



# Aplicaciones térmicas de la energía solar

Cuaderno técnico 0708.10

## Índice

- 1 Conceptos generales
  - 1.1 Radiación solar
    - 1.1.2 Radiación directa
    - 1.1.3 Radiación difusa
    - 1.1.4 Radiación reflejada
  - 1.2 Radiación solar a lo largo del año
  - 1.3 Efecto invernadero
  - 1.4 Factores que influyen en la radiación directa
    - 1.4.1 Situación geográfica
    - 1.4.2 Orientación
    - 1.4.3 Altitud
    - 1.4.4 Inclinación
    - 1.4.5 Época del año (periodo de funcionamiento)
    - 1.4.6 Sombras
    - 1.4.7 Reflexiones
  - 1.5 Zonas climáticas
  - 1.6 Influencia de la inclinación y orientación en los paneles solares
    - 1.6.1 Pérdidas por inclinación y orientación
    - 1.6.2 Altura solar y trayectoria a lo largo del año
  - 1.7 Tablas
    - 1.7.1 Radiación solar incidente
    - 1.7.2 Temperatura media diaria en horas de sol
    - 1.7.3 Temperatura media del agua de la red general
    - 1.7.4 Temperatura ambiente máxima media
    - 1.7.5 Temperatura mínima media
    - 1.7.6 Latitud, longitud y temperatura mínima histórica
- 2 Aprovechamiento térmico
  - 2.1 Captadores
    - 2.1.1 Captadores planos
    - 2.1.2 Captadores de caucho
    - 2.1.3 Captadores de tubos de vacío
    - 2.1.4 Captadores concentradores
  - 2.2 Rendimiento de un captador
    - 2.2.1 Rendimiento óptico
    - 2.2.2 Coeficiente global de pérdidas
    - 2.2.3 Diferencial térmico entre el captador y el ambiente
  - 2.3 Acumuladores
    - 2.3.1 Clasificación de los acumuladores
  - 2.4 Regulación
    - 2.4.1 Válvula mezcladora
  - 2.5 Configuración del campo de captadores
  - 2.6 Clasificación de los sistemas por principio de circulación
    - 2.6.1 Circulación por termosifón
    - 2.6.2 Circulación forzada
  - 2.7 Seguridad en el circuito hidráulico
    - 2.7.1 Vaso de expansión
    - 2.7.2 Purgadores
    - 2.7.3 Válvula de seguridad
    - 2.7.4 Protección contra la congelación
    - 2.7.5 Protección contra la sobretemperatura
  - 2.8 Energía auxiliar
- 3 Normativa y reglamentación
  - 3.1 Código Técnico de la Edificación (Sección HE 4)
    - 3.1.1 Contribución solar mínima
    - 3.1.2 Orientación e inclinación
    - 3.1.3 Cálculo y dimensionamiento
      - 3.1.3.1 Cálculo de la demanda
      - 3.1.3.2 Adjudicación de personas por vivienda
      - 3.1.3.3 Zonas climáticas
    - 3.1.4 Condiciones generales de la instalación
      - 3.1.4.1 Protección contra heladas
      - 3.1.4.2 Protección contra sobrecalentamientos
      - 3.1.4.3 Protección contra quemaduras
      - 3.1.4.4 Protección contra el flujo inverso
  - 3.2 Criterios generales de cálculo
    - 3.2.1 Sistemas de captación
    - 3.2.2 Conexión
    - 3.2.3 Sistema de acumulación solar
    - 3.2.4 Conexiones
    - 3.2.5 Sistema de intercambio
    - 3.2.6 Circuito hidráulico
    - 3.2.7 Bombas
    - 3.2.8 Vaso de expansión
    - 3.2.9 Purgadores
    - 3.2.10 Sistema de energía convencional auxiliar
    - 3.2.11 Sistemas de control
    - 3.2.12 Sistemas de medida
    - 3.2.13 Tuberías
  - 3.3 Mantenimiento
    - 3.3.1 Plan de vigilancia
    - 3.3.2 Plan de mantenimiento
  - 3.4 RITE (ITE 10.1)
    - 3.4.1 Disposición de los captadores
    - 3.4.2 Área de los captadores y volumen de acumulación
    - 3.4.3 Acondicionamiento de piscinas
      - 3.4.3.1 Temperatura del agua de los vasos
- 4 Cálculo y dimensionamiento práctico
  - 4.1 Cálculo de ACS (ejemplo)
    - 4.1.1 Tabla de cálculo
    - 4.1.2 Resultados
  - 4.2 Cálculo de acondicionamiento de piscinas
    - 4.2.1 Humedad relativa media
    - 4.2.2 Pérdidas por radiación
    - 4.2.3 Pérdidas por evaporación
    - 4.2.4 Pérdidas por convección
    - 4.2.5 Cálculo (ejemplo)

## 1 Conceptos generales

### 1.1 Radiación solar

La energía que emite el Sol llega a la Tierra en forma de radiación; se estima que en el exterior de la atmósfera terrestre la radiación recibida es del orden de  $1.367 \text{ W/m}^2$ ; a este valor lo denominamos Constante Solar.

La energía que definitivamente nos llega a la Tierra es inferior a esta constante, ya que la radiación debe atravesar la atmósfera y eso produce una atenuación de la radiación. Para la práctica se determina que a la Tierra nos llegan  $1.000 \text{ W/m}^2$ .

Una vez en nuestra atmósfera recibimos dicha radiación de dos formas principalmente:

#### 1.1.1 Radiación directa

Es la radiación que nos llega sin que los rayos solares hayan cambiado de dirección en ningún momento. Esta radiación se caracteriza porque produce sombra y puede concentrarse mediante lentes o desviarse mediante espejos. Es la radiación típica de un día claro y despejado.

