipales para las grandes instalaciones energéticas que utilicen como fuente la radiación solar.

Así, el equipo de Gobierno continúa fomentando el uso de energías renovables como ya se viene haciendo con la instalación de placas solares en colegios, instalaciones deportivas o viviendas protegidas, ya que con la aprobación de esta ordenanza se cumple otra de las medidas que forman parte de la Estrategia Local contra el Cambio Climático.

Gracias a esta estrategia se ejecutarán más de un centenar de medidas que se llevarán a cabo antes de 2012 gracias a las cuales se reducirá en un 20 por ciento las emisiones de CO2 generadas por la actividad urbana.

LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA EDIFICACIÓN



4. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA EDIFICACIÓN.

La energía solar eléctrica, o fotovoltaica, es una energía limpia y renovable, de fácil instalación y mantenimiento.

Aunque la energía solar fotovoltaica solo representa el 0,001% del suministro de energía que satisface las necesidades de consumo en todo el mundo, se prevé un rápido y significativo crecimiento de su implantación, basado en el actual desarrollo de la tecnología y el compromiso medioambiental de los países mas desarrollados. El sector fotovoltaico se sustenta en una tecnología de vanguardia y una industria puntera que en los últimos años está teniendo un crecimiento anual medio superior al 30%.

En el medio plazo, se estima que habrá una reducción importante de costes debido a una mejora de la eficiencia de las tecnologías actuales, a la optimización de los procesos de fabricación, a la aplicación de economías de escala y al desarrollo de nuevas tecnologías. En el año 2010 se prevé que los costes serán menores en un 30% para instalaciones aisladas y un 40% en instalaciones conectadas a la red.

Aunque tradicionalmente el uso de la energía solar fotovoltaica ha sido en aplicaciones aisladas a la red eléctrica, desde hace unos años la incorporación de esta tecnología al entorno urbano está facilitando su difusión y desarrollo. Es necesario tener en cuenta que la generación eléctrica fotovoltaica es la única que puede producir, a partir de una fuente renovable, electricidad allí donde se consume.

4.1 Introducción histórica

Edmund Becquerel:

En 1839 Edmund Becquerel, físico francés, descubre el efecto fotoeléctrico: en una celda electrolítica compuesta de 2 electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora, la generación de energía aumentaba al exponer la solución a la luz: observó una fuerza electromotriz (un voltaje) que se originaba al iluminar electrodos de platino u oro inmersos en una solución alcalina o ácida.

Aunque Becquerel fue el primero en describir el efecto fotoeléctrico en 1839, cuando tan solo tenía 19 años, su descubrimiento permaneció como inexplorado durante medio siglo.

Willoughby Smith:

En el año 1873, el ingeniero británico Willoughby Smith descubrió que el Selenio mostraba un cambio en su resistencia eléctrica cuando era sometida a una fuente de luz.

W.G. Adams y R.E. Day:

Observaron en 1877 el efecto en una pequeña barra de selenio en cuyos extremos habían fundido electrodos de platino. Construyeron la primera celda de selenio. Durante los siguientes 30 años la primera aplicación práctica la constituyó el medidor de luz para fotografía y como sensor de luz en instrumentos ópticos.

Heinrich Hertz:

Las primeras observaciones con detalle del efecto fotoeléctrico fueron llevadas a cabo por Heinrich Hertz en 1887, en sus experimentos sobre la producción y recepción de ondas electromagnéticas. Su receptor consistía en una bobina en la que se podía producir una chispa como producto de la recepción de ondas electromagnéticas. Para observar mejor la chispa, Hertz encerró su receptor en una caja negra. Sin embargo la longitud máxima de la chispa se reducía en este caso comparado con las observaciones de chispas anteriores.

En efecto la absorción de luz ultravioleta facilitaba el salto de los electrones y la intensidad de la chispa eléctrica producida en el receptor. Hertz realizó celdas fotovoltaicas que convertían la luz en electricidad con 1% al 2% de eficiencia, y publicó artículos con sus resultados sin intentar explicar el fenómeno observado.

J.J Thompson:

En 1889, el físico Joseph John Thompson investigaba los rayos catódicos. Influenciado por los trabajos de James Clerk Maxwell, Thompson dedujo que los rayos catódicos consistían de un flujo de partículas cargadas negativamente a los que llamó corpúsculos y ahora conocemos como electrones.

Thompson utilizaba una placa metálica encerrada en un tubo de vacío como cátodo exponiendo este a luz de diferente longitud de onda. Thompson pensaba que el campo electromagnético de frecuencia variable producía resonancias en el campo eléctrico atómico y que si estas alcanzaban una amplitud suficiente podría producirse la emisión de un "corpúsculo" subatómico de carga eléctrica y por lo tanto el paso de la corriente eléctrica.

La intensidad de esta corriente eléctrica variaba con la intensidad. Incrementos mayores de la intensidad de la luz producían incrementos mayores de la corriente. La radiación de mayor frecuencia producía la emisión de partículas con mayor energía cinética.

Von Lenard:

En 1902 Philipp von Lenard realizó observaciones del efecto fotoeléctrico en las que se ponía de manifiesto la variación de energía de los electrones con la frecuencia de la luz incidente. La energía cinética de los electrones podía medirse a partir de la diferencia de potencial necesaria para frenarlos en un tubo de rayos catódicos. La radiación ultravioleta requería por ejemplo potenciales de frenado mayores que la radiación de mayor longitud de onda.

Los experimentos de Lenard arrojaban datos únicamente cualitativos dadas las dificultades del equipo instrumental con el cual trabajaba.

Albert Einstein:

En 1905 Albert Einstein propuso una descripción matemática de este fenómeno que parecía funcionar correctamente y en la que la emisión de electrones era producida por la absorción de cuantos de luz que más tarde serían llamados fotones. En un artículo titulado "Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de la luz" mostró como la idea de partículas discretas de luz podría explicar el efecto fotoeléctrico y la presencia de una frecuencia característica para cada material por debajo de la cual no se producía ningún efecto. Por esta explicación del efecto fotoeléctrico Einstein recibiría el Premio Nobel de Física en 1921.

El trabajo de Einstein predecía que la energía con la que los electrones escapaban del material aumentaba linealmente con la frecuencia de la luz incidente. Sorprendentemente este aspecto no había sido observado en experiencias anteriores sobre el efecto fotoeléctrico.

La demostración experimental de este aspecto fue llevada a cabo en 1915 por el físico estadounidense Robert Andrews Millikan.

La dualidad onda-corpúsculo:

El efecto fotoeléctrico fue uno de los primeros efectos físicos que puso de manifiesto la dualidad onda-corpúsculo característica de la mecánica cuántica. La luz se comporta como ondas pudiendo producir interferencias y difracción como en el experimento de la doble rendija de Thomas Young, pero intercambia energía de forma discreta en paquetes de energía, fotones, cuya energía depende de la frecuencia de la radiación electromagnética.

Las ideas clásicas sobre la absorción de radiación electromagnética por un electrón sugerían que la energía es absorbida de manera continua. Este tipo de explicaciones se encontraban en libros clásicos como el libro de Millikan sobre los

Electrones o el escrito por Compton y Allison sobre la teoría y experimentación con rayos X. Estas ideas fueron rápidamente reemplazadas tras la explicación cuántica de Albert Einstein.

1951:

El desarrollo de la unión p-n crecida posibilita la producción de una celda de germanio monocristalino.

1954:

Los investigadores D.M. Chaplin, C.S. Fuller y G.L. Pearson de los Laboratorios Bell en Murray Hill, New Jersey, producen la primera célula de silicio, publican en el artículo "A New Silicon p-n Photocell for converting Solar Radiation into Electrical Power", y hacen su presentación oficial en Washington (26 abril).



1955:

Se le asigna a la industria americana la tarea de producir elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones espaciales. Hoffman Electronic, empresa en Illinois (EE.UU.) ofrece células del 3% de 14mW a 1.500\$/Wp.

1958:

El 17 de marzo se lanza el Vanguard I, el primer satélite alimentado con energía solar fotovoltaica. El satélite lleva 0,1W superficie aproximada de 100 cm², para alimentar un transmisor de respaldo de 5 mW, que estuvo operativo 8 años.

La Unión Soviética, muestra en la exposición Universal de Bruselas sus células fotovoltaicas con tecnología de silicio.

1959:

Hoffman Electronic alcanza el 10% de rendimiento en sus células comerciales.

1962:

Se lanza el primer satélite comercial de telecomunicaciones, el Telstar, con una potencia fotovoltaica de 14W.

1963:

Sharp consigue una forma práctica de producir módulos de silicio; en Japón se instala un sistema de 242W en un faro, el más grande de aquellos tiempos.

1964:

El navío espacial Nimbus se lanza con 470W de paneles fotovoltaicos.

1973:

La universidad de Delaware construye "Solar One", una de las primeras viviendas con EFV. Las placas fotovoltaicas instaladas en el techo tienen un doble efecto: generar energía eléctrica y actuar de colector solar (calentado el aire bajo ellas, el aire era llevado a un intercambiador de calor para acumularlo).



1974-1977:

Se funden las primeras compañías de energía solar. El Lewis Research Center (LeRC) de la NASA coloca las primeras aplicaciones en lugares aislados. La potencia instalada de EFV supera los 500 kW.

1978:

El NASA LeRC instala un sistema FV de 3,5 kWp en la reserva india Papago (Arizona). Es utilizado para bombear agua y abastecer 15 casas (iluminación, bombeo de agua, refrigeración, lavadora...). Es utilizado hasta la llegada de las líneas eléctricas en 1983, y a partir de entonces se dedica exclusivamente al bombeo de agua.

1980:

La empresa ARCO Solar (actualmente Siemens) es la primera en producir más de 1MW en módulos FV en un año.

1981:

“Solar Challenger”, un avión abastecido por energía solar fotovoltaica, vuela.

Se instala en Jeddah, Arabia Saudita, una planta desalinizadora por ósmosis-inversa abastecida por un sistema fotovoltaico con una potencia total instalada de 8kW.

1982:

La producción mundial de EFV supera los 9,3 MW. Entra en funcionamiento la planta ARCO Solar Hisperia en California, con una potencia total instalada de 1MW.

1983:

La producción mundial de EFV supera los 21,3 MW, y las ventas superan los 250 millones de \$.

El Solar Trek, un vehículo alimentado por EFV con 1 kW atraviesa Australia; 4000 km en menos de 27 días. La velocidad máx es 72km/h, y la media 24 km/h.

ARCO Solar construye una planta de EFV de 6-MW en California, en una extensión de 120 acres; conectado a la red eléctrica general suministra energía para 2000-2500 casas.

1992:

Instalado un sistema FV de 0,5 kW en Lago Hoare, Antártida, con baterías de 2,4 kWh. Se utiliza para abastecer a equipamiento de laboratorio, iluminación, Pcs e impresoras y un pequeño horno microondas.

1994:

Se celebra la primera Conferencia Mundial fotovoltaica en Hawaii promovida por la UNESCO.

Se inaugura en la Puebla de Montalbán (Toledo) una planta fotovoltaica de 1MW promovida por BP Solar, Endesa, Nukem, RWE Energie AG y Unión Fenosa.

1995:

Se inaugura la primera aplicación de tejado y fachada solar fotovoltaica integrados, en un edificio de Cataluña, la Biblioteca de Mataró, a iniciativa de la empresa TFM (Teulades i Façanes Multifuncionals, de Barcelona, ha desarrollado módulos especiales para aplicar las células solares a las técnicas específicas de la arquitectura fotovoltaica).

El mercado mundial alcanza los 80 MW de producción en módulos fotovoltaicos.

1996:

El "Ícaro", un avión movido por EFV sobrevuela Alemania. Las alas y la zona de cola están recubiertas de 3000 células super eficientes con una superficie de 21m².



1997:

El entonces presidente de EE.UU., Bill Clinton, anuncia el programa de promoción de la energía fotovoltaica y fototérmica de un millón de tejados instalados en EE.UU. para el 2010.

1998:

Se celebra la segunda Conferencia Mundial fotovoltaica en Viena. Se alcanza un total de 1000 MWp de sistemas fotovoltaicas instalados.

2002:

Se producen más de 500 MWp de generadores fotovoltaicos en un año.

2003:

Se celebra la tercera Conferencia Mundial fotovoltaica.

4.2 Tecnología y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

4.2.1 Generalidades y conceptos básicos.

Una instalación fotovoltaica tiene como objetivo producir energía eléctrica a partir de la energía solar. Esta generación de energía eléctrica, sin emisión de contaminantes, se produce como resultado de la captación directa de energía solar y mediante la intervención del llamado efecto fotovoltaico.

El proceso de transformación de energía solar en energía eléctrica se produce en un elemento semiconductor que se denomina célula fotovoltaica. Cuando la luz del Sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido. La tecnología fotovoltaica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.



Los módulos fotovoltaicos, formados por células fotovoltaicas, son los dispositivos que transforman directamente la radiación solar en energía eléctrica en corriente continua. La batería es el componente que almacena la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos por el carácter aleatorio de la energía solar, en caso de no ir conectada la instalación a la red. El regulador es el que controla el proceso de carga y, en ocasiones, el de descarga de la batería. Y finalmente es el inversor el que transforma la corriente continua en corriente alterna a 220V y 50Hz.

Las instalaciones fotovoltaicas se caracterizan por:

- Su simplicidad y su fácil instalación.
- Ser modulares.
- Tener una larga duración (la vida útil de los módulos fotovoltaicos es superior a 30 años)
- No requerir apenas mantenimiento.
- Tener una elevada fiabilidad.
- No producir ningún tipo de contaminación ambiental.
- Tener un funcionamiento silencioso.

Pero para conseguir su plena incorporación a los hábitos de la sociedad, como una solución complementaria a los sistemas tradicionales de suministro eléctrico, es necesario superar ciertas barreras:

Económicas: Insistiendo en la reducción de sus costes de fabricación y precio final de la instalación, que podrá derivarse de las innovaciones que se introduzcan y, en gran medida, de las economías de escala que se generen como consecuencia del aumento de la demanda y de los volúmenes de producción.

Estéticas: Integrando los elementos fotovoltaicos en los edificios y en los entornos rural y urbano.

Financieras: Consiguiendo condiciones de financiación aceptables para abordar la inversión necesaria.

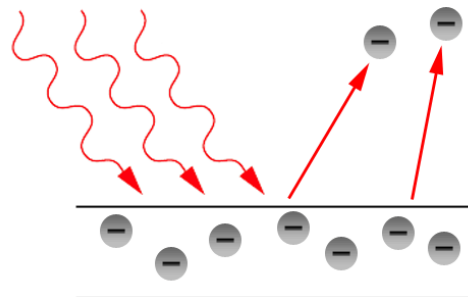
Administrativas: Obteniendo el máximo apoyo de las Administraciones Públicas, y clarificándose y agilizándose las tramitaciones necesarias.

4.2.2 El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad.

La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados o absorbidos, o pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. De este modo, siempre que un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

La parte que juega un papel más importante dentro de la célula solar es la capa de semiconductores, ya que es en ella donde se crea la corriente de electrones. Cuando la luz solar incide en la célula se liberarán electrones que podrán ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Esta es la razón por la que las células fotovoltaicas se fabrican a partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a bajas temperaturas y como conductores cuando se aumenta la energía incidente sobre ellos.



Desgraciadamente no existe el material ideal para cada uno de los tipos de células y aplicaciones. Las células solares están formadas, además de por la capa de semiconductores, por una red o malla metálica superior u otro tipo de estructura que sirva para recoger los electrones del semiconductor y transferirlos hacia la carga externa y un contacto posterior para, de ese modo, completar el circuito eléctrico.

Disponer de un buen rendimiento en el proceso de conversión de la energía de la luz en energía eléctrica, es decir, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar fotovoltaica una energía más competitiva con otras fuentes (por ejemplo la energía de origen fósil).

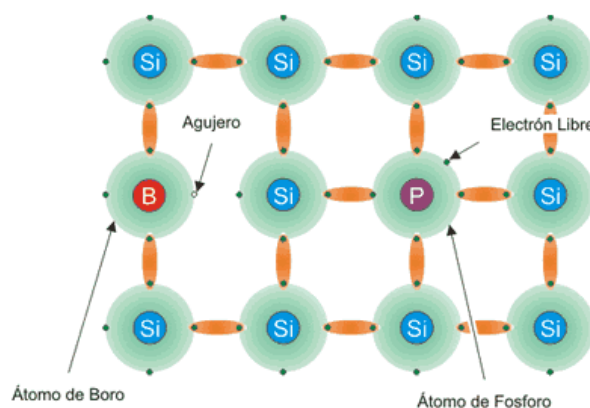
4.2.2.1 Proceso de aparición de una corriente eléctrica

Se considera que, con la formulación del efecto fotoeléctrico, Albert Einstein dio origen a la física cuántica, madre de la electrónica moderna.

Los fotones incidentes son absorbidos por los electrones del medio dotándoles de una cantidad de energía que es suficiente para escapar del mismo.

El silicio como elemento químico cuenta con 14 electrones de los cuales 4 son de valencia, lo que significa que están disponibles para unirse con los electrones de valencia de otros átomos. De este modo, en una configuración de cristal de silicio químicamente puro, cada átomo estará unido de forma covalente con otros 4 átomos de manera que dentro del cristal no habrá, como consecuencia del enlace químico, electrones libres.

En la realidad, algunos átomos de silicio en la configuración del cristal van a ser sustituidos por átomos de fósforo, elemento que tiene 5 electrones de valencia. Así, 4 serán utilizados para llevar a cabo los enlaces químicos con átomos adyacentes de silicio, mientras que el quinto podrá separarse del átomo de fósforo mediante una estimulación aportada por una fuente externa de energía térmica, con lo que pasará a disfrutar de libertad de movimiento en el interior del retículo del cristal.

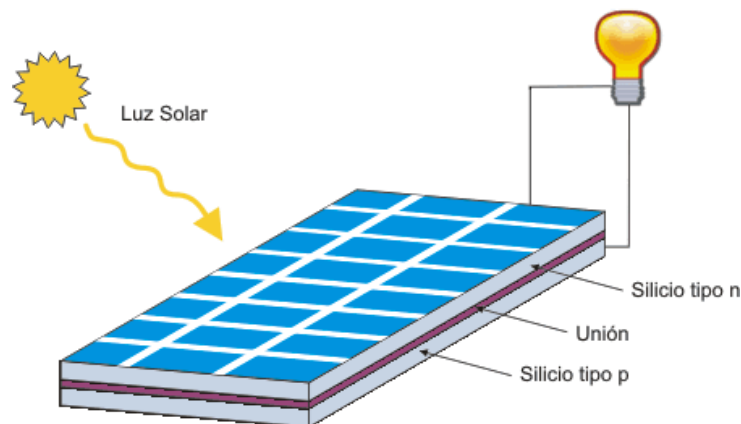


En sentido contrario, si la sustitución del átomo de silicio se realizase con átomos de boro, que sólo tiene 3 electrones de valencia, se llegaría a una situación en la que sería necesario un electrón adicional para completar los enlaces químicos con los átomos adyacentes de silicio. Este electrón que falta es denominado "huevo", y produce un efecto opuesto, como si se tratase de un electrón positivo.

Por lo tanto, en el caso de que se produzca el enlace con fósforo, los portadores de carga libres poseen potencial negativo y el material es llamado semiconductor de "tipo n". Mientras, en el caso en que la mencionada sustitución de átomos de silicio se produzca con átomos de boro, los portadores de carga son positivos y el material es llamado semiconductor de "tipo p".

Uniendo una barra de material de tipo n con una barra de material de tipo p se realiza la unión de dos de estos materiales "tipo n" y "tipo p", constituyendo lo que se denomina Diodo ó enlace "p-n".

Los electrones que se encuentren en estado libre dentro de la zona de material "tipo-n" detectarán que existe colindante una región en la que no existen electrones libres y, esto hará que se genere un flujo de estos electrones portadores hacia la otra zona, como consecuencia del intento de reestablecer el equilibrio. Del mismo modo, los huecos existentes en la "zona-p" detectarán una región en la que no existen huecos y se producirá, por tanto, un flujo de cargas positivas en sentido contrario al flujo de electrones. Debido al avance de este proceso de difusión de electrones y huecos, en la "zona-p" se generará un exceso de cargas con potencia negativo mientras que en la "zona-n" se producirá un exceso de cargas positivas.



Por tanto, en el área de unión de los dos materiales se origina un campo eléctrico que se hace cada vez mayor a medida que huecos y electrones se siguen difundiendo hacia lados opuestos. Este proceso no terminará hasta que el potencial eléctrico de este campo alcance un valor que impida la posterior difusión de electrones y huecos.

Una vez que se haya alcanzado este valor de equilibrio, se habrá creado en el diodo p-n un campo eléctrico permanente sin la ayuda de campos eléctricos o elementos externos. Este potencial permite explicar el por qué del efecto fotovoltaico.

Supongamos que un fotón (partícula que constituye un rayo solar) incide sobre la región de tipo p del material. Si el fotón incidente posee una energía térmica mayor que la energía mínima necesaria para romper un enlace del retículo de silicio (band-gap) será absorbido y con ello se creará una nueva pareja electrón-hueco. El efecto de la creación de esta nueva pareja será que el electrón liberado se trasladará hacia la "zona-n" a causa del potencial eléctrico.

En cambio, si el fotón incidiese sobre la zona n, se generaría también una nueva pareja pero en este caso el hueco creado se moverá hacia la "zona-p".

Este flujo va a tener como consecuencia la acumulación de cargas positivas en la "zona-p" y de cargas negativas en la "zona-n", dando origen a un campo eléctrico opuesto al creado por el mecanismo de difusión.

Evidentemente, cuanto mayor sea el número de fotones que incide sobre la unión, mayor será el número de los campos que pasen a anularse el uno con el otro, hasta llegar que se alcance un valor umbral en el que no haya un campo interno que separe cada pareja electrón-hueco. Esta es la condición que determina la tensión a circuito abierto de la célula fotovoltaica.

Si se colocasen unos electrodos (contactos metálicos) sobre la superficie de la célula se puede utilizar el potencial creado, haciendo circular la corriente de electrones.

4.2.2.2 Principio de funcionamiento. Explicación simplificada.

1. Los fotones de la luz solar chocan contra la célula solar y son absorbidos por un material semiconductor, por ejemplo el silicio.

2. Los electrones (carga negativa) salen despedidos de sus átomos respectivos, recorriendo el semiconductor y produciendo electricidad. Complementariamente a este efecto, también se crean (como burbujas) los huecos (carga positiva), que fluyen en dirección opuesta a la de los electrones.

3. Una agrupación numerosa de células solares, convierte la energía solar en corriente eléctrica continua lista para ser utilizada.

Opcionalmente,

1. La corriente continua puede entrar en un inversor.

2. El inversor convierte la corriente eléctrica continua en corriente alterna de 110 o 220 voltios, apta para el uso doméstico.

3. La corriente alterna puede ser inyectada en la red de distribución eléctrica y ser transportada a otros lugares.

4.2.3 Los semiconductores

El factor clave para el desarrollo de la conversión fotovoltaica ha sido el semiconductor. Elementos como el silicio, el germanio, o sales como el arseniuro de galio, el sulfuro de cadmio y algunas otras tienen la característica natural de ser portadores de dos tipos de corriente eléctrica: una con electrones libres, capaces de viajar por el cristal, y otra llamada "huecos", dotada de carga positiva.

Existen semiconductores llamados tipo p, en los cuales predomina la conducción por vacíos, y semiconductores llamados tipo n en los que predomina la conducción de electrones libres.

Pero la característica más importante de los semiconductores es que la resistividad eléctrica del material puede disminuir si añadimos impurezas (dopantes). La acción de introducir estas impurezas, que afectan a las propiedades eléctricas del semiconductor, se llaman dopaje.

Los dopantes son elementos similares en estructura y valencia química al material del cristal original, que se incluyen dentro de la matriz para que se cuente con un electrón de más o de menos que en el semiconductor. Estos elementos dopantes pueden además captar, controlar y guiar este haz de electrones en la matriz semiconductor.

Como es conocido, el silicio es el material semiconductor más utilizado en la tecnología fotovoltaica. Pero veremos que primero es necesario obtener el silicio como un cristal de una gran pureza y después doparlo con impurezas en concentraciones infinitesimales (de 10^{16} a 10^{19} átomos de impureza por cm^3). Añadiendo al silicio impurezas de fósforo o arsénico, el silicio pasa a ser de tipo n. En cambio, si las impurezas añadidas son de boro o galio, lo convierten en tipo p. Este proceso es costoso y tecnológicamente muy complejo, razón por la que las células fotovoltaicas son caras y requieren una tecnología de vanguardia.

El fenómeno que justifica el comportamiento de los semiconductores tiene que ver con la distribución de los átomos en la estructura cristalina. Recordemos que un átomo de silicio es como un tetraedro. Así, cuando se introduce un átomo de dopante tipo p como el fósforo el resultado es un electrón libre que puede viajar por el cristal de silicio. En cambio, en los semiconductores de tipo n, como el silicio dopado con boro, quedan cargas de signo positivo.

Cuando un fotón incide sobre el semiconductor, como consecuencia del efecto fotoeléctrico, se rompen los enlaces químicos y se genera una corriente eléctrica, con valor variable según la temperatura ambiente, que reconducirá el movimiento de electrones en la dirección y sentido de la llamada unión p-n. En otras palabras, los fotones de la luz producen una tensión eléctrica parecida a la que se produce en los bornes de una pila seca. Mediante contactos metálicos en cada una de las caras, se puede

capturar esta energía eléctrica para con ello poder utilizarla en distintas aplicaciones.



Bloques de silicio, materia prima para la fabricación de las células fotovoltaicas

4.2.3.1 Semiconductor tipo N

Un Semiconductor tipo N se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado añadiendo un cierto tipo de átomos al semiconductor para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso negativas o electrones).

Cuando el material dopante es añadido, éste aporta sus electrones más débilmente vinculados a los átomos del semiconductor. Este tipo de agente dopante es también conocido como material donante ya que da algunos de sus electrones.

El propósito del dopaje tipo n es el de producir abundancia de electrones portadores en el material. Para ayudar a entender como se produce el dopaje tipo n considérese el caso del silicio (Si). Los átomos del silicio tienen una valencia atómica de cuatro, por lo que se forma un enlace covalente con cada uno de los átomos de silicio adyacentes. Si un átomo con cinco electrones de valencia, tales como los del grupo VA de la tabla periódica (ej. fósforo (P), arsénico (As) o antimonio (Sb)), se incorpora a la red cristalina en el lugar de un átomo de silicio, entonces ese átomo tendrá cuatro enlaces covalentes y un electrón no enlazado. Este electrón extra da como resultado la formación de "electrones libres", el número de electrones en el material supera ampliamente el número de huecos, en ese caso los electrones son los portadores mayoritarios y los huecos son los portadores minoritarios. A causa de que los átomos con cinco electrones de valencia tienen un electrón extra que "dar", son llamados átomos donadores. Nótese que cada electrón libre en el semiconductor nunca está lejos de un ion dopante positivo inmóvil, y el material dopado tipo N generalmente tiene una carga eléctrica neta final de cero.

4.2.3.2 Semiconductor tipo P

Un Semiconductor tipo P se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado, añadiendo un cierto tipo de átomos al semiconductor para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso positivos o huecos).

Cuando el material dopante es añadido, éste libera los electrones más débilmente vinculados de los átomos del semiconductor. Este agente dopante es también conocido como material aceptor y los átomos del semiconductor que han perdido un electrón son conocidos como huecos.

El propósito del dopaje tipo P es el de crear abundancia de huecos. En el caso del silicio, un átomo trivalente (típicamente del grupo IIIA de la tabla periódica) de los átomos vecinos se le une completando así sus cuatro enlaces. Así los dopantes crean los "huecos". Cada hueco está asociado con un ion cercano cargado negativamente, por lo que el semiconductor se mantiene eléctricamente neutro en general. No obstante, cuando cada hueco se ha desplazado por la red, un protón del átomo situado en la posición del hueco se ve "expuesto" y en breve se ve equilibrado por un electrón. Por esta razón un hueco se comporta como una cierta carga positiva. Cuando un número suficiente de aceptores son añadidos, los huecos superan ampliamente la excitación térmica de los electrones. Así, los huecos son los portadores mayoritarios, mientras que los electrones son los portadores minoritarios en los materiales tipo P. Los diamantes azules (tipo IIb), que contienen impurezas de boro (B), son un ejemplo de un semiconductor tipo P que se produce de manera natural.

4.2.4 Tecnología de los principales componentes de los sistemas solares fotovoltaicos

4.2.4.1 Módulo fotovoltaico

La materia prima para la fabricación de las células fotovoltaicas más utilizada actualmente es el silicio. El silicio es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno. Dado que la combinación de ambos forma el 60% de la corteza terrestre.

Este sistema de producción eléctrica renovable dispone de un combustible infinito, la luz solar, y de una tecnología que utiliza una materia prima prácticamente inagotable.

El silicio utilizado actualmente en la fabricación de las células que componen los módulos fotovoltaicos se presenta en tres formas diferentes:

- a) Silicio monocristalino
- b) Silicio policristalino
- c) Silicio amorfo

- a) Silicio monocristalino. En este caso el silicio que compone las células de los módulos es un único cristal. La red cristalina es la misma en todo el material y tiene muy pocas imperfecciones. El proceso de cristalización es complicado y costoso, pero, sin embargo, es el que proporciona la mayor eficiencia de conversión de luz en energía eléctrica.
- b) Silicio policristalino. No está formado por un solo cristal. El proceso de cristalización no es tan cuidadoso y la red cristalina no es la misma en todo el material. Este proceso es más barato que el anterior pero se obtienen rendimientos ligeramente inferiores.
- c) Silicio amorfo. En el silicio amorfo no hay red cristalina y se obtiene un rendimiento inferior a los de composición cristalina. Sin embargo posee la ventaja, además de su bajo coste, de ser un material muy absorbente por lo que basta una fina capa para captar la luz solar.



Tipologías de células fotovoltaicas: en silicio amorfo, monocristalino y policristalino

En la tabla siguiente se pueden observar los rendimientos actuales de las diferentes tecnologías de módulos solares en fase de comercialización.

Eficiencia	
Silicio monocristalino	13 - 15 %
Silicio policristalino	11 %
Silicio amorfo	7 %

También existen otras tecnologías o procesos de aceptable rendimiento, no todas basadas en el silicio, que se encuentran en fase de desarrollo en laboratorio o iniciando su fabricación en pequeñas plantas. Este es el caso del Teluro de Cadmio, Arseniuro de Galio, Células Bifaciales, etc.

Los paneles solares fotovoltaicos pueden exponerse directamente a la intemperie ya que las partes eléctricas se encuentran aisladas del exterior. Tienen un peso aproximado de 15kg/m² más el peso de la estructura soporte que es de aproximadamente 10kg/m². Es importante a la hora de su colocación y sujeción, tener en cuenta el efecto del viento.

4.2.4.2 Acumuladores

La naturaleza variable de la radiación solar hace que los sistemas fotovoltaicos aislados incorporen elementos de almacenamiento de energía que permitan de ésta en los períodos en los que no hay radiación solar.

El abanico de posibles acumuladores de energía es grande, pero las actuales disponibilidades del mercado hacen que en los sistemas fotovoltaicos se utilice la acumulación electroquímica, es decir, la batería recargable. La más utilizadas por precio y prestaciones son las de plomo ácido y las de níquel cadmio.

Dado que los requisitos exigibles a una batería de un sistema fotovoltaico son la resistencia al número de ciclos de carga y descarga y el mantenimiento reducido, es aconsejable utilizar baterías tubulares, con rejilla de aleación de bajo contenido en antimonio, con gran reserva de electrolito y vasos transparentes que facilitan la inspección visual de la batería.

4.2.4.3 Reguladores de carga

Su función es regular la carga y la descarga de baterías. Existen diversas tecnologías comercializadas para aplicaciones fotovoltaicas. Si nos referimos a la forma de conmutación con la batería, encontramos dos tipos de sistemas de regulación: en paralelo, donde el exceso de tensión se controla derivando la corriente a un circuito que disipa la energía sobrante, y en serie, que incorpora interruptores, electromecánicos o electrónicos, que desconectan el generador cuando la tensión excede de un determinado nivel de referencia.

4.2.4.4 Ondulares

Son los elementos que adaptan la energía entregada por el generador fotovoltaico o por las baterías (en forma de corriente continua) a las condiciones requeridas por los diferentes tipos de cargas, ya sean éstas en corriente continua, en corriente alterna o inyección de energía directamente a la red.

Son muchos los tipos de ondulares que, utilizando diferentes tecnologías, se comercializan en la actualidad. Existen desde los que se aplican en sistemas aislados con demandas energéticas variables, y que deben ser robustos y eficientes, hasta los empleados en instalaciones conectadas a la red eléctrica, donde la baja producción de armónicos, su adaptación a cualquier red eléctrica y la generación como factor de potencia, son prioritarios.

4.3 Usos y aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos

Deben su aparición a la industria aeroespacial, y se han convertido en el medio más fiable de suministrar energía eléctrica a un satélite o a una sonda en las órbitas interiores del Sistema Solar. Esto es gracias a la mayor irradiación solar sin el impedimento de la atmósfera y a su bajo peso.

En tierra, son la fuente solar más popular en instalaciones pequeñas o en edificios, frente al método de campos de espejos heliostatos empleados en las grandes centrales solares.

Junto con una pila auxiliar, se usa habitualmente en ciertas aplicaciones de poco consumo como boyas o aparatos en territorios remotos, o simplemente cuando la conexión a una central de energía sea impracticable. Su utilización a gran escala se ve restringida por su alto coste, tanto de compra como de instalación. Hasta ahora, los paneles fotovoltaicos ocupan una pequeña porción de la producción mundial de energía.

Experimentalmente han sido usados para dar energía a automóviles, por ejemplo en el World solar challenge a través de Australia. Muchos yates y vehículos terrestres los usan para cargar sus baterías lejos de la red eléctrica. Programas de incentivo a gran escala, ofreciendo recompensas financieras como la posibilidad de vender el exceso de electricidad a la red pública, han acelerado en gran medida el avance de las instalaciones de celdas fotovoltaicas solares en España, Alemania, Japón, Estados Unidos y otros países.

La experiencia en producción e instalación, los avances tecnológicos que aumentan la eficiencia de las celdas solares, las economías de escala en un mercado que crece un 40% anualmente, unido a las subidas en los precios de los combustibles fósiles, hacen que las se empiece a contemplar la fotovoltaica para producción eléctrica de base, en centrales conectadas a red.

Actualmente muchos gobiernos del mundo (Alemania, Japón, EEUU, España, Grecia, Italia, Francia, ...) están subvencionando las instalaciones con un objetivo estratégico de diversificación y aumento de las posibilidades tecnológicas preparadas para crear electricidad de forma masiva. La gran mayoría de las instalaciones conectadas a red están motivadas por primas muy elevadas a la producción, pagándose al productor 5 o 6 veces el coste de la energía eléctrica generada por vías tradicionales, o mediante incentivos fiscales, lo que ha generado críticas desde grupos favorables a un mercado libre de generación eléctrica.

Básicamente hay dos formas de utilizar la energía eléctrica generada a partir del efecto fotovoltaico:

- En instalaciones aisladas de la red eléctrica.
- En instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional.

Mientras que en las primeras la energía se almacena en baterías para así disponer de su uso cuando sea preciso, en las segundas toda la energía generada se envía a la red eléctrica convencional para su distribución donde sea demandada.

4.3.1 Aplicaciones de los sistemas aislados de la red eléctrica

Estos sistemas se emplean sobre todo en aquellos lugares en los que no se tiene acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo.

Como los paneles sólo producen energía en las horas de Sol y la energía se necesita las 24 horas del día, es necesario un sistema de acumulación. Durante las horas de luz solar hay que producir más energía de la que se consume, para acumularla y posteriormente poder utilizarla cuando no se esté generando.

Las principales aplicaciones de los sistemas aislados de la red eléctrica son:

* **Aplicaciones Espaciales:** Desde los orígenes de la aventura espacial los satélites y naves espaciales han utilizado paneles solares fotovoltaicos para alimentar sus equipos electrónicos.



* **Sector de gran consumo:** Calculadoras, relojes, etc.

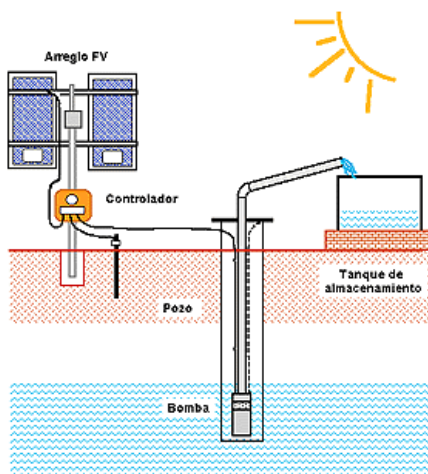
***Telecomunicaciones:**

Existen multitud de equipos de telecomunicaciones situados en zonas de difícil acceso, alejados de la red eléctrica, alimentados por energía solar fotovoltaica. En estos casos, normalmente, la solución solar es la más económica y fiable. Son ejemplos característicos: repetidores de televisión, equipos de radio, antenas de telefonía móvil, etc.



*** Señalización:** La señalización marítima y terrestre es una de las grandes aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos. Así son numerosos los ejemplos en balizamiento de aeropuertos, señalización de carreteras y puertos, etc.

*** Bombeo:** Al estar los pozos alejados de la red eléctrica, el bombeo con energía fotovoltaica es una solución adecuada. Estas instalaciones se adaptan muy bien a las necesidades ya que en los meses más soleados, que es normalmente cuando más agua se necesita, es cuando más energía se produce. En estos sistemas el almacenamiento de energía suele ser en forma de energía potencial, bombeando el agua a depósitos elevados.



*** Zonas protegidas:** En parajes naturales, donde por motivos de protección ambiental se recomienda no instalar tendidos eléctricos aéreos, en ocasiones, resulta más rentable utilizar sistemas fotovoltaicos en lugar de tendidos subterráneos o grupos electrógenos que utilizan combustibles fósiles.

*** Electrificación de viviendas aisladas:** La distancia del punto de consumo a la red eléctrica puede hacer, en muchos casos, más rentable esta aplicación debido no solo al coste de instalar el tendido eléctrico sino

también a la calidad del suministro eléctrico al evitarse cortes de electricidad, muy frecuentes en lugares aislados.



* **Alumbrado de calles y carreteras:** La posibilidad de utilizar sistemas de iluminación autónomos de fácil instalación y mínima obra civil hace que sea una solución adecuada en muchas ocasiones.



* **Sistemas centralizados para poblaciones rurales aisladas:** Cuando hay que electrificar una pequeña población rural aislada, la solución más idónea es instalar un sistema centralizado que gestione y distribuya la energía de los habitantes de la pequeña población.

4.3.2 Aplicaciones de los sistemas conectados a la red eléctrica

En los lugares que disponen de electricidad, la conexión a red de los sistemas fotovoltaicos contribuyen a la reducción de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Esta aplicación se ajusta muy bien a la curva de demanda de la electricidad. El momento en que más energía generan los paneles, cuando hay luz solar, es cuando más electricidad se demanda.

En España, la electricidad generada con sistemas fotovoltaicos goza de una prima que mejora su rentabilidad económica.

Al instalar un sistema fotovoltaico conectado a la red, se dispone de una minicentral eléctrica que inyecta kWh verdes a la red para que se consuman allí donde sean demandados.

Las principales aplicaciones de los sistemas conectados a la red eléctrica son:

* **Tejados de viviendas:** Son sistemas modulares de fácil instalación donde se aprovecha la superficie de tejado existente para sobreponer los módulos fotovoltaicos.

Una instalación de unos 3kWp que ocupa cerca de 30 m² de tejado, inyectaría a la red tanta energía como la consumida por la vivienda a lo largo del año.



Para ofrecer una solución más económica se están utilizando sistemas prefabricados que reducen notablemente el tiempo de realización de la instalación y aumentan su fiabilidad. Una vez terminada la instalación, el sistema fotovoltaico es un elemento más de la vivienda, aportando una fuente adicional de producción de electricidad y un gran valor ecológico añadido.

Por sus características y la actual reglamentación en España, se prevé que sea la aplicación más extendida en los próximos años.

* **Plantas de Producción:** Existen algunos ejemplos de plantas de producción, aunque la mayoría han sido proyectos de demostración. Un ejemplo en Madrid es la planta de 15kWp en "Los Huertos de Ocio" de la localidad de San Fernando de Henares.

Las plantas de producción de electricidad son aplicaciones de carácter industrial que pueden instalarse en zonas rurales no aprovechadas para otros usos o sobrepuestas en grandes cubiertas de áreas urbanas (aparcamientos, zonas comerciales, áreas deportivas, etc...)

Para aumentar la capacidad de producción de una planta fotovoltaica de producción eléctrica hasta en un 25% se suelen utilizar sistemas de seguimiento del Sol.



* **Integración en edificios:** En esta aplicación es prioritario el nivel de integración del elemento fotovoltaico en la estructura del edificio.

Por integración fotovoltaica debemos entender la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por nuevos elementos arquitectónicos que incluyen el elemento fotovoltaico, y que por lo tanto son generadores de energía.

Tanto para aplicaciones aisladas de la red eléctrica, como para las conectadas a ella es necesario cuidar la incorporación de los sistemas fotovoltaicos al entorno, rural o urbano. Pero es en las aplicaciones urbanas conectadas a red, en las que se unen exigencias urbanísticas a las motivaciones medioambientales, donde la integración tiene más relevancia.

La demanda de energía del sector terciario en la Unión Europea está creciendo de forma significativa, por lo que la integración de sistemas

fotovoltaicos en edificios, con aportaciones energéticas en las horas punta, contribuye a reducir la producción diaria de energía convencional.

Las aplicaciones de integración en edificios más frecuentes son:

- ◆ Recubrimiento de fachadas
- ◆ Muros cortina
- ◆ Parasoles en fachada
- ◆ Pérgolas
- ◆ Cubiertas planas acristaladas
- ◆ Lucernarios con cubiertas
- ◆ Lamas en ventanas
- ◆ Tejas



Para conseguir una mejor integración del elementos fotovoltaico en los edificios es necesario tenerla en cuenta desde el inicio del diseño del edificio. De esta manera se podrá conseguir mejorar el aspecto exterior y el coste del edificio al poderse sustituir elementos convencionales por los elementos fotovoltaicos. A veces es necesario sacrificar parte del rendimiento energético por mantener la estética del edificio.

Para aplicaciones arquitectónicas se utiliza frecuentemente el encapsulado de células convencionales en cristal-cristal.