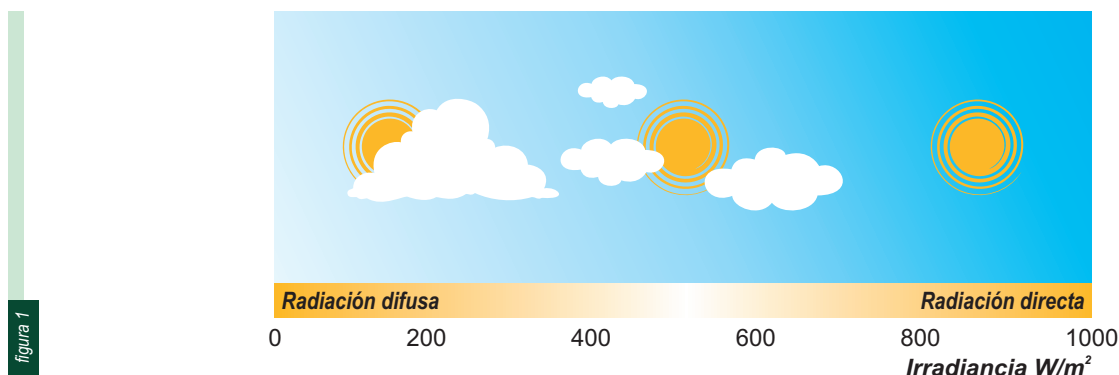
#### 1.1.2 Radiación difusa

Es la radiación recibida después de que los rayos del Sol hayan variado su dirección a consecuencia de la reflexión y dispersión en la atmósfera, y proviene de cualquier dirección del firmamento. Es la típica de un día encapotado y supone un tercio de la radiación recibida durante el año.

Existe otra forma de radiación que, aunque menos común, también puede darse en algunas circunstancias:

#### 1.1.3 Radiación reflejada

Es la radiación recibida después de haber sido reflejada por otro cuerpo cercano, por ejemplo un edificio acristalado o la superficie del mar.



### 1.2 Radiación solar a lo largo del año



**Perpendicular al plano de la elíptica**

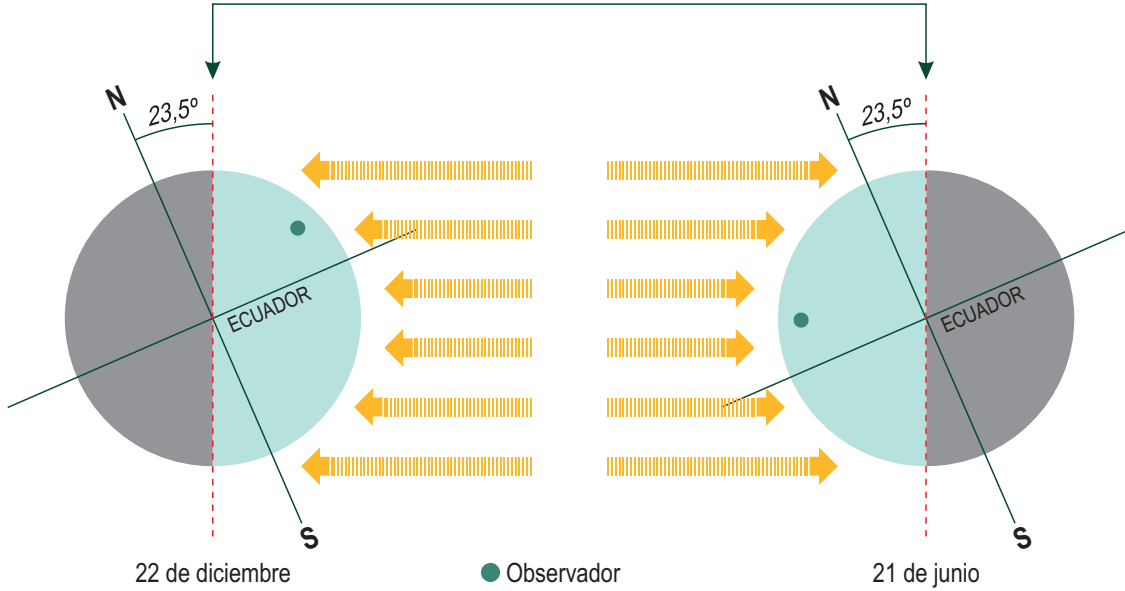


figura 4

### 1.3 Efecto invernadero

A todos los efectos la atmósfera es transparente a la longitud de onda de la radiación incidente (de  $0,3\mu\text{m}$  a  $3\mu\text{m}$ ), motivo por el cual es capaz de llegar a nosotros. Parte de esta radiación es absorbida por la superficie terrestre y otra parte es reflejada. Por efecto de la radiación absorbida la superficie de la Tierra aumenta de temperatura remitiendo posteriormente parte de la energía también por radiación, pero con una longitud de onda mayor (de  $4,5\mu\text{m}$  a  $7,2\mu\text{m}$ ) a la cual la atmósfera no es transparente. Este fenómeno genera un efecto de contención en la radiación haciendo que una vez recibida no vuelva a escapar, por lo menos en gran medida, manteniendo así el calor del planeta. Este conjunto de efectos es lo que denominamos comúnmente "efecto invernadero". Este efecto es aprovechado por los captadores solares para aumentar la temperatura en su interior.

Debido a la actividad humana y a una gran industrialización, está aumentando de forma artificial la cantidad de los gases que producen este efecto ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , etc.) incrementándose así la temperatura media del planeta.

La reducción de la emisión de estos gases es el principal interés para el desarrollo de las energías renovables.

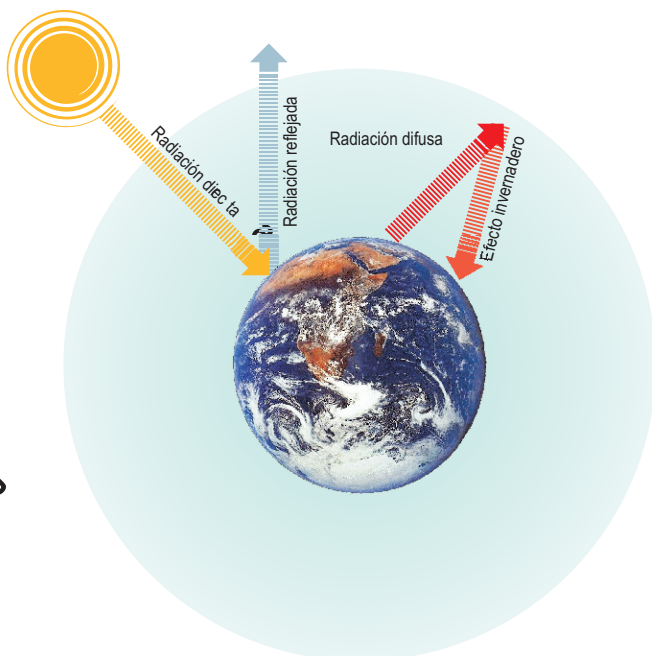


figura 5

### Selectividad transmisiva [efecto invernadero]

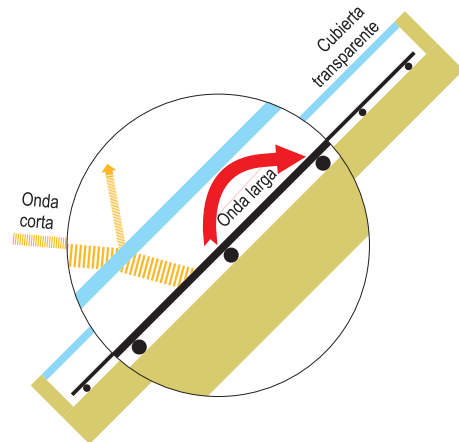


figura 6

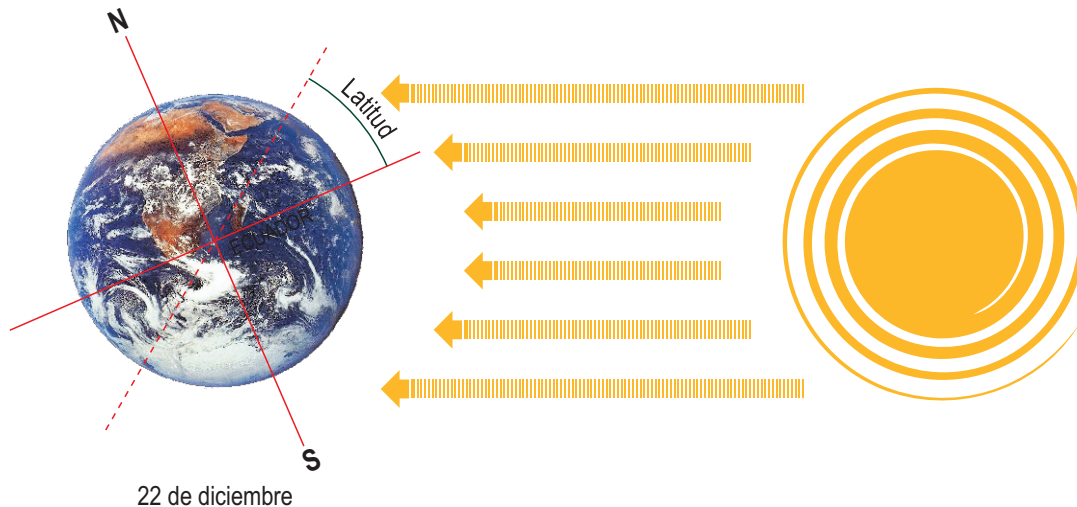


figura 7

22 de diciembre

## 1.4 Factores que influyen en la radiación directa

La radiación recibida en superficie no es igual en todos los lugares y varía en función de lo siguiente:

### 1.4.1 Situación geográfica

El primer factor del que depende la radiación incidente es la latitud del lugar, que es el ángulo formado entre un punto de la superficie terrestre, el centro de la Tierra y el ecuador (fig.3). El grado de latitud influye en la inclinación que se vaya a dar a los captadores. Cuanto más al norte, mayor será la latitud y mayor deberá ser el grado de inclinación de los captadores, puesto que el grado de inclinación de los rayos es menor.

### 1.4.2 Orientación

La radiación depende también de la orientación de los captadores, ya que en el hemisferio norte el mediodía solar se sitúa hacia el sur, cambiando de posición a lo largo del día de este a oeste.

### 1.4.3 Altitud

Cuanto mayor sea la altitud de la localidad, menor será el espesor de la atmósfera que tienen que atravesar los rayos solares y menor la atenuación que sufren los mismos.

### 1.4.4 Inclinación

El Sol ocupa, aproximadamente, el plano del ecuador, por lo que su radiación se recibe más perpendicularmente en zonas cercanas a éste.

### 1.4.5 Época del año (periodo de funcionamiento)

El número de horas de sol es mayor en verano que en invierno, y su altura sobre el horizonte varía continuamente, por lo que la radiación incidente depende de la época del año. Es interesante observar este dato para determinar la inclinación de los captadores según sea la utilidad del sistema (Calefacción, ACS, Calefacción + ACS).

Para disponer de datos concretos existen tablas indicativas de la radiación incidente en cada localidad para diferentes inclinaciones y orientaciones.

Existen además otras variables concretas de cada instalación que debemos observar, como son:

### 1.4.6 Sombras

La radiación incidente sobre el campo de captadores puede verse afectada por sombras producidas por obstáculos tanto naturales como artificiales, lo cual hace disminuir en mayor o menor medida la radiación recibida. Este factor puede ser uno de los motivos eximentes de la obligatoriedad de instalaciones solares.

### 1.4.7 Reflexiones

La radiación incidente puede verse incrementada por la radiación reflejada de forma natural (nieve, agua) o de forma artificial (cristaleras, paredes de color claro...).

A este tipo de radiación se le denomina radiación de Albedo y en condiciones normales no debe tenerse en cuenta a no ser que en las proximidades del campo de captadores se den las circunstancias antes citadas de forma muy determinante.

De todos modos el aumento en la ganancia que puede suponer es bastante pequeño.

## 1.5 Zonas climáticas

Con el fin de poder realizar los cálculos necesarios, debemos saber cuál es la radiación incidente en la zona donde se va a realizar la instalación. Para ello se ha realizado una división del país por zonas según su radiación incidente media anual. A estas divisiones se les denomina “zonas climáticas”.