Dichos módulos cristal-cristal son muy apropiados para este tipo de aplicaciones, pues además de cubrir totalmente los requerimientos técnicos y estéticos del diseño, permiten ciertos niveles de semitransparencia que ayudan a aumentar la luminosidad del interior del edificio.

4.4. Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas

4.4.1 Clasificación por aplicación

- Instalaciones de primer nivel de vivienda y locales. Se incluyen las instalaciones para iluminación de viviendas y locales y alimentación de electrodomésticos y equipos en corriente continua.
- Instalaciones de segundo nivel de electrificación de viviendas. Se incluyen las instalaciones para iluminación de viviendas y locales y alimentación de electrodomésticos que para su utilización requieren convertidor de corriente continua a corriente alterna.
- Electrificación centralizada de grupos de viviendas.
- Electrificación de explotaciones agrícolas y ganaderas.
- Instalaciones para iluminación de aves y accionamiento de equipos en corriente continua y en corriente alterna, para uso agrícola y ganadero. Se excluyen de este grupo las instalaciones para uso exclusivo de bombeo de agua.
- Instalaciones de bombeo de agua.
- Instalaciones de uso exclusivo de bombeo de agua, que no requieren de acumulador eléctrico.
- Instalaciones para iluminación de exteriores. Se incluyen los sistemas de alumbrado público formados por equipos de iluminación autónomos que comprenden todos los elementos básicos de una instalación solar fotovoltaica.
- Instalaciones para señalización. Incluyen las instalaciones para alimentación de faros, balizas y boyas.
- Instalaciones para telecomunicaciones. Incluyen las instalaciones para alimentación de repetidores y reemisores de radio y TV, equipos de radio y amplificadores-repetidores.
- Instalaciones de telemetría y telecontrol. Incluyen las instalaciones para alimentación de equipos de medida y control en instalaciones remotas.
- Instalaciones para aplicaciones industriales. Incluyen las instalaciones para alimentación de equipos industriales, no incluidos en los conceptos anteriores.
- Instalaciones recreativas. Incluyen las instalaciones para alimentación de pequeños equipos de uso recreativo.

4.4.2 Clasificación según su utilización

- Instalaciones de uso doméstico
- Instalaciones de uso público
- Instalaciones de uso industrial
- Instalaciones de uso recreativo

4.5 Componentes de una instalación solar fotovoltaica

4.5.1 Células fotovoltaicas

4.5.1.1 Funcionamiento

Las células fotoeléctricas son dispositivos basados en la acción de radiaciones luminosas sobre ciertos materiales, normalmente metales. El efecto de esas radiaciones pueden ser de tres tipos:

- Efecto fotoemisivo o fotoexterno: Provoca un arranque de electrones con liberación de los mismos.
- Efecto fotoconductorivo o fotointerno: Modifica la conductividad eléctrica del material
- Efecto fotovoltaico: Crea una fuerza electromotriz en el material

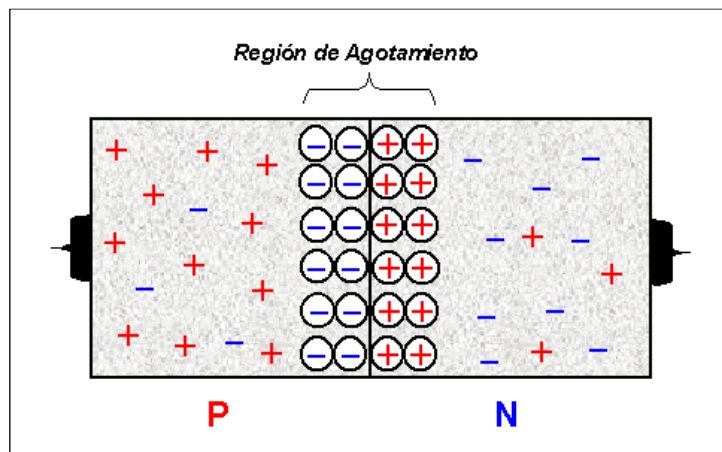
Precisamente en este último apartado es donde se integran las células fotovoltaicas, que generan un paso de corriente proporcional al flujo luminoso que reciben. Los materiales usados para las células fotovoltaicas son los semiconductores, ya que la energía que liga a los electrones de valencia con su núcleo es similar a la energía de los fotones que constituyen la luz solar. Al incidir ésta sobre el semiconductor (normalmente silicio), sus fotones suministran la cantidad de energía necesaria a los electrones de valencia para que se rompan los enlaces y queden libres para circular por el semiconductor.



Al lugar dejado por la ausencia del electrón liberado se le llama *huevo*, y dispone de carga eléctrica positiva. Estos huecos también se desplazan, ya que el electrón liberado es susceptible de caer en un huevo próximo, produciendo entonces un movimiento de estos huecos. Al hecho de que los electrones ocupen los huecos de otros electrones se le denomina *recombinación*.

Estos electrones libres y estos huecos creados en los puntos donde hay luz, tienden a difundirse hacia las zonas oscuras, con lo cual pierden su actividad. Sin embargo, al moverse ambas partículas en el mismo sentido, no producen corriente eléctrica, y antes o después se recombinan restableciendo el enlace roto. No obstante, si en algún lugar próximo a la región donde estas parejas de electrones y huecos han sido creados se formará un campo eléctrico en el interior del semiconductor, este campo separaría a los electrones de los huecos, haciendo que cada uno circule en dirección opuesta y, por consiguiente, dando lugar a una corriente eléctrica en el sentido del citado campo eléctrico.

Existen varias formas de crear un campo eléctrico de este tipo en el interior del semiconductor, pero todas ellas están basadas en el concepto de potencial de contacto y la afinidad que diferentes sólidos tienen por los electrones.



En las células solares convencionales este campo eléctrico se consigue mediante la unión de dos regiones de un cristal de silicio que han sido tratadas químicamente de modo diverso.

Una de las regiones, la denominada *n*, ha sido dopada (impurificada) con fósforo. El fósforo tiene cinco electrones de valencia, uno más que el silicio, de manera que la región dopada con fósforo muestra una afinidad por los electrones menor que el silicio puro.

La otra región, denominada *p*, ha sido dopada con boro. El boro tiene sólo tres electrones de valencia, uno menos que el silicio, y por ello el silicio dopado con boro tiene una afinidad por los electrones superior al silicio puro. De esta manera, la unión *p-n* así formada presenta una diferencia de potencial V_e que hace que los electrones tengan menos energía en la zona *n* que en la zona *p*. Consecuentemente, un campo eléctrico dirigido de la zona *n* hacia la *p* tiende a evitar los electrones hacia la zona *n* y los huecos hacia la zona *p*.

Teniendo en cuenta lo anterior, para obtener un buen rendimiento en células fotovoltaicas, éstas deben estar constituidas por un material en el que la energía del enlace de sus electrones de valencia no sea ni muy baja, ya que se perdería buena parte de la energía del fotón, ni muy alta, pues entonces sólo los fotones más energéticos del espectro solar podrían romper los enlaces. El silicio, con 1,1 eV, es el material más usado. El arseniuro de galio, con 1,4 eV, tiene teóricamente mejores características pero es más caro. El sulfuro de cobre, con 1,2 eV, es un material prometedor.



4.5.1.2 Rendimiento

El rendimiento se define como el cociente entre la potencia eléctrica máxima que puede suministrar una célula fotovoltaica y la potencia luminosa que incide sobre su superficie.

El rendimiento obtenido en laboratorio sobre células de silicio monocristalino es del 22%-24%, pero una vez que se pasa a su fabricación masiva éste baja a un valor aproximado del 15%, lo que quiere decir que, de cada 100 vatios que recibimos del Sol, tan sólo 15 se aprovechan para nuestro uso.

El hecho de este rendimiento tan bajo se debe fundamentalmente a los siguientes factores:

- a) Energía insuficiente de los fotones incidentes.
- b) Pérdidas por recombinación.
- c) Pérdidas por reflexión.
- d) Pérdidas por los contactos eléctricos.
- e) Pérdidas por resistencia serie.

4.5.1.3 Tipos

1. Células de arseniuro de galio.
Rendimiento cercano al 27%-28%, tecnología poco avanzada y costes elevados.
2. Células de sulfuro de cadmio y sulfuro de azufre.
Bajos rendimientos. Posible alternativa de bajo coste en el futuro.

3. Células bifaciales.
Células activas en sus dos caras. Rendimiento cercano al 30% pero muy caras y complejidad en la instalación.
4. Células de silicio amorfo.
Posee la ventaja de que su espesor llega a ser 50 veces más fino que el equivalente en células de silicio monocristalino. Eficiencia en torno al 9%, pudiendo aumentar en las versiones multicapas. Costes muy económicos.
5. Células de silicio policristalino.
Rendimiento de hasta el 14%. Posibilidad de producir las directamente en forma cuadrada, por lo que no es necesario el posterior mecanizado.
6. Células de silicio monocristalino.
Son las más empleadas en la actualidad. No olvidemos que el silicio es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno.

	Si mono	Si multi	Si amorfo	GaAs	CdTe	CIS (CULNSe2)
Rendimiento célula	14-17%	12-14%	4-6% individual / 7-10% tandem	32,5% (lab.)	10%	12%
Ventajas	Alto rendimiento estable Tecnología fiable	< rendimiento Costo < Fabricación más sencilla Mejor ocupación del espacio	Costo << necesidad de material y energía en la fabricación Buen rendimiento con baja radiación Flexible	Alta resistencia a las altas temperaturas (ok para los concentradores)	Bajo costo	Muy estable
Desventajas	Costo E incorporada Cantidad de material necesaria a la fabricación. Complejidad	Complejidad Sensibilidad a las impurezas	Bajo rendimiento Deterioro inicial Estabilidad durante años	Toxicidad Disponibilidad del material	Toxicidad Disponibilidad del material	Toxicidad (Cd)

Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de células

4.5.1.4 Parámetros de una célula fotovoltaica

- Intensidad de cortocircuito (I_{cc}): Es aquella que se produce a tensión cero.

- Tensión de circuito abierto (Cca): Representa la tensión máxima que puede dar una célula.
- Potencia pico (Wp): Es la potencia eléctrica máxima que puede suministrar una célula.
- Factor de forma (FF): Nos da la calidad de la célula.

$$FF = (I_p \cdot V_p) / (I_{cc} \cdot W_{cc})$$
- Rendimiento (η): Cociente entre la potencia pico y la potencia de radiación incidente.

4.5.1.5 Proceso de fabricación de las células monocristalinos

Se distinguen dos pasos: Elaboración y purificación del silicio y la propia fabricación de la célula.

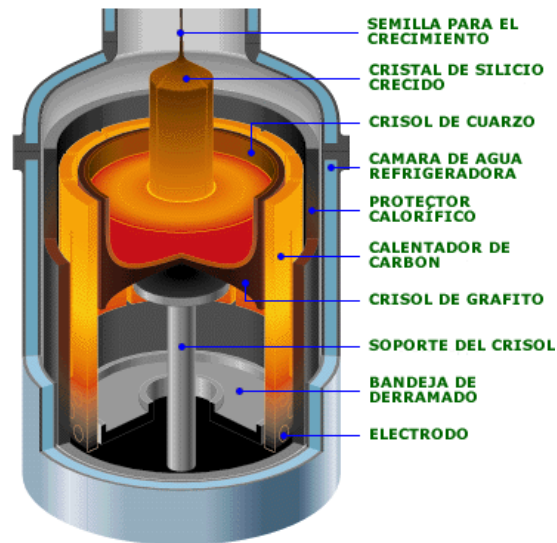
El silicio se obtiene principalmente de la sílice (óxido de silicio), de la que, por el método de reducción, se extrae el silicio llamado de grado metalúrgico, que dispone de una pureza del 98%, que al no ser suficiente ha de volver a purificarse hasta llegar a un grado de 99,9999%, obteniéndose el silicio de grado electrónico.

Una vez obtenido el material adecuado por su pureza, comienza propiamente el proceso de fabricación, que consiste en introducir el silicio al 99,9999% en un crisol junto con impurezas de boro, para formar una masa fundida, llevando el conjunto a una temperatura de 1400°C aproximadamente. Una vez que todo el material se encuentra en estado líquido, se dispone de una varilla cuyo extremo tiene un germen de silicio que, al ponerse en contacto con la masa, da comienzo al proceso de solidificación del material. Esta varilla tiene un movimiento rotativo y lentamente ascendente, de tal forma que va solidificando un tocho metálico de un diámetro que corresponde a la velocidad de ascenso y giro que se ha impuesto a la varilla. Ésta es la razón por la cual la mayoría de las células solares tienen forma circular. En el caso de querer hacerlas cuadradas, tendríamos que cortar los cuatro trozos laterales hasta dejar el cuadrado inscrito en dicho círculo.

Una vez que se dispone del tocho de silicio monocristalino, se trocea en finas obleas que posteriormente se convertirán en células solares. El corte se realiza mediante sierras extremadamente precisas, obteniendo obleas de un espesor orden de 0,3 milímetros. En esta etapa se llega a desperdiciar en polvo hasta un 40% del material, que puede ser nuevamente reciclado aunque con evidentes pérdidas económicas para el producto final.

La siguiente fase consiste en restablecer los efectos perniciosos que se han producido por el efecto del corte. Esto se realiza introduciendo las obleas en baños químicos que restauran la capa superficial dañada, preparándola para posteriores pasos.

CRISTALIZACIÓN POR EL METODO "CZOCHRALSKY"

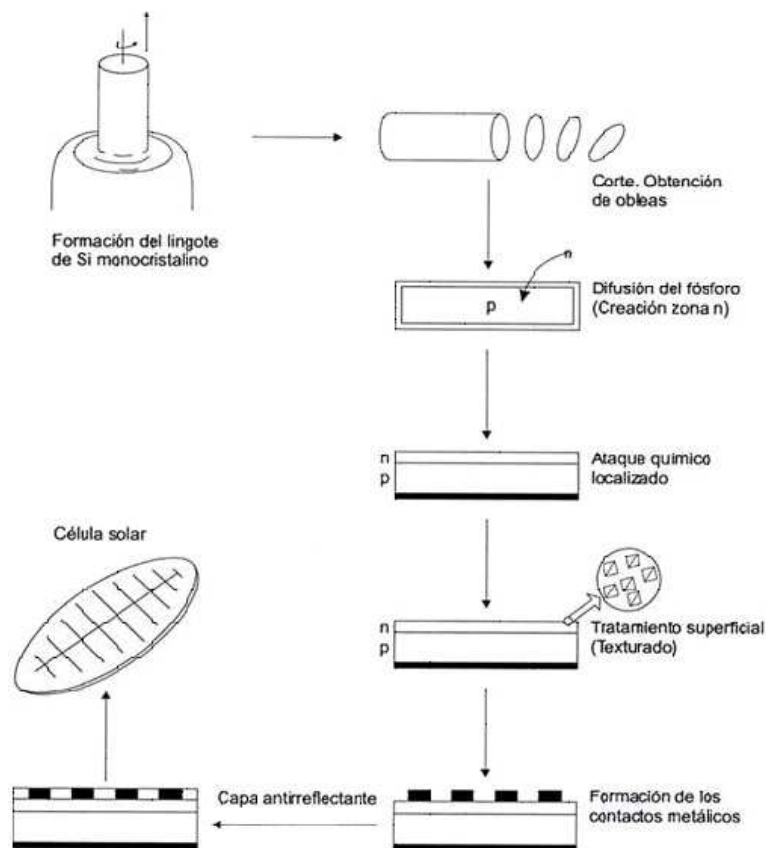


Los lingotes producidos por el método descrito anteriormente, denominado método Czochralsky, suelen tener una longitud de un metro, y diámetros comprendidos entre 20 mm y 200 mm. El tiempo invertido en la producción de uno de estos lingotes puede llegar a ser de 8 horas.

Disponemos hasta ahora de una fina superficie de silicio dopado con una pequeña cantidad de boro. El siguiente proceso consiste en la propia creación de la célula, mejor dicho, de la unión $p-n$ que formará la célula solar tal y como la podemos observar en la realidad. Para ello, se la introduce en hornos especiales a una temperatura entre 800°C y 1000°C durante un tiempo prefijado, y en una atmósfera que se encuentra cargada de átomos de fósforo y que se va difundiendo sobre la cara de la oblea que se quiere dopar con material n . La profundidad que alcanza la penetración de fósforo está en función de la temperatura del horno y de la duración del proceso. De esta forma, disponemos de una unión $p-n$ creada en el interior de la oblea, que será capaz de producir corriente eléctrica al incidir radiación.

Después de los procesos descritos anteriormente, la célula presenta una superficie que rechaza aproximadamente el 33% de la radiación que pueda llegarle, dado su aspecto metálico. Por este motivo se procede a la aplicación de una capa antirreflectante que disminuya el valor rechazado a tan sólo un 10%-12%, aumentando de esta manera la eficacia de la célula.

Para poder hacer útil la energía que proporciona la célula solar una vez que se ilumina, se la debe proveer de contactos eléctricos capaces de recolectar los electrones que se liberan por acción de los fotones que contiene la luz. El diseño del dibujo sobre la superficie de la célula es muy importante, ya que cuantos más contactos se pongan, mayor cantidad de electrones serán capturados pero, en contrapartida, menor iluminación llegará a la superficie activa, debido a que estos contactos no son transparentes. Por tanto, se debe llegar a un compromiso entre las dos exigencias.



Proceso de fabricación de una célula solar; desde la formación del lingote hasta la célula

4.5.1.6 Las cuatro generaciones de células fotovoltaicas

La primera generación de células fotovoltaicas consistían en una gran superficie de cristal simple. Una simple capa con unión diodo p-n, capaz de generar energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las que llegan a la superficie de la Tierra provenientes del Sol. Estas células están fabricadas, usualmente, usando un proceso de difusión con obleas de silicio. Esta primera generación (conocida también como células solares basadas en oblea) son, actualmente, (2007) la tecnología dominante en la producción comercial y constituyen, aproximadamente, el 86% del mercado de células solares terrestres.

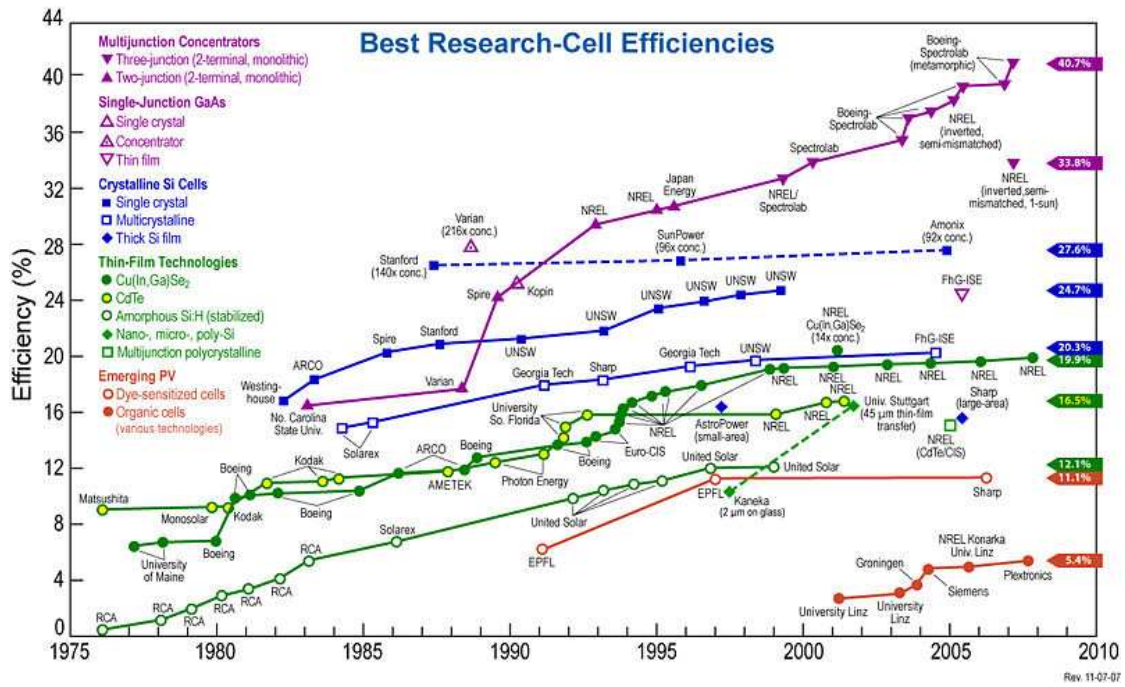
La segunda generación de materiales fotovoltaicos se basan en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Hay dos clase de células fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las células espaciales, usualmente, tienen eficiencias AM0 (Air Mass Zero) más altas (28-30%), pero tienen un coste por vatio más alto. En las terrestres la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo coste, pero tienen una eficiencia AM0 (7-9%), más baja, y, por razones evidentes, se cuestionan para aplicaciones espaciales.

Las predicciones antes de la llegada de la tecnología de película delgada apuntaban a una considerable reducción de costos para células solares de película delgada. Reducción que ya se ha producido. Actualmente (2007) hay un gran número de tecnologías de materiales semiconductores bajo investigación para la producción en masa. Se pueden mencionar, entre estos materiales, al silicio amorfo, silicio policristalino, silicio microcristalino, telururo de cadmio y sulfuros y seleniuros de indio. Teóricamente, una ventaja de la tecnología de película delgada es su masa reducida, muy apropiada para paneles sobre materiales muy ligeros o flexibles. Incluso materiales de origen textil.

La llegada de películas delgadas de Ga y As para aplicaciones espaciales (denominadas células delgadas) con potenciales de eficiencia AM0 por encima del 37% están, actualmente, en estado de desarrollo para aplicaciones de elevada potencia específica. La segunda generación de células solares constituye un pequeño segmento del mercado fotovoltaico terrestre, y aproximadamente el 90% del mercado espacial.

La tercera generación de células fotovoltaicas que se están proponiendo en la actualidad (2007) son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga fotogenerados. Para aplicaciones espaciales, se están estudiando dispositivos de huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas, etc.) y dispositivos que incorporan nanotubos de carbono, con un potencial de más del 45% de eficiencia AM0. Para aplicaciones terrestres, se encuentran en fase de investigación dispositivos que incluyen células fotoelectroquímicas, células solares de polímeros, células solares de nanocristales y células solares de tintas sensibilizadas.

Una hipotética **cuarta generación** de células solares consistiría en una tecnología fotovoltaica compuesta en las que se mezclan, conjuntamente, nanopartículas con polímeros para fabricar una capa simple multiespectral. Posteriormente, varias capas delgadas multiespectrales se podrían apilar para fabricar las células solares multiespectrales definitivas. Células que son más eficientes, y baratas. Basadas en esta idea, y la tecnología multiunión, se han usado en las misiones de Marte que ha llevado a cabo la NASA. La primera capa es la que convierte los diferentes tipos de luz, la segunda es para la conversión de energía y la última es una capa para el espectro infrarrojo. De esta manera se convierte algo del calor en energía aprovechable. El resultado es una excelente célula solar compuesta. La investigación de base para esta generación se está supervisando y dirigiendo por parte de la DARPA[2] (Defense Advanced Research Projects Agency) para determinar si esta tecnología es viable o no. Entre las compañías que se encuentran trabajando en esta cuarta generación se encuentran Xsunx, Konarka Technologies, Inc., Nanosolar, Dyesol y Nanosys.



Gráfica en la que se aprecia la evolución en el rendimiento de las células solares

4.5.1.7 Módulo fotovoltaico

Las células se agrupan en lo que se denomina módulo o panel fotovoltaico, que no es otra cosa que un conjunto de células conectadas convenientemente, de tal forma que reúnan unas condiciones óptimas para su integración en sistemas de generación de energía, siendo compatibles (tanto en tensión como en potencia) con las necesidades y equipos estándares existentes en el mercado. Normalmente, se habla de paneles de 6V, 12V y 24V, si bien es cierto que su tensión está por encima de las mencionadas, oscilando las potencias producidas entre los 2,5 W y los 180 W.



Las células que integran un panel fotovoltaico deben estar comprendidas en un rango muy estrecho en cuanto a sus parámetros eléctricos, para evitar las descompensaciones que se producirían en el

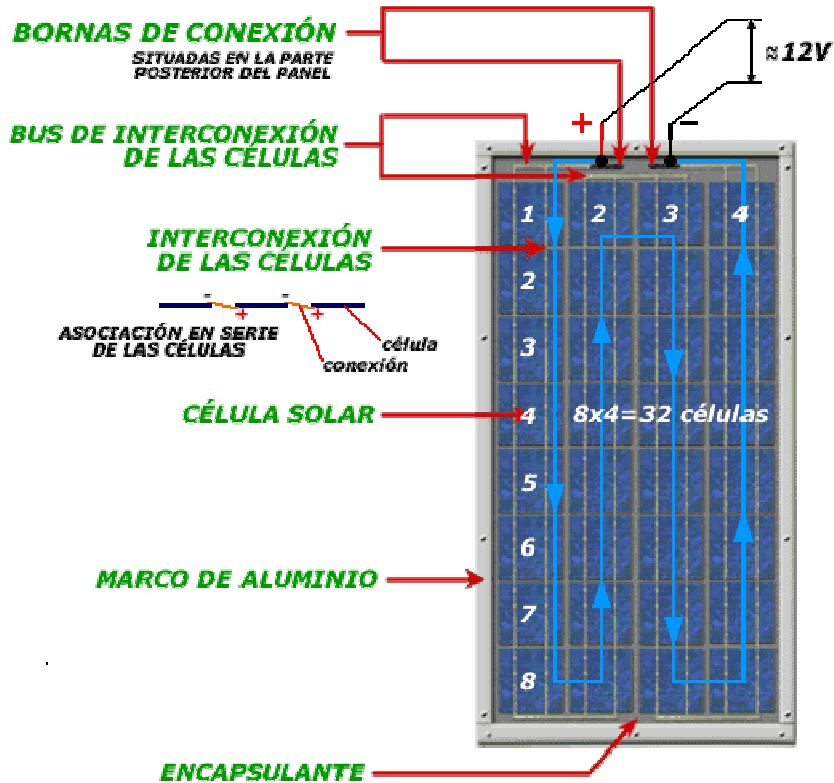
interior del módulo si unas generaran más corriente que las vecinas. Precisamente por este motivo son de suma importancia las pruebas finales de las células, dentro de su proceso de fabricación.

El módulo fotovoltaico consta de diversas capas que recubren a las células por arriba y por abajo, con el fin de darles una protección mecánica, a la vez que además las protegen contra los agentes atmosféricos, especialmente el agua, que puede llegar a ser causante de la oxidación de los contactos, con lo cual las células quedarían inservibles para la producción de energía.

Los módulos fotovoltaicos tienen estructuras y formas muy variadas. Podríamos hacer una división general diciendo que un módulo puede estar formado por:

- Cubierta exterior: Es de vidrio que debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica, alta transmisividad y bajo contenido en hierro.
- Capa encapsulante anterior: De silicona o más frecuentemente EVA (etilen-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol, buscándose además un índice de refracción similar al del vidrio protector para no alterar las condiciones de la radiación incidente.
- Células fotovoltaicas: células iguales conectadas eléctricamente entre si, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado.
- Capa encapsulante posterior: Igual que capa encapsulante anterior.
- Protección posterior: Igualmente debe dar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos. Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.
- Marco soporte: De Aluminio, que asegura una suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el modulo está realizada mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.
- Contactos eléctricos de salida: Habituales en las instalaciones eléctricas, protegidos de la intemperie por medio de cajas estancas.

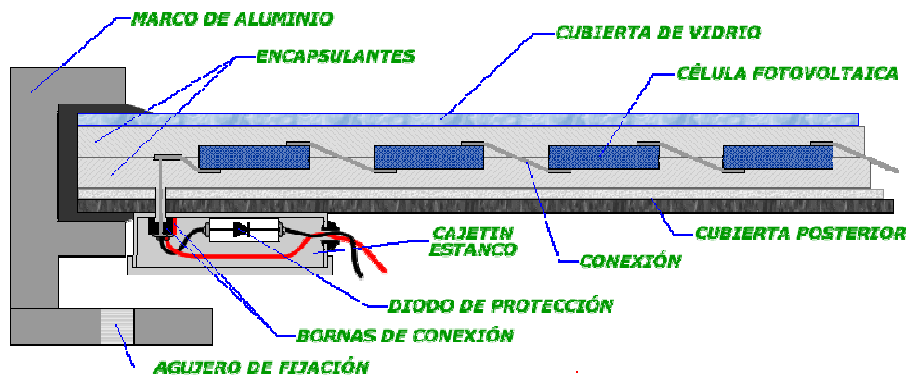
EL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO



Una vez que se dispone de las células solares debidamente seleccionadas y agrupadas, se interconexionan en serie para conseguir una tensión normalizada y, por tanto, fácil de trabajar con ellas. Generalmente se dispone de un total de 30 a 36 células, número que variará en función del tipo y tensión de cada una.

Dispuesto el circuito eléctrico se depositan, por una parte, el cristal y una capa de encapsulante, y por la contraria, otra capa de encapsulante y la de protección posterior. Este conjunto es introducido en un horno especial para su laminación, donde se realizará el vacío para hacer desaparecer toda bolsa de aire que pueda quedar en el interior. Seguidamente se va aumentando la temperatura, de tal forma que el encapsulante empiece a fundirse (ya que su punto de fusión es más bajo que el del resto de los materiales), rodeando totalmente a células y contactos, a la vez que hace de adhesivo con el cristal y la capa posterior, quedando el conjunto totalmente estanco. Una vez que todas estas capas han formado un bloque compacto, se aplica el marco soporte mediante goma butílica o silicona, para permitir sin problemas las dilataciones del conjunto por efecto del calor.

ELEMENTOS DE UN PANEL FOTOVOLTAICO



El proceso siguiente consiste en incorporar las bornas de conexión y realizar las pruebas finales del módulo, que permitirán clasificarlos por potencias para que, mediante algún código, puedan ser identificadas a la hora de su instalación y, al igual que las células, el conjunto de módulos presente características comunes que no permitan descompensaciones entre los grupos serie-paralelo.

En cuanto a la vida útil de los módulos, la frontera de los 30 años es hoy en día una realidad.

La fabricación, comportamiento y características eléctricas y mecánicas del módulo fotovoltaico, vienen determinadas en la hoja de características del producto que proporciona el fabricante.

Al igual que en la célula solar son importantes los siguientes parámetros:

- Intensidad de cortocircuito
- Potencia máxima
- Tensión de circuito abierto
- Factor de forma
- Rendimiento

Una vez conocidos estos parámetros, podemos determinar como afectan diferentes factores a los paneles fotovoltaicos:

- **La intensidad aumenta con la radiación**, permaneciendo más o menos constante el voltaje. Es importante conocer este efecto ya que los valores de la radiación cambian a lo largo de todo el día en función del ángulo del Sol con el horizonte, por lo que, es importante la adecuada colocación de los paneles existiendo la posibilidad de cambiar su posición a lo largo del tiempo, bien según la hora del día o la estación del año.

Un mediodía a plenos sol equivale a una radiación de 1000 W/m^2 . Cuando el cielo está cubierto, la radiación apenas alcanza los 100 W/m^2 .

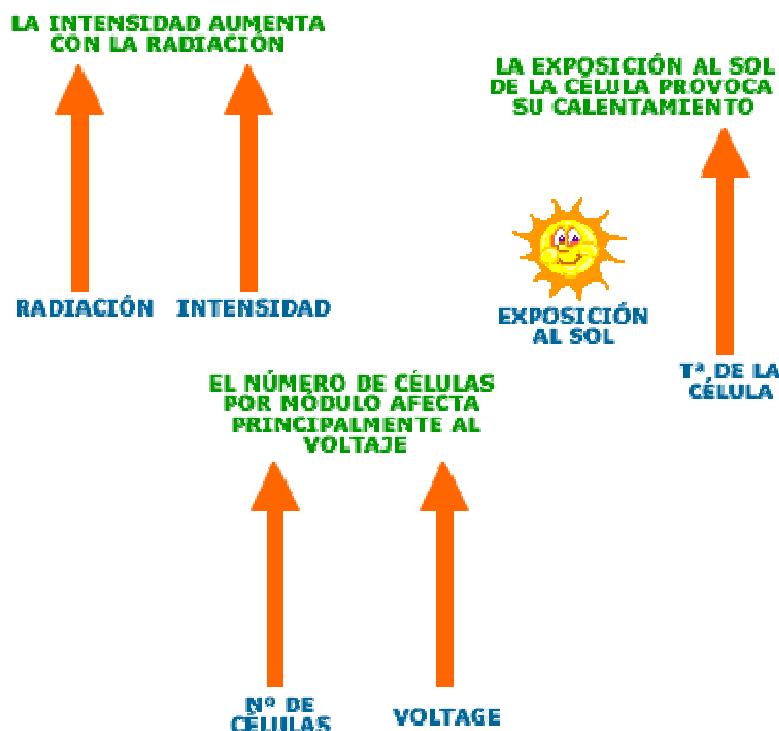
- **La exposición al Sol de las células provoca su calentamiento**, lo que lleva aparejados cambios en la producción de electricidad. Una radiación de 1000 W/m^2 es capaz de calentar una célula unos $30 \text{ }^\circ\text{C}$ por encima de la temperatura del aire circundante. A medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar los paneles de tal manera que estén bien aireados y, en el caso de que sea usual alcanzar altas temperaturas, plantearse la posibilidad de instalar paneles con un mayor número de células.

Este factor condiciona enormemente el diseño de los sistemas de concentración, ya que las temperaturas que se alcanzan son muy elevadas, por lo que las células, deben estar diseñadas para trabajar en ese rango de temperatura o bien, contar con sistemas adecuados para la disipación del calor.

- **El número de células por módulo afecta principalmente al voltaje** puesto que cada una de ellas produce $0,4\text{v}$. La V_{oc} aumenta en esa proporción. Un panel solar fotovoltaico se diseña para trabajar a una tensión nominal V_{pn} , procurando que los valores V_{pmax} en condiciones de iluminación y temperatura más frecuentes coincidan con V_{pn} .

Los parámetros bajo los que operan los paneles fotovoltaicos, para una determinada localización, hacen que la característica de voltaje DC de salida varíe dentro de un margen considerable a lo largo de todo el año. La radiación y la temperatura ambiente experimentan además otro tipo de variación debidos a factores diurnos y estacionarios.

COMPORTAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO



4.5.1.8 Generador fotovoltaico

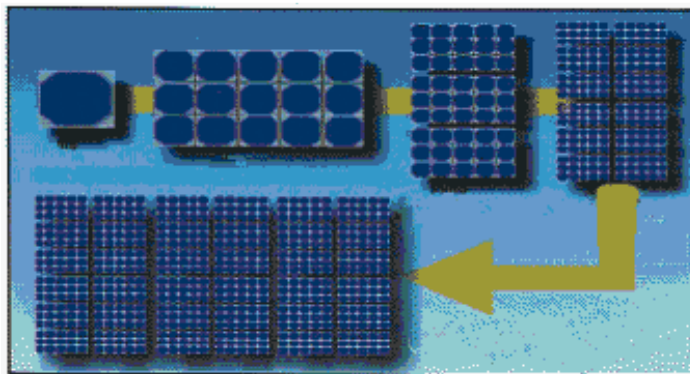
Un conjunto de módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, forman lo que se denomina "ramal".

Más ramales conectados en paralelo, para obtener la potencia deseada, constituyen el generador fotovoltaico.



Así el sistema eléctrico puede proporcionar las características de tensión y de potencia necesarias para las diferentes aplicaciones.

Los paneles fotovoltaicos que forman el generador, están montados sobre una estructura metálica, capaz de sujetarlos, orientada para optimizar la radiación solar. Esta estructura de sustentación puede ser fija o móvil, de manera que busque con su movimiento incrementar la irradiación incidente sobre el conjunto de paneles.



Un generador fotovoltaico está formado por paneles conectados entre sí, que a su vez están formados por células conectadas entre sí.

La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía en función de la insolación y de la latitud del lugar. Además si la estructura es móvil la energía generada podrá incrementarse sensiblemente.

La producción de energía eléctrica fotovoltaica, al depender de la luz del sol, no es constante, sino que está condicionada por la alternancia del día y de la noche, por los ciclos de las estaciones y por la variación de las

condiciones meteorológicas. Además, el generador fotovoltaico proporciona corriente eléctrica continua y este es un factor a tener en cuenta si lo que se pretende es suministrar electricidad a aparatos que consumen en corriente alterna o conectar a la instalación fotovoltaica a la red de distribución.

Es decir, que para cada aplicación, el generador tendrá que ser dimensionado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Carga eléctrica demanda,
- potencia de pico,
- posibilidad de conexión a la red eléctrica,
- latitud del lugar y radiación solar media anual del mismo,
- características arquitectónicas específicas del edificio o terreno,
- características eléctricas específicas de la carga.

4.5.1.9 Dimensionado

Las necesidades del dimensionado del número y características de los paneles fotovoltaicos vienen condicionadas por dos factores de capital importancia: la evaluación de la energía necesaria y la evaluación de la radiación solar.

En el presente apartado se va a plantear un sistema de dimensionado para instalaciones que puede permitir valorar de modo aproximado las características de una instalación dada, a partir de los consumos previstos y de la radiación disponible. La información que se aporta es suficiente para calcular el orden de magnitud de las instalaciones, siendo necesario a la hora de acometer los proyectos acudir a un especialista, ya que el método propuesto no se tienen en cuenta determinados factores específicos de cada tipo de instalación, que puede tener incidencia a la hora de determinar las características finales de la misma.

El sistema propuesto está basado en los sistemas denominados del "mes peor", y que supone que si la instalación es capaz de asegurar el suministro el periodo en el que la relación de la radiación disponible y el consumo de energía es más crítica, ni habría problemas en el suministro durante el resto del año. Existen otros métodos de dimensionado, mediante métodos probabilísticos y de simulación y basados en la denominada "Probabilidad de Pérdida de Carga o LPP" que es un factor que relaciona el déficit de energía con la demandada e esta. Dado el volumen de información necesario para la realización del dimensionado según estos últimos métodos, se ha optado por el del "mes peor", que por otra parte, resulta mucho más intuitivo en la mayoría de los casos.

La hipótesis básica de dimensionamiento es el de abastecer en su totalidad las necesidades definidas en el mes de soleamiento menor, contando con la seguridad de una capacidad de acumulación necesaria para cubrir un cierto número de días de bajo nivel de radiación.

Evaluación de la energía necesaria

Para la estimación de la energía consumida por la instalación se habrá de evaluar por separado la aportación al consumo total de los equipos de corriente alterna y continua, siguiendo el esquema general de la instalación fotovoltaica aislada. A la hora de realizar esta estimación deben tenerse en cuenta las variaciones Estacionales, ya que la incidencia de determinadas aplicaciones es muy importante frente a los consumos en otros usos, por lo que deben calcularse los consumos para varios meses diferentes. En el caso de que se trate de sistemas de electrificación con consumos idénticos a lo largo de todo el año bastará con realizar una única estimación.

A) Consumo de los equipos en corriente continua (T1)

La energía que la aplicación considerada necesita consumir cada mes va a depender exclusivamente del tipo de equipos que componen la carga así como el tiempo de utilización de los mismos.

Los datos necesarios que habrá que conocerse de cada equipo serán:

1. La potencia: Tomada como la nominal de los equipos y que aparece en las características de los mismos.
2. El número de horas de funcionamiento diario.

La energía necesaria para el consumo del equipo en cuestión, será el producto del número de equipos iguales por la potencia y por el número de horas diarias de funcionamiento.

$$(P \times N \times H)$$

B) Evaluación del consumo mensual en corriente alterna (T2)

Lo consignado como elementos generales en los párrafos anteriores, es también de aplicación en el caso de consumo de los equipos de corriente alterna.

Dada la gran capacidad de equipos electrodomésticos de corriente alterna para diversas aplicaciones disponibles en el mercado, sería prácticamente imposible establecer la potencia de cada uno de ellos. Por lo tanto, en cada caso es necesario recurrir a los datos que suministra el fabricante del electrodoméstico en cuestión.

La potencia de salida del inversor debe calcularse según la simultaneidad en el uso de las diferentes cargas. El efecto de arranque de los motores eléctricos también es especialmente importante y debe ser tenido en cuenta a la hora de determinar la potencia del inversor.

Como orientación se incluye este cuadro sobre potencia y número de horas de funcionamiento diario típicos en instalaciones fotovoltaicas domésticas.

Equipo	Potencia (W)	Utilización (Horas/Día)	(Wh/Día)
Iluminación	15-25	10	150-250
Televisor b/n	20-40	4	80-160
Radio-casette	5-15	1	5-15
Vídeo	40-60	1	40-60
Lavadora	350-450	1	350-450
Ordenador	200-250	1	200-250
Nevera	80-120	7	560-840
Congelador	100-150	7	700-1050
Televisor en color	50-100	4	200-400

Cargas de consumo típicas en aparatos eléctricos

C) Evaluación del consumo total (Gt)

Para la evaluación del consumo total se tienen en cuenta dos factores que son:

Margen de seguridad (Eb), que corresponde a las pérdidas en el cableado, perdidas en conexiones, variaciones en el consumo previstos inicialmente, etc. En principio pueden estimarse en un 15% para la mayoría de los casos.

Eficiencia del inversor (Ei), que es la relación entre la energía que se aporta al inversor y la realmente disponible para el consumo. El inversor tiene un consumo propio constante y un rendimiento variable en función de la carga a la que suministre. En principio, salvo disponer de informaciones más precisas puede tomarse como valor medio el 85%.

Los consumos en continua (Gc) serán por lo tanto el producto de (100+Eb)/100 por lo calculado para el conjunto de los equipos de consumo, T1.

$$G_c = \frac{(100 + Eb) \times T1}{100}$$

Los consumos en corriente alterna (Ga) será el resultado de la operación:

$$G_a = \frac{(100 + Eb) \times T2}{Ei}$$

El consumo diario total de los equipos será entonces:

$$G_t = G_c + G_a$$

Evaluación de la radiación solar

La energía que capta un panel solar fotovoltaico va a depender, tanto de la climatología del lugar, como del ángulo de inclinación que este posea respecto a los rayos solares, como ha sido explicado en apartados anteriores.

El cálculo exacto de la energía solar incidente en una determinada ubicación es un complicado problema estadístico y físico, cuya explicación queda fuera de los límites de este curso. Sin embargo, se pueden realizar aproximaciones suficientemente aceptables suponiendo que la energía recibida es la correspondiente a la media de la provincia en la que se instala el sistema fotovoltaico.

A partir de una tabla de radiación diaria media mensual sobre superficies inclinadas 0-90° sobre la horizontal para la ubicación prevista, se busca la orientación e inclinación óptimas de campo fotovoltaico, acorde con la demanda energética prevista:

Para ello se calcula la diferencia Dem (consumo energía) – Oferta (radiación incidente), para todas las inclinaciones posibles y meses del año. Se toma como mes peor aquel cuyo resultado es mayor y la inclinación adecuada para el mes elegido será aquella que maximiza la radiación recibida en dicho mes. Se obtiene así la producción de energía media diaria generada mensualmente por el campo fotovoltaico, para la orientación sur e inclinación óptimas.