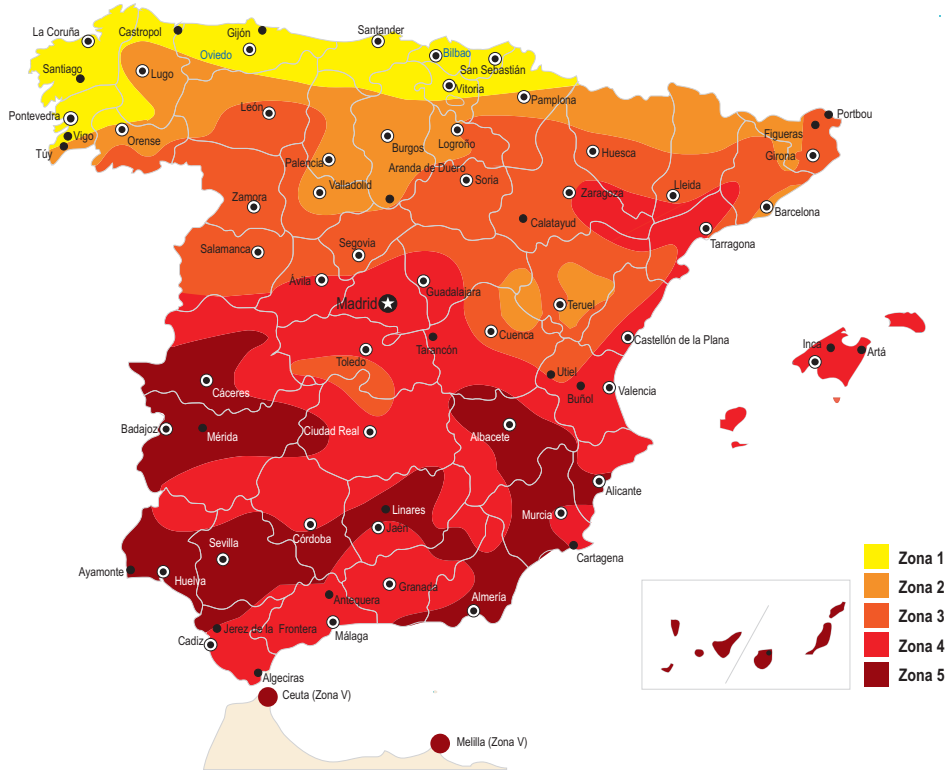


figura 8

En este otro mapa se indican en cada provincia dos datos relevantes. El número superior indica la radiación solar media anual por metro cuadrado en kWh, y la cifra inferior el número de horas de sol anual s. Estos datos se refieren a la capital de provincia pero son válidos, con poco margen de error, para el resto de las poblaciones.

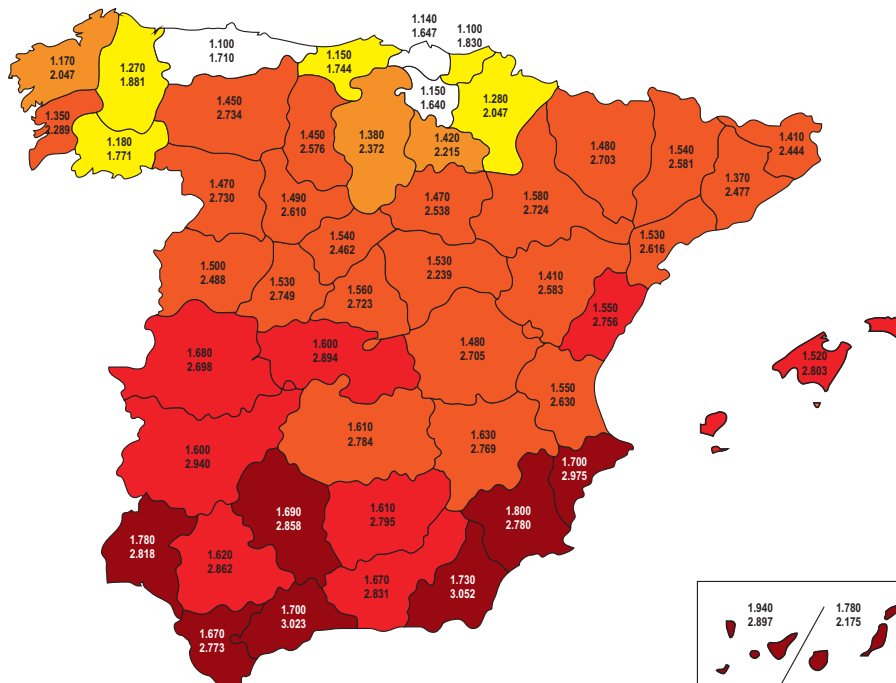


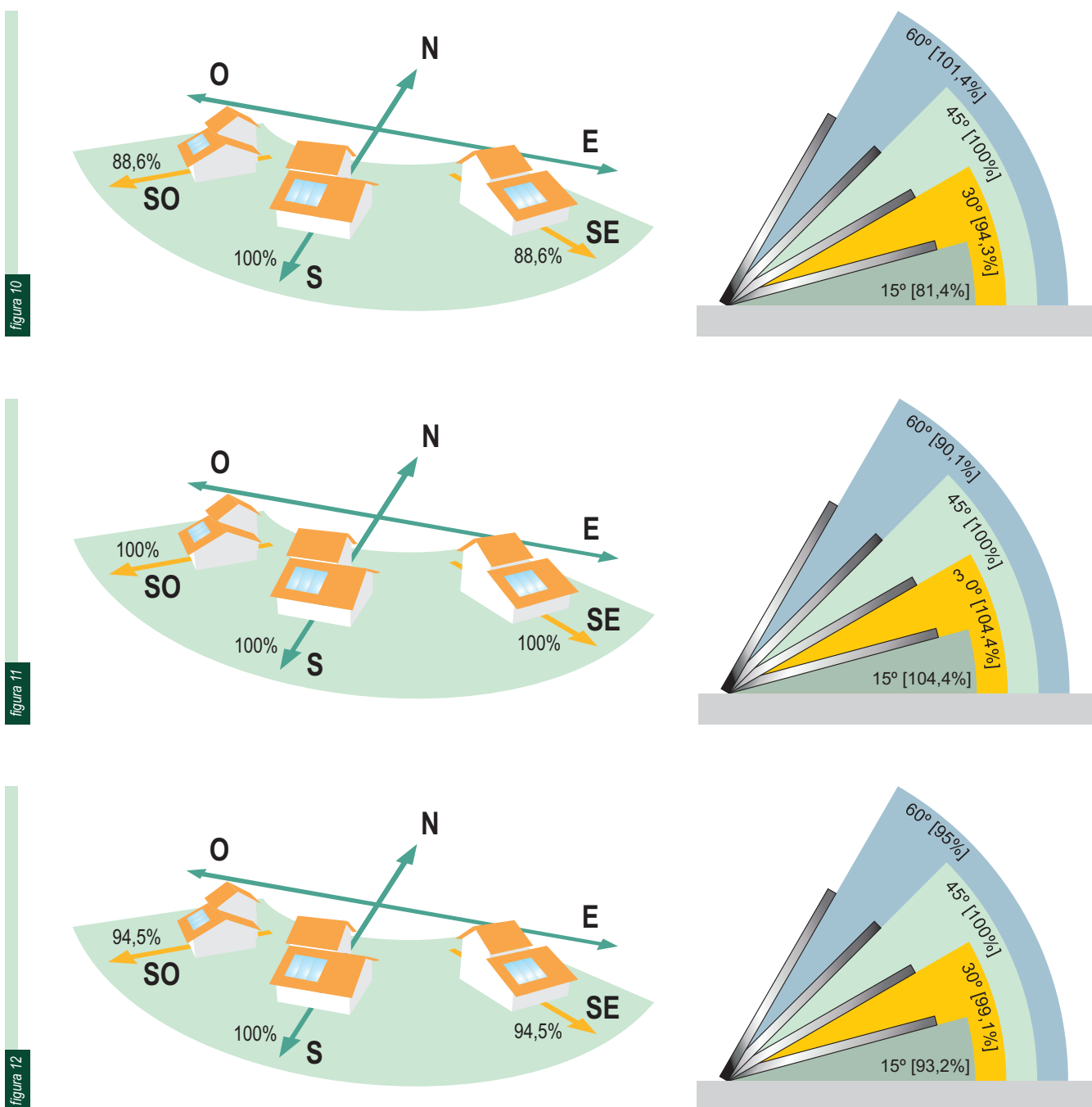
figura 9

## 1.6 Influencia de la orientación e inclinación de los paneles solares

La orientación idónea en todos los casos y aplicaciones siempre es hacia el sur. Sin embargo, desviaciones de hasta 45° tanto hacia el este como al oeste no suponen gran influencia, con lo cual en muchas ocasiones es más favorable colocar los captadores directamente sobre la cubierta que invertir en complicadas estructuras que encarecerían el proyecto y no supondrían gran beneficio para el rendimiento del sistema. Además, el impacto estético sería demasiado grande.

Debemos tener siempre en cuenta la amortización de la inversión.

### 1.6.1 Pérdidas por orientación e inclinación



Para decidir la inclinación de los captadores es completamente necesario saber cuál será el periodo de utilización del sistema, dado que en periodos de invierno la inclinación óptima necesaria es más alta que en periodos de verano.

Para poder decidir de forma rápida y muy aproximada cuál debe de ser la inclinación y la orientación óptimas de una instalación puede usarse el



siguiente gráfico:

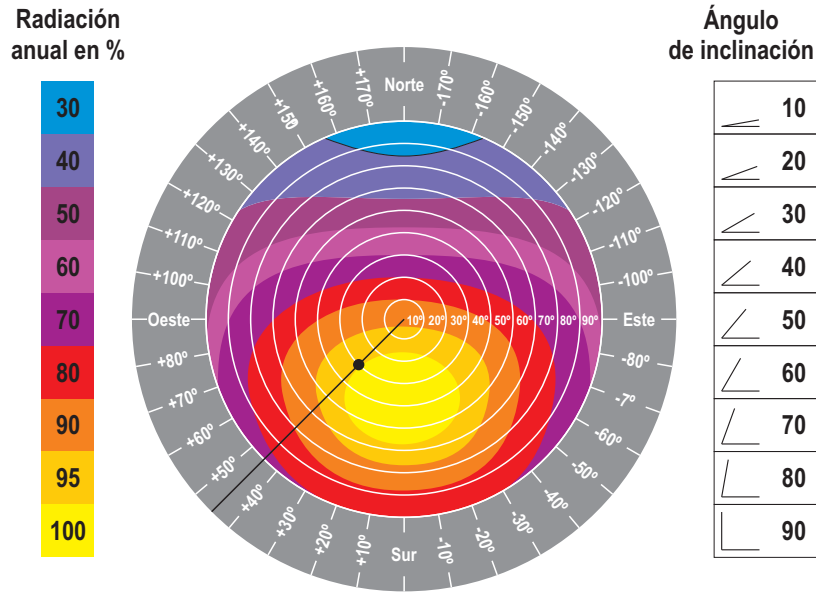


figura 13

Marcaremos con una línea la orientación o azimut de los captadores. La intersección entre dicha línea y el ángulo de inclinación fijado nos indicará el porcentaje de radiación anual aprovechable por los captadores.

### 1.6.2 Altura solar y trayectoria a lo largo del año

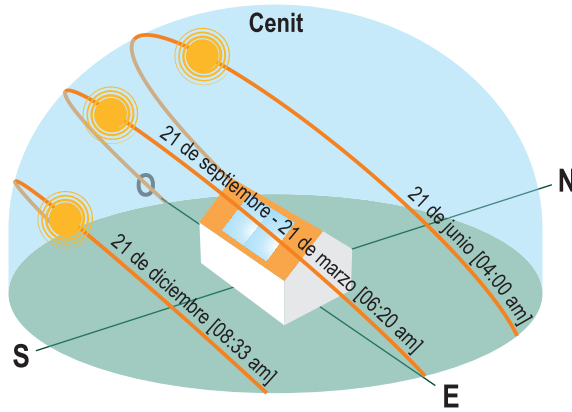


figura 14



## 1.7 Tablas

### 1.7.1 Radiación solar incidente en kWh/m<sup>2</sup>día sobre una superficie horizontal en el día medio de cada mes (H)