Una vez conocido la Radiación Disponible (Rd), la relación de ésta con el consumo se calcula según:

$$P = \frac{Gt}{Rd}$$

De las distintas estimaciones de consumo comparadas con la radiación disponible se tomará el valor mayor de la fila P, que denominaremos Pmax.

Tamaño del campo de captación

La potencia de captación del panel elegido (C), en vatios pico es necesaria para calcular el tamaño del campo de captación. Para algunos de los modelos de paneles más usuales, sus características pueden encontrarse en el siguiente cuadro:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		ELECTRICAL SPECIFICATIONS		CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES		
Modèle	Nº de cellules	Puissance en test ±10%	Courant au point de puissance max.	Tension au point de puissance max.	Courant de court-circuit	Tension de circuit ouvert
Model	No. of cells	Power under test ±10%	Maximum power point current	Maximum power point voltage	Short circuit current	Open circuit voltage
Modelo	Nº de células	Potencia en prueba ±10%	Corriente en punto de máxima potencia	Tensión en punto de máxima potencia	Corriente de cortocircuito	Tensión de circuito abierto
A-5	36 1/6 de 3.3"	5 W	0.29 A	17.0 V	0.34 A	21.6 V
A-10	36 1/3 de 3.3"	10 W	0.59 A	17.0 V	0.69 A	21.6 V
A-20	36 1/2 de 4"	20 W	1.18 A	17.0 V	1.40 A	21.6 V
A-38	36 1/2 de 5"	38 W	2.20 A	17.2 V	2.38 A	21.3 V
A-45	32 1/2 de 6"	45 W	3.00 A	15.0 V	3.20 A	18.0 V
A-50	36 1/2 de 6"	50 W	3.13 A	16.0 V	3.50 A	20.0 V
A-55	36 1/2 de 6"	55 W	3.40 A	16.2 V	3.70 A	20.5 V
A-60	36 1/2 de 6"	60 W	3.55 A	16.9 V	3.85 A	21.0 V
A-65	36 de 5"	65 W	4.00 A	16.3 V	4.60 A	20.5 V
A-75	36 de 5"	75 W	4.40 A	17.0 V	4.80 A	21.0 V
A-110	36 de 6"	110 W	6.79 A	16.2 V	7.40 A	20.5 V
A-120	36 de 6"	120 W	7.10 A	16.9 V	7.70 A	21.0 V
A-130	72 de 5"	130 W	4.00 A	32.6 V	4.60 A	41.0 V
A-150	72 de 5"	150 W	4.40 A	34.0 V	4.80 A	43.4 V

Especificaciones en condiciones de pruebas estándar de: 1.000 W/m², temperatura de la célula 25°C y masa de aire de 1,5 (Según normativa EN 61215)

Hoja de características de paneles fotovoltaicos más usados (ATERSA)

A partir de la potencia del panel elegido y del mayor valor de P (P_{máx}), se calcula el número de paneles necesario, N_p:

$$N_p = 1,1 \times \frac{P_{max}}{C}$$

El factor 1,1 se aplica para compensar posibles pérdidas debidas a errores en la orientación, la limpieza de paneles, conexiones, etc.

El número de paneles será entonces el primer número entero mayor que el N_p antes calculado.

4.5.2 Sistema de acumulación. Baterías

4.5.2.1 Conceptos generales

La misión principal del acumulador dentro de un sistema fotovoltaico consiste en suministrar energía tal y como es demandada por la carga, independientemente de la producción eléctrica del panel en ese preciso momento.

Cumple, por otra parte, una misión de fiabilidad, ya que también tiene la función de poder alimentar a la carga durante varios días, cuando la producción del panel es baja debido a las condiciones meteorológicas adversas.

El acumulador o batería es un dispositivo capaz de transformar una energía potencial química en energía eléctrica. Se compone esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen las reacciones químicas en los procesos de carga o descarga.



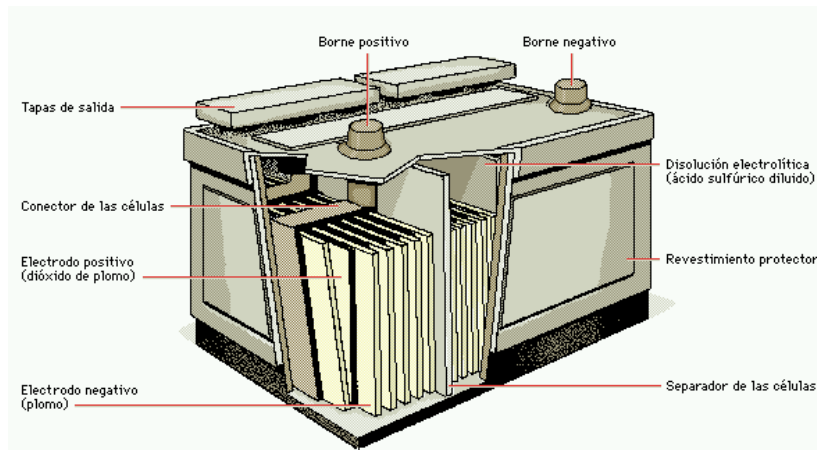
La capacidad de un acumulador se mide en amperios-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, y se define como la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa del acumulador plenamente cargado, siendo el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que ésta actúa.

Al acumulador que ha de ser usado para aplicaciones solares se le debe exigir el cumplimiento de unas condiciones básicas, como son:

- Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el panel solar.
- Mantenimiento nulo o mínimo.
- Fácil transporte e instalación.
- Baja autodescarga.
- Rendimiento elevado.
- Larga vida

Se encuentran diferentes tipos de baterías en el mercado, pero fundamentalmente se pueden hacer dos grandes grupos: las de níquel-cadmio (Ni-Cd) y las de plomo-ácido. Las primeras presentan unas cualidades excepcionales, pero debido a su elevado precio se usan con menos frecuencia.

Por el contrario, las baterías de plomo-ácido en sus diferentes versiones son las más usadas para las aplicaciones solares, adaptándose a cualquier corriente de carga, y teniendo un precio razonable.



Las baterías de plomo-ácido son las más usadas para instalaciones solares

4.5.2.2 Carga del acumulador

Todas las baterías están compuestas por elementos de 2 V nominales y una capacidad que dependerá del modelo y tipo de placas utilizadas. Después de su fabricación se venderán comercialmente como elementos sueltos para interconexionar entre sí, o bien ya conectados y presentados como un bloque, en tensiones de 12 o 24 V normalmente.

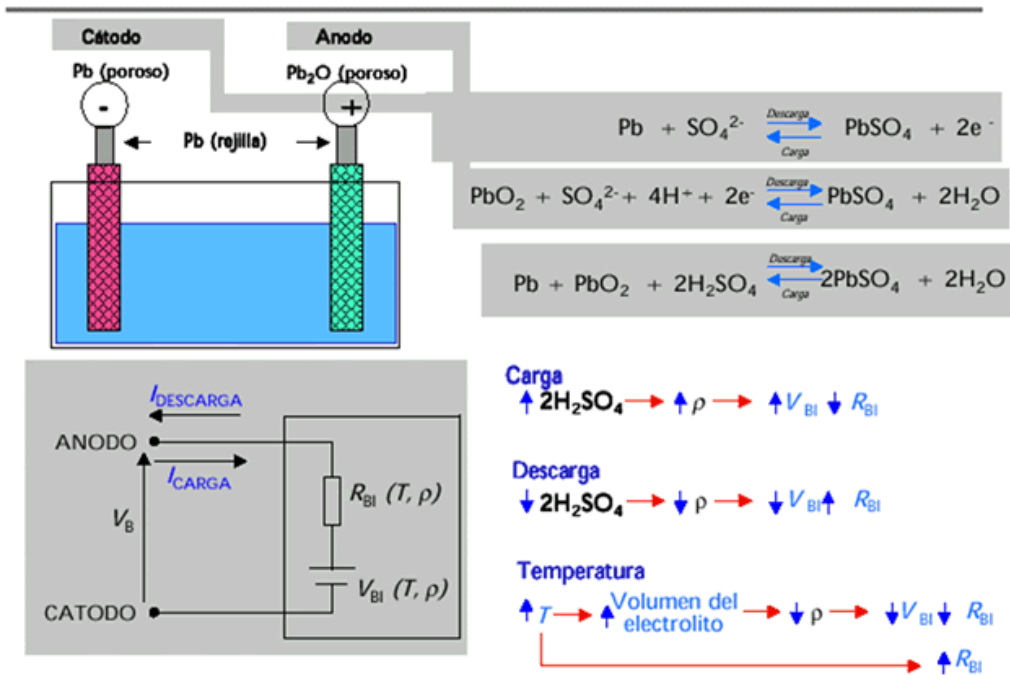
En un elemento de plomo-ácido la tensión varía según el estado de carga, el peso específico del electrolito y, desde luego, según esté sufriendo una carga o una descarga. El voltaje de circuito abierto en una batería es de 2,14 V a 25°C y el peso específico de electrolito, de 1300.

Dado que todas las baterías sufren una autodescarga, necesitan una pequeña corriente de mantenimiento para conservarlas completamente cargadas incluso cuando no están trabajando. En la práctica esta corriente es suministrada por el panel, siendo el voltaje de alimentación de unos 0,2 V por encima del voltaje de circuito abierto del elemento acumulador. En definitiva, se necesita una *tensión de flotación* de 2,34 V para mantenerla completamente cargada.

Un elemento que ha sido descargado puede llegar a un estado de plena carga con la tensión mencionada anteriormente, pero tardará bastante tiempo. Por lo tanto, para hacer que una batería cargue más rápidamente se necesitará un voltaje de carga mayor, que oscilará entre los 2,60 y 2,65 V/elemento, siendo el tiempo empleado función de la intensidad que se le pueda proporcionar.

Se ha de tener en cuenta que, aproximadamente entre los 2,35 V y los 2,40 V, el elemento acumulador empieza a gasificar. Este hecho no es demasiado perjudicial en las baterías de placas tubulares (ya que, de lo contrario, podrá estratificarse el electrolito y dañar las placas), pero representa una pérdida de agua que debemos compensar realizando un mantenimiento periódico.

Acumulador de Pb-Acido



Reacción química en las baterías de plomo-ácido

También es cierto que no podemos permitir una sobrecarga fuerte en el acumulador, ya que nos llevaría a una disminución de la vida útil del mismo, siendo por este motivo por el que se usan diversos dispositivos que anulan o limitan la corriente de carga del panel fotovoltaico, evitando así una sobrecarga en el acumulador. A estos dispositivos se les denomina reguladores de carga.

4.5.2.3 Dimensionado

Dado que en la mayoría de las aplicaciones fotovoltaicas va a ser preciso la utilización del acumulador, éste deberá cumplir unos requisitos básicos que aseguren el correcto funcionamiento del sistema. Éstos son:

- Garantizar el suministro en las horas en que no existe insolación.
- Asegurar la estabilidad de la tensión para el buen funcionamiento de los equipos que alimenta el grupo solar.
- Proveer de energía a la carga cuando se presentan días con bajo nivel de radiación.

El acumulador solar difiere de otros tipos de acumuladores básicamente por las bajas intensidades de descarga. Es normal especificar la capacidad de un acumulador solar en un tiempo de 100 horas, dado que en muchos casos se habla de autonomías de cinco o más días. Por tanto, la

descarga se produciría en $24 \times 5 = 120$ h. Por este motivo precisamente los acumuladores de arranque no prestan buenos servicios en aplicaciones fotovoltaicas, ya que su diseño se ha previsto para unas descargas fuertes durante corto tiempo y no para descargas pequeñas en un largo plazo.

Fundamentalmente, existen dos tipos de acumuladores idóneos para aplicaciones solares: los estacionarios de plomo-antimonio (Pb-Sb) y los de plomo-cálcio (Pb-Ca). Los primeros se encuadran dentro del tipo de ciclo profundo, por lo que debe ser usados en aquellas aplicaciones en que la descarga pueda llegar a límites bajos de una forma obligatoria y, en general, donde el ciclo diario supere el 15% de la capacidad de la batería. No obstante, ofrecen un buen funcionamiento en todos los casos, presentan una vida elevada y en algunos modelos se incorpora una gran reserva de electrolito que hace su mantenimiento menos constante.

Otro tipo de acumulador solar es el constituido por una aleación en las placas de Pb-Ca. Estos acumuladores presentan en algunos de sus modelos la ventaja de no tener mantenimiento, hecho que es particularmente importante en aquellas instalaciones remotas o de difícil acceso. A diferencia de los estacionarios, que se presentan generalmente en elementos de 2 V, los de Pb-Ca suelen construirse en tipo monobloc de 12 V y con unas capacidades máximas de 150 Ah (a 100 h), lo que los hacen interesantes para pequeñas instalaciones donde el ciclo de descarga diario no supere el 10% y, en emergencias, el 50% como máximo.

Resumiendo, se puede decir que las baterías fotovoltaicas cuya aplicación se destine a descargas profundas deben ser, sin lugar a dudas, del tipo estacionario, al igual que en aquellos otros casos donde la capacidad sea elevada, pues si dispusiéramos una gran cantidad de pequeñas baterías disminuiríamos excesivamente la fiabilidad del conjunto. Por el contrario, si la instalación fotovoltaica es de pequeña dimensión o bien el mantenimiento es muy difícil, no sólo en el coste sino en facilidades de acceso, la decisión se decantaría hacia las baterías sin mantenimiento, cuidando siempre de que las descargas no sean excesivamente profundas para evitar el envejecimiento prematuro del acumulador.

Los datos necesarios para un diseño adecuado del acumulador integrado en un sistema fotovoltaico serían los siguientes:

- Tensión de funcionamiento
- Descarga máxima al final de los días de autonomía
- Temperatura media de funcionamiento
- Temperatura mínima
- Días consecutivos en los que se pueden producir bajas temperaturas
- Tipo de regulador usado
- Facilidad de acceso de montaje y mantenimiento del acumulador en el lugar de la instalación.

4.5.2.4 Acumuladores de gel

Funcionamiento:

A diferencia de las baterías de plomo-ácido, en las que se produce una pérdida de agua durante el ciclo de carga, en las baterías de gel se recombina el oxígeno liberado por las placas positivas con el hidrógeno, a través del electrolito, y por reacción electroquímica se convierte en agua. De esta manera se hace innecesaria la adición de agua durante toda la vida de la batería.

Componentes:

- **Placas positivas:**
Constituidas por una serie de tubos de poliéster, material resistente al ácido y de alta porosidad, que sirven de soporte a una gran cantidad de materia activa formada por óxido de plomo de esmeralda elaboración.
- **Placas negativas:**
Son del tipo empastado, formada por una rejilla de aleación de plomo que sirve de soporte eficaz a la materia activa por su especial diseño. Su rendimiento es equivalente al de las placas positivas a las que acompaña.
- **Separadores:**
Son de plástico microporoso inalterable a la acción del ácido sulfúrico y de una elevada porosidad.
- **Terminales:**
Por su diseño deben de eliminar toda posibilidad de corrosión y garantizar la absoluta estanqueidad entre el interior y exterior del elemento.
- **Recipiente y tapa:**
De plástico de alta resistencia a impactos e inalterables al ácido. Deberían incorporar válvulas de seguridad para facilitar la salida de gases al exterior en caso de sobrepresión producida por una carga incorrecta.
- **Electrólito**
Constituido por una solución de ácido sulfúrico que se presenta en forma de gel debido a la adición de una sílice especial.



Baterías de gel usadas en las instalaciones solares fotovoltaicas

4.5.2.5 Acumuladores de níquel-cadmio

Los acumuladores de níquel-cadmio (Ni-Cd) o alcalinos se diferencian de los de plomo fundamentalmente por los cuatro motivos siguientes:

- a) Puesto que el acumulador de Ni-Cd tiene una resistencia interna más baja, presenta una disponibilidad muy grande para soportar descargas elevadas y esto hace que su capacidad pueda ser menor para realizar el mismo trabajo que un acumulador de plomo. Si en una determinada aplicación fotovoltaica se necesitase, con batería de plomo, una capacidad de 200 Ah, de los cuales se descargarían 120 Ah (60%), su equivalente en Ni-Cd necesitaría una capacidad total de unos 140 Ah, puesto que podría soportar descargas de hasta el 85%-90% de su capacidad total.
- b) La tensión por elemento en descarga se mantiene mucho más estable, y tan sólo al final de la descarga (85%-90%) cae hacia valores más bajos que el nominal.
- c) El acumulador de Ni-Cd presenta una vida mucho más larga que los de plomo, a igualdad de ciclos de trabajo.
- d) Puede resistir temperaturas más bajas que el de plomo e incluso la congelación de su electrolito, ya que una vez que éste se deshiele, la batería podrá trabajar otra vez con normalidad. Como ejemplo, se puede decir que a una temperatura de -20°C , la capacidad disponible es del 75% comparada con el 50% de una de plomo.

La batería de Ni-Cd presenta, además, otras características: puede soportar el cortocircuito sin que la batería se deteriore. También puede soportar la falta de agua de su electrolito, dejando tan sólo de funcionar

temporalmente hasta que se le añada. En un acumulador alcalino el mantenimiento puede llegar a espaciarse hasta diez años si su construcción y características son las adecuadas. Este hecho, hace que este tipo de baterías cuente con unas incalculables ventajas para la aplicación fotovoltaica en lugares remotos o difícilmente accesibles.

La autodescarga se sitúa entre el 0,1% y 0,2% diario, lo que representa del 3% al 6% mensual.

Otra característica importante es la ausencia de gases corrosivos en la carga de los acumuladores, hecho que beneficia la inclusión de los mismos en el armario donde están los equipos electrónicos a los cuales puede alimentar.

La gran desventaja es su precio, que puede superar hasta tres veces más que su equivalente en plomo.

Composición y funcionamiento de un acumulador de Ni-Cd:

La tensión de cada elemento de una batería de Ni-Cd es de 1,2 V nominales, en vez de los 2 V por elemento de plomo. Según esto, una batería de 12 V nominales tendrá que estar formada por diez elementos unidos en serie. El proceso electroquímico de un acumulador de Ni-Cd se basa en la construcción de una placa positiva, formada por hidróxido de níquel, y una negativa de óxido o hidróxido de cadmio. Estas dos placas se encuentran inmersas en una electrolito que forma parte del proceso químico como conductor, y que suele ser una disolución acuosa al 20% de hidróxido de potasio con otros elementos.

Durante la descarga el oxígeno pasa de la placa positiva a la negativa, dando lugar a óxido de cadmio. Es durante la carga cuando el oxígeno vuelve a pasar de la placa negativa a la positiva.

El electrolito juega un papel de mero conductor, motivo por el que el electrolito apenas sufre, todo lo contrario que en las baterías de plomo, no siendo peligroso, ya que no es ácido y además no produce el típico fenómeno de la sulfatación.

Las materias activas se encuentran en las placas en forma de polvo, contenidas en bolsas de fleje de acero perforado. Las placas positivas y negativas están separadas de tal forma, que las burbujas de gas que se desprenden al final de la descarga ascienden libremente a lo largo de la placa ejerciendo una libre circulación del electrolito, lo que evita la formación de puentes entre las placas, que son la causa de su cortocircuito.

4.5.3 Reguladores de carga

4.5.3.1 Conceptos generales

Los módulos fotovoltaicos tienen una tensión nominal superior a la tensión nominal de las baterías o acumuladores usados en las instalaciones. Esto se debe a dos causas:

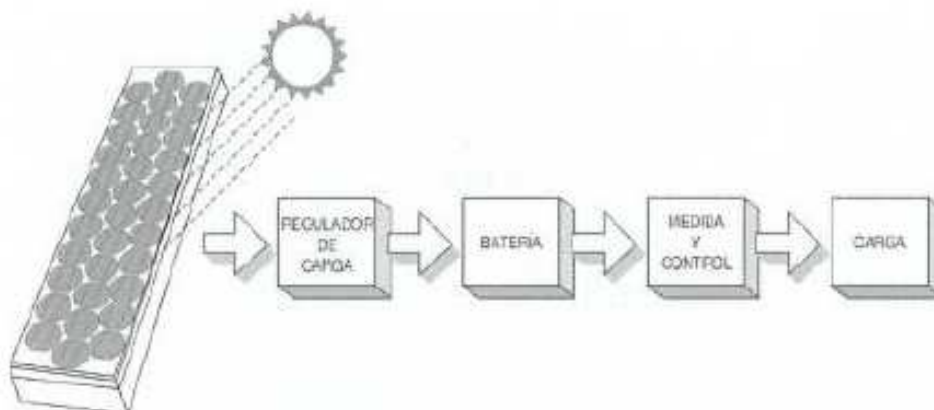
- 1) La tensión nominal del panel debe ser más elevada, para paliar la disminución que se puede producir debido al aumento de temperatura.
- 2) La tensión a circuito abierto del panel fotovoltaico debe ser siempre mayor que la tensión máxima de batería, para poder cargarla adecuadamente, pues para alcanzar un pleno estado de carga en una batería de 12 V nominales, necesitamos una tensión mínima de 14 V (2,34 V por elemento de batería).

La misión del regulador se centra, en evitar que, debido a una sobrecarga excesiva proporcionada por el panel, éste pueda en algún momento causar perjuicios al acumulador, acortando la vida del mismo.

En definitiva, el regulador de carga es un equipo capaz de evitar la sobrecarga del acumulador a la vez que limita la tensión de la batería a unos valores adecuados para el mantenimiento, en estado de flotación, del grupo de baterías.



Esta misión es sumamente importante, ya que trabajamos con una fuente de energía variable y estacional. Supongamos, por ejemplo, un consumo fijo durante todos los días del año. Si calculamos el número de módulos solares necesarios, lógicamente deberemos tomar como base la radiación invernal para asegurar el correcto funcionamiento del sistema en la peor época. Sin embargo, esto nos da pie para pensar que, cuando llegue el verano, el valor de la radiación pueda duplicarse, por lo que la producción sería el doble a la calculada para la estación invernal y, por el contrario, el consumo sería el mismo. De no existir un sistema regulador, se produciría un exceso de corriente que sería capaz de hacer hervir el electrolito, con la consiguiente pérdida de agua y deterioro del grupo acumulador, al no estar limitada la tensión.



Habitualmente, el control del estado de carga de las baterías se realiza mediante la medida de la tensión en bornes, usando los datos proporcionados por los diferentes fabricantes, ya que existe una relación entre estos dos parámetros. Así, el circuito de control del regulador de carga sabe cuándo éste debe empezar a actuar limitando la corriente proporcionada por el grupo fotovoltaico.

4.5.3.2 Regulador en paralelo

Los dispositivos de este tipo, colocados en paralelo con grupo solar y el sistema de baterías, detectan la tensión de los bornes de la batería, y cuando ese potencial alcanza un valor establecido de antemano, crean una vía de baja resistencia a través del grupo solar, derivando con ello la corriente y apartándola de las baterías.

Un diodo en serie, entre el regulador en derivación y la batería, impide que la corriente del acumulador retome a través del regulador o del grupo solar. Como el sistema al que se están dando energía toma corriente de la batería, su tensión en los bornes descenderá hasta que se desconecte el regulador en derivación y se reanude la carga.

Los reguladores del tipo shunt han de disipar toda la corriente de salida del grupo solar cuando el sistema de baterías alcanza el estado de plena carga. Esto resulta una tarea razonable cuando los sistemas eléctricos solares son pequeños, pero con los grandes sistemas se requieren disipadores térmicos de grandes dimensiones o disipadores menores múltiples, lo que conduce a problemas de fiabilidad y de coste elevado.

Este tipo de reguladores, está hoy día en desuso, ya que el avance en los microprocesadores y la electrónica en general ha facilitado el diseño de equipos más compactos y con más prestaciones que las que ofrecían aquellos, con un coste mucho más contenido y la posibilidad de alojarlos en cajas estancas, cosa que no se podía hacer en el caso de los reguladores shunt, puesto que disipan calor y en consecuencia debe dejarse una salida para su evacuación.

4.5.3.3 Regulador en serie

Se basan en el concepto de regulación en serie, en la que el grupo solar se desconecta del sistema de baterías cuando se logra un estado de plena carga, por lo que es equivalente a un interruptor conectado en serie que proporciona una vía de baja resistencia desde el grupo solar al sistema de baterías durante la carga, y un circuito abierto entre el grupo y la batería cuando ésta se encuentra plenamente cargada.

En el regulador en serie que utilice relé electromecánico no se disipa nada de energía en ninguno de los estados, porque cuando está en la posición *cerrado* no hay caída de tensión en el interruptor y cuando se encuentra en posición *abierto* no hay paso de corriente. La única potencia consumida es la requerida para el propio funcionamiento de los circuitos de control y, en su caso, la producida por la caída de tensión en el diodo de bloqueo, si se le dota de este elemento al regulador.

Hoy en día se emplean relés de estado sólido, que evitan los considerables tamaños y consumos de las bobinas que necesitaban para su funcionamiento los relés tradicionales, así como la destrucción prematura de sus contactos, especialmente en tensiones de trabajo de más de 24 V, debido a los arcos voltaicos que es capaz de producir la corriente continua en estos valores.

Se deduce, pues, que la calidad de un regulador de carga en serie está ligada a la calidad del relé que utiliza, que es lo que dará una vida prolongada a este equipo. Hoy en día, las prestaciones mínimas exigibles a un regulador de carga tipo serie, con uso en sistemas fotovoltaicos, son:

- *Relé de estado sólido*, de elevada fiabilidad de funcionamiento en el tiempo.
- *Selección automática de la tensión de entrada*, como mínimo en valores estándar de 12 V y 24 V nominales.
- *Sistema de regulación en fases diferenciadas*, que nos proporciona una carga adecuada de los acumuladores, evitando el "todo" o "nada" de los primeros reguladores serie.
- *Variación de los niveles de carga con la temperatura*, mediante un sensor externo o interno que modifique dichos niveles en función de la temperatura ambiente a que se encuentre el acumulador, asegurando de esta forma una carga adecuada a la batería y evitando la falta de carga o la sobrecarga por variaciones de la temperatura. Esta función es especialmente importante en países donde la diferencia de temperatura entre el invierno y el verano es considerable.

En resumen, los reguladores serie utilizados hoy en día para el control de la carga de la batería de acumuladores nos aseguran un eficaz trabajo y una mayor vida de los sistemas fotovoltaicos. En la medida que el sistema de regulación realice fases de carga diferenciadas, podremos asegurar un mayor y mejor nivel de carga.

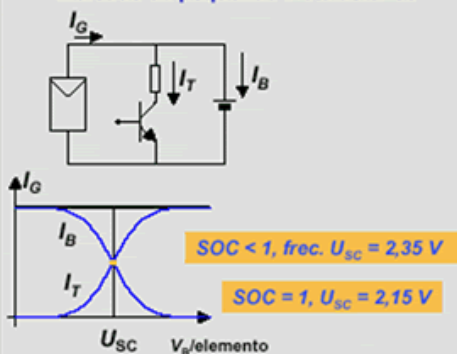
Regulador de carga de batería

FUNCION: Evitar las situaciones de sobrecarga y sobredescarga, para preservar la vida de la batería.

PROCEDIMIENTO: Detección del SOC a partir de V_B $\Delta U_{SC}(T) = -5 \text{ mV/}^\circ\text{C}$

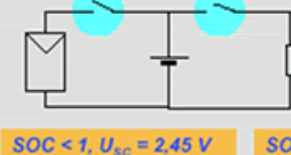
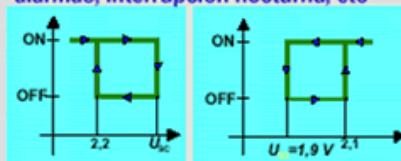
REGULADOR PARALELO

- * Solo regula la sobrecarga
- * Indicado en pequeñas instalaciones



REGULADOR SERIE

- * Regula la sobrecarga y la sobredescarga
- * El interruptor puede ser electromecánico o estático
- * Puede incorporar otras funciones como: alarmas, interrupción nocturna, etc



$SOC < 1, U_{SC} = 2,45 \text{ V}$

$SOC = 1, U_{SC} = 2,2 \text{ V}$

4.5.3.4 Módulos fotovoltaicos autorregulados

También existen en el mercado fotovoltaico paneles solares que no necesitan usar regulador de carga. Este hecho proporciona ventajas en coste y fiabilidad, ya que tan sólo trabajan los dos elementos más robustos: el panel y la batería.

La curva de carga de un módulo fotovoltaico autorregulado tiene que cumplir el requisito básico de lograr un grado elevado de carga en la batería, disminuyendo entonces la corriente producida hasta un mínimo de mantenimiento. De esta forma, se consigue una carga adecuada sin producir evaporación de electrolito.

Para ello es necesario que la relación voltaje-corriente sea inversa, es decir, que una demanda de tensión en la batería que se produzca entre el 90% y el 100% de su estado de carga, haga trasladar el punto de trabajo del panel solar fuera del codo de su curva característica y, en consecuencia, se genere una corriente eléctrica cada vez menor que haga mantener automáticamente el nivel de carga idóneo. Si en ese momento conectáramos algún consumo a la batería, éste haría bajar su voltaje, con lo cual, el punto de trabajo volvería a desplazarse a lo largo de la curva hasta dar la máxima intensidad posible en función de la radiación solar en ese momento y la tensión a la que quedase la batería.

Habitualmente, el número de células que incorpora un módulo autorregulado se sitúa entre las 30 y las 32, dependiendo de la tensión generada por célula y tipo de curva.

Debemos tener en cuenta, a la hora de utilizar un sistema fotovoltaico autorregulado, que la capacidad del acumulador ha de estar en proporción con la potencia pico que sea utilizada en el sistema. Según esto, una proporción de 100 Ah de batería por cada 40 Wp de panel sería idónea. Como ejemplo práctico, podríamos suponer que en el caso de tener una potencia total en módulos de 120 Wp a 12 voltios, la capacidad debería rondar los 300 Ah.

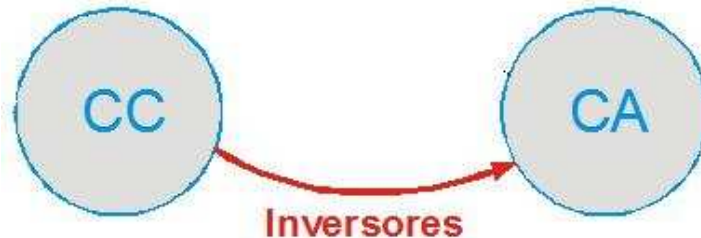
Existen determinados casos donde el panel autorregulado no es apropiado, como por ejemplo grandes instalaciones, lugares donde la temperatura pueda ser excesivamente alta y mantenida o, por el contrario, excesivamente fría y con elevada radiación, aplicaciones donde la capacidad de la batería sea muy pequeña, etc. Pero en definitiva, podemos afirmar que el panel auttoregulado presenta unas notables ventajas en pequeñas instalaciones remotas donde el mantenimiento sea costoso, o en instalaciones de tipo doméstico, donde habitualmente el número de paneles solares utilizados no es excesivo.

4.5.4 Inversor

4.5.4.1 Necesidad del inversor

En un sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica, la potencia en corriente continua (DC) generada por el equipo fotovoltaico debe

convertirse a corriente alterna (AC) para poder ser inyectada en la red eléctrica. Este requisito hace imprescindible la utilización de un inversor que convierta corriente continua en corriente alterna, para conseguir un flujo de energía.

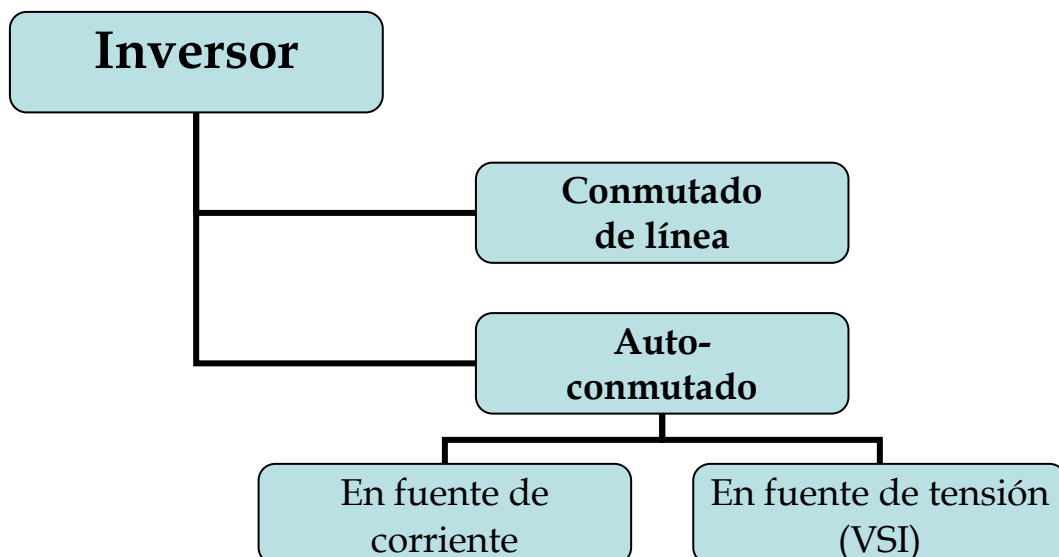


Los inversores conectados directamente al módulo fotovoltaico deberán disponer de un buscador del punto de máxima potencia, que continuamente ajusta la impedancia de carga para que el inversor pueda extraer la máxima potencia del sistema.

Los inversores utilizados en sistemas fotovoltaicos serán del tipo conexión a la red eléctrica con una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

4.5.4.2 Tipos de inversores

Actualmente existen dos grandes grupos de inversores, tal y como muestra la figura: los autoconmutados y los conmutados de línea.



- Los inversores conmutados de línea usan interruptores basados en tiristores, que son dispositivos electrónicos de potencia que pueden controlar el tiempo de activación de la conducción, pero no el tiempo de parada. Para detener la conducción precisan de una

fuente o circuito adicional que reduzca hasta cero la corriente que lo atraviesa.

- Los inversores autoconmutados usan dispositivos de conmutación que controlan libremente los estados de conducción y no conducción del interruptor, como son los transistores IGBT y MOSFET.

Los primeros inversores comercializados para aplicaciones solares fotovoltaicas de conexión a la red eran inversores conmutados de línea. Posteriormente se usaron los inversores autoconmutados, que usaban modulación de ancho de pulso (PWM) e incluían transformadores de línea o de alta frecuencia. Este tipo de inversores puede controlar libremente la forma de onda de la tensión y corriente en la parte de alterna, permiten ajustar el factor de potencia y reducir la corriente armónica, y son muy resistentes a las distorsiones procedentes de la red. Gracias a todas estas ventajas, la gran mayoría de inversores usados actualmente en aplicaciones con fuentes de energía distribuida, como la fotovoltaica, son inversores autoconmutados.

Los inversores autoconmutados se dividen en inversores en fuente de corriente (CSI) y en inversores de fuente de tensión (VSI). Los inversores CSI disponen de una fuente de corriente aproximadamente constante en la entrada de continua, mientras que en los inversores VSI la fuente de entrada constante es la tensión. En el caso de sistemas fotovoltaicos, la salida en corriente continua del equipo solar es la fuente de tensión del inversor, por lo que los inversores empleados en estas aplicaciones son VSI.

Las nuevas tecnologías basadas en convertidores multinivel se han ido abriendo paso en el campo de las aplicaciones fotovoltaicas con conexión a la red, y actualmente se presentan en el área de las aplicaciones de media y alta tensión como una alternativa de peso a los convertidores de dos niveles tradicionales.

La tecnología multinivel se basa en la síntesis de la tensión alterna de salida a partir de la obtención de varios niveles de tensión del bus de continua, Cuanto mayor es el número de niveles de tensión de entrada continua, más escalonada es la forma de onda de la tensión de salida, de modo que tiende cada vez más a una onda senoidal, minimizándose así la distorsión armónica.

Actualmente los inversores tradicionales de dos niveles son los únicos fabricados para aplicaciones estrictamente fotovoltaicas. En el campo de las fuentes de energía distribuida, los inversores multinivel, en especial los tres niveles, se han presentado como una buena solución de rendimiento y coste en la generación de energía eólica. El éxito de los inversores de tres niveles para soluciones eólicas de media tensión ha fomentado el estudio para su aplicación en sistemas fotovoltaicos con conexión a la red.

Gracias al continuo aumento de los niveles de potencia en los equipos fotovoltaicos, cada vez se tiende más hacia la conexión en serie de paneles solares con niveles medios de tensión. Las topologías de tres niveles son especialmente interesantes en este tipo de sistemas, ya que permiten

incrementar el nivel de potencia usando dispositivos de baja tensión. Al igual que en el caso de los sistemas eólicos, las características requeridas en los sistemas fotovoltaicos son bajo coste, buena regulación de línea y alta eficiencia.

Las principales ventajas que presenta un inversor de tres niveles frente al inversor de dos niveles convencionales son las siguientes:

- Permiten trabajar con niveles medios de tensión utilizando dispositivos de baja tensión, ya que estos dispositivos sólo están sometidos a la mitad de la tensión que reciben por la entrada de corriente continua.
- Permiten trabajar con niveles mayores de potencia, ya que los dispositivos están sometidos a menos estrés.
- Reducen la distorsión armónica de las formas de onda en la parte de alterna, con lo que los filtros de salida son menores, y la respuesta dinámica más rápida.

No obstante, la experiencia práctica revela ciertas dificultades técnicas que complican su aplicación en convertidores de alta potencia. Las principales limitaciones que presenta son que al aumentar el número de niveles se incrementa la complejidad del control y que introduce problemas de desequilibrio en las tensiones de los condensadores del bus de continua.

4.5.4.3 Requisitos para el inversor en el sistema fotovoltaico

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Su principio de funcionamiento será autoconmutado con fuente de corriente (tipo VSI)
- Dispondrá de sistema de seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionará en isla o modo aislado.

Desde el punto de vista de la seguridad, los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y compatibilidad electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante) incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

En lo que respecta a su manejo, cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz AC.

Las características de rendimiento de los inversores empleados en sistemas fotovoltaicos serán los siguientes, de acuerdo con el Pliego de Condiciones Técnicas para Sistemas Solares Fotovoltaicos del I.D.A.E.:

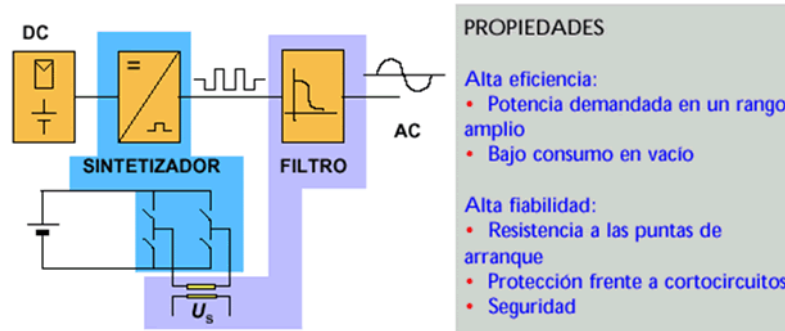
- ✓ El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar de un 10% superiores a las CEM. Además soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- ✓ Los valores de eficiencia al 25 y 100% de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 y 88%, respectivamente (valores medio incluyendo el transformado de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW y del 90 al 92% para inversores mayores de 5kW.
- ✓ El autoconsumo de los equipos (pérdidas en vacío) en "stand-by" o "modo nocturno" deberá ser inferior a un 2% de su potencia de salida nominal.
- ✓ El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 y el 100% de la potencia nominal.
- ✓ El inversor deberá inyectar en red, para potencias mayores del 10% de su potencia nominal.
- ✓ Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 22 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 32 para inversores en el interior de edificios accesibles y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso se cumplirá la legislación vigente.

En cuanto a las condiciones de trabajo, los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0°C y 40°C de temperatura y 0% a 85% de humedad relativa.

Convertidor DC/AC (Inversor)

FUNCION: Transformar la salida DC del generador fotovoltaico en AC con la mayor eficiencia posible.

PROCEDIMIENTO: Generar una onda de impulsos mediante interruptores a partir de la DC, y eliminar los armónicos indeseados.



4.5.5 Otros equipos para uso en la instalación

4.5.5.1 Sistemas de medida y control

Son aquellos que nos dan una idea de las magnitudes eléctricas que rigen el sistema fotovoltaico. En general, si sólo disponemos de módulo solar, regulador de carga y acumulador, el sistema funcionará perfectamente, pero no podremos tener "noticia" de lo que ocurre con él. Por el contrario, con tan sólo un amperímetro y un voltímetro, empezaremos a hacernos una idea de a qué régimen carga el panel fotovoltaico, la tensión de la batería, la corriente consumida por los diferentes equipos conexiónados, etc. En definitiva, una información de cómo se encuentra el sistema.

Son muchos los equipos del mercado que incluyen estas funciones, pero en la mayoría de los casos se encuentran incorporados al propio regulador.

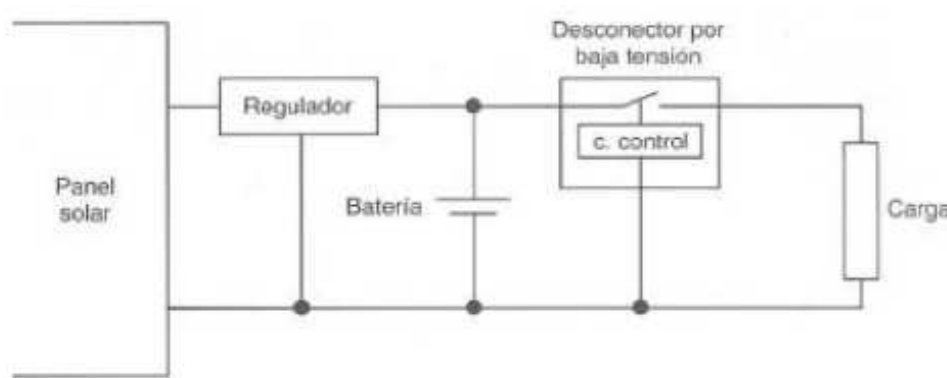
Muchos de estos sistemas de medida llevan incorporada una alarma acústica, que nos avisa en el caso de producirse una descarga importante, indicándonos con antelación de un posible deterioro del subsistema de almacenamiento.

Otro tipo de alarmas son las que trabajan por alta y baja tensión de batería mediante relé libre de potencial. Este tipo de señales son introducidas en las instalaciones de telecomunicación a los sistemas de transmisión para dar señal de fallo en el centro de recepción de señales remotas, y de esta forma detectar posibles averías con anterioridad a que se produzcan. Una señal de alarma por alta tensión de batería, significa casi con toda seguridad un fallo en los sistemas de regulación, y la alarma por baja tensión de batería sería equivalente a lo comentado respecto a la alarma acústica. En ciertos equipos, además, en paralelo con la alarma de baja tensión, se suele añadir otro relé adicional que puede arrancar un equipo auxiliar de carga, como pudiera ser un grupo electrógeno, para

recargar la batería o hacerse cargo de los consumos, con el fin de evitar la parada de la instalación.

4.5.5.2 Desconectores

Existen muchos casos donde los sistemas fotovoltaicos están totalmente desatendidos, como pueden ser: repetidores de TV, equipos de toma de datos, sistemas de riego automático, etc. En todas estas utilizaciones no se usa un sistema acústico o visual de alarma por baja tensión, ya que nadie podría verlo ni escucharlo, y en algunos casos tampoco pueden acoplarse los sistemas con relé libre de potencial, pues se necesitaría un equipo transmisor independiente que podría ser costoso. Para este caso se han diseñado unos aparatos que en el momento que la tensión de batería se iguala a una tensión de referencia (previamente ajustada), hacen que se abra un relé que interrumpe la alimentación de la carga conectada a la batería. Cuando la batería se ha recuperado, este contacto de relé vuelve a cerrarse, reanudándose la alimentación.



4.5.5.3 Interruptores horarios

Estos aparatos son muy utilizados en aquellos casos donde necesitamos una serie de maniobras (conexiones y desconexiones) de una forma automática, dado que la instalación está normalmente desatendida, como por ejemplo el alumbrado eléctrico.

La gran ventaja de este tipo de interruptores horarios es que se encuentran en versiones de 12 Vcc, 24 Vcc y 48 Vcc y la cadencia de tiempo entre maniobra y maniobra es de media hora, lo que da como resultado 48 maniobras diarias máximas.

Algunos de estos modelos tienen la posibilidad de que al abrir un circuito se cierre otro, lo cual les confiere todavía más utilidad a estos equipos.

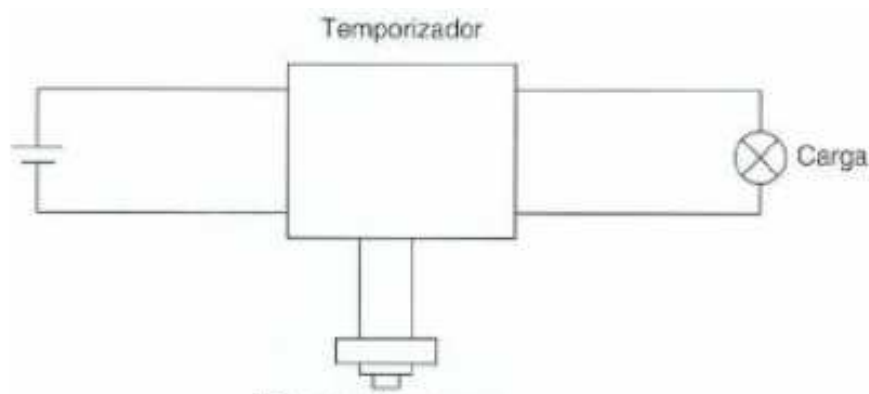
Existen en el mercado interruptores electrónicos que incorporan un sinnúmero de posibilidades de maniobras y selección de actuaciones, pudiendo accionar los circuitos por días, semanas o meses, de forma conjunta o independiente.

4.5.5.4 Temporizadores

Existen muchas instalaciones fotovoltaicas donde es preciso temporizar una carga durante un tiempo determinado. Generalmente son utilizados en la práctica dos tipos de temporizadores, uno que limita siempre el mismo tiempo de uso y otro en el que este tiempo puede ser variado a voluntad.

Temporizador a tiempo fijo

Es un pequeño circuito, alimentado habitualmente a 12 V, 24 V o 48 V, que es activado mediante un pulsador, dando en ese momento alimentación a la carga y temporizando su funcionamiento durante un tiempo, determinado en su diseño, pero siempre fijo para cada actuación.

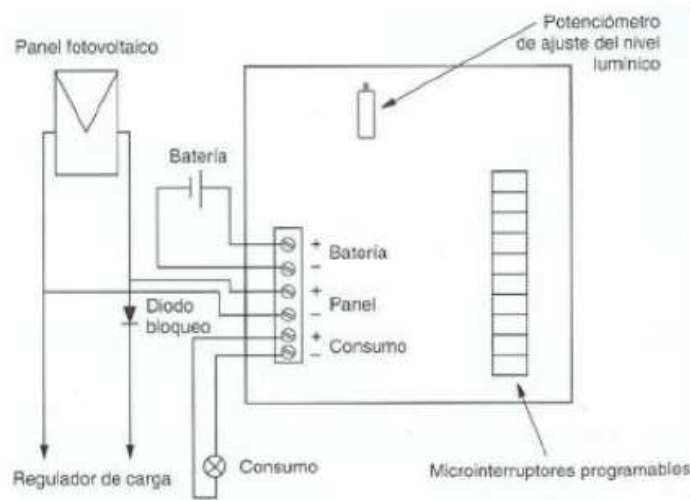


Temporizador a tiempo variable

En el temporizador a tiempo variable, el circuito ha sido diseñado para que los valores de tiempo se puedan modificar cómodamente. Estos cambios pueden ser accesibles mediante microinterruptores, puentes, potenciómetros, por programación con pulsadores o mezcla de estos sistemas.

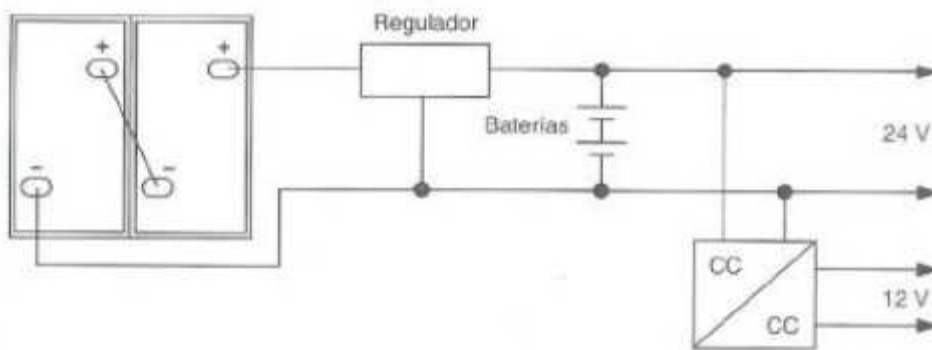
Una de las aplicaciones del sistema de temporización a tiempo variable, son los controles de encendido y apagado de farolas fotovoltaicas. En estos sistemas el encendido de la luz se realiza usualmente cuando el Sol se oculta, y para ello se dispone de una fotocélula o un circuito adicional de detección de baja tensión del propio módulo fotovoltaico, que da la orden de cierre del circuito, empezando entonces la temporización del elemento lumínico empleado (generalmente lámparas de ahorro de energía tipo PL o lámparas de sodio a baja presión SOX).

Hoy en día la industria fotovoltaica ofrece este tipo de temporizadores programables después de la puesta de sol con regulador incorporado, de tal forma que sólo necesitaríamos conectar el panel solar, la batería y el consumo, procediendo posteriormente al ajuste de la temporización deseada, así como al del nivel umbral al cual queremos que comience la temporización.



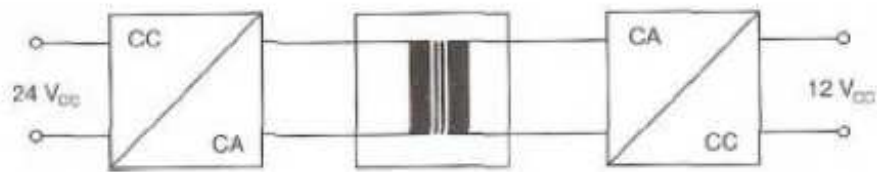
4.5.5.5 Convertidores continua-continua

Existen algunas aplicaciones en las que es preciso alimentar eléctricamente varios equipos, dándose el caso de no poder hacer coincidir las tensiones de funcionamiento. Para esos casos el uso de un convertidor continua-continua (CC/CC) se hace totalmente imprescindible, ya que sería una mala solución el tomar tensiones parciales del grupo de baterías, pues generaría pasos de corriente entre elementos que no favorecerían la vida de éstos. En la figura vemos un caso típico de grupo solar a 24 V con una salida de 12 V.



Mediante el uso de convertidores de CC/CC la descarga de la batería se hace por igual, a la vez que se consigue, en el equipo que usa el convertidor, una tensión totalmente estable que favorecerá el perfecto funcionamiento de éste.

En un convertidor CC/CC la corriente continua es transformada a corriente alterna mediante el uso de un inversor, y una vez que este cambio está realizado, elevamos o reducimos su voltaje mediante un transformador hasta el valor adecuado, para volver a convertir a corriente continua. De esta forma conseguimos la tensión adecuada, con la ventaja del aislamiento galvánico que nos produce el transformador.



Hemos de tener en cuenta que en todo cálculo que realicemos con convertidores CC/CC, hay que aumentar las pérdidas por rendimiento del propio equipo convertidor para evitar quedarnos cortos en el cálculo del consumo.

Existen otro tipo de aparatos que cumplen la misión de disminuir la tensión de línea: *los estabilizadores*. Estos equipos electrónicos presentan una buena fiabilidad, tensión estable de salida y bajo precio respecto a los convertidores CC/CC descritos anteriormente, pero presentan el inconveniente de que el consumo en amperios del receptor es el mismo que el que se produce en la fuente primaria, y por lo tanto, el consumo real es elevado.

Así, si disponemos de una fuente de 24 V y deseamos alimentar una carga de 1 A a 12 V, tenemos dos opciones: utilizar un convertidor CC/CC o emplear un estabilizador electrónico. Si usamos el convertidor, el consumo será de 12 W más el debido al rendimiento de éste, que si suponemos del 80%, nos daría un consumo en la línea de 15 W ($12 \text{ W} / 0,8 = 15 \text{ W}$). Ahora bien, si utilizamos el estabilizador, el consumo sería de 24 W más el propio consumo interno del equipo, ya que lo único que hace es reducir la tensión, pero la intensidad consumida a 12 V es absorbida íntegramente de la línea de $24 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 24 \text{ W}$. Vemos entonces la diferencia entre uno y otro equipo, que será sustancialmente más grande cuanto mayor sea el número de amperios consumidos por carga.

4.5.5.6 Convertidores de acoplamiento

Estos dispositivos consiguen aumentar de forma apreciable la intensidad eléctrica suministrada por el generador solar a la batería. Para comprender cómo se producen estos amperios adicionales es necesario realizar algunas consideraciones previas sobre los módulos fotovoltaicos y su funcionamiento directo sobre los acumuladores.

En sistemas autónomos con batería, hay una gran diferencia entre la potencia nominal del módulo y la potencia útil que realmente se aprovecha, ya que el módulo fotovoltaico, cuando trabaja a tensiones inferiores a su punto de máxima potencia, proporciona una intensidad prácticamente constante.

Tomemos como ejemplo un módulo cuyos datos en el punto de máxima potencia de su curva típica fueran: 53 W a 17,4 V y 3.05 A. Cuando los conectáramos directamente a un acumulador cuya tensión entre bornes en ese momento fuera de 12 V, el módulo tendría que trabajar a 12 V. En estas condiciones, si dispusiéramos de radiación solar pico, el módulo

fotovoltaico generaría una intensidad de 3,05 A. Si calculamos ahora la potencia que el módulo está entregando realmente en esta situación, nos daría: $3,05 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 36,6 \text{ W}$.

Es decir, de los 53 W disponibles teóricamente del módulo, cuando se carga directamente una batería que tiene 12 V de tensión en sus bornes, la potencia aprovechada es de tan sólo 36,6 W, lo que supone casi un 31% menos de lo que se podría esperar.

¿Dónde están los 16,4 W que faltan hasta completar los 53 W máximos que puede dar este módulo a 100 mW/cm^2 . Esta potencia no ha sido generada, ya que la curva característica de funcionamiento del módulo a 12 V proporciona los mismos 3,05 A que si se trabaja a 17,4 V.

Este exceso de tensión en los módulos es absolutamente necesario, ya que permite su funcionamiento en situaciones particulares, como:

- Si la temperatura ambiente a que está sometido el módulo es muy elevada, la tensión del mismo desciende.
- Si la tensión en bornes de la batería es alta el módulo debe continuar la carga, por lo que la corriente correspondiente al punto de trabajo del módulo debe ser suficiente.
- Las características del módulo deben ser tales que se pueden absorber con comodidad las posibles caídas que se produzcan hasta el acumulador debido a diodos de bloqueo, relés de los elementos de regulación, etc.

Por tanto, los módulos fotovoltaicos necesitan unas características I-V en exceso, que garanticen la carga en situaciones como las expuestas, aunque este exceso no sea aprovechado normalmente.

La instalación de un convertidor de acoplamiento permite el trabajo del módulo fotovoltaico a una tensión superior a la del acumulador, convirtiendo el exceso de tensión del panel en potencia disponible para contribuir a una mayor carga en amperios del acumulador, recibiendo este efecto el nombre de *ganancia*. Aprovecha, pues, la diferencia de tensiones de trabajo entre el módulo y el acumulador. Cuando la tensión de la batería es baja, dicha diferencia es mayor, y por lo tanto la ganancia aumenta. En cambio, a medida que el acumulador aumenta de tensión, se reduce la diferencia, y por lo tanto también la ganancia, si bien es cierto que en ese momento el aprovechamiento de los recursos del módulo es óptimo.

En términos generales, la ganancia de un convertidor de acoplamiento es tanto mayor cuanto más se necesita de su trabajo.

Estos equipos, dentro de una instalación solar, son intercalados entre el panel solar y el equipo de regulación, no necesitando ningún ajuste ni cuidado especial.



4.5.6 Estructuras soporte

4.5.6.1 Conceptos generales

La estructura soporte, asegura el anclaje del generador solar y proporciona la orientación y el ángulo de inclinación idóneo para el mejor aprovechamiento de la radiación, siendo los encargados de hacer a los módulos y paneles fotovoltaicos resistentes a la acción ejercida por los elementos atmosféricos.

Supongamos que disponemos de una superficie de paneles de 1 m^2 , y en la zona donde están instalados pueden producirse vientos de 200 km/h . La fórmula que expresa la presión máxima del viento es:

$$P = F/S = 0,11.V^2$$

$$F = 0,11.V^2.S$$

donde:

F es la fuerza del viento en kp

V es la velocidad del aire en m/s

S es la superficie receptora en m^2

P es la presión del viento en kp/m^2

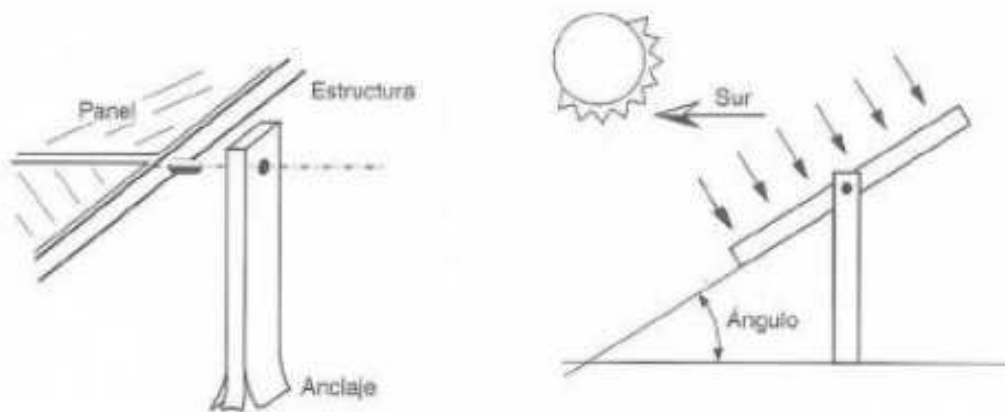
Si aplicamos los datos anteriores, resulta:

$$200 \text{ km/h} = 55,5 \text{ m/s}$$

$$F = 0,11 \cdot (55,5)^2 \cdot 1$$

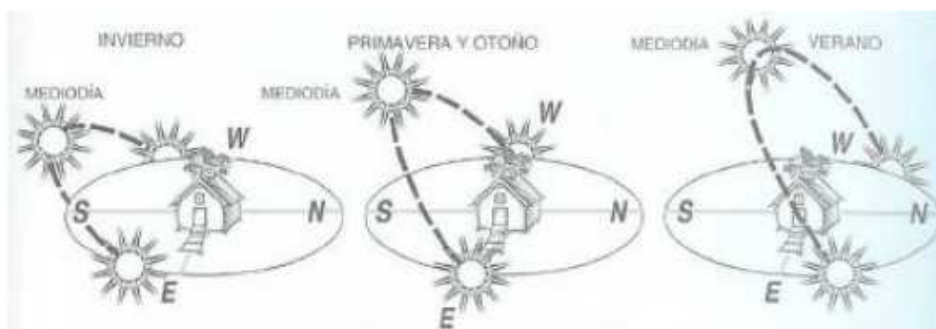
$$F = 338,8 \text{ kp}$$

Lo que demuestra el efecto que puede hacer el viento sobre un grupo de módulos solares, y nos hace pensar en las graves consecuencias de un mal anclaje o un erróneo diseño de la estructura que soporta el conjunto.



También debemos tener cuidado con la nieve, heladas, tipo de ambiente donde se encuentre la instalación, etc. Algunas de las acciones descritas (nieves, lluvia) afectan al emplazamiento y forma del soporte de sustentación, mientras que las heladas o determinados ambientes (por ejemplo, los cercanos a las costas) afectan más al tipo de materiales empleados para la construcción de las estructuras.

En cuanto a la orientación, ésta ha de ser siempre sur (si estamos en el hemisferio norte), pues es la única posición donde aprovechamos, de una forma total, la radiación emitida por el Sol a lo largo de todo el día. Tan sólo en circunstancias muy especiales podremos variar ligeramente la orientación hacia el poniente o el levante, como puede ser en el caso de existir un obstáculo natural (montaña, etc.) que durante un cierto período impida aprovechar al máxima el sol a su puesta, o bien, por el contrario, orientar el conjunto fotovoltaico hacia la izquierda si el obstáculo se encuentra al atardecer. Hemos de decir que esto no representa un incremento grande en cuanto a la potencia eléctrica generada, ya que la salida y la puesta de Sol son los momentos de radiación más débil. No obstante, puede notarse algo más en la estación estival, cuando el Sol tiene su mayor recorrido.

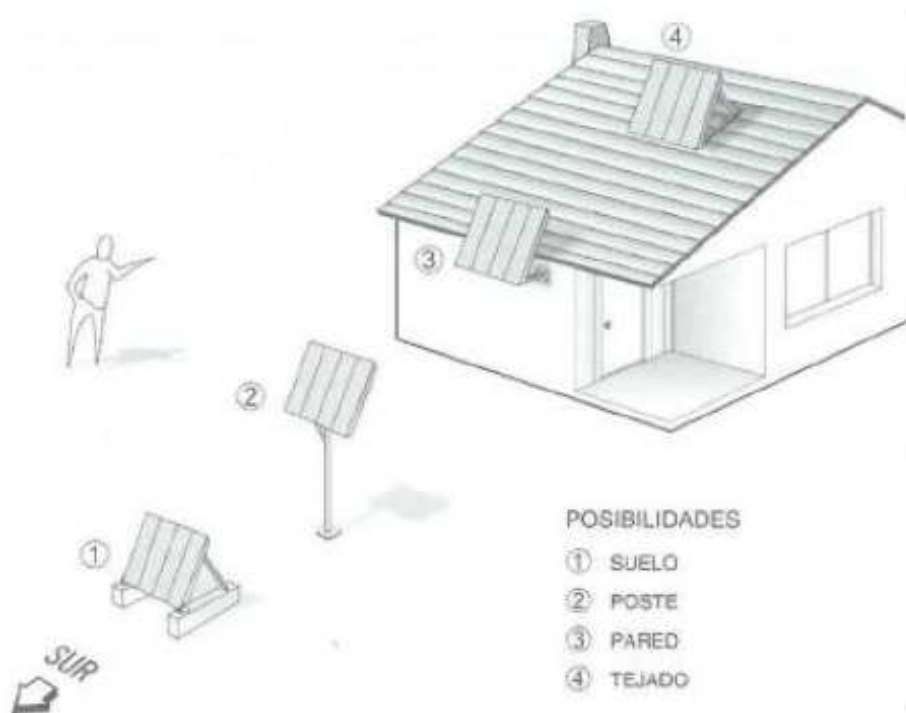


En el esquema podemos observar el corto recorrido en invierno, a la vez que comprobamos que la trayectoria de la radiación es entonces más

horizontal que en verano. Es ésta la causa por la que la inclinación de los paneles fotovoltaicos suele ser grande, de tal forma que aprovechemos lo más posible la escasa radiación invernal, haciendo incidir sus rayos normalmente. Como consecuencias, se produce una pérdida en verano que podría ser compensada, si así se diseña el soporte, variando la inclinación del conjunto a un ángulo de inferior valor, volviendo a hacer incidir los rayos solares en un ángulo lo más cercano a los 90° sobre la superficie del panel solar.

4.5.6.2 Tipos de estructuras

En la figura se representan cuatro formas típicas de colocar un grupo de módulos fotovoltaicos, que comentaremos seguidamente.

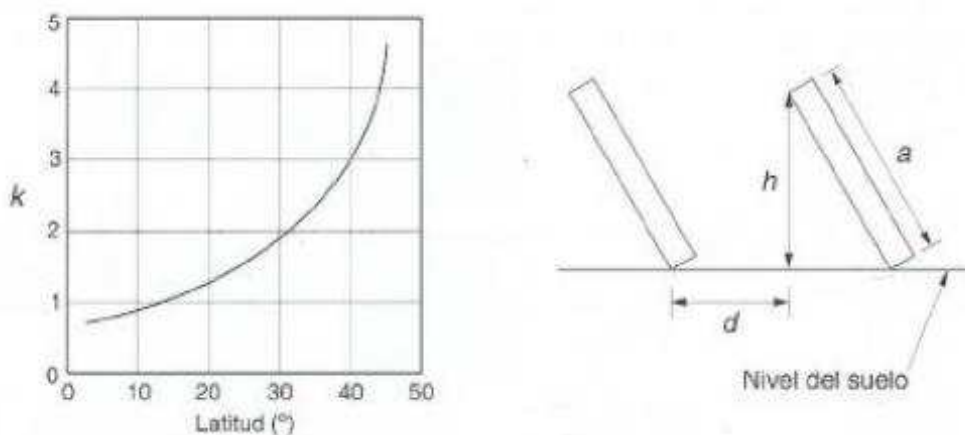


- 1) Es la forma clásica. Muy robusta. En esta disposición la acción del viento es menor, pues a mayor altura, mayor es la fuerza del viento. Gran facilidad para su instalación, tanto de la propia estructura soporte como de los paneles fotovoltaicos. Como inconvenientes su excesiva accesibilidad y la mayor probabilidad de que puedan producirse sombras parciales. A la mayoría de estas instalaciones se las suele proteger por medio de un cerramiento metálico. El montaje de este tipo de sustentación del conjunto solar no es demasiado apropiado para aplicaciones en montaña, donde pueda producirse la presencia de nieve, que podría llegar a dejar inmersos en ella a los paneles.

- 2) Usado principalmente en instalaciones donde ya se disponga de un mástil. Las instalaciones recomendadas no deben ser muy grandes, contando con poco más de un metro cuadrado de superficie de módulos, ya que si ésta es mayor, nos obligaría a sobredimensionar e incluso arristrar el mástil, siendo posible entonces que otro sistema pudiera ser más económico y de más fácil montaje. Es muy utilizado en las instalaciones de repetidores, donde ya se dispone de una antena que puede hacer las veces de mástil.
- 3) Consiste en acoplar la estructura a una de las paredes del recinto. Seguridad debido a la altura, estructura liviana. Puede este sistema adaptarse mediante tacos de expansión o bien realizando una pequeña obra donde se inserte la estructura. La acción del viento queda drásticamente disminuida. El inconveniente es que una de las fachadas dé al Sur. Cualquier variación presentará problemas accesorios.
- 4) La instalación en la cubierta de un edificio es uno de los métodos más usados a la hora de realizar el montaje de un equipo solar, ya que normalmente siempre podremos disponer del lugar adecuado para garantizar la perfecta orientación, además de suficiente espacio. Lo comentado para el caso de la instalación sobre el suelo, respecto a los problemas con la nieve, debe ser tenido también en cuenta en este caso.

4.5.6.3 Sombras entre filas de módulos fotovoltaicos

Se da el caso de que cuando existe un gran número de módulos fotovoltaicos a instalar y no se dispone de mucho espacio, es necesario juntar las filas de paneles y esto puede traer como consecuencia que (especialmente en invierno) se produzcan sombras de una a otra fila. La posibilidad de que en verano puedan darse sombras unas filas a otras es mucho menor, ya que el recorrido del Sol es más alto, y por lo tanto, la sombra arrojada por la fila precedente es más pequeña.



La distancia mínima entre fila y fila está marcada por la latitud del lugar de la instalación, dado que el ángulo de incidencia solar varía también

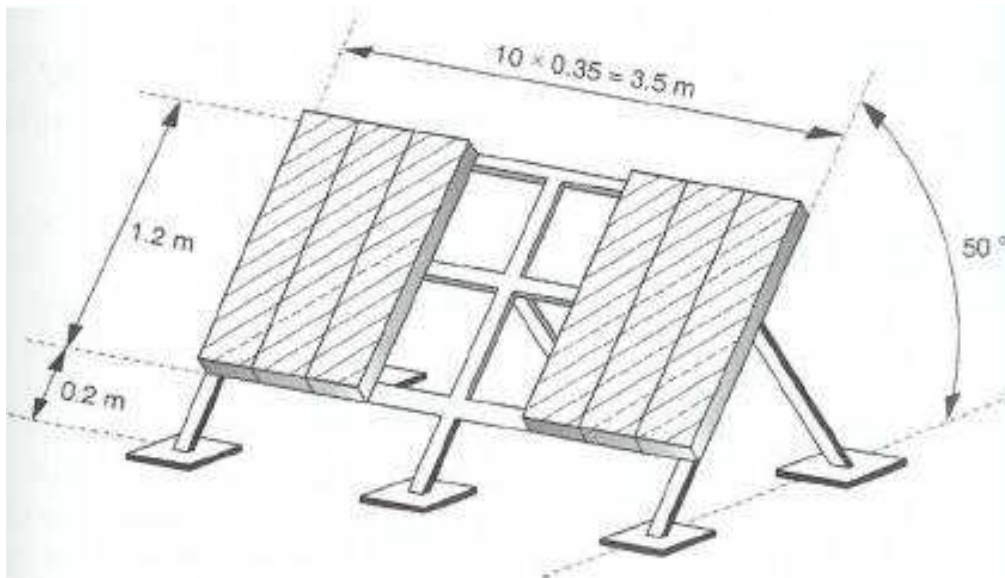
con este parámetro. Supongamos que debemos disponer una serie de módulos solares en fila, tal y como se representa en la figura anterior, donde a es la altura de los módulos colocados en el bastidor, h la altura máxima alcanzada y d la distancia mínima entre fila y fila capaz de no producir sombras interactivas. Una vez que disponemos del valor a , y de la latitud del lugar, estamos en disposición de buscar el factor h dado por la curva, y seguidamente trasladándonos a la tabla 2, donde quedan representados por un lado el valor de a y por otro el ángulo de inclinación que se va a dar al conjunto, obtener el valor de h . La fórmula que nos da la distancia a entre filas sucesivas de paneles será: $d = k.h$

Valores de h ($h = a \text{ sen } \alpha$)

Ángulo de inclinación ▼	α		
	1.5 m	2.7 m	4 m
15°	0.38	0.69	1.03
20°	0.51	0.92	1.36
25°	0.63	1.14	1.69
30°	0.75	1.35	2.00
35°	0.86	1.54	2.29
40°	0.96	1.73	2.57
45°	1.06	1.90	2.82
50°	1.14	2.06	3.06
55°	1.22	2.21	3.27
60°	1.29	2.33	3.46
65°	1.35	2.44	3.62
70°	1.40	2.53	3.75
75°	1.44	2.60	3.86

Realicemos un ejemplo suponiendo que debemos disponer 30 módulos fotovoltaicos, de unas dimensiones de 35 cm x 120 cm cada uno, entre filas consecutivas ocupando el menor espacio posible al disminuir al máximo la distancia entre las mismas. La latitud del lugar de ubicación es de 30° Norte.

El primer paso será distribuir los módulos en tres filas, realizando tres conjuntos de 10 módulos. Las dimensiones de los marcos soporte serán de 1,4 m x 3,5 m, tal y como se puede ver en la figura. La inclinación del conjunto será 50° sobre la horizontal para favorecer la radiación invernal.

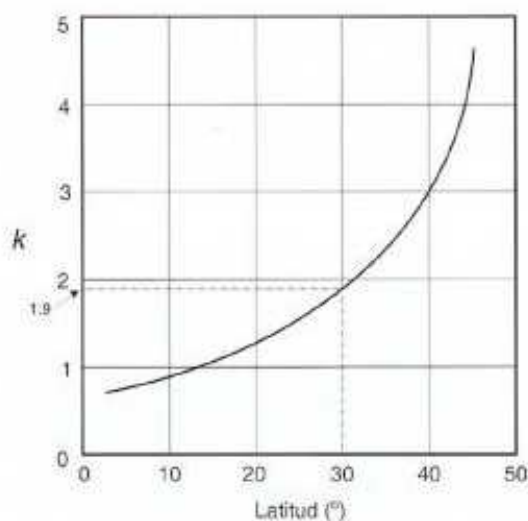


Si observamos en la curva k -latitud, el valor de k para una latitud de 30° resulta ser de 1,9. Una vez conocido este valor y sabiendo que el de la variable a es, en este caso, de 14 m (resultado de sumar la altura del panel más los 20 cm de la pata de estructura), buscaremos en la tabla el valor de h en la columna de 1,5 m para 50° de inclinación y que resulta ser de 1,12. Entonces, aplicando la fórmula

$$d = k.h$$

$$d = 1,9 \times 1,14 = 2,16 \text{ m}$$

Por lo tanto, la distancia mínima necesaria entre cada fila de paneles será de 2,16 m. De esta manera tendríamos las tres filas de 10 módulos separadas un mínimo de 2,16 m entre ellas.



Ángulo de inclinación ▼	a		
	1.5 m	2.7 m	4 m
15°	0.38	0.69	1.03
20°	0.51	0.92	1.36
Ángulo de inclinación ▼	a		
	1.5 m	2.7 m	4 m
30°	0.75	1.35	2.00
35°	0.86	1.54	2.29
40°	0.96	1.73	2.57
45°	1.06	1.90	2.82
50°	1.14	2.06	3.06
55°	1.22	2.21	3.27
60°	1.29	2.33	3.46
65°	1.35	2.44	3.62
70°	1.40	2.53	3.75
75°	1.44	2.60	3.86

4.5.6.4 Efectos de los agentes atmosféricos

Los módulos solares, sus conexiones y estructuras soporte, se encuentran completamente a la intemperie, y esto requiere una cuidadosa selección de los materiales, tanto más cuanto más duras sean las condiciones atmosféricas que se presenten.

La primera regla para dimensionar y definir todos y cada uno de los elementos que formarán el conjunto fotovoltaico es obtener la mayor cantidad de datos de la zona en cuestión: vientos (frecuencia e intensidad), temperaturas (máximas como mínimas), pluviometría, presencia de nieve en determinadas épocas del año, tipo de ambiente (si es o no corrosivo), nieblas, etc. Estos factores nos serán también muy útiles para el cálculo de los módulos fotovoltaicos, así como de la capacidad del acumulador.

Si los vientos son fuertes, la estructura soporte de los módulos debe estar prevista para poder dejar un hueco entre módulo y módulo, con el fin de que el aire pueda circular entre ellos, ejerciendo menos presión que si los paneles fotovoltaicos quedan pegados unos a otros. Esta distancia puede estar alrededor de los dos centímetros.

Como ya se ha mencionado anteriormente, debemos tener muy en cuenta la posibilidad de que, existen precipitaciones en forma de nieve, éstas pueden llegar a tapar los módulos solares. Para evitarlo elevaremos la base de la estructura lo suficiente como para permitir que la nieve se amontone sin perjudicar a la superficie captadora.

Es aconsejable, en todos los casos, la inserción de tirantes entre las patas de la estructura para obtener una mayor resistencia mecánica del soporte.

Hay que prestar especial atención a los ambientes marinos, esto es debido al alto poder corrosivo que poseen. Si la estructura está en contacto con el agua del mar (boyas de señalización, plataformas, etc.), el problema se agudiza, debiendo utilizarse en este caso el acero inoxidable o acero con doble galvanizado en caliente, para dotarle de un grosor mucho más elevado del que habitualmente se aporta para instalaciones en ambientes más benignos.

La lluvia sobre los componentes metálicos no representa en sí misma nada más que la posibilidad de un aumento de la velocidad de oxidación. Ahora bien, como se ha mencionado anteriormente, la instalación consta además de otros componentes como son las uniones eléctricas, cables de conexión, etc. Estos elementos deben ser estancos, con el fin de evitar posibles cortocircuitos producidos por agua de lluvia. Es aconsejable que los módulos solares dispongan de una caja de conexiones estanca, o bien, si los terminales están desnudos, que queden protegidos después de realizar la conexión, mediante un capuchón de goma. Todos los conductores eléctricos deben estar suficientemente aislados, e incluso se podría recomendar el utilizar en las partes exteriores cables de manguera de doble capa bajo un tubo de plástico resistente.

Debemos pensar que las instalaciones solares fotovoltaicas no siempre son definitivas e inamovibles. Por esta razón se debe prestar suma atención a las partes de amarre (tanto de paneles-estructura como de estructura-base de soporte), ya que en un determinado momento puede ser necesaria la sustitución de un módulo o la ampliación en tamaño del soporte fotovoltaico, por haber crecido la demanda de potencia. Por este motivo se han de usar buenos materiales en tornillería.

Como último consejo, no debemos olvidar nunca el uso de silicona en todas aquellas uniones o puntos débiles frente al agua y la humedad, sellando de esta forma conexiones eléctricas, cajas, juntas, etc.

4.6 Sistemas solares fotovoltaicos: aislados y conectados a red

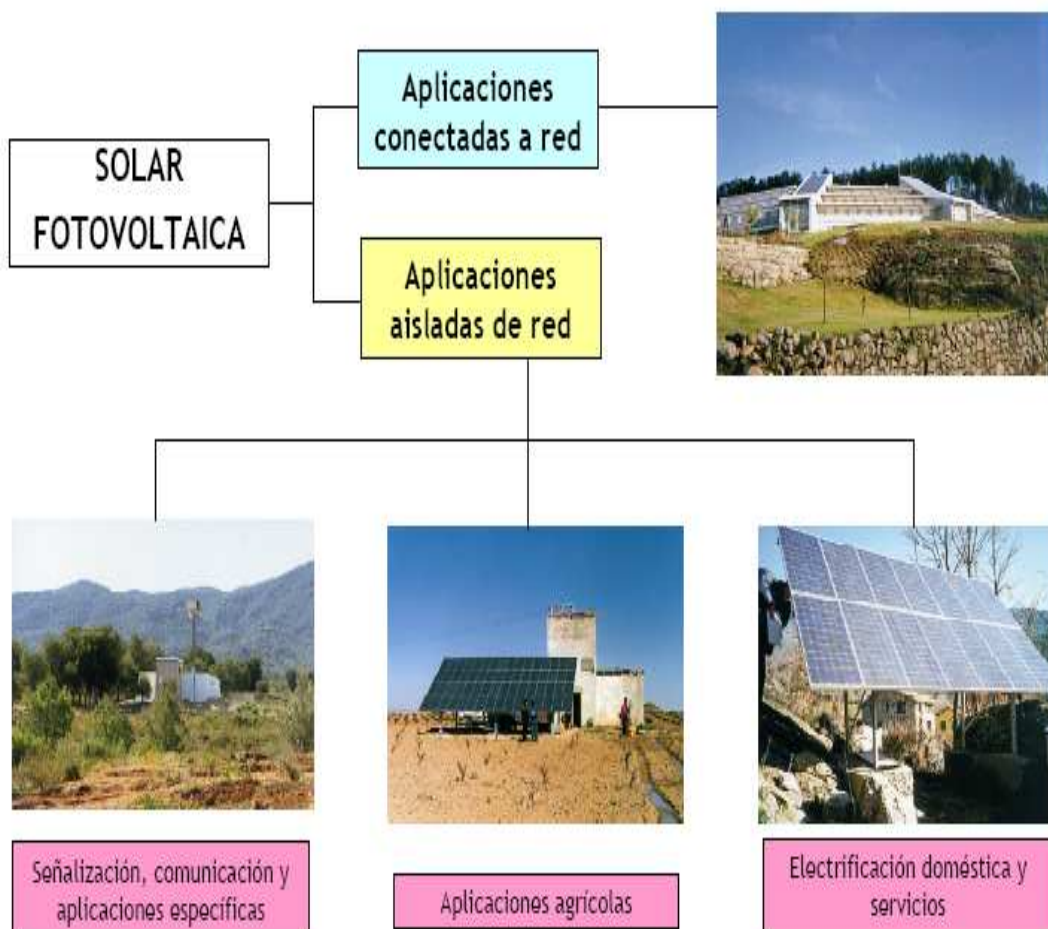
4.6.1 Generalidades

Se define como sistema fotovoltaico el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica.

Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

- **Aislados**
- **Conectados a la red**

La estructura física de un sistema fotovoltaico (aislado o conectado a la red) puede ser muy diferente, pero normalmente se pueden distinguir tres elementos fundamentales: el campo fotovoltaico, sistema de acondicionamiento de la potencia, sistema de adquisición de datos.



4.6.2 Sistemas aislados

Los sistemas aislados se utilizan normalmente para proporcionar electricidad a los usuarios con consumos de energía muy bajos para los cuales no compensa pagar el coste de la conexión a la red, y para los que sería muy difícil conectarlos debido a su posición poco accesibles: ya a partir de distancia de más de 3 km de la red eléctrica, podría resultar conveniente instalar un sistema fotovoltaico para alimentar una vivienda.

Los sistemas aislados, por el hecho de no estar conectados a la red eléctrica, normalmente están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía sólo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y de la noche.

Durante la fase de insolación es, por tanto, necesario prever una acumulación de la energía no inmediatamente utilizada, que es proporcionada a la carga cuando la energía disponible es reducida e incluso nula.

Una configuración de este tipo implica que el campo fotovoltaico debe estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y de la recarga de las baterías de acumulación.

Los principales componentes que forman un sistema fotovoltaico aislado son: módulos fotovoltaicos, regulador de carga, inversor y sistema de acumulación (baterías de acumulación).

En este tipo de sistemas, la energía producida por los módulos fotovoltaicos es almacenada en baterías de acumulación. La carga es alimentada, a través del regulador de carga, por la energía acumulada en las baterías.

El regulador de carga sirve fundamentalmente para preservar los acumuladores de un exceso de carga por el generador fotovoltaico y de la descarga por el exceso de uso. Ambas condiciones son nocivas para la correcta funcionalidad y la duración de los acumuladores.

Ya que normalmente la potencia requerida por el usuario no es proporcional a la radiación solar (y, por consiguiente, a la producción eléctrica de un sistema fotovoltaico) una parte de la energía producida por el campo fotovoltaico tiene que ser almacenada para poder ser reutilizada cuando el usuario la necesite. Esta es la finalidad del sistema de acumulación.

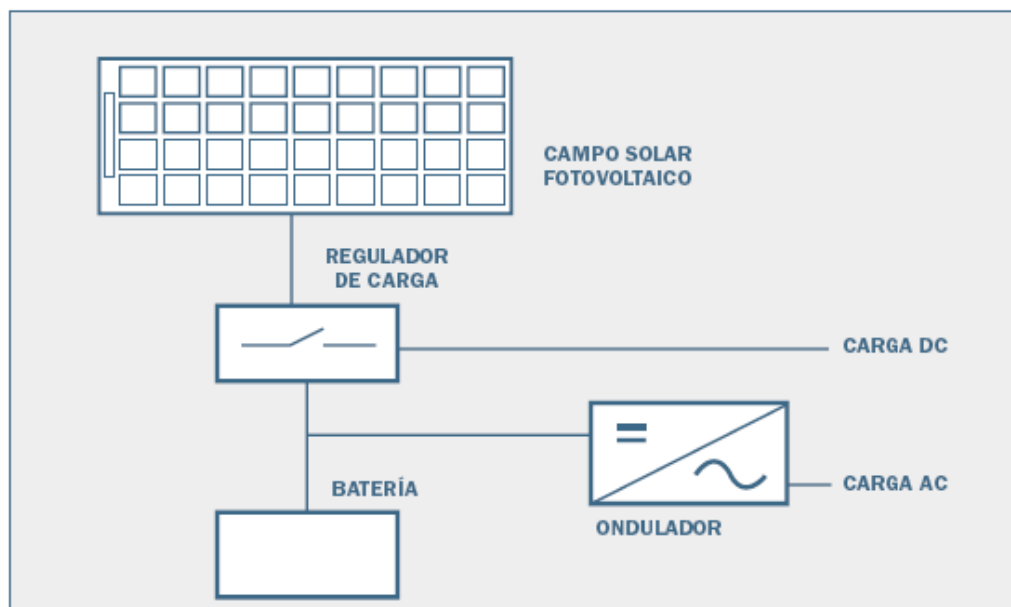
Un sistema de acumulación está formado por un conjunto de acumuladores recargables, dimensionado de forma que garantice la suficiente autonomía de alimentación de la carga eléctrica. Las baterías que se utilizan con esta finalidad son acumuladores de tipo estacionario y sólo en casos muy especiales es posible utilizar baterías tipo automoción.

Las baterías para uso fotovoltaico tienen que cumplir los siguientes requisitos: bajo valor de autodescarga, larga vida útil, bajo mantenimiento y elevado número de ciclos de carga-descarga. La tecnología actual permite usar baterías de plomo ácido de larga duración (más de 6 años), con exigencias de mantenimiento casi nulas.

En cuanto al inversor, su finalidad en los sistemas aislados es la de transformar corriente continua (DC) producida por el campo fotovoltaico, en corriente alterna (AC), necesaria para la alimentación directa de los usuarios.

En este caso, el inversor tiene que estar dimensionado para poder alimentar directamente la carga que se le quiere conectar.

Es evidente que, de todos modos, el inversor en este tipo de instalaciones (sistemas aislados) no es un componente indispensable. De hecho, es posible incluso alimentar directamente con corriente continua de baja tensión la carga.