Provincia	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO*
ÁLAVA	1,26	1,92	3,11	3,61	4,11	4,61	5,03	4,81	3,97	2,64	1,53	1,14	3,15
ALBACETE	1,86	2,92	4,17	5,33	5,89	6,97	7,42	6,44	5,22	3,44	2,33	1,78	4,48
ALICANTE	2,36	3,33	4,53	5,25	6,42	6,89	7,17	6,25	5,08	3,78	2,72	2,11	4,66
ALMERÍA	2,47	3,39	4,56	5,44	6,42	6,83	7,03	6,25	5,14	3,86	2,78	2,22	4,70
ASTURIAS	1,47	2,14	2,94	3,39	4,17	4,22	4,67	4,11	3,44	2,72	1,64	1,28	3,02
ÁVILA	1,67	2,53	3,75	4,92	5,39	6,19	7,31	7,03	5,22	3,11	1,92	1,44	4,21
BADAJOS	1,81	2,78	3,78	5,19	6,06	6,83	7,19	6,61	4,97	3,42	2,28	1,72	4,39
BALEARES	2,00	2,97	4,00	4,50	5,83	6,31	6,72	5,72	4,56	3,36	2,36	1,81	4,18
BARCELONA	1,81	2,64	3,58	4,47	5,17	5,64	6,00	5,03	4,06	3,00	2,00	1,61	3,75
BURGOS	1,42	2,19	3,44	4,44	5,19	5,97	6,39	5,75	4,64	2,81	1,81	1,25	3,78
CÁCERES	1,89	2,78	4,08	5,44	6,14	6,97	7,81	7,06	5,47	3,53	2,47	1,83	4,62
CÁDIZ	2,25	3,19	4,36	5,14	6,17	6,61	7,19	6,39	5,03	3,94	2,78	2,06	4,59
CANTABRIA	1,39	2,06	3,06	3,61	4,47	4,72	5,11	4,31	3,61	2,64	1,61	1,25	3,15
CASTELLÓN	2,22	3,39	4,31	4,83	5,72	5,94	6,64	5,42	4,61	3,64	2,39	2,03	4,26
CEUTA	2,47	3,64	5,17	5,83	6,75	7,42	7,44	6,75	5,31	3,94	3,06	2,39	5,01
CIUDAD REAL	1,94	2,81	4,17	5,19	5,94	6,58	7,03	6,44	5,22	3,47	2,42	1,81	4,42
CÓRDOBA	2,00	2,81	4,19	5,14	6,06	7,19	7,92	6,97	5,53	3,50	2,39	1,92	4,63
CORUÑA, A	1,50	2,22	3,17	3,44	4,28	4,50	4,83	4,25	3,86	3,03	1,78	1,42	3,19
CUENCA	1,64	2,44	3,58	4,83	5,19	6,11	7,11	6,19	4,86	3,11	2,00	1,53	4,05
GERONA	1,97	2,92	3,94	4,42	5,19	5,28	6,19	5,14	4,14	3,25	2,17	1,83	3,87
GRANADA	2,17	3,00	4,22	5,14	6,08	6,89	7,42	6,56	5,22	3,58	2,67	1,97	4,58
GUADALAJARA	1,81	2,56	3,89	4,97	5,39	6,31	6,94	6,44	4,94	3,25	2,17	1,56	4,19
GUIPÚZCOA	1,53	2,14	3,14	3,25	4,06	4,50	4,47	3,78	3,53	2,86	1,72	1,39	3,03
HUELVA	2,11	3,14	4,44	5,42	6,69	7,11	7,97	7,11	5,89	4,03	2,56	2,08	4,88
HUESCA	1,69	2,67	3,97	5,19	5,64	6,14	6,42	5,81	4,69	3,14	2,00	1,42	4,06
JAÉN	1,86	2,81	4,00	5,00	5,64	6,78	7,42	6,69	5,33	3,31	2,25	1,81	4,41
LA RIOJA	1,56	2,44	3,81	4,61	5,33	5,94	6,47	5,78	4,50	2,97	1,89	1,33	3,89
LAS PALMAS	3,11	3,94	4,94	5,44	6,03	6,25	6,75	6,08	5,50	4,19	3,42	2,97	4,89
LEÓN	1,61	2,42	3,83	4,78	5,42	6,14	6,72	5,81	4,78	2,89	1,94	1,33	3,97
LÉRIDA	1,67	2,75	2,78	5,22	5,81	6,28	6,61	5,92	4,67	3,36	2,00	1,33	4,03
LUGO	1,42	2,11	3,25	4,22	4,75	5,42	5,61	5,11	4,17	2,75	1,72	1,25	3,48
MADRID	1,86	2,94	3,78	5,22	5,81	6,53	7,22	6,42	4,69	3,17	2,08	1,64	4,28
MÁLAGA	2,31	3,33	4,31	5,14	6,44	6,81	7,36	6,44	5,28	3,78	2,58	2,22	4,67
MELILLA	2,61	3,50	4,78	5,64	6,39	6,89	6,89	6,28	5,08	3,94	3,03	2,42	4,79
MURCIA	2,81	4,11	4,61	5,67	6,72	7,11	7,69	6,53	5,17	3,86	2,72	2,25	4,94
NAVARRA	1,39	2,06	3,42	4,03	4,75	5,25	5,69	5,06	4,50	2,83	1,67	1,25	3,49
ORENSE	1,31	2,03	3,14	3,89	4,50	4,89	5,08	4,61	3,97	2,61	1,56	1,19	3,23
PALENCIA	1,47	2,50	3,67	4,86	5,47	6,06	6,69	6,00	4,75	3,03	1,83	1,28	3,97
PONTEVEDRA	1,53	2,28	3,61	4,36	4,86	5,67	6,11	5,25	4,19	3,14	1,89	1,53	3,70
SALAMANCA	1,69	2,64	3,75	4,75	5,47	6,33	6,83	6,28	4,86	3,14	2,06	1,44	4,10
S.C. TENERIFE	2,97	3,69	5,03	5,97	7,14	7,36	8,14	7,39	5,89	4,50	3,00	2,58	5,31
SEGOVIA	1,58	2,44	3,72	5,11	5,67	6,28	7,14	6,92	5,22	3,17	1,89	1,42	4,21
SEVILLA	2,03	3,03	4,00	5,33	6,22	6,75	6,92	6,39	4,97	3,42	2,44	1,92	4,45
SORIA	1,64	2,42	3,56	4,75	5,47	6,06	6,69	6,19	4,86	3,08	2,11	1,56	4,03
TARRAGONA	2,03	2,97	4,14	4,89	5,61	6,25	6,61	5,69	4,56	3,42	2,44	1,75	4,20
TERUEL	1,69	2,44	3,58	4,64	5,11	5,72	6,06	5,75	4,69	3,06	1,97	1,47	3,85
TOLEDO	1,72	2,64	3,89	5,36	5,83	6,78	7,56	6,81	5,03	3,31	2,11	1,56	4,38
VALENCIA	2,11	2,94	4,14	5,03	5,72	6,33	6,61	5,75	4,64	3,33	2,42	1,83	4,42
VALLADOLID	1,53	2,44	3,86	4,78	5,53	6,28	6,97	6,39	5,08	3,11	1,92	1,17	4,09
VIZCAYA	1,39	1,97	3,00	3,53	4,31	6,64	4,97	4,36	3,64	2,58	1,67	1,28	3,11
ZAMORA	1,50	2,47	3,67	4,81	6,17	6,00	6,53	6,11	4,78	3,08	1,86	1,28	4,02
ZARAGOZA	1,75	2,72	4,22	5,08	6,06	6,72	6,97	6,50	5,08	3,36	2,06	1,80	4,34