4.6.2 Sistemas conectados a red

Los sistemas conectados en red, en cambio, normalmente no tienen sistemas de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de insolación es canalizada a la red eléctrica; al contrario, durante las horas de insolación escasa o nula, la carga viene alimentada por la red. Un sistema de este tipo, desde el punto de vista de la continuidad del servicio, resulta más fiable que uno no conectado a la red que, en caso de avería, no tiene posibilidad de alimentación alternativa.

En este caso, se pueden obtener sistemas de alta fiabilidad integrando el sistema aislado con un fuente energética tradicional, por ejemplo, diesel (sistema híbrido diesel-fotovoltaico).

La tarea de los sistemas conectados a la red es, por tanto, la de introducir en la red la mayor cantidad posible de energía.

En los sistemas conectados a red es necesario conectar con las líneas de distribución, cumpliendo con los requisitos demandados por la compañía eléctrica. También se incluirá un sistema medición, mediante el que el propietario, una vez dispone del Régimen Especial de Producción de Energía (REPE), factura la producción de la planta.

Como consecuencia de que las primas otorgadas a la producción con REPE consiguen que la explotación de plantas fotovoltaicas sea económicamente rentable, están proliferando en España las llamadas "huertas solares".

En estas huertas solares se produce el agrupamiento de varias instalaciones, que cuentan con una potencia unitaria inferior a los 100 kW de cara a poder disfrutar de la prima del 575% sobre el precio de referencia de la electricidad, gracias a la cual se puede vender cada kWh generado.

Las huertas solares suelen ser promovidas por una sociedad que ofrece participaciones de hasta 100 kW a terceros, y después se encarga de la gestión y operación del conjunto.

Es necesario tener en cuenta que en el caso de considerar sistemas sin acumulación conectados en red, es la red misma la que desempeña la tarea del acumulador, de capacidad infinita. La carga la representa, en cambio, el usuario conectado a la red, como sucede en cualquier otro sistema aislado.

Los principales componentes que forman el un sistema fotovoltaico conectado a red son: Módulos fotovoltaicos, inversor para la conexión a red, dispositivo de intercambio con la red eléctrica y contador de energía bidireccional.

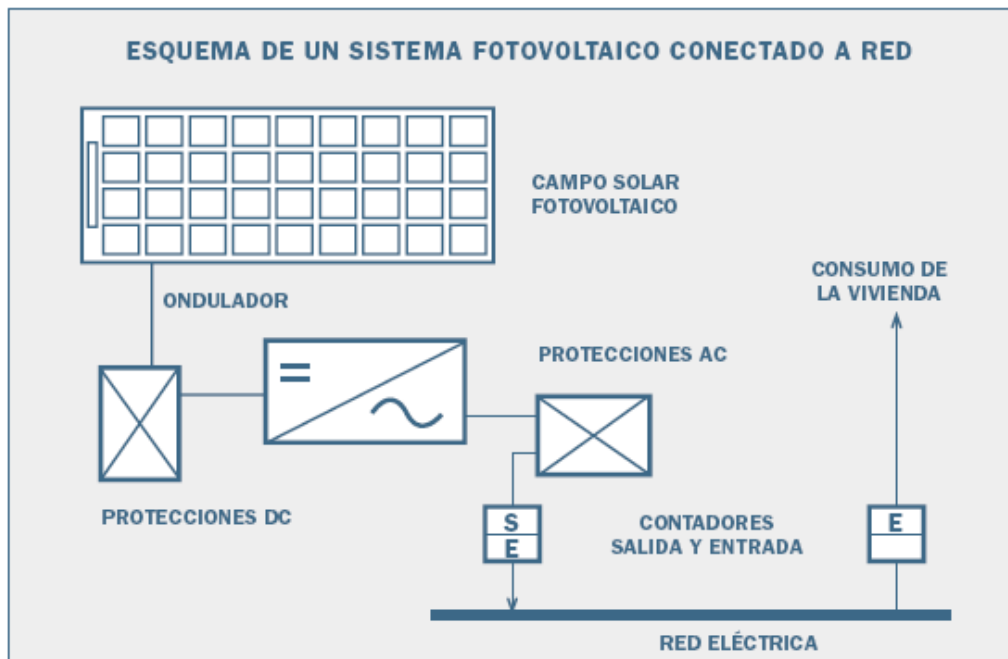
El inversor es uno de los componentes más importantes en los sistemas conectados a red, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo fotovoltaico y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga.

El inversor es un dispositivo que transforma la energía continua producida por los módulos (12V, 24V, 48V,...) en energía alterna (generalmente 220V), para alimentar el sistema y/o introducirla en la red, con la que trabaja en régimen de intercambio.

Los inversores para la conexión a la red eléctrica están equipados generalmente con un dispositivo electrónico que permite extraer la máxima potencia (SPMP) y tiene justamente la función de adaptar las características de producción del campo fotovoltaico a las exigencias de la carga.

El dispositivo de intercambio con la red sirve para que la energía eléctrica introducida en la red tenga todas las características requeridas por la misma.

Finalmente, el contador de energía mide la energía producida por el sistema fotovoltaico durante su período de funcionamiento.

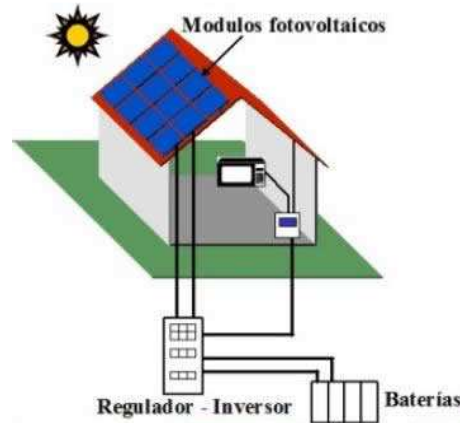


4.7 Sistemas aislados

4.7.1 Conceptos básicos.

Existen instalaciones de consumo donde no llega la red de distribución eléctrica por lo que es necesario recurrir a un sistema de producción autónomo.

Un sistema fotovoltaico completo, con gran capacidad de acumulación, puede garantizar un suministro fiable hasta tres días con ausencia de sol, y con una inversión mucho inferior al coste de hacer llegar a la red eléctrica al emplazamiento.



Para conseguir un suministro de corriente absolutamente fiable, puede incorporarse al sistema un grupo electrógeno de apoyo. Así se garantiza que, en el caso que los acumuladores se queden sin energía, el sistema pueda seguir suministrando electricidad.

La aplicación de estos sistemas fotovoltaicos aislados se orienta al suministro de electricidad en:

- Electricidad de viviendas y edificios.
- Alumbrado público.
- Aplicaciones agropecuarias.
- Bombeo y tratamiento de agua.
- Señalización de carreteras u obras.
- Sistemas de medición o telecontrol aislados.
- Aplicaciones mixtas con otras renovables.

De las diferentes aplicaciones posibles de los sistemas aislados, me centro en los dos más frecuentes: electrificación de viviendas y bombeo de agua.

4.7.2 Electrificación de viviendas

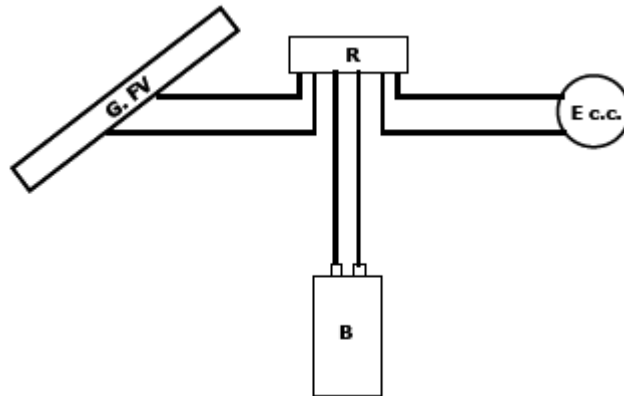
4.7.2.1 Generalidades

Las electrificaciones aisladas son instalaciones que incorporan los siguientes componentes básicos:

- o Generador fotovoltaico
- o Regulador
- o Batería
- o Ondulador (solo si hay cargas de consumo de alterna)

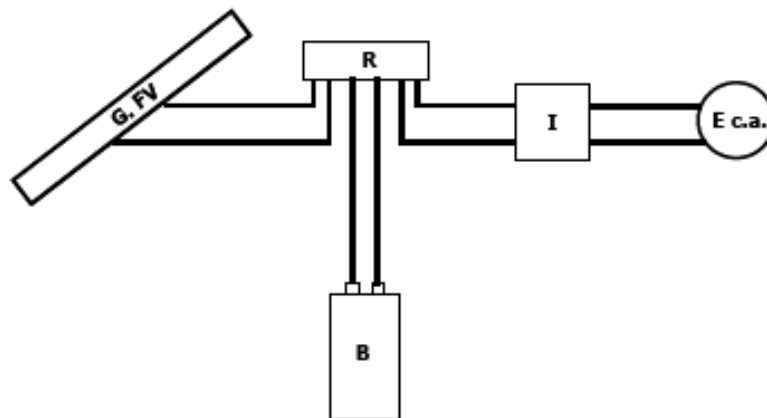
Las cargas que se pueden acoplar a estas instalaciones fotovoltaicas pueden ser de equipos en corriente continua (iluminación, televisión, enlaces de telecomunicación, bombas para extracción de agua, etc.) y equipos en alterna (motores eléctricos...). Como consecuencia pueden surgir distintas configuraciones. Algunas de ellas se muestran a continuación a modo de ejemplo:

a) Instalación con consumo sólo en corriente continua:



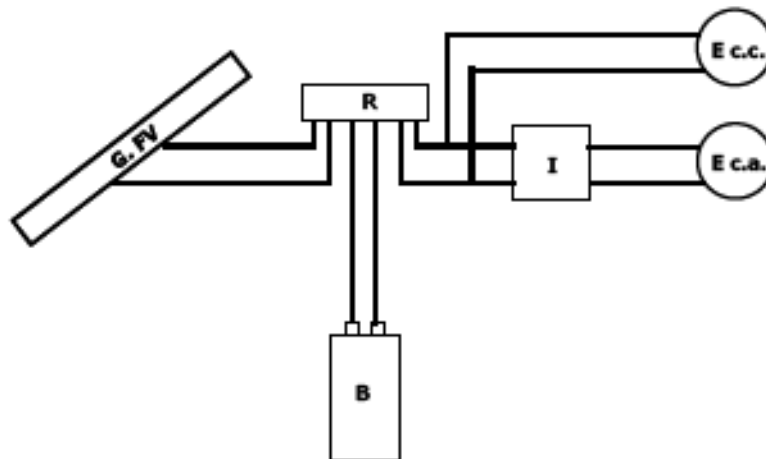
Instalación con cargas de consumo en corriente continua y regulador de carga/descarga.

b) Instalación con consumo sólo en corriente alterna:

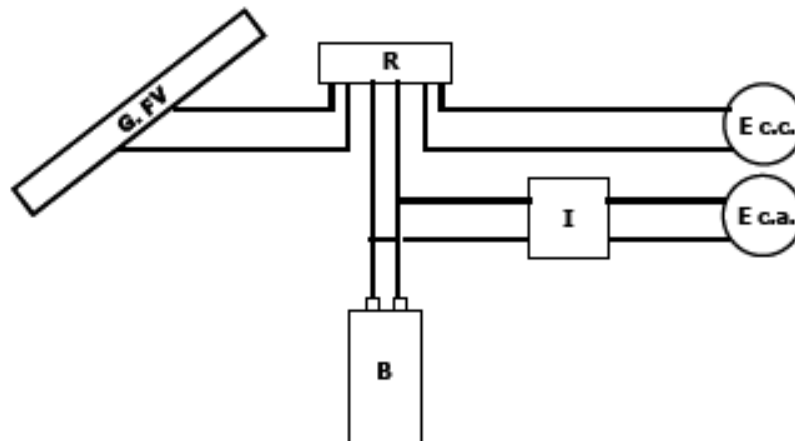


Instalación con cargas de consumo en corriente alterna y regulador de carga/descarga.

c) Instalación con consumo en corriente continua y corriente alterna:



Instalación con cargas de consumo en corriente continua y corriente alterna, y regulador de carga/descarga.



Instalación con cargas de consumo en corriente continua y corriente alterna, y regulador de carga/descarga

Actualmente casi la totalidad de inversores comerciales se encuentran con la opción de ser programados para controlar la descarga de baterías, por lo que las configuraciones más utilizadas han pasado a ser, en los últimos años, aquellas que sólo precisan de regulador controlador de carga, en lugar de reguladores de carga y descarga.

Debido a que no se conoce con exactitud la radiación solar que incidirá diariamente sobre una instalación (por la aleatoriedad de la misma), no es posible diseñar una instalación fotovoltaica que garantice que en un día concreto se vaya a producir una cantidad de energía fijada. Son instalaciones flexibles tanto en la materia prima generadora de la energía como en la demanda de energía. El usuario no puede conocer a priori la energía que va a necesitar un día determinado. Por lo tanto es importante incidir en que:

- Los datos de radiación utilizados para el cálculo sean estimaciones medias mensuales donde los errores sean pequeños.
- La demanda de energía, esté dentro de unos márgenes aceptables gracias a una adecuada estimación.
- La instalación producirá más o menos energía en función del recurso solar, por lo que es importante que el usuario sea consciente de ello y administre correctamente la energía disponible.

4.7.2.2 Dimensionado básico. Recomendaciones de diseño.

Para dimensionar una instalación fotovoltaica aislada, es necesario conocer la demanda de energía por parte del usuario, la energía solar disponible, y a partir de estos datos dimensionar el tamaño de los distintos componentes de la instalación. Los pasos a seguir son:

1. Realizar una estimación detallada del consumo de energía eléctrica diaria media, a lo largo del año.

Equipo	Potencia (W)	Utilización (Horas/Día)	(Wh/Día)
Iluminación	15-25	10	150-250
Televisor b/n	20-40	4	80-160
Radio-casette	5-15	1	5-15
Vídeo	40-60	1	40-60
Lavadora	350-450	1	350-450
Ordenador	200-250	1	200-250
Nevera	80-120	7	560-840
Congelador	100-150	7	700-1050
Televisor en color	50-100	4	200-400

Cargas de consumo típicas en electrificación aislada

De una tabla tipo como la anterior se obtiene la *demanda diaria media de energía para cada mes del año*.

2. A partir de una tabla de radiación diaria media mensual sobre superficies inclinadas 0-90° sobre la horizontal para la ubicación prevista, se busca la orientación e inclinación óptimas de campo fotovoltaico, acorde con la demanda energética prevista:

Para ello se calcula la diferencia Demanda (consumo energía) – Oferta (radiación incidente), para todas las inclinaciones posibles y meses del año. Se toma como mes peor aquel cuyo resultado es mayor y la inclinación adecuada para el mes elegido será aquella que maximiza la radiación recibida en dicho mes. Se obtiene así la producción de energía media diaria generada mensualmente por el campo fotovoltaico, para la orientación sur e inclinación óptimas. En Murcia, para instalaciones aisladas, con demanda anual constante, son orientación sur e inclinación en torno a los 30-35°.

3. Se selecciona una configuración de componentes determinada, en función del tipo de cargas de consumo y de la distancia existente entre los puntos de generación y de consumo.
4. Se descuentan de la generación de energía eléctrica estimada, las pérdidas previstas en cableado, baterías e inversor y las pérdidas por acoplamiento del generador fotovoltaico con las baterías. SE pueden cuantificar en total del orden del 30% de la energía eléctrica estimada generada.

Cuando se acopla un generador fotovoltaico a una batería, ésta marca el punto de funcionamiento (V) del generador fotovoltaico, que no coincide con el punto de máxima potencia, esto ocasiona que la energía eléctrica producida por la instalación se vea reducida (10% de pérdidas por acoplamiento). Con el fin de minimizar las pérdidas, se debe determinar bien el número de módulos en serie de acuerdo con las condiciones de irradiancia y temperatura del lugar, así como seleccionar el módulo adecuado. El regulador debe programarse de acuerdo a las tensiones de corte de las baterías, y se debe seleccionar un inversor con alto rendimiento y bien ajustado a la potencia demandada.

5. La energía real producida por la instalación, y por tanto la disponible, debe ser en todos los meses del año igual o superior a la demanda de energía.

A partir de este valor se determina la potencia del campo fotovoltaico, el tamaño del regulador, baterías e inversor y el dimensionado de la sección de cableado correspondiente siguiendo las siguientes recomendaciones:

- ✓ La tensión de trabajo del campo fotovoltaico (12, 24 o 48 V), se seleccionará de acuerdo a criterios de seguridad y teniendo en cuenta la potencia del inversor a utilizar. El diseño del campo fotovoltaico vendrá delimitado por la tensión de trabajo elegida de la instalación.
- ✓ La intensidad máxima del regulador será ligeramente superior a la intensidad de cortocircuito del generador en condiciones estándar, aunque su valor final depende del tipo de configuración.
- ✓ Es recomendable que la batería tenga al menos 5 días de autonomía (5-10 días). Se asegurará que se cumplan las indicaciones del fabricante respecto a su uso y su profanidad máxima de descarga, para que su duración no se vea reducida con el paso del tiempo.
- ✓ La potencia del inversor elegido debe como máximo similar a la suma de las potencias de todos los equipos de consumo (se supone que todas las cargas no van a funcionar a la vez). A partir de este valor se puede aumentar su tamaño con un factor de seguridad del 20%. Hay que destacar que si se sobredimensiona, esto puede

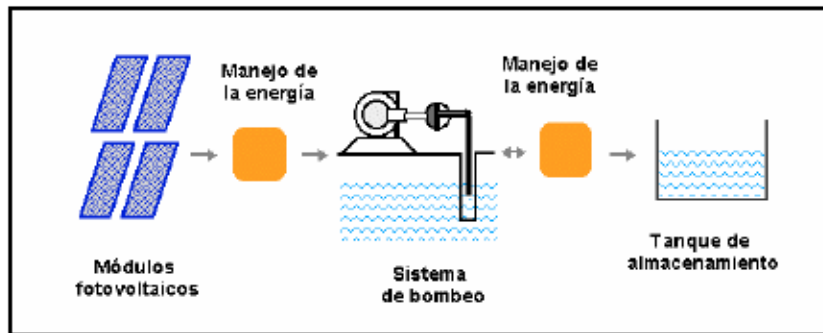
llevar a que el inversor funcione a muy bajo rendimiento la mayor parte del tiempo de uso.

- ✓ La intensidad máxima admisible del cableado viene determinada por el REBT y se considerará una caída de tensión máxima por tramo menor del 3% de la tensión nominal, fijando así la sección mínima de los cables a utilizar.

4.7.3 Bombeo fotovoltaico

4.7.3.1 Generalidades

Estas instalaciones utilizan un generador fotovoltaico para alimentar un grupo de bombeo de agua. Carecen de baterías, ya que el almacenamiento que realiza es de agua, en un depósito, tal y como se observa en la siguiente figura.



Esquema básico de bombeo fotovoltaico

En estas instalaciones el punto de partida es el volumen de agua diario requerido (caudal) y la altura total a vencer (altura geométrica más pérdidas por fricción) para bombear el agua desde su ubicación original (pozo) al depósito de almacenamiento.



Instalación de bombeo fotovoltaico

4.7.3.2 Dimensionado básico. Recomendaciones de diseño.

Los pasos básicos para dimensionar la instalación son:

1. Se estima la demanda media diaria del recurso hidráulico para cada mes del año.
2. Se estudia la oferta de recurso energético, a partir de tablas de radiación solar en función de la ubicación de la instalación, para diversas inclinaciones y orientación sur y para cada mes del año. Se calcula el mes peor para asegurar el suministro en el mes más desfavorable (en el que hay menos radiación y mayor consumo). Para calcular el mes peor y la inclinación adecuada para el dimensionado, se realiza la relación Demanda-Oferta (tal y como se ha indicado en el apartado anterior).
3. Fijadas la orientación e inclinación del campo fotovoltaico, se calcula el caudal a aportar por la bomba y la potencia necesaria para realizar este aporte, basándose en las especificaciones del fabricante.
4. Se selecciona un módulo fotovoltaico, y se calcula el número de módulos y su conexión con arreglo a la tensión de trabajo de la bomba.
5. Finalmente se evalúan las prestaciones energéticas reales de la instalación de bombeo fotovoltaico.

Recomendaciones:

- ✓ En este caso, en el que no hay baterías que fijen la tensión de trabajo, las pérdidas por acoplamiento podrían ser muy elevadas, por lo que se utiliza un seguidor del punto de máxima potencia que garantiza que la tensión a la salida del generador fotovoltaico está próxima a la de máxima potencia, fijando así un punto de trabajo óptimo para la instalación.
- ✓ Actualmente los sistemas de bombeo fotovoltaico que se instalan mayoritariamente son conjuntos formados por generador fotovoltaico-grupo moto-bomba, garantizados por el fabricante para conseguir un buen acoplamiento de ambos y un funcionamiento adecuado.

4.7.4 Mantenimiento

El generador fotovoltaico se estima que tiene una vida útil superior a 30 años, siendo la parte más fiable de la instalación. La experiencia indica que los paneles nunca dejan de producir electricidad, aunque su rendimiento pueda disminuir ligeramente con el tiempo.

Por otro lado las baterías con un correcto mantenimiento tienen una vida aproximada de diez años.

Las operaciones de mantenimiento son:

- Los paneles que forman el generador apenas requieren mantenimiento, basta limpiarlos con algún producto no abrasivo cuando se detecte suciedad.
- El regulador de carga no requiere mantenimiento, pero sí necesita ser revisado para comprobar su buen funcionamiento.
- En las baterías se debe controlar que el nivel de agua del electrolito esté dentro de unos límites aceptables. Para reponerlo se utiliza agua desmineralizada o destilada. Se debe revisar su nivel mensualmente en cada uno de los elementos y mantener los bornes de conexión libres de sulfato. La medida de la densidad del electrolito puede avisar de posibles averías. Actualmente existen baterías sin mantenimiento o de electrolito gelificado que no necesitan reposición de agua.
- El ondulator no necesita ningún mantenimiento especial, únicamente debe comprobarse su buen funcionamiento.

4.8 Sistemas conectados a red

4.8.1 Generalidades

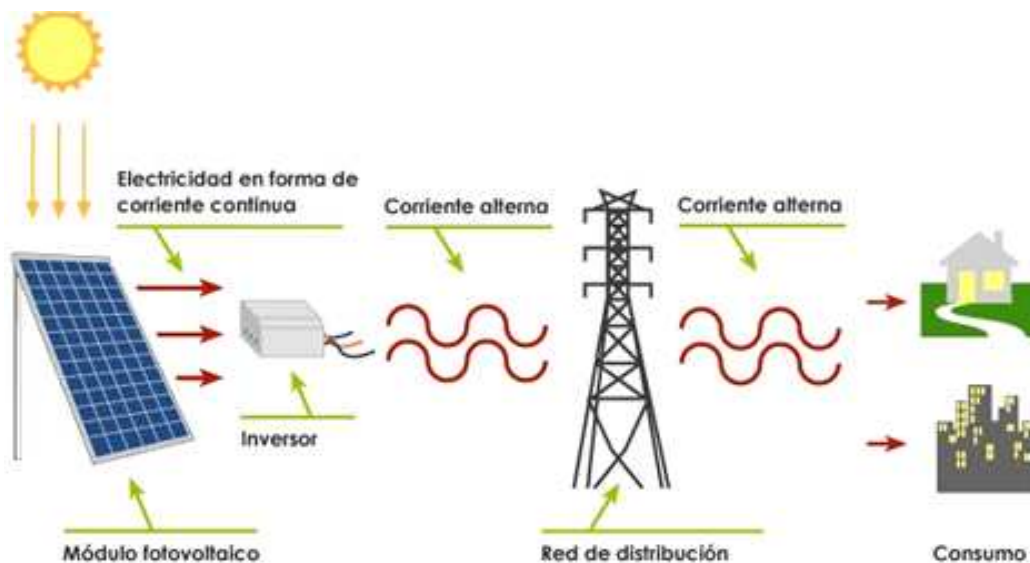
Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red están diseñadas para verter a la red de distribución toda la energía que generan.

El requerimiento básico para poder realizar una instalación fotovoltaica conectada a red en un edificio, nave industrial, o en cualquier otro espacio, reside en la disponibilidad de espacio libre de sombras para la ubicación del generador fotovoltaico.

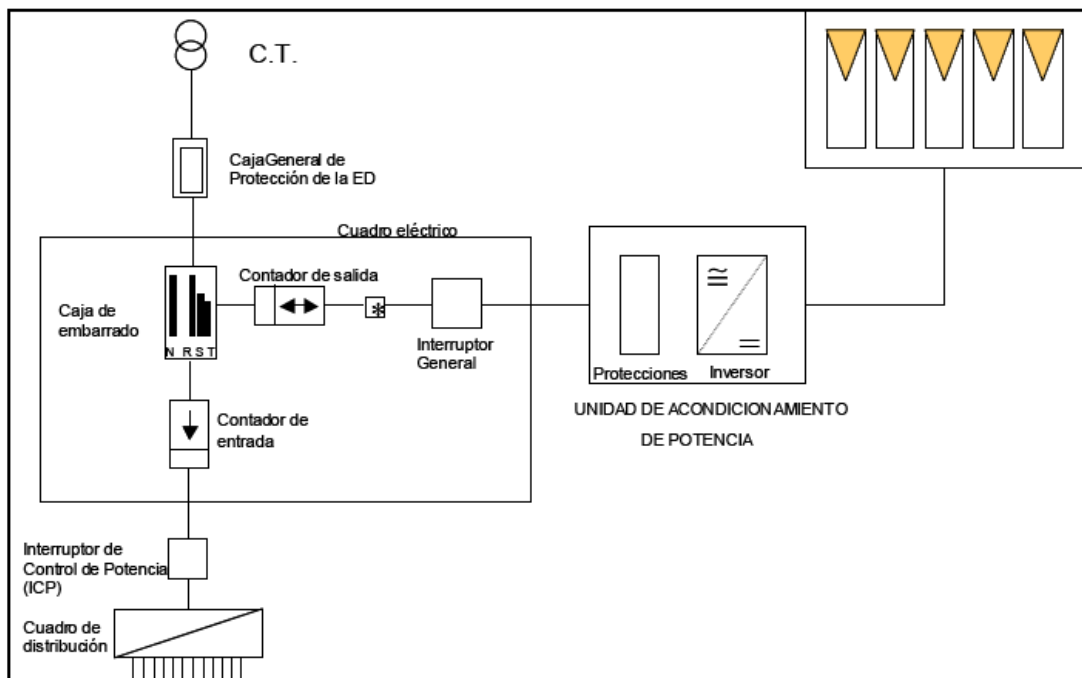
Los componentes básicos de una instalación conectada a red son los siguientes:

- Generador fotovoltaico
- Inversor
- Protecciones

Las protecciones aseguran la calidad de la energía vertida a la red actuando contra sobretensiones, sobrecorrientes y funcionamiento en modo isla. Actualmente casi todos los inversores incluyen, en su interior, estas protecciones.



Los requisitos técnicos de una instalación fotovoltaica de conexión a red son los de cualquier instalación eléctrica de baja tensión, por tanto deben cumplir las exigencias de la normativa técnica vigente en baja tensión, como el Reglamento de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión, así como los requisitos técnicos indicados en la normativa específica para instalaciones fotovoltaicas de conexión a red de las empresas distribuidoras correspondientes, y en el resto de legislación vigente.



Esquema unifilar de instalación fotovoltaica de conexión a red.

Una vez se disponga de un espacio para ubicar el campo fotovoltaico, hay que decidir sobre el tipo de campo a instalar, con o sin seguimiento solar.

Existen varias opciones, entre ellas la más sencilla técnicamente hablando que consiste en que campo fotovoltaico se encuentre fijo todo el año. Las características de este tipo de campo son:

- a) Menor coste de estructura
- b) Menor riesgo de avería al no haber partes móviles
- c) No requiere mantenimiento

Otras opciones son: la orientación fija del campo y 2 inclinaciones posibles (15° y 60°), lo que mejora la captación de radiación anual en un 2%, y la opción de utilizar sistemas de seguimiento: ya sea de dos ejes (30% de ganancia de captación), en eje vertical (con seguimiento del ciclo diario con un incremento del 25% en ganancia de captación) o en eje horizontal (con seguimiento en altura y ganancia del 5%).

El campo fotovoltaico fijo es la opción recomendada para su ubicación de instalaciones en edificios, ya sean azoteas de edificios, cubiertas de naves industriales, etc., ya que por una parte, suelen ir en contra de la integración del edificio, y además conllevan generalmente un sobrecoste y mantenimiento extra que debe ser evaluado en relación al aumento de las prestaciones energéticas de las instalaciones, que en el caso de edificios no suelen ser de instalaciones de gran potencia.

En cambio estos sistemas sí pueden resultar interesantes en el caso de instalaciones de gran potencia (1 MW), que se ubican en espacios alejados del entorno urbano, y que debido a su gran potencia se consigue mejorar considerablemente las prestaciones energéticas sin un elevado sobre coste de la instalación.

4.8.2 Dimensionado básico. Recomendaciones de diseño

1. El punto de partida en el dimensionado básico de instalaciones fotovoltaicas de conexión a red es el criterio a considerar a la hora de diseñar. Estos pueden ser:
 - Potencia máxima a instalar (potencia pico W_p)
 - Potencia en inversores (potencia en la inyección a la red W)
 - Superficie disponible (superficie en m^2 e inclinación prefijadas)
 $150 W_p \approx 1 m^2$)
 - Costes (existencia de presupuesto prefijado)
2. Una vez seleccionado el tamaño de la instalación, o potencia pico, la orientación e inclinación recomendada será aquella que maximice la producción energética anual. La orientación recomendada en todo el hemisferio norte, siempre es sur, existiendo pérdidas de producción en relación a las posibles desviaciones de esta orientación óptima.
3. Una vez seleccionado el módulo fotovoltaico, se diseña su modo de conexión para formar el campo generador fotovoltaico y se elige el inversor.
4. Se realizará un cálculo de prestaciones energéticas de la instalación con arreglo a los datos de radiación disponibles. En este balance deben considerar las pérdidas del sistema: en el generador fotovoltaico (suciedad, conexiones, punto de trabajo de cada subcampos, transmitancia, eficiencia a baja irradiancia, temperatura de operación de la célula, etc.), en el inversor (rendimiento y seguimiento del punto de máxima potencia) y en el cableado. Se puede considerar, en general, que el factor de pérdidas ascienda al 25% de la producción ideal.

Como resultado del balance de energía, la energía diaria estimada que es capaz de generar una instalación fotovoltaica a red vendrá dada por la siguiente expresión:

$$E_{pv} \text{ (kWh)} = \text{Potencia instalada (} W_p \text{)} \times \text{HSP} \times \text{Factor de pérdidas}$$

Recomendaciones:

Para diseñar el campo fotovoltaico y seleccionar el inversor adecuado hay que tener en cuenta:

- ✓ Elegir el módulo adecuado y diseñar las conexiones serie-paralelo de éstos, teniendo en cuenta que el inversor seleccionado tendrá mejor rendimiento si el campo fotovoltaico trabaja a tensiones mayores que si lo hace a tensiones menores. La tensión de trabajo vendrá fijada por el número de módulos conectados en serie.
- ✓ El número de módulos en paralelo será el resultado de dividir el número total de módulos entre el número de módulos en serie, ya elegido.
- ✓ Para obtener un acoplamiento adecuado entre el generador fotovoltaico y el inversor la relación de potencias recomendable es:
 $W / W_p \approx 0,8$
- ✓ En el caso de querer asegurar la producción, se puede subdividir el campo fotovoltaico en varios subcampos con sus correspondientes inversores.
- ✓ El inversor deberá seleccionarse teniendo en cuenta su rango de tensiones de trabajo de entrada y salida, comprobado que incluye la tensión de salida del campo fotovoltaico, atendiendo siempre a las recomendaciones del fabricante.

4.8.3 Mantenimiento

El mantenimiento de este tipo de instalaciones es de carácter preventivo y se reduce a una serie de operaciones de inspección visual:

- a)** Comprobación de las protecciones eléctricas.
- b)** Comprobación del estado de los módulos: comprobar la situación respecto al proyecto original y verificar el estado de las conexiones.
- c)** Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas...
- d)** Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.
- e)** Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.
- f)** Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento.

4.9 Integración de módulos fotovoltaicos en edificios

4.9.1 Generalidades

La gran ventaja de los sistemas fotovoltaicos respecto a otros sistemas de generación eléctrica es que no necesitan ocupar necesariamente un espacio adicional al ya ocupado por los edificios u otras construcciones. El campo fotovoltaico puede integrarse encima de otras superficies construidas o incluso ejercer la función de elemento de construcción.

Por ello, los módulos solares han pasado a ser unos simples equipos de producción de energía a ser al mismo tiempo un elemento constructivo capaz de sustituir elementos tradicionales, o bien ofrecer otras prestaciones adicionales a la de generación eléctrica. Los mismos fabricantes de placas fotovoltaicas han empezado a diseñar modelos que facilitan su integración o su función constructiva en fachadas o tejados.

Es necesaria la existencia de un método sistemático de trabajo como una ayuda a la hora de resolver cualquier problema, ya que recoge todos los aspectos que la experiencia y el conocimiento de temas similares han producido sobre el tema. En el caso de las instalaciones de energía solar en viviendas permite realizar un análisis previo del edificio que sirve para acotar la dimensión del problema de implantación. Una vez conocida esta cuestión, se procede a estudiar los sistemas solares que se puede implantar, es cuestión de promover soluciones para posteriormente evaluar y seleccionar la mejor, es decir, aquella que acumule el mayor número de ventajas. Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1. Análisis de la vivienda**

Se desarrollan los aspectos de la vivienda que deben ser estudiados para establecer los parámetros que la definen, ventajas e inconvenientes.

- 2. Sistema constructivo**

Se recogen los diferentes sistemas constructivos habituales que es preciso conocer para poder la implantar la instalación con garantías de seguridad.

- 3. Equipos solares**

Se recogen los sistemas solares existentes de forma que se puedan conocer sus prestaciones y acciones sobre la edificación.

- 4. Normativa**

Es preciso conocer y aplicar la normativa en vigor.



Método de análisis para incorporar una instalación solar a un edificio

4.9.2 Grados de integración

Como ya se ha comentado en el bloque de energía solar térmica existen varios grados de integración de los módulos solares en función del sistema y modo de fijación de éstos al edificio.

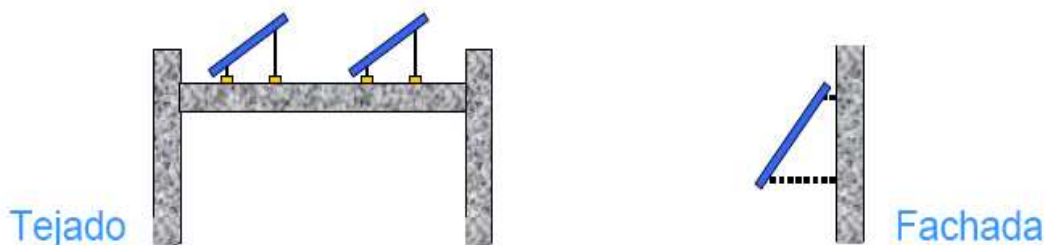
4.9.2.1 Nulo. Captadores independientes

Captadores sobre estructura de soporte independiente de la envoltura del edificio.

Ventajas: Simple, permite orientación e inclinación óptimas.

Desventajas: Impacto visual elevado, no permite integración, no supone ahorro de sistemas constructivos.

Aplicación típica: Edificios con cubiertas horizontal, edificios reformados.



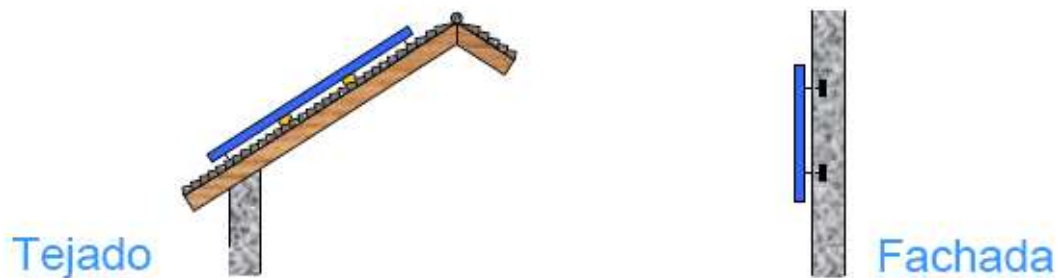
4.9.2.2 Medio. Captadores superpuestos.

Captadores sobre estructura que reposa sobre la envoltura del edificio, quedando paralelos a ésta.

Ventajas (sobre el grado anterior): Menor impacto visual, menor carga de viento

Desventajas: No supone ahorro de sistemas constructivos

Aplicación típica: Edificios reformados



4.9.2.3 Alto. Captadores integrados.

Los captadores cumplen doble función (energética y arquitectónica)

Ventajas: Sustitución de elementos constructivos (ahorro)
Posibilidades estéticas atractivas



4.9.2 Integración en cubiertas

La situación del campo fotovoltaico en una cubierta es la más usual, ya que se suelen dar unas condiciones más favorables que en las fachadas:

- Las inclinaciones habituales de las cubiertas están en el rango de máxima producción eléctrica anual (más planas en latitudes bajas y con más pendiente en latitudes más altas).
- La orientación de la cubierta inclinada no es tan decisiva a pequeñas inclinaciones como en el caso de las fachadas.
- En las cubiertas planas se puede situar el campo fotovoltaico en la orientación e inclinación más favorable, independientemente de la orientación del edificio.
- Las placas fotovoltaicas se pueden superponer al sistema de impermeabilización existente o, en algunos casos, podrían llegar a sustituirlo.
- No interfiere en el plan arquitectónico de los edificios, y mínimamente en su aspecto final.

En edificios de nueva construcción la instalación de un sistema de generación con paneles fotovoltaicos ofrece posibilidades constructivas interesantes:

- Cubiertas semitransparentes para crear lucernarios.
- Formación de lucernarios en diente de sierra.
- Cubierta semitransparente de invernaderos adosados a viviendas.
- Cubiertas inclinadas formadas totalmente por placas fotovoltaicas.
- Cubiertas inclinadas acabadas con tejas fotovoltaicas.



Lucernario en el edificio del Centro de Estudios Medioambientales As Pontes (La Coruña)

Así mismo existe una interesante posibilidad de integración arquitectónica cada vez más extendida que se basa en la utilización de elementos auxiliares al edificio que pueden ser externos al mismo, como pérgolas o marquesinas de aparcamientos.

En todo caso, para integrar el campo fotovoltaico en una cubierta, hay que tener en cuenta los criterios siguientes de tipo técnico:

a) Consideraciones estructurales:

La sobrecarga debida a un campo fotovoltaico es muy pequeña en relación a las sobrecargas que se tienen en cuenta en el cálculo de las cubiertas. No obstante, hay que tenerla en cuenta. Dependiendo del sistema utilizado como fijación, el peso que puede provocar el campo fotovoltaico estará en torno a los 30 kg/m².

b) Sistemas de fijación:

Existen algunos sistemas en el mercado que facilitan la fijación de la estructura soporte de las placas a la cubierta existente. En cubiertas planas, con el fin de no perforar la impermeabilización, a menudo se utilizan sistemas de fijación por gravedad, situando elementos pesados para estabilizar a las hileras de placas.

Por último, tanto si van superpuestas sobre un tejado existente, pero sobre todo si van integradas, sustituyendo a las tejas u a otro elemento de impermeabilización, hay que prever que tengan una correcta ventilación que impida el estancamiento de aire caliente bajo las placas. Es necesario considerar que un excesivo sobrecalentamiento de los módulos recucirá fácilmente su eficiencia en un 10%.

Del mismo modo, si los paneles fotovoltaicos se emplean como sustitutivo de los elementos de impermeabilización es necesario tener en cuenta que en su instalación hay que cuidar la estanqueidad de la cubierta, utilizando para ello juntas o sistemas que garanticen el correcto aislamiento de la misma.

4.9.3 Integración en fachadas

La sustitución de un cerramiento (fachada, muro...) convencional por uno fotovoltaico supone que un elemento de generación energética realice muchas más funciones que ésta, como:

- Protección de los elementos climáticos exteriores
- Filtro de luz solar
- Filtro de ruidos exteriores
- Filtro de radiaciones electromagnéticas
- Aislamiento térmico
- Transmisión de luz natural controlada
- Aportación térmica



Fachada fotovoltaica Zara (Madrid)

4.9.4 Posibilidades de integración

Cada vez son más numerosas las formas de situar sobre edificios campos fotovoltaicos con funciones diversas además de la estrictamente energética:

- ✓ Tejado fotovoltaico: sustituye el acabado final y, en algunos casos, la impermeabilización
- ✓ Tejado en dientes de sierra: la vertiente sur es fotovoltaica y la norte puede ser opaca o permitir la entrada de luz cenital.
- ✓ Fachada: el campo solar puede recubrir totalmente la fachada.
- ✓ Tejado plano: se pueden situar hileras de placas paralelas, a una distancia adecuada para ni producir sombras entre sí.
- ✓ Atrio: cubierta entre dos edificios.
- ✓ Pérgolas, porches, voladizos.
- ✓ Franjas fotovoltaicas a lo largo de la fachada, alternando con franjas transparentes.
- ✓ Lamas de sombreado: situadas encima de las ventanas, permiten evitar la entrada de radiación directa en verano.
- ✓ Fachada inclinada: en forma de invernadero, para cerramientos fotovoltaicos semitransparentes.

- ✓ Lamas o parasoles de inclinación variable.



Los fabricantes de placas fotovoltaicas han empezado a suministrar variantes de placas y de células para atender las demandas de los arquitectos solares. Para ello se han desarrollado modelos con variantes de tonos, colores, formas de células, así como sistemas de fijación que permitan adoptar diversas soluciones o mejoras estéticas.

Para conseguir una mejor integración del elemento fotovoltaico en los edificios es necesario tenerlo en cuenta desde el inicio del diseño del edificio. De esta manera se podrá conseguir mejorar el aspecto exterior y el coste del edificio al poderse sustituir elementos convencionales por los elementos fotovoltaicos. A veces es necesario sacrificar parte del rendimiento energético por mantener la estética del edificio.

Para aplicaciones arquitectónicas se utiliza frecuentemente el encapsulado de células convencionales en cristal - cristal. Dichos módulos cristal - cristal son muy apropiados para este tipo de aplicaciones, pues además de cubrir totalmente los requerimientos técnicos y estéticos del diseño, permiten ciertos niveles de semitransparencia que ayudan a aumentar la luminosidad del interior del edificio.

4.9.5 Recomendaciones de diseño urbanístico

En repetidas ocasiones se viene observando que la voluntad de contribuir a un impacto menor sobre el medio ambiente mediante el uso de energías renovables en la edificación, choca frontalmente con la posibilidad real de implantar la tecnología adecuada.

Esto viene motivado por la poca previsión de las condiciones de la edificación necesarias para implantar este tipo de tecnologías tanto en la ciudad consolidada como en las zonas en desarrollo.

En este apartado se revisan distintos parámetros que influyen en el diseño urbanístico con la intención de establecer márgenes dimensionales que favorezcan la integración de las instalaciones solares en la edificación. Se trata de un análisis parcial destinado a obtener conclusiones que favorezcan la utilización de sistemas solares activos mediante el diseño y las normas urbanísticas:

1) Condiciones de la estructura viaria

La definición de la estructura viaria es una de las determinaciones más importantes en el proceso de diseño ya que constituye la estructura a partir de la cual se ordenan las manzanas, parcelas, etc.

2) Condiciones de la estructura de espacios libres y zonas verdes

El término espacio libre se refiere a aquellos espacios donde el planeamiento impone su ineficabilidad al objeto de destinarlos a usos colectivos y al ocio ciudadano. Está constituido por la red de calles, plazas, espacios intersticiales, parques, jardines y zonas verdes, tanto públicas como privadas, destinadas al esparcimiento y recreo de la población.

3) Condiciones de manzana

Aunque las características de las manzanas están estrechamente vinculadas a las condiciones de la estructura viaria, factores como las condiciones geométricas y la densidad de población determinan unas condiciones de manzana más o menos favorables para la implantación de los sistemas solares activos.

4) Condiciones de parcelas, de ocupación y posición de la edificación

La superficie de la parcela, la ocupación y la edificabilidad, influyen principalmente en la superficie construida de las plantas del edificio, y en la superficie de cubierta. Por tanto, delimitan la superficie disponible donde incorporar el sistema captador.

5) Condiciones de la edificación

Finalmente, las condiciones de la edificación son determinantes para lograr introducir la energía solar en la misma, ya que los edificios son el objetivo último de las instalaciones solares. Por ello será de especial importancia la tipología edificatoria y las condiciones geométricas que se determinen en el planeamiento, ya que van a tener una influencia

directa tanto en las características de la instalación como en las posibilidades de acceso al Sol de las mismas.

6) Condiciones estéticas

Las condiciones estéticas es un planeamiento tratan de establecer el conjunto de normas y parámetros para procurar una adecuación formal mínima de los edificios, construcciones e instalaciones al ambiente urbano. Tales condiciones hacen referencia a las características de las fachadas, de las cubiertas, de los huecos, la composición, los materiales empleados, etc. y en general a cualquier elemento que configure la imagen de la ciudad.

Una de las características fundamentales de las instalaciones solares es la ubicación de los captadores solares en el exterior de la edificación.

Un estudio de los diferentes parámetros técnicos, permite conocer su influencia sobre las instalaciones solares.

De forma esquemática, las siguientes tablas refleja una serie de parámetros técnicos (primera columna) que se han de considerar en el proceso de diseño de las instalaciones solares que están relacionados con los parámetros urbanísticos (tercera columna) a través de los condicionantes correspondientes (segunda columna).

Parámetros técnicos	Condiciones	Parámetros urbanísticos
<p>Orientación Posicionamiento respecto a un punto cardinal del captador. La orientación preferible es el Sur geográfico, si bien, pequeñas alteraciones no afectan significativamente la captación de radiación.</p>	De la estructura viaria	Trazado de vial Sección del vial
	De manzana	Geometría
	De parcela, ocupación y posición	Lindero frontal Lindero lateral Superficie libre de parcela Alineación exterior Alineación interior Area de movimiento de la edificación Coeficiente de ocupación Superficie libre de parcela Línea de la edificación Fondo edificable Separación a linderos
<p>Inclinación Ángulo que forma el captador con el plano horizontal. Los valores habituales en Andalucía están comprendidos entre 30° y 60°.</p>	Estéticas	Amonización de las construcciones con su entorno Instalaciones en fachada Elementos salientes
	Estéticas	Amonización de las construcciones con su entorno Instalaciones en fachada Elementos salientes

Parámetros técnicos	Condiciones	Parámetros urbanísticos
<p>Sombras</p> <p>Proyecciones de elementos intermedios entre los rayos solares y el sistema de captación, que disminuyen la radiación incidente sobre el captador.</p>	De la estructura viaria	Trazado de vial Sección del vial
	De la estructura de espacios libres	Posición Geometría
	De parcela, ocupación y posición	Lindero frontal Lindero lateral Superficie libre de parcela Alineación exterior Alineación interior Area de movimiento de la edificación Coeficiente de ocupación Superficie libre de parcela Linea de la edificación Fondo edificable Separación a linderos
	De la edificación	Lindero frontal Lindero lateral Superficie libre de parcela Alineación exterior Alineación interior Area de movimiento de la edificación Coeficiente de ocupación Superficie libre de parcela Linea de la edificación Fondo edificable Separación a linderos

Parámetros técnicos	Condiciones	Parámetros urbanísticos
<p>Ubicación de otros componentes</p> <p>Dónde se coloquen los componentes que integren la instalación, salvo los propios captadores solares.</p>	De parcela, ocupación y posición	Lindero frontal Lindero lateral Superficie libre de parcela Alineación exterior Alineación interior Area de movimiento de la edificación Coeficiente de ocupación Superficie libre de parcela Linea de la edificación Fondo edificable Separación a linderos
	Estéticas	Armonización de las construcciones con su entorno Instalaciones en fachada Elementos salientes
<p>Espacio útil para captadores</p> <p>Volumen del edificio que debe reservarse para la ubicación de los captadores solares.</p>	De parcela, ocupación y posición	Lindero frontal Lindero lateral Superficie libre de parcela Alineación exterior Alineación interior Area de movimiento de la edificación Coeficiente de ocupación Superficie libre de parcela Linea de la edificación Fondo edificable Separación a linderos
	De la edificación	Altura de la edificación Volumen y forma Dimensiones de patios

4.10 Rentabilidad económica de las instalaciones fotovoltaicas

4.10.1 Generalidades

La demanda social a favor de la energía fotovoltaica se ha traducido en el establecimiento de normativas y ayudas que priman el vertido a la red de toda la electricidad generada con sistemas fotovoltaicos, y que subvencionan a los titulares de todo tipo de instalaciones.

En las instalaciones conectadas a red, se tienen retornos económicos por el esfuerzo financiero realizado en la inversión, al vender a la compañía distribuidora los kWh producidos e inyectados a la red al precio de mercado más una prima, por ser un kWh de generación solar fotovoltaica.

El análisis económico en estos casos se puede realizar con las herramientas clásicas de análisis de inversiones, siendo una de las más utilizadas, y la que se empleará en este capítulo, la de los años de recuperación de la inversión realizada.

Se considera que un titular de una instalación fotovoltaica querrá recuperar su inversión en diez años o menos, ya que períodos de recuperación superiores, son disuasorios incluso para las personas con alta conciencia medioambiental.

En las instalaciones aisladas, al no poder vender el kWh a terceros, sino que la electricidad limpia generada es para consumo propio, no existe la posibilidad de un flujo de caja a lo largo de la vida de la instalación. Los retornos no son directamente económicos sino que provienen de la satisfacción y utilidad de consumir la electricidad generada. El cálculo económico que se realiza es, simplemente el del coste del kWh solar producido.

En instaladas aisladas, para evaluar la opción fotovoltaica frente a otras opciones se deberá calcular los costes del kWh de todas ellas, teniendo especial cuidado de incorporar todas las partidas.

Por ejemplo, si se compara el coste del kWh fotovoltaico con el de red, como se hace en este capítulo, habría que añadir en este caso, los costes iniciales de llevar la red al lugar de consumo.

Todos los datos económicos que incluyo son orientativos, evidentemente dependen de varios factores como tamaño, tipo de tecnología y condiciones de mercado. He intentado hacer una media para poder hacernos una idea de la rentabilidad económica de las instalaciones fotovoltaicas lo más cercana posible a la realidad.

4.10.2 Instalaciones aisladas

Los sistemas fotovoltaicos son soluciones ideales para instalaciones aisladas. Esta alternativa evita el tendido de la línea eléctrica que una el punto de consumo con el de transformación de la red de distribución. Con

ello se obvia el impacto ambiental de dicha línea y su coste de inversión, que se puede estimar en 6.000 € por km.

La instalación incluye los paneles fotovoltaicos, la batería de acumuladores que almacene la electricidad excedente en horas diurnas para disponer de ella en horas nocturnas y el inversor de corriente si los consumos son en corriente alterna. A mayor demanda en los períodos sin Sol se precisa mayor capacidad de almacenamiento.

El análisis económico genérico de una instalación aislada, se calcula tomando como modelo un módulo de 1000 Wp, totalmente instalado. Los parámetros técnicos económicos para esta potencia son los siguientes:

– Inversión inicial	14.000 €
– Vida útil de la instalación	40 años

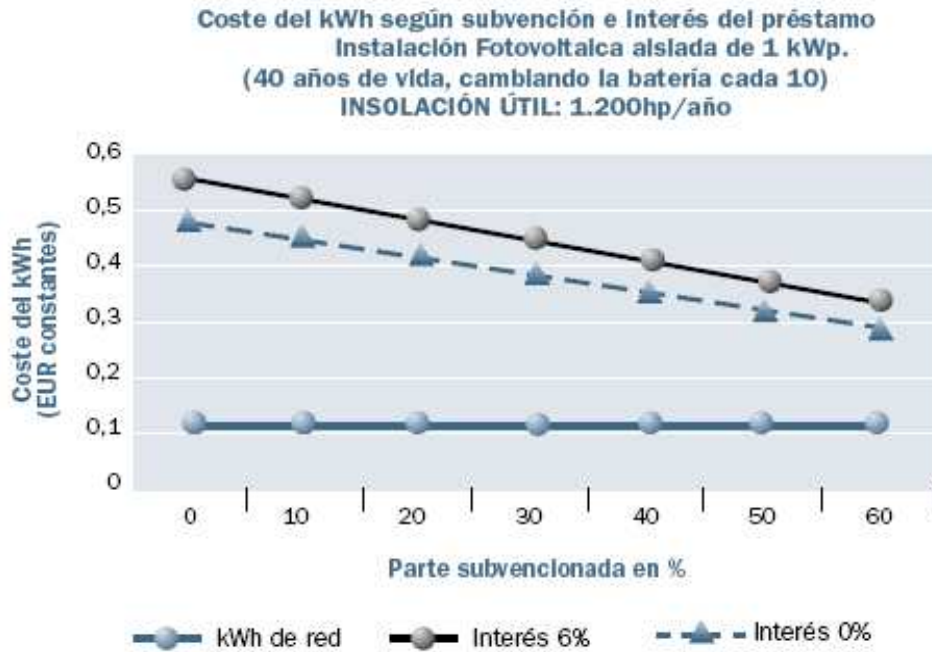
Para que la vida de la instalación se pueda considerar de 40 años, se debe tener en cuenta que la batería deberá cambiarse cada cierto número de años, no así los paneles fotovoltaicos u otros elementos de la instalación, los cuales en condiciones normales, con un mantenimiento sencillo, funcionarían durante ese período de tiempo.

Para un sistema fotovoltaico bien dimensionado cuyo diseño incluye una batería de uso fotovoltaico, se puede considerar:

– Cambio de la batería cada	10 años
------------------------------------	----------------

Las horas útiles a potencia nominal, las horas denominadas pico, dependerán principalmente de la insolación del lugar y de la vigilancia que tenga la instalación. Instalaciones en zonas poco soleadas en España y que por sus circunstancias se pueda tardar días en detectar una avería, pueden estar en valores de 1.200 horas útiles, mientras que instalaciones con circunstancias totalmente favorables podrían gozar de un mayor número de horas útiles. Se hacen los cálculos a efectos informativos del efecto de insolación, con 1200 y 1500 horas.

En las gráficas que siguen, se ha considerado que los préstamos se devuelven en 7 años, a interés 6% o sin interés, que la tasa de descuento para actualizar los costes es del 4%, y que el titular es un particular y no puede repercutir el IVA, por lo que éste impuesto entra en la parte que debe financiarse, ya que el IVA no es nunca subvencionable.



La gráfica del coste del kWh para el caso que la parte no subvencionada se cubra con fondos propios, coincide con la correspondiente a cubrirla con préstamos con interés cero. Se incluye en las gráficas, a efectos comparativos, el coste total del kWh si se tuviera acceso a la red eléctrica de Baja Tensión.

4.10.3 Instalaciones conectadas a la red eléctrica

Las primas aplicables a la electricidad generada por los sistemas fotovoltaicos varía según la potencia de las instalaciones:

- Las instalaciones de menos de 5 kWp de potencia reciben una prima de 0,360607 €/kWh sobre el valor de subaste de la electricidad en la red. Sumándole el precio medio del kWh del mercado, se puede vender la electricidad vertida a la red a 0,396668 €/kWh.
- Las instalaciones de más de 5 kWp de potencia reciben una prima de 0,180304 €/kWh sobre el valor de subaste de la electricidad en la red. Sumándole el precio medio de la energía determinado por el mercado, el precio de venta de la electricidad vertida a la red es de 0,216364 €/kWh.

Para el cálculo de la prima, se considera como potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal, la suma de las potencias de los onduladores instalados.

Así mismo para fomentar estas aplicaciones las Administraciones Públicas establecen ayudas a fondo perdido a la inversión inicial.

4.10.3.1 Instalaciones conectadas a la red con potencia inferior a 5 kWp

Normalmente, estas instalaciones aprovechan las estructuras de las viviendas y edificios, colocando sobre ellos paneles fotovoltaicos, que vierten a la red toda la electricidad producida.

El cálculo de la superficie de paneles a instalar puede seguir dos criterios distintos:

– Instalaciones a medida, ocupando la máxima estructura disponible, siempre que reúnan las adecuadas condiciones técnicas y de orientación.

– Instalaciones estándar, propuestas por los diferentes instaladores, a fin de minimizar el precio específico de la instalación.

Para la segunda alternativa, que es la más común, se plantea el análisis económico siguiente:

Para una instalación de una potencia instalada total de 3 kWp:

– Inversión inicial	22.500 €
– Producción anual de electricidad	3.600 kWh
	(con insolación útil de 1200

horas pico) (4.500 kWh con

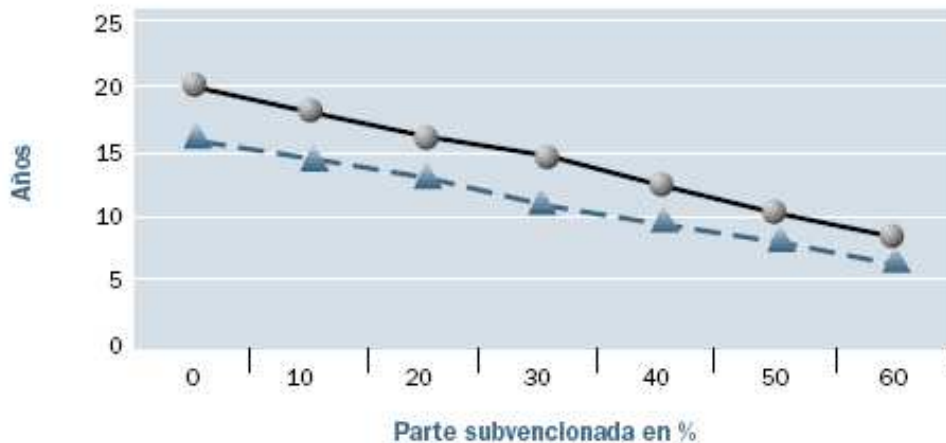
1500 horas pico)

Estas instalaciones, al igual que las instalaciones aisladas, se pueden acoger a programas de ayuda a la inversión que gestionan el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) y organismos propios de cada Comunidad Autónoma.

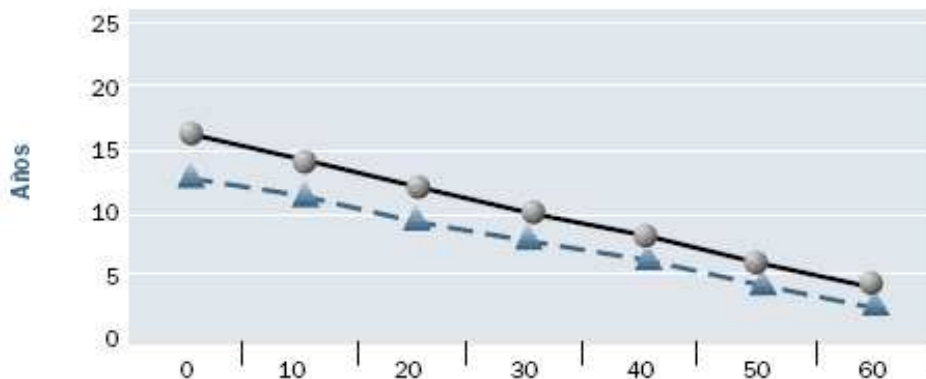
Para el análisis económico de estas instalaciones, se establecen los siguientes supuestos:

No se consideran costes de mantenimiento, los préstamos son a devolver en 7 años, a interés 6% o sin interés, que la tasa de descuento para actualizar los ingresos y costes es del 4%, y que el titular repercute el IVA y lo recupera, a más tardar, al final del primer año.

**Años de retorno de la Inversión según subvención e Interés del préstamo
Instalación Fotovoltaica conectada de 3kWp.
INSOLACIÓN ÚTIL: 1.200hp/año**



**Años de retorno de la Inversión según subvención e Interés del préstamo
Instalación Fotovoltaica conectada de 3kWp.
INSOLACIÓN ÚTIL: 1.500hp/año**



4.10.3.2 Instalaciones conectadas a la red con potencia superior a 5 kWp

La incorporación de instalaciones fotovoltaicas de potencia superior a 5 kWp, en edificios, hoteles, oficinas, complejos deportivos, etc., suponen aportaciones de electricidad en las horas punta, que en muchos casos coincide con la punta de demanda de esos mismos edificios.

A estas instalaciones le corresponde un precio de venta de electricidad de 0,22 €/kWh.

Aunque por su tamaño le corresponde un precio total instalado inferior al de las instalaciones menores de 5 kWp, el menor valor de la prima hace que las rentabilidades disminuyan considerablemente.

Se pueden considerar tres tipos de instalaciones de más de 5kWp:

- Instalaciones medias entre 5 y 100 kWp, integradas y condicionadas por el diseño arquitectónico del edificio. Su coste de inversión se estima alrededor de 7 €/ W instalado. (En el coste total del edificio, existirá un ahorro debido a la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por elementos fotovoltaicos integrados).
- Instalaciones grandes entre 100 kWp y 1 MWp, no integradas en edificios, de valor típico 300 kWp. El coste de la instalación es de 6 €/ W instalado.
- Centrales de mayor potencia, plantas de varios megavatios, cuyo módulo de diseño es de 1MWp, con costes del orden de 4,8 €/W instalado para una central de 3MWp.

Las rentabilidades de estas instalaciones calculadas suponiendo una insolación útil de 1200 horas pico, que no hay gastos de mantenimiento y que la parte no subvencionada se cubre con recursos propios, se indican en la tabla siguiente.

CUADRO DE RENTABILIDAD PARA INSTALACIONES CONECTADAS A RED

Potencia Instalada (kWp)	Inversión a realizar (Euros)	Precio venta Energía Producida €/kWh	RENTABILIDAD	
			Subvención	Periodo amortización
3 kWp	22.500	0,39668	20%	13 años
			40%	10 años
			60%	7 años
30 kwp	210.000	0,39668	20%	>20 años
			40%	17 años
			60%	13 años
300 kWp	1.800.000	0,216344	20%	19 años
			40%	15 años
			60%	11 años
3 MWp	14.400.000	0,216344	20%	15 años
			40%	12 años
			60%	8 años

4.10.4 Gastos fiscales y de mantenimiento de la instalación

La instalación solar fotovoltaica tendrá anualmente un coste de mantenimiento, y es conveniente tener un seguro que incluya daños a terceros.

Los paneles fotovoltaicos requieren muy escaso mantenimiento, por su propia configuración, carente de partes móviles y con el circuito de las células y las soldaduras de conexión muy protegidas del ambiente exterior por capas de material protector. Al mismo tiempo, el control de calidad de los fabricantes es en general bueno y rara vez se presentan problemas por esta razón.

El mantenimiento abarca los siguientes procesos:

- Limpieza periódica del panel.
- Inspección visual de posibles degradaciones internas y de la estanqueidad del panel.
- Control del estado de las conexiones eléctricas y el cableado.
- Control de las características eléctricas del panel.
- Control de las conexiones eléctricas del inversor.
- Control de las características eléctricas del inversor.

Por lo tanto, las operaciones de mantenimiento son mínimas, reduciéndose a la limpieza de los paneles y a inspecciones visuales.

La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del panel reduce el rendimiento del mismo. La acción de la lluvia puede en muchos casos reducir al mínimo o eliminar la limpieza de los paneles. La operación de limpieza consiste simplemente en el lavado de los paneles con agua y algún detergente no abrasivo. Únicamente se van a considerar, a efectos de costes, la limpieza de los paneles dos veces al año.

La tabla siguiente desglosa el coste anual de una instalación de 2500 Wp aproximado para un año base.

Concepto	Coste (€)
Seguro	100
Limpieza de paneles	40
Total	140

En el cálculo de los costes no se han tenido en cuenta los impuestos derivados del régimen económico de la venta de energía eléctrica, ni los derechos de la primera verificación que podrán percibir las compañías distribuidoras en su día.

4.10.5 Ahorro "medioambiental"

La quema de combustibles fósiles está provocando el cambio climático. De las reservas de combustibles fósiles económicamente recuperables actualmente, no podemos quemar ni la cuarta parte si queremos que el planeta sobreviva al peligro del cambio climático. Así que para no sobrepasar los límites ecológicos, la humanidad dispone de un limitado "presupuesto" o cuota de carbono para emitir a la atmósfera en forma de CO. Al ritmo actual de consumo de combustibles fósiles, ese presupuesto se acabará en unos 30 años, sin olvidar los graves impactos medioambientales que generan la obtención y transporte de estos combustibles.

Por tanto, es imprescindible y urgente reducir el consumo de energías sucias y sustituirlas por fuentes de energías limpias y renovables, además de mejorar radicalmente la eficiencia de nuestro consumo energético.

A diferencia de los combustibles fósiles y la energía nuclear, la energía fotovoltaica no contamina.

No obstante, ninguna fuente de energía es absolutamente inocua. En el caso de la fotovoltaica, aunque su uso no origina ningún impacto la fabricación de las células requiere un elevado consumo energético, recuperando en un par de años de funcionamiento, y el uso de elementos tóxicos, por lo que los fabricantes deben reducir el consumo de esos compuestos, reutilizarlos y reciclarlos siempre que sea considerando el ciclo de vida completo de la tecnología solar fotovoltaica (desde la extracción de la materia prima hasta el final de su vida útil) el impacto sobre la naturaleza es incomparablemente menor que las tecnologías basadas en combustibles fósiles o nucleares.



Aunque existen diferencias regionales y estacionales significativas, en España se recibe de media una insolación de 1.300 kWh/m² al año; lo que sitúa, junto con Portugal, a la cabeza de Europa. De hecho, podría ayudarnos a ahorrar entre 17,5 y 50 millones de toneladas de CO². Está

claro que esto es meramente indicativo y que podría ser incluso mucho más si se tomaran las decisiones políticas adecuadas.

El principio de precaución, cuando no la certeza que el efecto invernadero está causando un desequilibrio medioambiental global de incalculables consecuencias, obliga a tomar medidas para controlar la emisión a la atmósfera de los siguientes gases:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarburos (HFC)
- Perfluorocarburos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

De estos gases, el más importante y nocivo para la sociedad actual es el dióxido de carbono (CO₂), pues supone más del 80% de las emisiones de efecto invernadero.

En la tabla siguiente se muestra las toneladas de CO₂ que se dejan de producir en el año 2010, debido a la producción de energía eléctrica por el incremento de potencia fotovoltaica según el Plan de Energías Renovables 2005-2010.

Se toma como referencia una central de Ciclo Combinado de gas para generación eléctrica con un rendimiento del 54%, que emitiría 372 T de CO₂ por cada GWh producido.

	AREA SOLAR FOTOVOLTAICA (tCO₂)
EMISIONES CO₂ EVITADAS INSTALACIONES AISLADAS	5.580
EMISIONES CO₂ EVITADAS INSTALACIONES FIJAS Y P < 100 kWp	95.325
EMISIONES CO₂ EVITADAS INSTALACIONES CON SEGUIMIENTO Y P < 100 kW	68.515
EMISIONES CO₂ EVITADAS INSTALACIONES CON P > 100 kW	36.234
TOTAL EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	205.654

Emisiones evitadas en 2010 por la generación fotovoltaica (tCO₂)

4.11 Las pérdidas producidas en un sistema fotovoltaico

4.11.1 Pérdidas por temperatura

En el panel fotovoltaico se producen unas pérdidas de potencia del orden de un 4 a 5 % por cada 10°C de aumento de su temperatura de operación (dicho porcentaje va a depender ligeramente de la tecnología utilizada por el fabricante de la célula).

En la práctica la temperatura de operación de los módulos depende tanto de los factores ambientales (irradiación, temperatura ambiente y velocidad del viento) como de otros relativos a su ubicación (como son la posición de los módulos o las condiciones de aireación por la parte posterior). Por tanto, si comparamos dos ubicaciones en las que las condiciones de irradiación solar incidente sean iguales, en aquella en la que el clima sea más frío, para un mismo sistema fotovoltaico, se producirá más energía.

De cara a minimizar esas pérdidas de deberá intentar:

- seleccionar equipos con menores coeficientes de pérdidas por temperatura
- seleccionar una ubicación donde sea factible que el panel se refrigere.

La selección de un generador fotovoltaico con sistema de seguimiento aportará unas menores pérdidas por temperatura si se compara con un sistema ubicado sobre una estructura fija.

4.11.2 Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal

A pesar de que los módulos fotovoltaicos se producen mediante un proceso industrial, no son todos idénticos, ya que se componen de células fotovoltaicas que son por definición distintas unas de otras.

Esto implica que el valor de la potencia que pueden entregar de modo individual, referida a las condiciones estándar de medida, STC, va a presentar una distorsión. Para los productos de mercado nos encontramos con que los fabricantes garantizan un valor para la potencia de un módulo tal que ésta se encuentra dentro de un margen que oscila desde el 3% hasta el 10% sobre su potencia nominal.

La mayoría de los fabricantes entregan al cliente un certificado individual de cada panel, que contiene el valor de potencia unitaria entregada en condiciones STC. Dicho valor deberá estar siempre dentro de los márgenes marcados por la tolerancia citada anteriormente. No obstante, en muchas ocasiones el valor de la potencia certificada para la mayoría de los elementos se encuentra en los límites inferiores de dichos márgenes.

Como consecuencia de lo anterior, podría ocurrir que si el valor individual de potencia de cada uno de los paneles que instalemos en un sistema fotovoltaico se encuentra dentro de aquellos cuya potencia se encuentra en la banda inferior garantizada por el fabricante, el valor de

potencia entregada del sistema sea inferior en hasta un 10% sobre la prevista.

Estas pérdidas podrán reducirse empleando paneles con una menor tolerancia en el valor de la potencia entregada.



4.11.3 Pérdidas por conexionado

Los paneles fotovoltaicos de una misma serie van a presentar una potencia ligeramente distinta. Las pérdidas por conexionado son pérdidas energéticas causadas al realizar la conexión entre módulos con distinto valor de potencia.

En la práctica lo que ocurre es que cuando conectemos un conjunto de módulos en serie, se va a producir una limitación sobre la corriente de la serie, ya que el panel que disponga de menor potencia de todos los conectados no va a permitir que circulen más amperios que los máximos que el pueda dar.

Del mismo modo, cuando se realice la conexión en paralelo de distintos módulos, el panel de menor potencia limitará la tensión máxima del conjunto, ya que la potencia de un generador fotovoltaico será inferior (o, como máximo y en un caso ideal, igual) a la suma de las potencias de cada uno de los módulos que lo componen.

Estas pérdidas por conexionado (también conocidas como "pérdidas de mismatch") se pueden reducir mediante una instalación ordenada en potencias (o en corrientes en el punto de máxima potencia) de los módulos, así como la utilización de diodos de "bypass".

Las pérdidas energéticas de mismatch pueden llegar hasta el 10%, pero suelen estar en el rango del 1% al 4%, siempre que los módulos fotovoltaicos se preclasifiquen anteriormente a su instalación.

4.11.4 Pérdidas por sombreado del generador

Un sistema fotovoltaico de conexión a red suele estar condicionado por la presencia de sombras en determinadas horas del día. Por ejemplo en una instalación ubicada sobre un tejado en un entorno urbano o industrial va a ser muy difícil que aparezcan sombras, especialmente a primeras y últimas horas del sol del día. Lo mismo ocurre en una instalación con seguidores móviles, donde será complicado que en ningún momento se generen sombras de unos elementos sobre otros.

Estas pérdidas sobre los paneles generan unas pérdidas energéticas causadas por un lado por la disminución de captación de irradiación solar (al existir una menor irradiación, la potencia generada disminuye), y por otro, por los posibles efectos de mismatch a las que estas pueden dar lugar al afectar a la potencia individual de un panel o a la de un conjunto de paneles del generador fotovoltaico.

4.11.5 Pérdidas por polvo y suciedad

Una vez instalado el panel fotovoltaico, en la intemperie, será inevitable que se vaya depositando el polvo y la suciedad sobre la superficie del mismo.

Suponiendo que esta deposición de polvo y suciedad fuese uniforme sobre la superficie del panel, se dará lugar a una disminución en la corriente y tensión producida por el panel.

Las pérdidas por polvo y suciedad dependen del lugar de la instalación y de la frecuencia de lluvias, puede estimarse por inspección visual o mediante medidas específicas. Valores típicos anuales son inferiores al 4% para superficies con un grado de suciedad alto.

Pero, en la práctica, esto se suma a la aparición de puntos de suciedad localizada (como puede ser el caso de excrementos de aves) que van a dar lugar a un aumento de las pérdidas de mismatch y a las pérdidas por formación de puntos calientes.



4.11.6 Pérdidas angulares

La potencia nominal de un módulo fotovoltaico viene determinada por el fabricante en relación a unas condiciones estándar de medida, STC, que, además de suponer un valor para la irradiación de 1.000 W/m^2 y 25°C de temperatura de célula e implican que la incidencia de los rayos solares es perpendicular.

En condiciones de operación del módulo fotovoltaico ocurrirá que ni la incidencia de la radiación es normal, ni el espectro es estándar durante todo el tiempo de exposición.

El hecho de que la radiación solar incida sobre la superficie del panel con un ángulo que no sea perpendicular implicar unas pérdidas que serán mayores cuanto más se aleje el ángulo de incidencia de la perpendicular.

Las pérdidas energéticas anuales por efectos angulares están en el orden del 3 al 4%.

Adicionalmente, estas pérdidas angulares se van a incrementar con el grado de suciedad: para dos paneles idénticos con la misma orientación, las pérdidas angulares serán mayores para el panel más sucio y cuanto más sucio esté el panel.

4.11.7 Pérdidas espectrales

Las condiciones estándar en las que se analiza por parte del fabricante el valor de potencia del módulo asumen que el espectro es estándar AM 1.5G. Durante la operación del módulo fotovoltaico nos encontraremos con que el espectro no es estándar durante todo tiempo de exposición.

La célula fotovoltaica es espectralmente selectiva. Esto quiere decir que la corriente generada es distinta para cada longitud de onda del espectro solar de la radiación incidente.

La variación del espectro solar en cada momento respecto del espectro normalizado puede afectar la respuesta de las células dando lugar a ganancias o pérdidas energéticas.

El efecto espectral puede hacer variar la potencia en un margen del 1%.

4.11.8 Pérdidas por el rendimiento del inversor

El funcionamiento de los inversores fotovoltaicos se define mediante una curva de rendimiento en función de cuál sea la potencia de operación.

Va a ser muy importante en la fase de diseño del generador fotovoltaico seleccionar un inversor de alto rendimiento en condiciones nominales de operación, hecho que normalmente va a ir ligado a una selección adecuada de la potencia del inversor en función de la potencia del generador. Esto se debe a que la utilización de un inversor de una potencia

excesiva en función de la potencia del generador fotovoltaico dará lugar a que el sistema opera una gran parte del tiempo en valores de rendimiento muy bajos, con las consecuentes pérdidas de generación.

Los inversores son uno de los elementos fundamentales en la producción de energía de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

El rendimiento del inversor, μ_{inv} , es sin ninguna duda el parámetro más representativo de los inversores. Además de su diseño interno y características constructivas, μ_{inv} , viene determinado por la utilización o no en el equipo de un transformador de aislamiento galvánico. En algunos países, como España, la reglamentación obliga al instalador a utilizar inversores con aislamiento galvánico (o equivalente). Esto se puede conseguir en la práctica mediante el empleo de transformadores de baja frecuencia (LF) o de alta frecuencia (HF).

Con inversores que equipan transformadores de baja frecuencia se pueden alcanzar rendimientos máximos μ_{inv} , del 93%, mientras que los inversores que equipan transformadores de alta frecuencia pueden llegar hasta el 95%.

En otros países, como por ejemplo Alemania, se permite la instalación de inversores sin transformador. En este caso el rendimiento máximo de un inversor sin transformador alcanza el 97%.

4.11.9 Pérdidas por rendimiento de seguimiento del punto de máxima potencia del generador.

El inversor fotovoltaico va a trabajar conectado directamente al generador, con un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia del generador.

Este punto de máxima potencia cambia con las condiciones ambientales (irradiación y temperatura). El dispositivo de seguimiento del inversor funciona mediante unos algoritmos de control que pueden variar entre diferentes modelos y fabricantes.

Tal y como se comentó en el apartado anterior, los inversores se van a caracterizar por trabajar con una curva de rendimiento en función de la potencia, de modo que será esencial conseguir el seguimiento del punto de máxima potencia definido como el cociente entre la energía que el inversor es capaz de extraer del generador y la energía que se extraería en un seguimiento ideal.

En condiciones normales de operación se van a producir interferencias sobre la potencia producida por el generador. Por ejemplo, la presencia de sombras o la aparición de suciedades va a provocar escalones en la curva IV de la célula, y por tanto del generador, y, por ello, el inversor va a pasar a operar en un punto que no es el de máxima potencia.

En lo que se refiere a los valores de rendimiento del inversor en el seguimiento del punto de máxima potencia, μ_{MPP} , los valores típicos se encuentran en un margen que va desde el 96% en días despejados hasta el 94% en días con presencia de nubes y claros.

4.11.10 Pérdidas por caídas ohmicas en el cableado

Tanto en la zona de corriente continua como en la parte de corriente alterna (desde la salida de los inversores hasta la conexión de red o al centro de transformación) de la instalación se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Estas pérdidas se van a reducir durante la fase de diseño, mediante un correcto dimensionado, considerando que la sección de los conductores sea suficiente en función de la corriente que por ellos circula.

El proyectista debe considerar que es necesario un equilibrio entre el extracoste de la instalación producido por un incremento en la sección de los cables y la reducción de las pérdidas de potencia en el generador fotovoltaico.

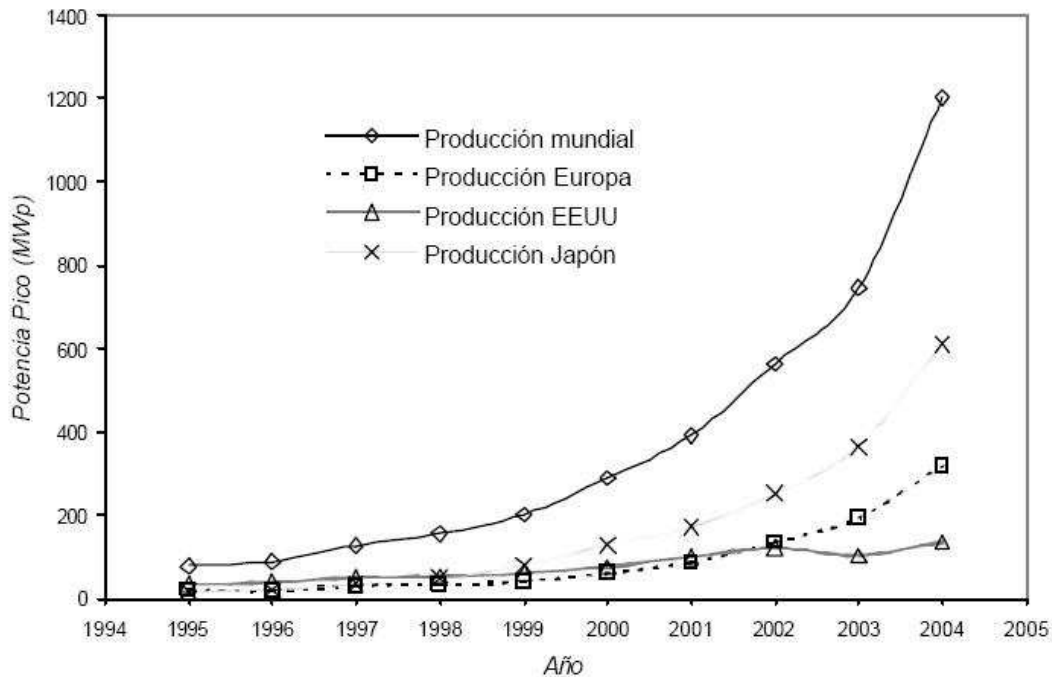
4.11.11 Pérdidas por explotación y mantenimiento

Durante la operación de un generador fotovoltaico es necesario realizar una serie de trabajos relacionados con el mantenimiento preventivo de la instalación. Estos trabajos pueden traer consigo en algún caso la parada de elementos clave en la generación de electricidad, como puede ser el inversor. Cuanto mayor sea el tiempo de parada del equipo mayores serán las pérdidas producidas para el sistema. Del mismo modo, se van a producir averías o condiciones de mal funcionamiento en equipos de manera que cuanto mayor sea el tiempo de sustitución o reparación de los equipos, mayor será su incidencia sobre la producción eléctrica.

4.12 Situación actual y perspectivas de desarrollo

4.12.1 La energía solar fotovoltaica en el mundo

La producción mundial de generadores fotovoltaicos ha experimentado un crecimiento constante en los últimos veinte años. La figura muestra la potencia pico producida en Europa, Japón, EE.UU y en el mundo. Se puede observar que las tasas de crecimiento de la potencia fabricada se disparan a partir de finales de los noventa, especialmente en Europa y Japón.



Producción mundial, europea, japonesa y estadounidense de paneles fotovoltaicos, expresada en MWp

La prestigiosa revista PHOTON Internacional, estima que la demanda de energía fotovoltaica continuará creciendo con tasas de 30% a 40% en 2005 y de al menos 30% entre los años 2006 a 2010. La demanda en Japón crecerá entre un 20% y un 30% anualmente hasta el 2010, a pesar de la reducción de los incentivos gubernamentales. Se albergan perspectivas aún mejores en Alemania, con un crecimiento del 50% en 2005, un 40% en 2006 y al menos un 30% para el año 2010.

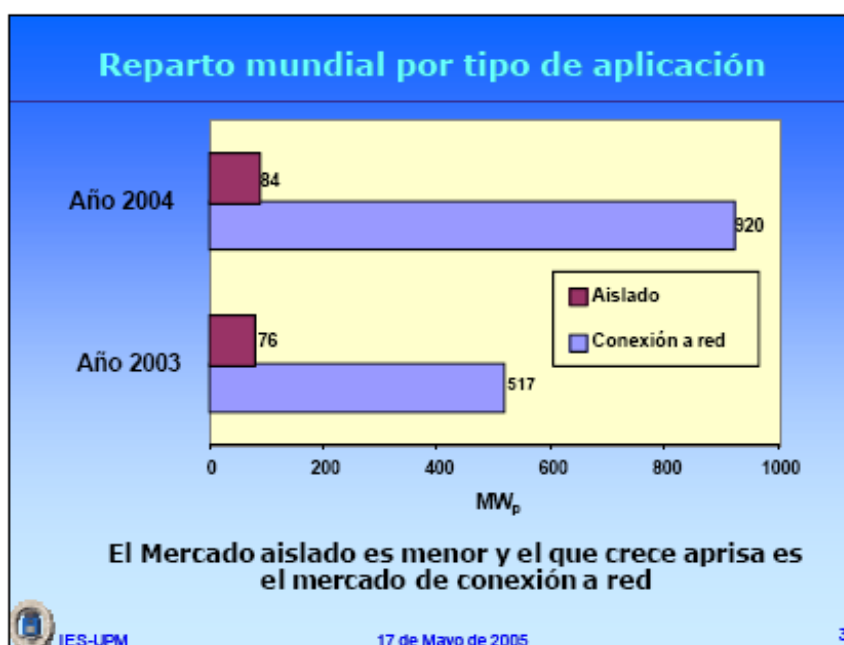
En Estados Unidos y en el resto del mundo se estima que el crecimiento de la demanda de energía fotovoltaica será de al menos un 30% hasta el año 2010.

Países como España, Corea del Sur y China pueden jugar papeles importantes. En el caso de España se ha llegado de hablar de la siguiente Alemania, en lo que respecta al menos a tecnología y producción. En el caso de Corea del Sur existen planes para instalar un gran capacidad (1, GW

para el 2011), mientras China Continuará con su política de instalaciones rurales.

En cuanto a las tecnologías fotovoltaicas, las basadas en el uso del silicio policristalino y monocristalino como material semiconductor suponían un 89,5% de la potencia fotovoltaica total, situación que se prevé que continúe en el futuro.

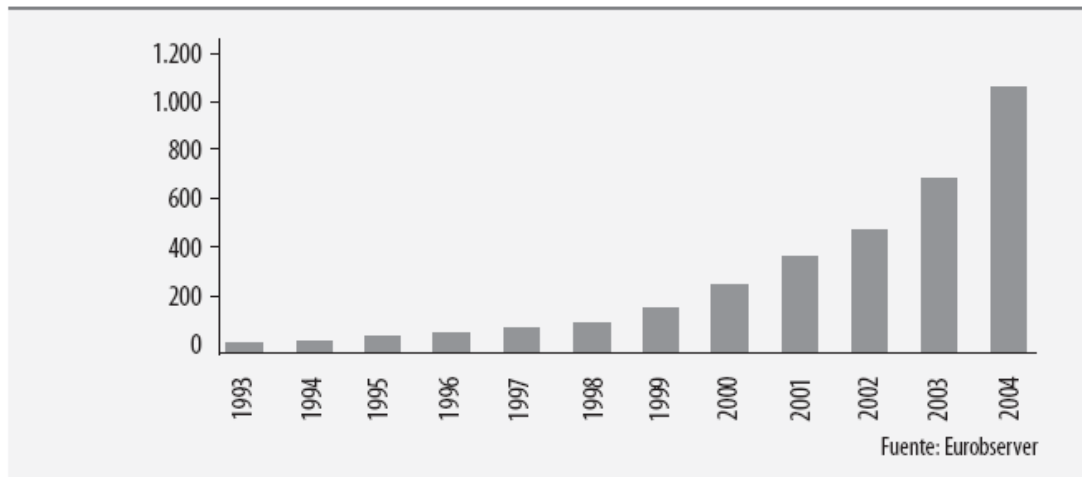
Parece claro que la energía fotovoltaica se presenta como una de las fuentes energéticas que experimentará un desarrollo más acentuado tanto en el corto, como en el medio y largo plazo. Nuestro país debería jugar un importante papel en este campo, tanto en lo que respecta al desarrollo científico de esta fuente energética como a su producción e instalación, dentro y fuera de nuestras fronteras.