## 1.7.2 Temperatura ambiente media diurna [°C]

Provincia	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO*
ÁLAVA	7	7	11	12	15	19	21	21	19	15	10	7	13,7
ALBACETE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	7	15,4
ALICANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	14	20,1
ALMERÍA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	16	20,5
ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	10	14,3
ÁVILA	4	4	8	11	14	18	22	22	18	13	8	5	12,3
BADAJOS	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	11	18,9
BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	14	18,8
BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12	18,5
BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	5	12,5
CÁCERES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	10	18,3
CÁDIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20,3
CANTABRIA	11	11	14	14	16	19	21	21	20	17	14	12	15,8
CASTELLÓN	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	13	19,2
CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	16	19,6
CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	8	16,3
CÓRDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	12	20
CORUÑA, A	12	12	14	14	16	19	20	21	20	17	14	12	15,9
CUENCA	5	6	9	12	15	20	24	23	20	14	9	6	13,6
GERONA	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10	17
GRANADA	9	10	13	16	18	24	27	27	24	18	13	9	17,3
GUADALAJARA	7	8	12	14	18	22	26	26	22	16	10	8	15,8
GUIPÚZCOA	10	10	13	14	16	19	21	21	20	17	13	10	15,3
HUELVA	13	14	16	20	21	24	27	27	25	21	17	14	19,9
HUESCA	7	8	12	15	18	22	25	25	21	16	11	7	15,6
JAÉN	11	11	14	17	21	26	30	29	25	19	15	10	19
LA RIOJA	7	9	12	14	17	21	24	24	21	16	11	8	15,3
LAS PALMAS	20	20	14	16	18	20	22	23	20	17	14	12	16,6
LEÓN	5	6	10	12	15	19	22	22	19	14	9	6	13,3
LÉRIDA	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8	17,1
LUGO	8	9	11	13	15	18	20	21	19	15	11	8	14
MADRID	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6
MÁLAGA	15	15	17	19	21	25	27	28	26	22	18	15	20,7
MELILLA	15	15	16	18	21	25	27	28	26	22	18	16	20,6
MURCIA	12	12	15	17	21	25	28	28	25	20	16	12	19,3
NAVARRA	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8	14,3
ORENSE	9	9	13	15	18	21	24	23	21	16	12	9	15,8
PALENCIA	5	7	10	13	16	20	23	23	20	14	9	6	13,8
PONTEVEDRA	11	12	14	16	18	20	22	23	20	17	14	12	16,6
SALAMANCA	6	7	10	13	16	20	24	23	20	14	9	6	14
S.C. TENERIFE	19	20	20	21	22	24	26	27	26	25	23	20	22,8
SEGOVIA	4	6	10	12	15	20	24	23	20	14	9	5	13,5
SEVILLA	11	13	14	17	21	25	29	29	24	20	16	12	19,3
SORIA	4	6	9	11	14	19	22	22	18	13	8	5	12,6
TARRAGONA	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12	17,9
TERUEL	5	6	9	12	16	20	23	24	19	14	9	6	13,6
TOLEDO	8	9	13	15	19	24	28	27	23	17	12	8	16,9
VALENCIA	12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13	18,8
VALLADOLID	4	6	9	12	17	21	24	23	18	13	8	4	13,3
VIZCAYA	10	11	12	13	16	20	22	22	20	16	13	10	15,4
ZAMORA	6	7	11	13	16	21	24	23	20	15	10	6	14,3
ZARAGOZA	8	10	13	16	19	23	26	26	23	17	12	9	16,8

### 1.7.3 Temperatura media del agua de la red general [°C]

Provincia	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO*
ÁLAVA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
ALBACETE	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
ALICANTE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
ALMERÍA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
ASTURIAS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
ÁVILA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
BADAJOS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
BALEARES	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
BARCELONA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
BURGOS	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
CÁCERES	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
CÁDIZ	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
CANTABRIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
CASTELLÓN	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
CEUTA	8	9	11	13	14	15	14	15	14	13	11	8	12,3
CIUDAD REAL	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
CÓRDOBA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
CORUÑA, A	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
CUENCA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
GERONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
GRANADA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
GUADALAJARA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
GUIPÚZCOA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
HUELVA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
HUESCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
JAÉN	8	9	11	13	14	15	17	16	14	13	11	7	12,3
LA RIOJA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
LAS PALMAS	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
LEÓN	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
LÉRIDA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
LUGO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
MÁLAGA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
MELILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
MURCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
NAVARRA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
ORENSE	5	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,2
PALENCIA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
PONTEVEDRA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
SALAMANCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
S.C.TENERIFE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
SEGOVIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
SEVILLA	10	11	12	13	14	15	16	16	15	13	11	10	13
SORIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
TARRAGONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
TERUEL	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
TOLEDO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
VALENCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
VALLADOLID	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
VIZCAYA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
ZAMORA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
ZARAGOZA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3