4.12.2 La energía solar fotovoltaica en Europa

El objetivo general del libro blanco de las Energías Renovables en la Unión Europea es conseguir una aportación de las fuentes de energía renovables en un porcentaje del 12% de la energía primaria demandada en la Unión Europea en el año 2010. El objetivo para la energía solar fotovoltaica es alcanzar 3.000 MW en el año 2010. Esto significa multiplicar por 100 la potencia fotovoltaica instalada en 1995.

En la figura se recoge la evolución de la producción fotovoltaica desde 1993, según datos de Euroobserver. Se puede observar que el ritmo del crecimiento del mercado fotovoltaico entre los años 2003 y 2004 ha sido superior al 60%. Estas cifras son absolutamente escalofriantes, no sólo para el sector de la energía solar sino para cualquier sector industrial.



Evolución de la producción fotovoltaica (MWp)

Este crecimiento está llegando a producir ciertas tensiones entre la oferta y la demanda ya que los suministros de materia prima comienzan a no ser suficientes para satisfacer la totalidad de la demanda exterior.

Uno de los principales factores que contribuyen a explicar este gran desarrollo y crecimiento del mercado fotovoltaico es la aplicación de fuertes políticas de apoyo a las energías renovables que se están llevando a cabo, especialmente en Alemania.

Asimismo, al observar la evolución de la producción fotovoltaica en los últimos años, se puede apreciar el cambio que se ha producido en la concepción y uso de la energía solar fotovoltaica. Inicialmente, sus aplicaciones fundamentales fueron la electrificación de sistemas rurales aislados sin posibilidad de conexión a la red. Actualmente, las políticas de apoyo han conducido a un cambio radical en cuanto a la aplicación de la energía solar fotovoltaica. Por ejemplo, en el año 2004 el número de instalaciones conectadas a la red ya superaba el número de instalaciones aisladas. Incluso a nivel mundial, podríamos decir que prácticamente el 90% de las instalaciones solares fotovoltaicas se encuentran conectadas a la red eléctrica. Esto, como hemos dicho, supone un cambio radical frente a su concepción inicial e introduce nuevos desafíos para la integración de la energía solar fotovoltaica en los sistemas conectados a red, que es en estos momentos donde se encuentra el gran desarrollo del mercado.

En la tabla siguiente se indican los datos de la potencia instalada en 2004 en la UE, obtenida de la última publicación de Euroobserver. Sólo en el año 2004 se instalaron en la UE 410 MW, de los cuales 363 MW corresponden a Alemania. Estos datos reflejan el fuerte crecimiento de la energía solar fotovoltaica en la UE y el gran peso que Alemania tiene en ella. Estos datos nos deberían llevar a la reflexión, ya que lo ha sido en un país debería ser posible en otros. Pero, ¿por qué ha sido esto posible en Alemania? Fundamentalmente y como ya he comentado, ha sido posible gracias a unas iniciativas legislativas de apoyo unidas a, probablemente, una concienciación social de la ciudadanía mayor que en otros países. Estos factores han permitido este despegue tan inusitado.

Pays	Puissances installés en 2004 en MWc		
	Réseau	Hors réseau	Total
Allemagne	360,000	3,000	363,000
Luxembourg	13,000	0,000	13,000
Espagne	10,485	1,300	11,785
France	5,114	0,760	5,874
Pays-Bas	4,250	0,050	4,300
Italie	4,000	0,300	4,300
Autriche	2,850	0,150	3,000
Royaume-Uni	1,710	0,190	1,900
Grèce	0,149	1,151	1,300
Belgique	0,530	0,004	0,534
Danemark	0,350	0,050	0,400
Suède	0,040	0,300	0,340
Finlande	0,030	0,270	0,300
Portugal	0,078	0,128	0,206
Pologne	0,022	0,105	0,127
Hongrie	0,030	0,008	0,038
Rep. tchéque	0,016	0,017	0,033
Slovénie	0,005	0,016	0,021
Irlande	0,000	0,020	0,020
Malte	0,002	0,000	0,002
Total U.E.	402.661	7,799	410,459

Fuente: Euroobserver

Potencia fotovoltaica instalada en la UE en 2004 (MWp)

España se encuentra en estos momentos en tercera posición en Europa en cuanto a potencia solar fotovoltaica instalada. Esta situación puede cambiar en un corto período de tiempo ya que afortunadamente tenemos ante nosotros un marco regulatorio muy favorable para la implantación de la energía solar fotovoltaica. Las modificaciones introducidas por el Real Decreto 436/2004 con respecto a las condiciones de las primas otorgadas a la energía solar fotovoltaica prevén en los próximos años un desarrollo notable en este campo. Asimismo, el mercado está respondiendo muy favorablemente y el número de solicitudes de instalaciones fotovoltaicas en España es tremendo.

La capacidad total instalada en la UE durante el 2004 fue superior al GW, como se puede observar en la siguiente tabla. Ésta es ya una cifra que comienza a ser importante en cuanto a términos de mercado, aunque no debemos olvidar que de la capacidad total, 794 MW se encuentran instalados, de nuevo, en Alemania.

Pays	Puissances installés fin 2003			Puissances installés fin 2004		
	Réseau	Hors réseau	Total	Réseau	Hors réseau	Total
Allemagne	408,000	23,000	431,000	768,00	26,00	794,000
Pays-Bas	38,760	4,680	43,440	43,010	4,730	47,740
Espagne	14,559	12,352	26,911	25,044	13,652	38,696
Italie	14,300	11,700	26,000	18,300	12,000	30,300
Luxembourg	13,000	0,000	13,000	26,000	0,000	26,000
France	3,886	10,359	14,245	9,000	11,12	20,119
Autriche	14,660	2,173	16,833	17,510	2,322	19,833
Royaume-Uni	5,189	0,714	5,930	6,899	0,904	7,083
Grèce	1,107	2,137	3,244	1,256	3,288	4,544
Suède	0,200	3,600	3,800	0,240	3,900	4,140
Finlande	0,163	3,239	3,402	0,193	3,509	3.702
Portugal	0,397	1,672	2,069	0,475	1,800	2.275
Danemark	1,675	0,170	1,845	2,025	0,220	2.245
Belgique	0,874	0,053	0,927	1,404	0,057	1.461
Rep. tchéque	0,200	0,130	0,330	0,216	0,147	0.363
Pologne	0,047	0,060	0,107	0,069	0,165	0.234
Chypre	0,150	0,040	0,190	0,150	0,040	0.190
Hongrie	0,025	0,075	0,100	0,055	0,083	0.138
Irlande	0,000	0,080	0,080	0,000	0,100	0.100
Slovenie	0,001	0,066	0,067	0,006	0,082	0.088
Slovaquie	0,000	0,060	0,060	0,000	0,060	0.060
Lituania	0,000	0,017	0,017	0,000	0,017	0.017
Malte	0,008	0,000	0,008	0,009	0,000	0.009
Lettonie	0,000	0,004	0,004	0,000	0,004	0.004
Estonie	0,000	0,002	0,002	0,000	0,002	0.002
Total	517,201	76,383	593,584	919,861	84,202	1004,063

Fuente: Euroobserver

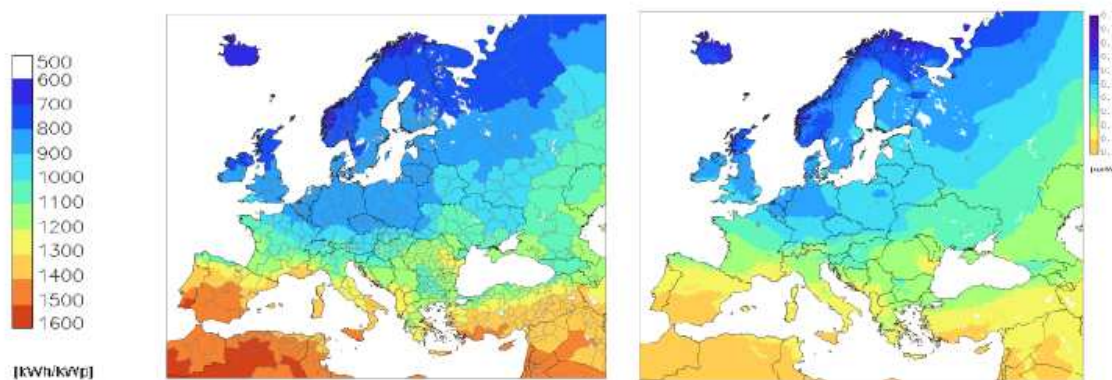
Capacidad fotovoltaica instalada en la UE en 2004

4.12.3 La energía solar fotovoltaica en España

La situación de la energía solar fotovoltaica en España se encuentra hoy en día en unas condiciones óptimas para su desarrollo: una excelente climatología y por lo tanto irradiación solar, una industria potente, centros de investigación en vanguardia, medidas regulatorias que hacen atractiva la inversión y una buena percepción por parte de la sociedad y a pesar de todo esto y paradójicamente su introducción en el mercado en comparación con otras fuentes de energía renovables y otros países europeos es limitada, esto debido a la presencia de una serie de barreras tecnológicas, legales, económicas y sociales. Las razones de todas estas condiciones favorables y barrears tratarán de ser discutidas en otro apartado.

La irradiación solar en España en altamente favorable para la utilización de la energía solar fotovoltaica esto da lugar a que la generación de energía eléctrica fotovoltaica y el precio de su producción sea altamente competitiva en comparación con otro país de referencia como podría ser Alemania, además con un alto grado de disponibilidad del recurso durante las horas diurnas, esta disponibilidad es tal que se estima que en el 2050 solo la energía solar fotovoltaica integrada en edificios podría aportar una

cantidad de electricidad superior a su propia demanda. En la figura siguiente se ha representado y a título orientativo una estimación de la capacidad de producción media de energía eléctrica fotovoltaica por potencia pico instalada en las diferentes regiones de Europa y el coste final de la energía producida teniendo en cuenta factores como coste del sistema 6€/Wp y amortización del mismo 20 años, de esta manera es fácil comprobar la mencionada posición privilegiada de la península ibérica en cuanto a sus recursos solares.



Fuente European Commission, DG Joint Research Centre

Variación regional en Europa de la generación anual eléctrica fotovoltaica por potencia instalada y estimación del coste de la energía producida.

4.12.3.1 Mercado

Las previsiones que se realizaron en el Plan de Fomento para el área solar fotovoltaica, además del potencial disponible en España. Tuvieron en cuenta los antecedentes tanto técnicos como de implicación de las distintas comunidades autónomas en la promoción del área, así como las tendencias futuras de las distintas aplicaciones.

Partiendo de estos supuestos, se estimó que el incremento de la potencia a instalar hasta el año 2010 podría alcanzar un total de 135 MWp entre instalaciones aisladas (20 MWp) e instalaciones conectadas a red (115 MWp).

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SITUACIÓN AÑO 2004 (MWp)	OBJETIVO PLAFER 2010 (MWp)
ANDALUCÍA	7,860	18,513
ARAGÓN	0,673	7,037
ASTURIAS	0,340	3,898
BALEARES	1,327	7,541
CANARIAS	1,196	7,567
CANTABRIA	0,068	3,877
CASTILLA Y LEÓN	2,729	12,160
CASTILLA - LA MANCHA	1,778	6,569

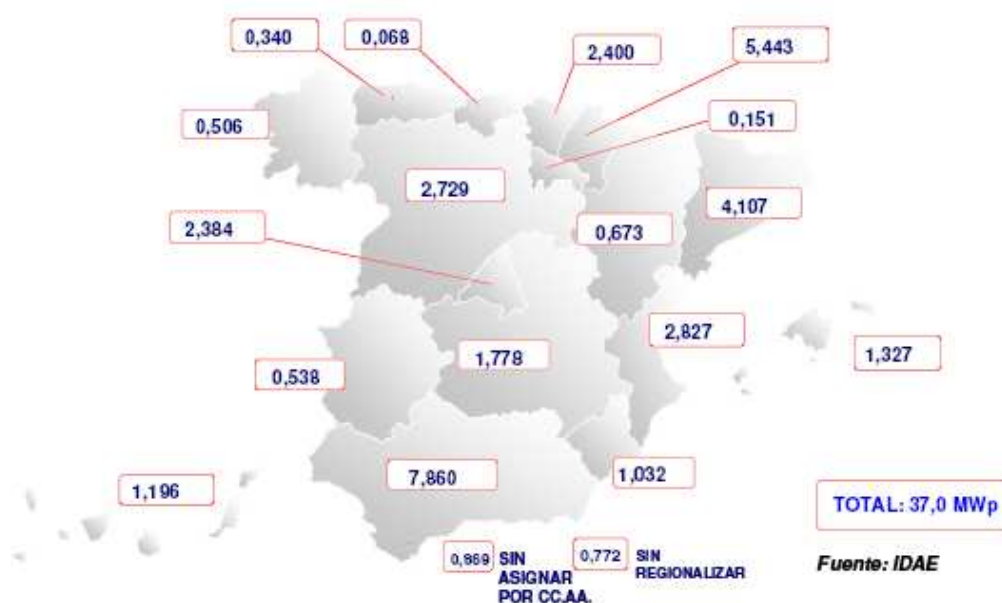
COMUNIDAD AUTÓNOMA	SITUACIÓN AÑO 2004 (MWp)	OBJETIVO PLAFER 2010 (MWp)
CATALUÑA	4,107	16,500
EXTREMADURA	0,538	6,470
GALICIA	0,506	6,303
MADRID	2,384	13,390
MURCIA	1,032	4,320
NAVARRA	5,443	7,820
LA RIOJA	0,151	3,857
COMUNIDAD VALENCIANA	2,827	10,918
PAÍS VASCO	2,400	6,193
NO REGIONALIZABLE	0,772	0,772
TOTAL	37,000	143,7

En la tabla siguiente se recoge una previsión por Comunidades Autónomas de la distribución de estos objetivos y el grado de avance alcanzado hasta el final del 2004.

Andalucía (18,5 MWp), Cataluña (16,5 MWp), Madrid (13,4 MWp), Castilla y León (12,2 MWp) y Comunidad Valenciana (10,9 MWp) son las comunidades que tienen unos objetivos más altos, superando en todos los casos los 10 MWp.

A finales del 2004, la mayoría de las Comunidades Autónomas tienen un cumplimiento bajo de sus objetivos, con excepción de Navarra que supera el 70%. En valores absolutos, Andalucía es la comunidad autónoma que más potencia ha instalada con 7,9 MWp, seguida de Navarra con 5,4 MWp y Cataluña con 4,1 MWp.

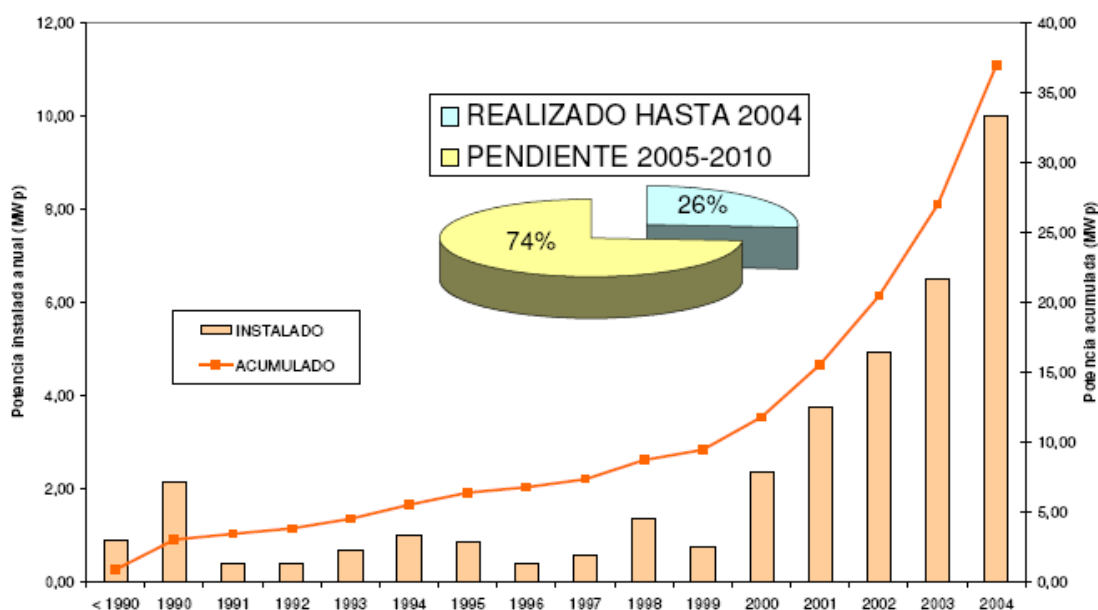
En el mapa que viene a continuación se puede ver la distribución por Comunidades Autónomas de la potencia total instalada a 2004.



En la próxima figura se representa la evolución histórica en el período 1990-2003 de la potencia instalada anual.

A partir del año 1999 se produce un salto cuantitativo muy importante en la potencia instalada anualmente, coincidiendo con el inicio de la introducción en el mercado de las aplicaciones conectadas a red.

En el gráfico de sectores se muestra la potencia total instalada hasta 2004, de energía solar fotovoltaica, respecto al objetivo de 143,8 MWp establecidos para 2010 en el Plan de Fomento de las Energías Renovables de 1999.



Evolución histórica de la potencia fotovoltaica total instalada en España

4.12.3.2 Industria

Según el informe presentado por ASIF (Asociación de la Industria Fotovoltaica) en el año 2004, la industria española de la energía solar fotovoltaica era la segunda en Europa (tan solo por detrás de Alemania) y cuarta mundial, aglutinando casi la tercera parte de la producción en el viejo continente y el 8% de la producción mundial.

Aproximadamente existen un centenar de empresas en España que están relacionadas, de manera directa o indirecta, con la generación de energía solar fotovoltaica en España. La mayor parte de las mismas se dedican a la instalación y distribución (más de 70), mientras que el número de fabricantes (16) y de empresas dedicadas a la promoción de instalaciones e ingeniería (18) son menos numerosas.

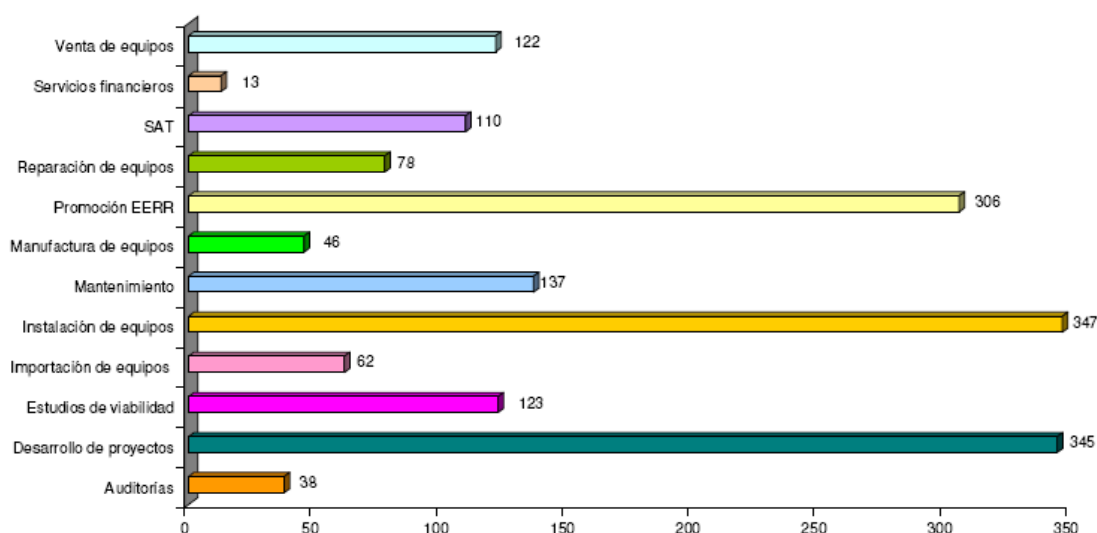
En cuanto a las cifras de ocupación, se estima que la industria solar fotovoltaica proporciona empleo a más de 5.500 personas, entre puestos de trabajo directo e indirecto, los datos de empleo siguientes se refieren a la

generación de empleo para el incremento de potencia en energía solar fotovoltaica durante el período 2005-2010:

	AREA SOLAR FOTOVOLTAICA (Hombres - año)
GENERACIÓN DE EMPLEO INSTALACIONES AISLADAS	1.248
GENERACIÓN DE EMPLEO INSTALACIONES FIJAS Y P < 100 kWp	17.056
GENERACIÓN DE EMPLEO INSTALACIONES CON SEGUIMIENTO Y P < 100 kW	9.318
GENERACIÓN DE EMPLEO EN INSTALACIONES CON P > 100 kW	2.579
TOTAL EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	30.202

Es destacable que en el período 2005-2010 se prevé la creación de más de 30.000 hombres-año (empleos directos generados a tiempo completo, 1800 h anuales y 35 h semanales). Todo esto supone un gran impacto social, teniendo en cuenta además que el sector fotovoltaico está constituido mayoritariamente por PYMES.

Es frecuente que una empresa que manufacture equipos también se dedique a la venta, e incluso a la instalación y mantenimiento de equipos fotovoltaicos. Igualmente, aquella empresa que realiza estudios de viabilidad suele ofrecer servicios de desarrollo de proyectos y asistencia técnica. Por esto la suma de todas las empresas por tipos de actividad es muy superior al número de empresas que se estima se dedican al sector fotovoltaico.



Número de empresas por tipo de actividad en el sector solar fotovoltaico.

NOTA: Una misma empresa puede desarrollar distintas actividades al mismo tiempo

4.12.3.3 Líneas de investigación tecnológica

Durante los últimos años, la industria fotovoltaica española, acompañada de investigación y de apoyo, ha realizado un notable esfuerzo de desarrollo tecnológico, empresarial e industrial.

Su capacidad de adaptación, demostrada antes las oportunidades que primero han surgido en aplicaciones aisladas de la red, y más recientemente en aplicaciones conectadas a red, así como su dinamismo comercial e inversor, han dado lugar a que el sector fotovoltaico español sea altamente competitivo y en una posición de liderazgo a nivel mundial.

Para mantener esta favorable posición y posibilitar la bajada de precios de la energía producida con sistemas fotovoltaicos es necesario avanzar, desde la perspectiva de la innovación, en los siguientes aspectos:

➤ **Desarrollo de materia prima**

Uno de los obstáculos al que se enfrenta el sector es la falta de materia prima (silicio de grado solar), y la dependencia de agentes externos para su suministro.

Existen diferentes iniciativas en este campo, que buscan por un lado conseguir una mayor dependencia del sector nacional, y por otro situarlo en primera línea de la tecnología mundial.

Conseguir el crecimiento de silicio o la fabricación de silicio de grado solar, son dos líneas de investigación y desarrollo que actualmente se están llevando a cabo.

➤ **Desarrollo de módulos**

En un mercado como es el fotovoltaico, sujeto a posibles evoluciones tecnológicas asociadas a alteraciones sustanciales en el aspecto económico, es necesario mantener el esfuerzo en lo que se refiere a tecnologías de largo y medio plazo, como pueden ser células basadas en nuevos materiales y lámina delgada.

Adicionalmente, y en plazo más corto, la disminución en la aplicación de materias primas y energía, la mejora en la eficiencia de las células y a la optimización de los procesos de producción, en un futuro inmediato tenderá a mantener la reducción de costes que se viene produciendo desde hace unos años. Además, la creciente demanda de estas tecnologías, que lleva a la fabricación a gran escala y al aumento de la competencia, favorecerá esta disminución en los precios.

Igualmente se prevé a corto plazo un elevado desarrollo en los sistemas de concentración, que permitan conseguir niveles de eficiencia sensiblemente más altos, tanto en sistemas estáticos sin seguimiento solar, como en sistemas dinámicos con seguimiento solar en uno o dos ejes y concentración.

En los sistemas por concentración se prevé un fuerte avance en los sistemas de alta concentración mediante lentes de fresnel, que podrían utilizar entre 250 y 1.000 veces menos material. La tecnología de alta concentración adicionalmente presenta como ventajas su potencial de reducción de precios y su independencia en cuanto a materia prima de las tecnologías de silicio.

➤ **Desarrollo de componentes y sistemas**

Es necesaria la mejora y evolución de los componentes tanto para instalaciones conectadas a red (inversores principalmente) como para instalaciones aisladas de la red.

En los últimos años se viene observando la creciente introducción en el mercado de sistemas de seguimiento solar que favorecen sensiblemente la producción de los equipos y los resultados económicos de los proyectos. Este procedimiento es previsible que se generalice en los próximos años.

➤ **Integración**

Una mayor presencia de la energía solar fotovoltaica en el entorno urbano y de servicios pasa por conseguir superar la barrera de la integración arquitectónica. El diseño de nuevos productos, las acciones de difusión de la energía solar entre los arquitectos y profesionales de la construcción, y proyectos demostrativos en sector y aplicaciones relevantes son un requerimiento en la situación actual. La integración arquitectónica supone uno de los mayores retos de la energía solar fotovoltaica para los próximos años.

4.12.3.4 Barreras

Las barreras de la energía fotovoltaica se ha clasificado en cuatro grandes grupos: económicas, tecnológicas, normativas y sociales.

Barreras económicas

- Rentabilidad insuficiente por lo que necesita una prima elevada

Con los precios y el rendimiento hasta ahora vigentes, las instalaciones se amortizan en extensos períodos de tiempo. Es por ello que la fotovoltaica se ha desarrollado asociada a líneas de ayuda, tanto por parte de las CCAA como con fondos estatales.

En el momento actual se considera que el crecimiento del mercado va a permitir una bajada progresiva de los precios de las instalaciones, por lo que si se mantiene la prima en las condiciones definidas en el RD 436/2004 las instalaciones pueden ir mejorando su rentabilidad.

- Falta de incentivos fiscales

A través de la Ley 24/2001 de 27 de diciembre (para grandes empresas que cumplan el artículo 122 del Impuesto de Sociedades), ampliada en su ámbito de aplicación (para toda tipología de empresas) mediante el Real Decreto Ley 2/2003, cualquier empresa que invierta en energía solar tiene la posibilidad de deducción del 10% de la inversión. Sin embargo, los particulares que realicen instalaciones aisladas no cuentan con deducciones en el IRPF.

Barreras tecnológicas

- Falta de iniciativas y de incentivos para el desarrollo innovador

La situación actual del mercado y las actuales líneas de apoyo no presentan suficientes incentivos para llevar a cabo proyectos novedosos desde el punto de vista técnico, con integración arquitectónica, etc.

- Transitoriamente, falta de materia prima en el mercado internacional

Durante los últimos años, la industria fotovoltaica se ha estado abasteciendo de materias primas (silicio grado solar) que son subproductos o proceden de procesos compartidos con la industria electrónica. El incremento de ambos sectores está produciendo tensiones en los mercados, frente a las cuales la fotovoltaica puede verse perjudicada por su esquema económico de menor valor añadido.

Actualmente se están llevando a cabo fábricas de silicio que abastecerán a la industria fotovoltaica.

Barreras normativas

- Limitación de las primas y tarifas actuales hasta que se alcancen 135 MW

El RD 436/2004 establece el límite de 135 MW, el cual supone una clarísima limitación del desarrollo del sector fotovoltaico.

- Alejamiento de la energía solar fotovoltaica del sector de la edificación

La energía solar fotovoltaica es una de las formas más viables de incorporar energías renovables en la edificación. Sin embargo este sector no se plantea esta posibilidad, siendo en algunos casos, dependiendo del tipo de uso, utilizadores de energía de forma muy ineficiente.

Sin embargo, el despegue definitivo de la tecnología fotovoltaica pasa por la generalización de su uso en nuevas construcciones, siempre que las condiciones propias de diseño y las del entorno lo hagan posible

- Trámites administrativos desproporcionados

La energía solar fotovoltaica se caracteriza por su elevado grado de dispersión. Se trata de llevar a cabo numerosas instalaciones, comparativamente de muy pequeño tamaño. Por lo tanto para que numerosos usuarios potenciales se interesen, deben existir unos procedimientos administrativos proporcionados al tamaño de las instalaciones.

Dichos procedimientos de autorización administrativa son competencia de la administración autonómica y aunque en algunas se ha avanzado notablemente aun resultan muy complejos o poco conocidos por los técnicos en algunas CCAA o provincias. Por otro lado, la necesidad de tramitar el impuesto eléctrico se suma a las barreras ya expuestas.

- Falta de existencia de una normativa técnica completa sobre instalaciones

La normativa vigente presenta todavía lagunas importantes en los que se refiere a prescripciones para la ejecución de instalaciones ya que no se encuentra recogidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Esto acarrea graves inconvenientes y, entre otros problemas de seguridad y de delimitación de responsabilidades.

- Dificultades de conexión para usuarios de alta tensión

El ámbito de aplicación de la reglamentación específica sobre conexión para energía fotovoltaica es baja tensión. Sin embargo numerosos usuarios potenciales no tienen posibilidad de acceder a líneas de baja tensión (por ejemplo edificios o complejos de edificios no urbanos) y si lo tienen deben contratar una nueva línea.

Sin embargo el efecto energético es equivalente vertiendo a la compañía distribuidora que conectando en la propia red de baja de este tipo de usuarios.

- Necesidad de aclaraciones del RD 1663/2000

Existen dudas sobre determinados aspectos del RD 1663/2000, relativas a aspectos técnicos de los inversores y de las protecciones necesarias en las instalaciones.

Barreras sociales

- Necesidad de difusión a usuarios potenciales

Aunque se ha avanzado bastante en los últimos años existe todavía un gran desconocimiento entre los usuarios potenciales que en el caso de la energía solar fotovoltaica es el público en general.

- Necesidad de difusión y formación a ayuntamientos

Los ayuntamientos pueden ser uno de los principales impulsores de la energía solar fotovoltaica en el ámbito de sus competencias sobre medio ambiente.

En relación con la fiscalidad por parte de los ayuntamientos, si bien ha existido un desarrollo normativo, en la práctica la administración local no ha aplicado las diversas bonificaciones para las cuales se las ha habilitado. El desarrollo normativo ha sido el siguiente:

- Ley 51/2002, a través de la cual existe la posibilidad de que ayuntamientos apliquen una bonificación de hasta el 50% del IAE y hasta el 95% del Impuesto de Construcciones, Instalaciones y Obras, para el aprovechamiento de energía solar para autoconsumo.
- Real Decreto Ley 2/2003, a través del cual existe la posibilidad de que ayuntamientos apliquen una bonificación de hasta el 50% del IAE para el aprovechamiento de energía solar para autoconsumo.
- Ley 62/2003, a través de la cual los ayuntamientos pueden aplicar las bonificaciones en todos los casos.

Una de las razones de la falta de aplicación, además de su repercusión económica, ha sido el desconocimiento de la administración local.

Es necesario reforzar y promover que los ayuntamientos pongan en práctica las posibilidades que ofrece la Ley de Haciendas Locales respecto a conceder mediante Ordenanzas fiscales, bonificaciones en el impuesto de construcciones, IBI e IAE. También es necesario completar la formación de técnicos municipales a la hora de analizar y verificar proyectos.

- Necesidad de difusión y formación a quienes prescriben (arquitectos, promotores, etc)

Estos colectivos, precisan de una difusión y formación específica ya que en muchos casos el plantear la energía fotovoltaica aparentemente supone introducir nuevas dificultades en los proyectos. El desconocimiento y la falta de herramientas para acometer las instalaciones puede ser el origen del rechazo.

Los diferentes agentes que intervienen en la financiación, diseño y construcción de un edificio no valoran adecuadamente los beneficios de la instalación de captadores solares, principalmente, por el desconocimiento de la tecnología y de las diferentes soluciones constructivas existentes. Para los arquitectos supone complicaciones y para el promotor supone un incremento de presupuesto y posible reducción de superficie edificable.

No se tiene en cuenta el ahorro energético para el usuario final y el impacto sociológico educativo que conlleva la instalación de captadores fotovoltaicos en los edificios.

A continuación se relacionan brevemente las barreras detectadas en los distintos ámbitos de aplicación:

ÁMBITO DE APLICACIÓN	BARRERAS
Aspectos económicos	<p>Rentabilidad insuficiente por lo que necesita una prima elevada.</p> <hr/> <p>Inexistencia de reducciones fiscales para particulares que inviertan en instalaciones fotovoltaicas aisladas.</p>
Aspectos tecnológicos	<p>Falta de iniciativas y de incentivos para el desarrollo de instalaciones innovadoras.</p> <hr/> <p>Transitoriamente, falta de materia prima en el mercado internacional.</p> <hr/> <p>Limitación de las primas y tarifas actuales hasta que se alcancen 135 MW.</p>
Aspectos normativos	<p>Alejamiento de la energía solar fotovoltaica del sector de la edificación.</p> <hr/> <p>Trámites administrativos desproporcionados.</p> <hr/> <p>Falta de existencia de una normativa técnica completa sobre instalaciones.</p> <hr/> <p>Dificultades de conexión para usuarios de alta tensión.</p> <hr/> <p>Necesidad de aclaraciones del Real Decreto 1663/2000.</p>
Aspectos sociales	<p>Necesidad de difusión a usuarios potenciales.</p> <hr/> <p>Necesidad de difusión y formación a ayuntamientos.</p> <hr/> <p>Necesidad de difusión y formación a quienes prescriben.</p>

Barreras detectadas para el desarrollo del sector fotovoltaico

4.12.3.5 Objetivos. Medidas para alcanzarlos

El desarrollo de la solar fotovoltaica encuentra como principales barreras las de carácter económico, las cuales limitan su desarrollo. Salvar estas barreras y propiciar su desarrollo se fundamenta, entre otras, en las siguientes razones:

- Existencia de recursos solares en España muy favorables para el desarrollo de esta tecnología.
- Interés de numerosos promotores.
- Existencia de tecnología y capacidad de fabricación a nivel nacional, estando la industria española al mejor nivel internacional.
- Aprovechamiento de la industria nacional de las muy favorables perspectivas de evolución tecnológica y económica, que permiten predecir mejoras muy relevantes a medio plazo.

En este Plan se identifica un nuevo objetivo de incremento de potencia fotovoltaica de 363 MWp en el período 2005-2010, dentro de la planificación de las energías renovables en su conjunto, siempre partiendo de la puesta en marcha de las medidas propuestas en él.

Las Comunidades Autónomas, en virtud de sus competencias, han elaborado planes energéticos que en unas ocasiones son de carácter general y en otras específicos para las energías renovables. Estos planes, para la energía solar fotovoltaica, tienen distintos horizontes temporales, aunque la mayoría se refieren al año 2010, planificando en líneas generales, con objetivos energéticos inferiores a los indicados en este documento.

Tomando en consideración todo lo analizado, destacando los aspectos económicos y normativos, y atendiendo al grado de desarrollo de esta fuente –relacionado con la insolación- durante el período 1999-2004 en cada Comunidad, se presenta en la tabla siguiente los objetivos fotovoltaicos para el año 2010, distribuidos de manera indicativa por Comunidades Autónomas, y que globalmente suponen alcanzar los 400 MWp de potencia instalada acumulada, con una incorporación ampliamente mayoritaria en estos seis años (incremento de 363 MWp).

Como vemos en la tabla Andalucía va a la cabeza tanto por su incremento en el período 2005-2010 como por su potencia total instalada como objetivo en el 2010, seguida de las Comunidades de Valencia, Castilla y León y Galicia.

Cumpliendo el objetivo único y global de instalar 363 MWp en los próximos años, se podrían alcanzar los 400 MWp de potencia instalada acumulada en el año 2010.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SITUACIÓN ACTUAL 2004 (MWp)	INCREMENTO 2005 - 2010 (MWp)	POTENCIA EN 2010 (MWp)
ANDALUCÍA	7,86	43,38	51,24
ARAGÓN	0,67	16,08	16,75
ASTURIAS	0,34	8,93	9,27
BALEARES	1,33	16,41	17,74
CANARIAS	1,20	16,04	17,24
CANTABRIA	0,07	9,14	9,21
CASTILLA Y LEÓN	2,73	25,60	28,33
CASTILLA - LA MANCHA	1,78	11,64	13,42
CATALUÑA	4,11	52,48	56,59
EXTREMADURA	0,54	12,85	13,39
GALICIA	0,51	23,49	24,00
MADRID	2,38	29,33	31,71
MURCIA	1,03	19,03	20,06
NAVARRA	5,44	14,20	19,64
LA RIOJA	0,15	9,08	9,23
COMUNIDAD VALENCIANA	2,83	31,25	34,08
PAÍS VASCO	2,40	23,70	26,10
NO REGIONALIZABLE	0,77	-	0,77
TOTAL (MW)	37	363	400

Objetivos fotovoltaicos para el año 2010

La evolución anual prevista de la nueva potencia a instalar, dentro del período 2005-2010 y según tipo de instalación, es la siguiente:

	2005 (MW)	2006 (MW)	2007 (MW)	2008 (MW)	2009 (MW)	2010 (MW)	TOTAL 2005 - 2010 (MW)
Aislada	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5	15,0
P < 100 kW, fija	13,0	19,0	32,0	47,0	47,0	47,0	205,0
P < 100 kW, con seguimiento	5,0	6,0	11,0	17,0	28,0	45,0	112,0
P > 100 kW	-	-	1,0	5,0	10,0	15,0	31,0
TOTAL	19,0	26,5	46,0	71,5	88,5	111,5	363,0

Evolución anual de la potencia fotovoltaica instalada prevista

Las medidas que se plantean para lograr este calendario de objetivos fotovoltaicos están dirigidas a salvar las barreras de carácter tecnológico, normativo, económico y social antes indicadas. El éxito de estos objetivos se encuentra principalmente ligado a salvar dichas barreras por los procedimientos que a continuación se señalan:

- ✓ Mantenimiento de las condiciones económicas establecidas en el Real Decreto 436/2004.
Se estima que el apoyo público a la explotación debido a la consecución de la potencia que contempla el Plan ascenderá a 499,4 millones de euros para el período 2005-2010.
- ✓ Modificación de los criterios de ayuda. Con el nivel de retribución vía prima actual, se considera que, salvo en los casos de instalaciones aisladas de la red, no son necesarias ayudas...
- ✓ Introducción de una desgravación fiscal en el IRPF para particulares que realicen inversiones en instalaciones fotovoltaicas aisladas.
- ✓ Apoyo a la innovación mediante proyectos IDAE, etc... dirigido a integración arquitectónica, concentración, nuevas tecnologías, nuevas fórmulas de ejecución de proyectos... Difusión de resultados.
- ✓ Apoyar iniciativas de la industria para completar procesos de producción.
- ✓ Incremento del límite retributivo hasta 400 MW.
- ✓ Para aquellos edificios que sean consumidores intensivos de energía eléctrica, obligar a incorporar una cierta potencia de generación fotovoltaica, a través del Código Técnico de la Edificación.
- ✓ Propiciar la coordinación entre las CCAA para establecer y homogeneizar los procedimientos. Difusión entre los interesados.
- ✓ Introducir las instalaciones fotovoltaicas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, completando la normativa sobre inversores. Subsanación del Real Decreto 1663/2000.
- ✓ Posibilitar mediante el reglamento correspondiente la conexión y acogida al Régimen Especial a los que no son abonados en baja tensión (previsto en el nuevo Real Decreto sobre Conexión de instalaciones en el Régimen Especial).
- ✓ Realización de campañas de difusión dirigidas al conjunto de los ciudadanos.
- ✓ Realización y difusión de documentos de información y formación dirigidos a ayuntamiento a nivel político y técnico.
- ✓ Realización y difusión de documentos de información y formación dirigidos a quienes prescriben (arquitectos, promotores, etc.).

- ✓ Transposición a la legislación nacional de la Directiva 2001/77/CE para la promoción de las energías renovables, relativa a la garantía de origen para la generación eléctrica con fuentes renovables.

4.13 Normativa aplicada

4.13.1 Legislación europea

Al igual que con las instalaciones de energía solar térmica, nos encontramos con la normas EN, y aunque no son de obligado cumplimiento pasan a serlo siempre que así lo exija una legislación vigente.

Estas normas EN describen los requerimientos generales de funcionamiento de los componentes de las instalaciones solares.

- Normas Europeas EN:

- EN 60891 Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- EN 60904-1: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica intensidad-tensión de los módulos fotovoltaicos.
- EN 60904-2: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de células solares de referencia.
- EN 60904-2/A1 Modificación.
- EN 60904-3 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 3: Fundamentos de medida de dispositivos solares fotovoltaicos de uso terrestre con datos de irradiancia espectral de referencia.
- EN 60904-5 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 5: Determinación de la temperatura de la célula equivalente (TCE) de dispositivos fotovoltaicos por el método de la tensión a circuito abierto.
- EN 60904-6 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 6: Requisitos para los módulos solares de referencia.
- EN 60904-6/A1 Modificación.
- EN 60904-7 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 7: Cálculo del error inducido por desacople espectral en las medidas de un dispositivo fotovoltaico.
- EN 60904-8 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 8: Medida de la respuesta espectral de un dispositivo fotovoltaico.
- EN 60904-10 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 10: Métodos de medida de la linealidad.
- EN 61173 Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía.

- EN 61194 Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos autónomos.
- EN 61215 Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación del tipo.
- EN 61277 Sistemas fotovoltaicos terrestres generadores de potencia. Generalidades
- EN 61345 Ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos.
- EN 61646 Módulos fotovoltaicos de lámina delgada para aplicación terrestres. Cualificación del diseño y aprobación del tipo.
- EN 61683 Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- EN 61701 Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos.
- EN 61702 Evaluación de sistemas de bombeo fotovoltaico de acoplo directo.
- EN 61721 Susceptibilidad de un módulo fotovoltaico al daño por impacto accidental.
- EN 61724 Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- EN 61725 Expresión analítica de los perfiles solares diarios.
- EN 61727 Sistemas fotovoltaicos. Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica.
- EN 61829 Campos fotovoltaicos de silicio cristalino. Medida en el sitio de características I-V.

Además de las normas EN, en Septiembre del año 2001 el parlamento europeo publicó una directiva (DIRECTIVA 2001/77/ce) relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad. Dicho texto recoge una serie de artículos relativos a la instalación de renovables en los estados miembros de la Unión Europea. Este texto se escribió teniendo en cuenta que las energías renovables están infrutilizadas en la comunidad, y si se incrementara su uso sería más fácil cumplir con el protocolo de Kioto. Era necesario instaurar un marco legislativo para el mercado de las fuentes de renovables. Esta directiva tiene por objetivo indicativo global el que el 12% del consumo total de energía en el 2010 sea procedente de energías renovables.

A continuación se muestra un breve resumen de algunos artículos que pueden ser de interés de esta normativa:

Artículo 1: Objetivo. El objetivo de la directiva de fomentar un aumento de la contribución de las fuentes de energía renovables a la generación de electricidad en el mercado interior, y sentar las bases de un futuro marco comunitario para el mismo.

Artículo 2: Definiciones. En este artículo se definen los siguientes conceptos: fuentes de energía renovables (eólica, solar, geotérmica, energía del oleaje, maremotriz e hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración, y biogás), biomasa, consumo de electricidad, y electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables.

Artículo 3: Objetivos indicativos nacionales. Los estados miembros adoptarán medidas adecuadas para promover el aumento del consumo de electricidad generada a partir de fuentes de energías renovables. Los objetivos indicativos nacionales han de ser compatibles con el objetivo indicativo global del 12% de consumo nacional bruto de energía en 2010, y en particular, con una parte indicativa del 22,1% de electricidad generada a partir de fuentes de energías renovables. En el consumo total de electricidad de la comunidad en 2010.

Artículo 4: Sistemas de apoyo. La comisión evaluará la aplicación de mecanismos utilizados en los estados miembros, con arreglo a los cuales los productores de electricidad reciben, de conformidad con la normativa promulgada por las autoridades públicas, ayudas directas o indirectas, y los cuales podrían restringir el comercio, atendiendo al hecho de que contribuyen al logro de los objetivos establecidos.

Artículo 5: Garantía de origen de la electricidad generada a partir de fuentes de energías renovables. Los estados miembros harán todo lo necesario para que el origen de la electricidad generada a partir de renovables pueda garantizarse como tal. Los estados miembros podrán designar uno o varios organismos competentes para realizar la tarea de garantizarlo.

Artículo 6: Procedimientos administrativos. Reducir los obstáculos reglamentarios y no reglamentarios al incremento de la producción de electricidad a partir de renovables.

Artículo 7: Cuestiones relativas a la red. Los estados adoptarán las medidas necesarias para que los operadores de sistemas de transporte y de distribución presentes en su territorio garanticen el transporte y la distribución de la electricidad generada a partir de fuentes de energías renovables.

La directiva cuenta con 4 artículos más, pero con los incluidos debería ser suficiente para entender los propósitos de tal documento. También se encuentra un Anexo que muestra una tabla de valores de referencia para los objetivos indicativos nacionales de los distintos países.

Esta directiva sigue vigente en la actualidad, y podría considerarse una de las más importantes dentro del marco de la instalación de renovables en España.

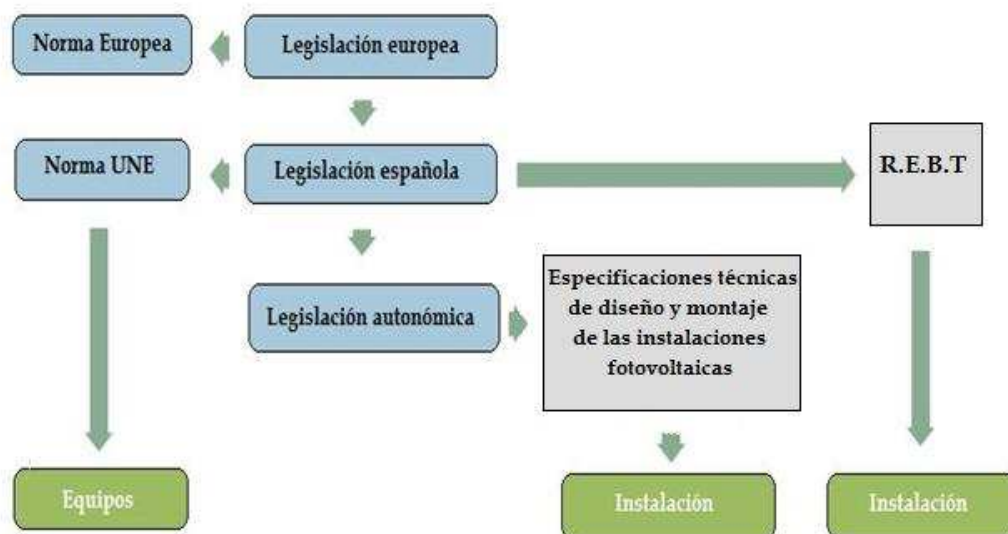
4.13.2 Legislación nacional

En nuestro país existen una serie de normas, tanto de obligado cumplimiento como de consulta que regula y sobre todo impulsa este tipo de energía renovable que aún en avanzado estado de integración en el panorama español, queda muy por atrás de otros países europeos.

En todo caso deberá cumplirse la Normativa vigente que actualmente es la siguiente:

- Código Técnico de la Edificación.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.E.B.T)
- Reglamento de recipientes a presión (RAP)
- Norma Básica de la Edificación – Condiciones Acústicas en los Edificios (NBE-CA)
- Norma Básica de la Edificación – Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios (NBE-CPI)
- Ordenanzas de seguridad e higiene en el trabajo (OSHT)
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA)
- Ley Número 88/67 de 8 de noviembre Sistema Internacional de Unidades de Medida S.I.

Aparte de la Normativa vigente de carácter obligatorio mencionada, se utilizarán otras normas, como las Normas UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), las cuales son adaptaciones de las normas EN ya descritas anteriormente, de forma que su numeración coincide.



4.13.2.1 Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión es un reglamento español de obligado cumplimiento que prescribe las condiciones de montaje, explotación y mantenimiento de instalaciones de baja tensión. Según este reglamento en España se considera baja tensión aquella que es menor o igual a 1000 voltios en corriente alterna o 1500 voltios en caso de corriente continua.

El Reglamento actual (que sustituye al Reglamento del año 1973) fue aprobado según el Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto de 2002. Fue publicado en el Boletín Oficial del Estado número 224 el 18 de septiembre de 2002.

El vigente reglamentos supuso un considerable avance en materia de reglas técnicas y estableció un esquema normativo, basado en un reglamento marco y unas instrucciones complementarias, las cuales desarrollaban aspectos específicos, que se reveló altamente eficaz, de modo que otros muchos reglamentos se realizaron con análogo formato.

No obstante, la evolución tanto del caudal técnico como de las condiciones legales ha provocado, al fin y a la postre, también en este reglamento, un alejamiento de las bases con que fue elaborado, por lo cual resulta necesaria su actualización.

La Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, establece el nuevo marco jurídico en el que, obviamente, se desenvuelve la reglamentación sobre seguridad industrial. El apartado 5 de su artículo 12 señala que "los reglamentos de seguridad industrial de ámbito estatal se aprobarán por el Gobierno de la Nación, sin perjuicio de que las Comunidades Autónomas, con competencia legislativa sobre industria, puedan introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio".

Por otro lado, el Tratado de Adhesión de España a la Comunidad Económica Europea impuso el cumplimiento de las obligaciones derivadas de su tratado constitutivo y sucesivas modificaciones.

El conjunto normativo establecido por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), con origen en los organismos internacionales de normalización electrotécnica, como la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) o el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC), pone a disposición de las partes interesadas instrumentos técnicos avalados por una amplia experiencia y consensuados por los sectores directamente implicados, lo que facilita la ejecución homogénea de las instalaciones y los intercambios comerciales.

El Reglamento que se aprueba mediante el presente Real Decreto y sus instrucciones técnicas complementarias mantiene el esquema citado y, en la medida de lo posible, el ordenamiento del Reglamento anterior, para facilitar la transición.

La mayor novedad del Reglamento consiste en la remisión a normas, en la medida que se trate de prescripciones de carácter eminentemente

técnico y, especialmente, características de los materiales. Dado que dichas normas proceden en su mayor parte de las normas europeas EN e internacionales CEI, se consigue rápidamente disponer de soluciones técnicas en sintonía con lo aplicado en los países más avanzados y que reflejan un alto grado de consenso en el sector.

Para facilitar su puesta al día, en el texto de las instrucciones únicamente se citan dichas normas por sus números de referencia, sin el año de edición. En una Instrucción a tal propósito se recoge toda la lista de las normas, esta vez con el año de edición, a fin de que cuando aparezcan nuevas versiones se puedan hacer los respectivos cambios en dicha lista, quedando automáticamente actualizadas en el texto dispositivo, sin necesidad de otra intervención. En ese momento también se pueden establecer los plazos para la transición entre las versiones, de tal manera que los fabricantes y distribuidores de material eléctrico puedan dar salida en un tiempo razonable a los productos fabricados de acuerdo con la versión de la norma anulada.

En línea con la reglamentación europea, las prescripciones establecidas por el propio Reglamento se considera que alcanzan los objetivos mínimos de seguridad exigibles en cada momento, de acuerdo con el estado de la técnica, pero también se admiten otras ejecuciones cuya equivalencia con dichos niveles de seguridad se demuestre por el diseñador de la instalación.

Por otro lado, a diferencia del anterior, el Reglamento que ahora se aprueba permite que se puedan conceder excepciones a sus prescripciones en los casos en que se justifique debidamente su imposibilidad material y se aporten medidas compensatorias, lo que evitará situaciones sin salida.

Se definen de manera mucho más precisa las figuras de los instaladores y empresas autorizadas, teniendo en cuenta las distintas formaciones docentes y experiencias obtenidas en este campo. Se establece una categoría básica, para la realización de las instalaciones eléctricas más comunes, y una categoría especialista, con varias modalidades, atendiendo a las instalaciones que presentan peculiaridades relevantes.

Se introducen nuevos tipos de instalaciones: desde las correspondientes a establecimientos agrícolas y hortícolas hasta las de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas en edificios, de acuerdo con las técnicas más modernas, pasando por un nuevo concepto de instalaciones en piscinas, donde se introducen las tensiones que proporcionan seguridad intrínseca, caravanas y parques de caravanas, entre otras.

Se aumenta el número mínimo de circuitos en viviendas, lo que redundará en un mayor confort de las mismas.

Para la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones se requiere en todos los casos la elaboración de una documentación técnica, en forma de proyecto o memoria, según las características de aquéllas, y el registro en la correspondiente Comunidad Autónoma.

Por primera vez en un reglamento de este tipo, se exige la entrega al titular de una instalación de una documentación donde se reflejen sus características fundamentales, trazado, instrucciones y precauciones de uso, etc. Carecía de sentido no proceder de esta manera con una instalación de un inmueble, mientras se proporciona sistemáticamente un libro de instrucciones con cualquier aparato eléctrico de escaso valor económico.

Se establece un cuadro de inspecciones por organismos de control, en el caso de instalaciones cuya seguridad ofrece particular relevancia, sin obviar que los titulares de las mismas deben mantenerlas en buen estado.

Finalmente, se encarga al centro directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Ciencia y Tecnología la elaboración de una guía, como ayuda a los distintos agentes afectados para la mejor comprensión de las prescripciones reglamentarias.

4.13.2.2 Código Técnico de la Edificación

Como ya he expuesto en el apartado 3 sobre la energía solar térmica el Código Técnico de la Edificación es un marco regulatorio por el que se establecen las nuevas disposiciones aplicables al diseño de la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios en sustitución de las anteriores normas legales de aplicación.

Con esta nueva normativa se pretende el cumplimiento de unos objetivos:

- Para actualizar la normativa sobre construcción de edificios
- Para cumplir con las exigencias ambientales de la Normativa Europea
- Para dar respuesta a los compromisos ambientales asumidos por España

El objetivo final del CTE es promover una construcción más sostenible aumentando los niveles de exigencias respecto a la normativa actual, a partir de la mejora de la envolvente de los edificios y la eficiencia de sus instalaciones, exigiendo unas condiciones higrotérmicas aptas para el uso de los mismos, reduciendo las necesidades de consumo de energía fósil y avanzando hacia el uso generalizado de las energías renovables.

Según estimaciones del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la implantación de las exigencias energéticas introducidas en el nuevo CTE supondrá, para cada edificio un ahorro de un 30-40% y una reducción de emisiones de CO₂ por consumo de energía de un 40-55%.

Estos criterios de "Ahorro de energía" se plasman en las denominadas "Exigencias Básicas":

- 6) Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética
- 7) Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas
- 8) Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

9) Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

10) Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

4.13.2.2.1 Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

Esta sección del Código Técnico de la Edificación obliga a que, en determinados edificios y a partir de una determinada superficie o capacidad, se incorporen sistemas de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos. La potencia mínima exigida dependerá de la zona climática donde se ubique el edificio, del tipo de uso del edificio y de la superficie construida.

Las instalaciones fotovoltaicas se conectarán en la red interior del edificio, para consumo interno, o en la red de distribución de la compañía eléctrica, para suministro a la red. En cualquiera de las dos opciones, deberán cumplir con el Real Decreto 842/2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y con el Real Decreto 1663/2000, sobre conexión a la red eléctrica de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

El diseño y cálculos justificativos de la instalación fotovoltaica deben incorporarse al proyecto general del edificio, como cualquier otra instalación del mismo, y al igual que el resto de instalaciones del edificio, deberá ser legalizada por el órgano competente de la comunidad autónoma.

Ámbito de aplicación

En los edificios que así se establezca en este CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red:

- a. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de que las Administraciones competentes puedan establecer valores más estrictos y que contribuyan a la sostenibilidad.
- b. Los edificios de los usos indicados en la siguiente tabla incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaico cuando superen las cifras indicadas:

TIPO DE USO	LÍMITE DE APLICACIÓN
Hipermercado	5.000m ² construidos.
Multitienda y centros de ocio	3.000m ² construidos.
Nave de almacenamiento	10.000m ² construidos.
Administrativos	4.000m ² construidos.
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas privadas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000m ² construidos.

- Podrá disminuirse o eliminarse justificadamente la potencia mínima determinada en aplicación de esta exigencia básica en los siguientes casos:
 - a) cuando se cubra la producción eléctrica estimada que correspondería a la potencia mínima, mediante el aprovechamiento de otras fuentes de energía renovables.
 - b) Cuando el emplazamiento no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo y no se pueden aplicar soluciones alternativas.
 - c) En rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la norma urbanística.
 - d) En edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la norma urbanística aplicable que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria.
 - e) Cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

En edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables en el proyecto, la inclusión de medidas o elementos alternativos que produzcan un ahorro eléctrico equivalente a la producción que se obtendría con la instalación solar mediante mejoras en instalaciones consumidoras de energía eléctrica tales como la iluminación, regulación de motores o equipos más eficientes.

Cuantificación de la exigencia

La potencia pico a instalar en cada zona es:

$$P = C \times (A \times S + B)$$

P = Potencia pico a instalar (kWp)

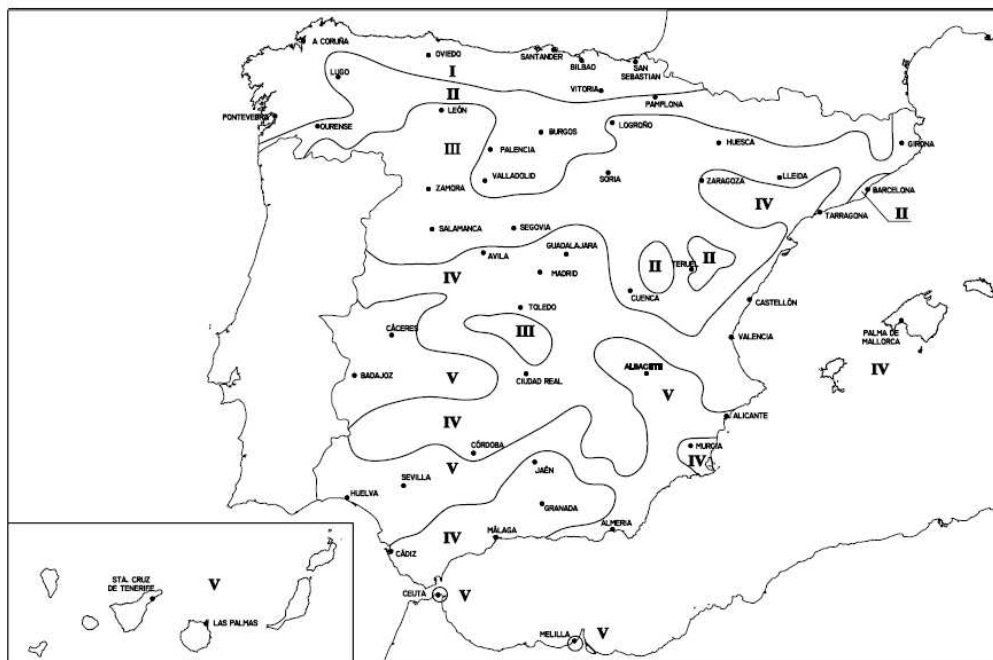
A y B = Coeficientes en función del uso del edificio

Tipo de uso	Coefficiente A	Coefficiente B
Hipermercado	0,001875	-3,12500
Multitienda y C. de ocio	0,004688	-7,81250
Nave de almacenamiento	0,001406	-7,81250
Administrativo	0,001223	1,35870
Hoteles y hostales	0,003516	-7,81250
Hospitales y clínicas	0,000740	3,28947
Pabellones de R. feriales	0,001406	-7,81250

Coefficientes para cada tipo de uso

C = Coeficiente en función de la zona climática

Toma valores desde 1,0 para la zona climática menos favorable, hasta 1,4 para la zona climática más favorable. Se definen 5 zonas climáticas.



Zona climática	C
I	1
II	1,1
III	1,2
IV	1,3
V	1,4

S = Superficie construida del edificio

La superficie construida a considerar para el caso de edificios ejecutados dentro de un mismo recinto será:

- Un mismo uso: la suma de las superficies de todos los edificios del recinto.
- Distintos usos: dentro de un mismo edificio o recinto la potencia mínima a instalar será la suma de las potencias de cada uso, siempre que resulten positivas. Para que sea de obligación esta exigencia, la potencia resultante deberá ser superior a 6,25 kWp.

En cualquier caso la potencia mínima a instalar será de 6,25 kWp.

4.13.2.3 Real Decreto 661/2007: actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial

La nueva normativa determina el derecho a percibir una retribución especial por la energía producida a las instalaciones incluidas dentro del régimen especial, es decir, con una potencia inferior a 50 MW, y también a aquellas que teniendo una potencia mayor de 50 MW, sean de cogeneración o utilicen energías renovables o residuos.

Las disposiciones del Real Decreto no tendrán carácter retroactivo. Las instalaciones que se pongan en funcionamiento hasta el 1 de enero de 2008 podrán mantenerse acogidas a la regulación anterior en la opción de tarifa fija durante toda su vida útil. Cuando participen en el mercado, podrán mantener su regulación anterior hasta el 31 de diciembre de 2012.

Voluntariamente, estas instalaciones podrán optar por acogerse a este nuevo Real Decreto desde su publicación.

Será en 2010 cuando las tarifas y primas establecidas en la propuesta se revisarán de acuerdo con la consecución de los objetivos fijados en el Plan de Energías Renovables 2005-2010 y en la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, y conforme a los nuevos objetivos que se incluyan en el siguiente Plan de Energías Renovables para el período 2011-2020.

Las revisiones que se realicen en el futuro de las tarifas no afectarán a las instalaciones ya puestas en marcha. Esta garantía aporta seguridad jurídica para el productor, proporcionando estabilidad al sector y fomentando su desarrollo.

Rentabilidad

En cuanto a la rentabilidad se refiere, la nueva regulación garantiza un porcentaje medio del 7 por 100 a una instalación eólica e hidráulica en el caso de optar por ceder su producción a las distribuidoras, y una rentabilidad entre el 5 por 100 y el 9 por 100 si participa en el mercado de producción de energía eléctrica.

Para otras tecnologías que es necesario impulsar por su limitado desarrollo, como la biomasa, el biogás o la solar termoeléctrica, la

rentabilidad se eleva al 8 por 100 en la cesión de la producción a las distribuidoras y entre un 7 y un 11 por 100 si participan en el mercado.

Incremento de la retribución

El incremento previsto para la retribución de la biomasa varía entre un 50 por 100 y un 100 por 100, para el biogás, entre un 16 por 100 y un 40 por 100, y para la solar termoeléctrica, de un 17 por 100.

En la opción de venta a la distribuidora, se incrementa la retribución de la energía eólica, de la biomasa, de la solar termoeléctrica y de las instalaciones fotovoltaicas de potencia superior a 100 kW, y se mantiene la retribución de las plantas solares fotovoltaicas de potencia inferior a la citada.

Así, los incrementos de la tarifa regulada respecto de la contemplada en el Real Decreto 436/2004 son, para las instalaciones eólicas, del 12 por 100; para las hidráulicas, de entre el 7 y el 13 por 100; para las termoeléctricas, del 17 por 100; para las fotovoltaicas mayores de 100 kW, del 82 por 100; para las biomásas de entre el 56 y el 113 por 100 (salvo las de residuos industriales forestales que se incrementa un 6 por 100) y para el biogás, entre un 16 y un 40 por 100.

Cuando las instalaciones opten por participar en el mercado de producción, la prima obtenida será variable en función del precio del mercado resultante en cada hora. Para ello, se establecen unos límites inferior y superior para cada una de las tecnologías, lo que se conoce con el término de "cap and floor". Según este sistema, la prima se ajustará de tal forma que la retribución total que obtendrá una instalación se encontrará en cada hora entre esos límites.

Las tarifas, primas y límites superior e inferior, así como otros complementos, serán actualizados con el IPC menos 0,25 hasta 2012 o menos 0,50 a partir de entonces.

POTENCIA	TARIFA REGULADA (2008)
P < 100 kW	0,455134 €/kWh los primeros 25 años. 0,364107 €/kWh a partir de entonces.
100 kW < P < 10 MW	0,431486 €/kWh los primeros 25 años. 0,345189 €/kWh a partir de entonces.
P > 10 MW	0,237461 €/kWh los primeros 25 años. 0,189969 €/kWh a partir de entonces.

Tarifas recogidas por la normativa vigente

Cogeneración

El texto también persigue impulsar definitivamente la cogeneración como herramienta de ahorro y eficiencia energética para el país, y así poder cumplir con los objetivos de ahorro energético y de reducción de emisiones fijados en el protocolo de Kyoto.

Así, la nueva regulación establece una retribución que será actualizada trimestralmente con la evolución del precio de los combustibles, con el fin de que refleje el coste real de estas instalaciones.

Los incrementos de la tarifa regulada respecto de la contemplada en el Real Decreto de 2004 son, para las cogeneraciones de gas natural o biogás, de entre el 26 y el 81 por 100, y para las que utilicen combustibles fósiles, de entre el 43 y el 135 por 100.

Las cogeneraciones de potencia entre 50 y 100 MW obtendrán una prima decreciente desde el valor correspondiente al de las instalaciones de 50 MW. Asimismo, hasta los 100 MW se retribuye la mejora de eficiencia con respecto al mínimo exigido en el régimen especial, con el fin de fomentar el ahorro de energía primaria.

Por otra parte, las cogeneraciones dedicadas a la climatización de edificios gozarán de un tratamiento específico que adapta su régimen económico a las condiciones de funcionamiento.

De esta manera, y junto con el Real Decreto de Fomento de la Cogeneración, publicado el pasado sábado 12 de mayo de 2007, se crea un marco que va a permitir consolidar las instalaciones de cogeneración existentes y fomentar nuevas centrales.

Con la consecución de los objetivos previstos para la Cogeneración para el año 2010, se evitará la emisión de 6,3 millones de toneladas de CO₂ al año.

Otras novedades incluidas en el Real Decreto

- El texto instituye un aval que deberán satisfacer las instalaciones de régimen especial al solicitar la conexión a la red de distribución y modifica la cuantía del existente para el acceso a la red de transporte, equiparando la legislación actual para todas las instalaciones. Este aval se fija en ambos casos en 500 euros/kW instalado para las instalaciones fotovoltaicas o 20 euros/kW para el resto de instalaciones, y será devuelto una vez entre en funcionamiento la instalación.

- Con el fin de permitir la máxima integración de energía eólica en el sistema eléctrico, se exige que los nuevos parques eólicos sean capaces de mantenerse conectados a la red ante una caída de tensión en la misma, contribuyendo, al igual que otras tecnologías, a la resolución del problema y a la seguridad y estabilidad del sistema. Los parques existentes que sean capaces de adaptarse a esta nueva exigencia tendrán derecho a percibir un complemento durante cinco años.

- Como mejora sustancial frente al marco anterior, se permite la hibridación, es decir, que las instalaciones de tecnología solar termoeléctrica utilicen biomasa como combustible en aquellos períodos que no existe radiación solar e, igualmente, las instalaciones que utilicen como combustible cultivos energéticos puedan utilizar, por ejemplo, residuos forestales para compensar periodos de escaso suministro y así garantizar en

ambos casos una utilización más eficiente de las plantas y un mayor desarrollo de estas tecnologías.

- Introduce el Plan de Energías Renovables 2011- 2020

4.13.3 Legislación autonómica

En el ámbito regional contamos con la Ley 10/2006, de 21 de diciembre, de Energías Renovables y Ahorro y Eficiencia Energética de la Región de Murcia, y la Ley 13/2007, de modificación de la Ley 1/1995, de 8 de marzo, de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia.

Los objetivos de la Ley 10/2006 son:

- a) Establecer las bases de una política energética sostenible en la Región de Murcia;
- b) Promover el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, así como el ahorro y la eficiencia energética desde la producción hasta el consumo;
- c) Reducir la dependencia energética exterior y la afección al medio ambiente;
- d) Potenciar una mayor solidaridad ambiental en el uso de la energía.

Entre los puntos destacables de la misma hay que señalar:

- Creación de una Autorización de Aprovechamiento. Con el fin de facilitar la gestión de la implantación de las energías renovables en el ámbito competencial de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, se establecerá una autorización administrativa que comprenderá todas las autorizaciones y requisitos exigibles por la legislación vigente previos a la implantación del proyecto, denominándose "Autorización de Aprovechamiento".
- Se impulsará la creación de una Entidad de Certificación Energética en la Región de Murcia como organismo certificador general.
- Se declaran de utilidad pública las instalaciones de energías renovables, a los efectos de expropiación forzosa y de la imposición y ejercicio de la servidumbre de paso.
- Se establece la preferencia de las energías renovables en el acceso a las redes de transporte y distribución eléctrica.
- Se fomentarán las ayudas económicas y fiscales dirigidas a las consecución de los objetivos en materia de ahorro y eficiencia energética.
- Las empresas instaladoras o mantenedoras que ejecuten, reparen o mantengan las instalaciones de aprovechamiento de instalaciones renovables o de ahorro y eficiencia energética, deberán estar acreditadas.
- Se creará una Oficina de Transferencia Tecnológica en materia de energías renovables y ahorro y eficiencia energética.
- Creación de un articulado de infracciones y sanciones en relación a la temática tratada.

Son relevantes las tres disposiciones adicionales y dos transitorias que incluye. La primera disposición adicional dirige un mandato a la Administración regional para que inicie la elaboración de las Directrices y Planes Sectoriales de Impulso de las Energías Renovables en un plazo de seis meses. La segunda establece un plazo de doce meses para que el Gobierno Regional presente ante la Asamblea Regional un nuevo Plan Energético Regional. Y la tercera señala la obligación de la Administración regional de incorporar instalaciones de aprovechamiento de energías renovables y de las últimas tecnologías en materia de uso racional de la energía. La disposición transitoria primera otorga un plazo de siete años para adecuar y modernizar los edificios públicos ya construidos. La disposición transitoria segunda señala el momento en el que comenzará a exigirse la autorización de aprovechamiento.

Por su parte, la Ley 13/2007, de 27 de diciembre, de modificación de la Ley 1/1995, de 8 de marzo, de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia, introduce varias modificaciones, tanto en la citada como en la Ley 10/2006, de Energías Renovables y Ahorro y Eficiencia Energética. Respecto de la primera, hay que destacar aquellas destinadas a facilitar el trámite administrativo de ubicación de instalaciones de energías renovables. Restringe el sometimiento del proyecto a evaluación de impacto ambiental a las instalaciones cuyas dimensiones o volumen de producción así lo requieran, las instalaciones para el aprovechamiento de la energía solar con potencia térmica superior a 20 MW o con una superficie ocupada superior a 100 ha, y los parques eólicos que tengan veinticinco o más aerogeneradores o que se encuentren a menos de dos kilómetros entre ellos.

También de especial relevancia resulta la supresión de los apartados 1 y 2 del artículo 36 de la Ley 1/1995, pues se elimina el trámite relativo al acta de puesta en marcha y funcionamiento de la actividad por corresponder al órgano sustantivo, y no al ambiental, la verificación de la adecuación de la actividad a las prescripciones de la evaluación o calificación ambiental antes de su inicio.

En cuanto a la Ley 10/2006, de Energías Renovables, Ahorro y Eficiencia Energética, la modificación corrige una imprecisión en relación con las normas aplicables a las evaluaciones de impacto ambiental de las instalaciones energéticas, ya que se regirán no sólo por la legislación básica estatal sino también por las disposiciones propias de la Comunidad Autónoma.

CONCLUSIONES

A día de hoy, en nuestro país, el conocimiento que los ciudadanos tienen de la energía solar va en aumento, sin embargo aún posee mala publicidad.

A pesar de la entrada en vigor del Código Técnico, los usuarios siguen asociando el término de energía solar con incomodidad o escasez de confort, y nada más lejos de la realidad.

La realización de este proyecto me ha permitido ampliar mis conocimientos sobre esta tecnología limpia y madura, que si bien es cierto no podemos tratarla de "perfecta", pues hasta el momento no existe ninguna forma de obtener energía sin generar ni un solo residuo, su utilización tiende a aumentar día a día gracias a la nueva legislación, con un campo de aplicación amplio y grandes perspectivas de futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- **Neila González, Francisco Javier** (2007). Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible.
- **Rodríguez Viqueira, Manuel** (2002). Introducción a la arquitectura bioclimática.
- **De Garrido, Luis** (2008). Análisis de proyectos de Arquitectura Sostenible.
- **Institut Cerdá. Ministerio de Fomento. IDEA.** Guía de la edificación sostenible.
- **Olgay, Víctor.** Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.
- **IETCC. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.** Bases para el diseño solar pasivo.
- **Mazria, Edward.** El libro de la energía solar pasiva.
- **Centro de Estudios de la Energía Solar.** La energía solar: aplicaciones prácticas.
- **Fernández Salgado, Jose María** (2008). Compendio de energía solar fotovoltaica, térmica y termoeléctrica (adaptado al Código Técnico de la Edificación y al nuevo RITE).
- **Fernández Salgado, Jose María** (2008). Guía completa de la energía solar fotovoltaica (adaptada al Código Técnico de la Edificación).
- **Fernández Salgado, Jose María** (2008). Guía completa de la energía solar térmica y termoeléctrica (adaptada al Código Técnico de la Edificación y al nuevo RITE).
- **Tobajas Vázquez, Manuel** (2002). Energía solar fotovoltaica.
- **Aragonés, Juan** (2007). La energía del futuro y sus aplicaciones.
- **C. Bedoya, A. Carril, L. Cembranos, M. Macías y J. Neila.** Energías alternativas en la arquitectura.
- **F. A. Peuser, K.-H. Remmers, M. Schnauss.** Sistemas solares térmicos.
- **Ministerio de Industria.** Plan de Fomento de las Energías Renovables.

Revistas:

- **Habitat futura.** Publicación gratuita mensual.
- **Infodomus.** Construcción sostenible y edificios inteligentes.

Páginas Web:

- www.construible.es / Portal de la Construcción Sostenible.
- www.energiasrenovables.ciemat.es / Portal de las Energías Renovables.
- www.idae.es / Instituto para la Diversificación y Ahorro de energía.
- www.erenovable.com / Blog de las Energías Renovables.
- www.greenpeace.or / Asociación Ecologista Internacional.
- www.energias-renovables.com / El Periodismo de las Energías Limpias.
- www.asif.or / Asociación de la Industria Fotovoltaica.

- www.argem.es / Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia.
- www.cne.es / Comisión Nacional de Energía.
- www.portalsolar.com / El Portal de la Energía Solar en España.
- www.solarweb.net / La Web para los amantes de la Energía Solar.
- www.portalenergia.es / El Portal de las Energías Renovables.

ANEXO

CÁTALOGO DE EMPRESAS DE ENERGÍAS RENOVABLES QUE OPERAN EN LA REGIÓN DE MURCIA

AGENSOL	
LOCALIZACIÓN	<p>⊕ C/ Asturias, 1-1º-L1 Edif. Pentágono 30347 Lo Pagán-Pinatar Murcia</p>
CATEGORÍA	<p>⊕ Distribución Ingeniería Instalación</p>
ÁREA TECNOLÓGICA	<p>⊕ Solar térmica Solar fotovoltaica</p>
ACTIVIDAD	<p>⊕ Se ocupa de promover e instalar sistemas solares, térmicos y fotovoltaicos, contando con profesionales como técnicos en instalaciones electrotécnicas de baja tensión y mantenedores de ACS</p>
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<p>⊕ Web: www.agensol.net</p>



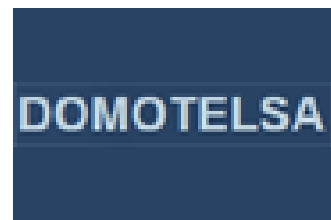
BIOFUTUR	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Mariano Benlliure, 69 46100, Burjassot Valencia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Fabricación ⊕ Instalación ⊕ Distribución ⊕ Ingeniería ⊕ Promoción
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Solar térmica ⊕ Solar fotovoltaica ⊕ Eólica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Biofutur trabaja con energía solar térmica, fotovoltaica y eólica, estando especializados en parques solares fotovoltaicos.
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Web: www.biofutur.net ⊕ Se incluye dentro del grupo empresarial GIA



CLIMA SONAIR	
LOCALIZACIÓN	 C/ Sagasta, nº 43 bajo Murcia
CATEGORÍA	 Ingeniería Instalación
ÁREA TECNOLÓGICA	 Solar térmica Solar fotovoltaica
ACTIVIDAD	 Clima Sonair se compromete con sus clientes en ofrecer un servicio integral que comprende diseño, presupuestos, venta, instalación y mantenimiento de todas las instalaciones
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	 Web: www.climasonair.com



DOMOTELSA	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Ctra. De Villanueva, 51 30600 Archena, Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Instalación Distribución
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Solar térmica Solar fotovoltaica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Es una empresa con amplia experiencia en el sector solar, debido a la trayectoria profesional de los instaladores y profesionales que la integran
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Web: www.domotelsa.com ✦ Es partícipe de AREMUR y ARGEM



GRUPO ENERPAL	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> C/ Bartolomé Pérez Casas, 37 30800 Lorca, Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> Instalación Ingeniería Promoción
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> Solar térmica Solar fotovoltaica Eólica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Enerpal es un actor relevante en el sector de las energías renovables, estando presente en las últimas fases de la cadena tanto del sector eólico como del de la energía solar
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> Web: www.enerpal.es Nació en Palencia y se expandió en todo el territorio nacional



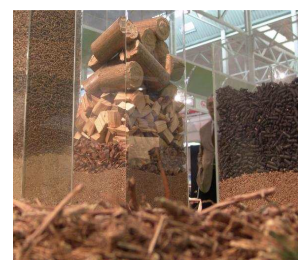
EURENER	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> C/ Pedro Juan nº4, bajo 30310, Cartagena Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> Fabricación Ingeniería Instalación Distribución
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> Solar térmica Solar fotovoltaica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Constituida en 1977 en el Centro Europeo de Empresas Innovadoras, Eurenener es una empresa especializada en el desarrollo integral de proyectos de energía solar fotovoltaica y térmica
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> Web: www.eurenener.com Es una de las empresas líderes en su sector y tiene más de 70 delegaciones en toda España



FERIAL MARKET	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ C/ Gonzáles Adalid, 11 3º izq. Oficina 11 30001 Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Fabricación ⊕ Distribución ⊕ Ingeniería ⊕ Instalación
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Solar térmica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Empresa de ingeniería y consultoría especializada en proyectos de instalaciones de energía solar térmica, que dispone de métodos informáticos para simulaciones de ahorro energético
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Web: www.ferialmarketsolar.es ⊕ Distribuidor de la marca SUNEX y CALPAK de módulos térmicos de alta gama



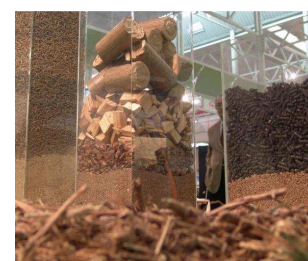
INSOLMED	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> C/ San Isidro, 109 30500, Molina de Segura, Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> Instalación Promoción
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> Solar térmica Solar fotovoltaica Biomasa Geotérmica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Ofrece servicios de energía solar, así como calderas de biomasa, y geotermia, asesorando al cliente en la instalación que más se adapte a sus posibilidades
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> Web: www.insolmedsolar.es Comenzó su andadura en 2008, pero con integrantes de una gran experiencia



MAVERCLIMA	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ C/ Humanidad Nave C4 Polig. Ind. Oeste, 30169 San Ginés, Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Instalación Distribución
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Solar térmica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Maverclima es una empresa dedicada a la comercialización e instalación de instalaciones de climatización, ACS y energía solar térmica para la producción de ACS
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Web: www.maverclima.com ⊕ Dispone de Ingeniería propia para proyectos



NORA SOLAR	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> C/ Molina de Segura, 3 Edificio Nelva, 1ºF 30007, Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> Ingeniería Instalación
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> Solar térmica Solar fotovoltaica Biomasa
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Empresa dedicada a la realización de proyectos de energías renovables. Acompañan a los clientes desde el inicio del proyecto hasta la consecución con éxito del mismo
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> Web: www.norasolar.com La mayoría de sus instalaciones están telemonitorizadas, de modo que se les pueda hacer un seguimiento



NRJ SOLAR	
LOCALIZACIÓN	<p>📍 Mariano Benlliure, 69 46100, Burjassot Valencia</p>
CATEGORÍA	<p>📍 Ingeniería Instalación Distribución</p>
ÁREA TECNOLÓGICA	<p>📍 Solar térmica Solar fotovoltaica Eólica</p>
ACTIVIDAD	<p>📍 NRJ Solar está especializada en la concepción e instalación de sistemas fotovoltaicos, tanto autónomos como conectados a red, además de proyectos térmicos e eólicos</p>
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<p>📍 Web: www.nrjsolar.es</p>



SEREL 96	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ✦ C/ Uruguay, parc. 19-B1 Polig. Ind. Oeste 30169 Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Instalación ✦ Distribución ✦ Ingeniería ✦ Promoción
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Solar térmica ✦ Solar fotovoltaica ✦ Biomasa ✦ Geotérmica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Es una empresa especializada en ofrecer soluciones de optimización a través de un adecuado mantenimiento de las instalaciones
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Web: www.serel96.net ✦ Está realizando una fuerte apuesta en I+D+i



SOLARCLIMA	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> C/Caucho, 81 Torrejón de Ardoz 28850 Madrid
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> Instalación Distribución Ingeniería Promoción
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> Solar térmica Solar fotovoltaica Eólica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Ofrece un servicio integral en el sector de las energías renovables de asesoramiento, gestión e ingeniería, montaje y mantenimiento.
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> Web: www.solarclima.net Posee delegaciones en todo el territorio español



<p>SOLARIS INNOVACIONES ENERGÉTICAS</p>	
<p>LOCALIZACIÓN</p>	<p>⊕ Polg. Ind. Saprelorca Parcela 38-39 Lorca, Murcia</p>
<p>CATEGORÍA</p>	<p>⊕ Instalación Distribución Ingeniería Promoción</p>
<p>ÁREA TECNOLÓGICA</p>	<p>⊕ Solar térmica Solar fotovoltaica Eólica</p>
<p>ACTIVIDAD</p>	<p>⊕ Venta, distribución e instalación de componentes energéticos y de todo tipo de materiales relativos a la conservación del medio. Elaboración y ejecución de proyectos</p>
<p>CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA</p>	<p>⊕ Web: www.solarisenergias.com</p> <p>⊕ Solaris es el resultado de la fusión de dos empresas</p>



SOLIBICLIMA	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Polig. Ind. La Marjal C/ Llebeig, s/n, 03430 Onil, Alicante
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> Instalación Distribución Ingeniería
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> Solar térmica Solar fotovoltaica Eólica Biomasa Geotérmica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Dan un servicio global en cuanto a eficiencia, rendimiento y aprovechamiento de las energías renovables, con años de experiencia en el sector
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> Web: www.solibiclimate.com Es distribuidor en exclusiva para la zona de Levante de la gama de productos de Ergonalia



SOLICLIMA	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Avda. Dr. Meca, 32 CP: 30860 Puerto de Mazarrón (Murcia) TLF: 968223322
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> Instalación Distribución Ingeniería
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> Solar térmica Solar fotovoltaica Eólica Biomasa Geotérmica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Soliclima es una empresa que desarrolla, instala y mantiene proyectos basados en las energías renovables y la eficiencia energética.
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> E-mail: mazarrón@soliclima.com Más de 10 años de experiencia



SOL SURESTE	
LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> C/ Alarilla, 3 Bajo 30002, Murcia
CATEGORÍA	<ul style="list-style-type: none"> Ingeniería Instalación
ÁREA TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> Solar térmica Solar fotovoltaica Eólica
ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Sol Sureste es una empresa dedicada y especializada en el asesoramiento, planificación, montaje e instalación de sistemas de energía solar y eólica
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none"> Web: www.solsureste.com Ofrecen servicio de asesoramiento post-venta



TRITÓN INSTALACIONES SOLARES	
LOCALIZACIÓN	<p>⊕ Polig. Ind. La Candelaria Parc. Nº4, 30320 Fuente Álamo, Murcia</p>
CATEGORÍA	<p>⊕ Fabricación Instalación Distribución Ingeniería Promoción Formación</p>
ÁREA TECNOLÓGICA	<p>⊕ Solar fotovoltaica</p>
ACTIVIDAD	<p>⊕ Se dedica al diseño, fabricación, distribución e instalación de seguidores solares, capaces de incrementar en más de un 40% la producción eléctrica de origen fotovoltaico</p>
CONTACTO E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<p>⊕ Web: www.tritonsolar2.com</p>