## 1.7.4 Temperatura máxima media [°C]

Provincia	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO*
ÁLAVA	8,1	9,9	11,8	13,7	17,8	21,3	24,6	24,9	22,7	17,7	11,4	8,1	16,0
ALBACETE	10,0	12,0	14,9	17,4	22,3	27,6	32,5	31,7	27,2	20,2	13,8	10,2	20,0
ALICANTE	16,9	17,8	19,5	21,3	24,2	27,7	30,8	31,1	29,1	24,7	20,2	17,2	23,4
ALMERÍA	16,8	17,5	18,9	20,7	23,3	27,0	30,1	30,4	28,5	24,4	20,5	17,7	23,0
ASTURIAS	11,4	12,6	14,0	14,6	17,0	20,0	22,3	22,5	22,1	18,3	14,5	12,3	16,8
ÁVILA	7,1	8,1	10,5	12,4	16,9	22,1	26,7	26,3	22,6	16,1	10,2	7,2	15,5
BADAJOS	13,8	15,4	18,3	20,5	25,0	30,0	34,0	33,8	30,3	23,9	17,6	13,9	23,0
BALEARES	14,9	15,3	16,7	18,8	22,8	27,3	30,7	30,6	27,6	23,2	18,7	15,9	21,9
BARCELONA	13,1	14,1	15,6	17,3	20,2	24,0	27,2	27,3	25,4	21,6	16,9	14,0	19,7
BURGOS	6,3	8,1	11,0	12,8	16,9	21,6	26,0	25,9	23,0	16,8	10,3	6,8	15,5
CÁCERES	12,0	13,5	17,1	18,0	22,5	28,9	33,4	32,6	30,2	22,5	15,9	12,6	21,6
CÁDIZ	15,6	16,3	17,9	19,3	21,8	24,5	27,4	27,9	26,6	23,3	19,1	16,2	21,3
CANTABRIA	12,4	13,1	13,8	14,7	17,2	19,8	22,2	22,5	21,7	19,2	15,3	13,0	17,1
CASTELLÓN	15,1	16,3	18,2	19,3	22,2	26,2	29,1	29,2	27,2	23,1	18,2	15,9	21,7
CEUTA	14,6	14,9	16,2	17,7	20,6	23,4	26,2	26,7	24,6	21,1	17,4	15,2	19,9
CIUDAD REAL	10,6	12,7	16,0	18,3	23,2	28,5	33,8	33,4	28,6	21,3	14,4	10,6	21,0
CÓRDOBA	14,8	16,7	19,7	21,9	27,0	31,4	36,2	35,8	31,7	25,1	18,7	15,0	24,5
CORUÑA, A	13,0	13,3	14,4	15,1	17,1	19,5	21,6	22,1	21,5	18,9	15,5	13,5	17,1
CUENCA	9,2	10,4	13,4	15,5	20,1	25,4	30,6	30,0	25,9	19,1	12,8	9,5	18,5
GERONA	12,6	13,5	15,6	17,3	20,9	25,1	28,9	28,2	25,6	20,9	15,8	13,4	19,8
GRANADA	12,9	14,8	18,0	19,6	24,1	29,7	34,0	33,6	29,7	22,8	17,1	13,3	22,5
GUADALAJARA	9,5	11,3	14,2	17,3	21,7	27,1	31,8	30,8	26,6	19,9	13,6	9,9	19,5
GUIPÚZCOA	10,6	11,3	12,5	13,8	16,8	19,3	21,5	21,8	21,4	18,3	13,7	11,1	16,0
HUELVA	16,6	17,5	19,5	21,6	24,4	27,5	31,0	31,6	29,1	24,8	20,1	16,8	23,4
HUESCA	8,3	11,0	14,3	16,9	21,4	26,2	30,5	29,5	25,6	19,3	12,6	8,6	18,7
JAÉN	12,8	14,2	17,1	19,7	24,7	29,8	34,6	34,0	29,6	22,6	16,3	12,7	22,3
LA RIOJA	9,3	11,5	14,3	16,4	20,7	25,2	29,1	28,4	25,5	19,6	13,2	9,6	18,6
LAS PALMAS	20,4	20,5	21,0	21,5	22,3	23,6	24,8	26,0	26,4	25,5	23,5	21,5	23,1
LEÓN	7,1	8,9	12,1	14,3	18,4	23,4	27,6	26,8	23,6	17,1	11,2	7,7	16,5
LÉRIDA	9,6	13,9	17,8	20,1	24,3	29,2	33,3	32,0	28,7	22,5	15,1	9,5	21,3
LUGO	10,0	11,0	12,9	14,6	17,2	20,5	23,0	23,5	22,1	18,0	13,1	9,9	16,3
MADRID	9,6	11,4	14,7	17,2	21,4	26,4	30,7	30,1	25,9	19,1	13,0	9,6	19,1
MÁLAGA	16,5	17,5	18,9	20,9	23,9	27,2	29,7	30,1	27,8	23,7	19,5	19,9	22,7
MELILLA	16,6	17,0	18,0	19,4	21,7	25,0	28,0	28,9	26,9	23,3	19,9	17,4	21,8
MURCIA	4,1	5,2	6,6	8,8	12,0	15,9	18,8	19,5	16,9	12,7	8,2	5,0	11,1
NAVARRA	8,4	10,9	13,2	15,0	18,9	23,7	27,5	27,2	24,9	19,1	12,7	9,4	17,6
ORENSE	11,7	14,4	17,0	18,6	21,7	26,4	29,3	29,4	27,1	20,8	15,4	12,4	20,4
PALENCIA	7,2	9,2	11,9	14,0	18,2	23,0	27,5	26,9	23,8	17,7	11,5	7,3	16,5
PONTEVEDRA	13,6	14,4	16,2	18,3	19,7	23,7	25,6	25,6	23,9	20,6	16,6	13,7	19,3
SALAMANCA	7,9	10,2	13,2	15,7	20,1	25,5	29,3	28,5	24,9	18,5	12,0	8,1	17,8
S.C.TENERIFE	20,8	21,0	21,8	22,2	23,7	25,5	28,5	28,9	27,8	26,0	23,6	21,6	24,3
SEGOVIA	7,4	8,9	11,7	14,0	18,6	24,1	28,8	28,1	23,6	17,4	10,9	7,4	16,7
SEVILLA	15,8	17,3	20,2	22,3	26,6	30,8	35,1	35,0	31,7	25,8	19,6	16,2	24,7
SORIA	7,2	8,7	11,5	13,6	18,1	23,2	28,0	27,6	23,9	17,4	11,0	7,7	16,5
TARRAGONA	14,6	16,2	18,6	20,6	23,8	27,7	31,0	30,7	28,2	23,5	18,1	15,0	22,3
TERUEL	9,2	10,5	13,2	15,8	19,2	25,1	29,7	28,5	25,2	18,3	12,8	9,2	18,1
TOLEDO	11,3	13,6	17,6	18,7	23,4	29,8	34,4	33,4	30,0	22,4	15,5	11,7	21,8
VALENCIA	15,9	16,9	18,4	19,9	22,5	25,8	28,7	29,0	27,3	23,5	19,0	16,3	21,9
VALLADOLID	7,4	9,7	12,6	14,6	18,7	23,8	28,4	27,9	24,5	18,1	11,6	7,6	17,1
VIZCAYA	12,9	14,0	15,3	16,4	19,6	22,4	25,0	25,1	24,4	21,0	16,1	13,4	18,8
ZAMORA	7,9	10,7	13,6	15,9	20,0	25,2	29,2	28,6	25,3	18,9	12,4	8,3	18,0
ZARAGOZA	10,1	12,8	15,8	18,4	23,0	27,6	31,3	30,4	26,9	20,8	14,0	10,1	20,1

## 1.7.5 Temperaturas mínimas medias [°C]

Provincia	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO*
ÁLAVA	1,1	2,0	2,5	4,7	7,1	9,9	12,1	12,2	10,4	7,8	3,6	1,8	6,3
ALBACETE	-0,1	0,7	2,1	4,4	8,2	12,3	15,6	15,6	12,8	8,0	3,3	0,4	6,9
ALICANTE	6,3	6,9	8,0	10,0	13,0	16,6	19,3	19,9	17,3	13,6	9,7	7,0	12,3
ALMERÍA	8,1	8,5	9,8	11,6	14,2	17,7	20,8	21,6	19,6	15,7	11,9	9,0	14,0
ASTURIAS	3,7	4,5	4,9	5,9	8,5	11,6	13,7	14,0	12,7	9,8	6,3	5,1	8,4
ÁVILA	-0,8	-0,1	0,8	2,8	6,1	10,0	13,0	12,5	10,4	6,2	1,9	-0,4	5,2
BADAJOS	3,5	4,8	5,8	7,9	10,8	14,5	16,6	16,2	14,8	11,0	6,7	4,0	9,7
BALEARES	3,4	3,9	4,4	6,3	10,0	14,2	17,0	17,6	15,6	12,0	7,4	5,0	9,7
BARCELONA	4,5	5,0	6,5	8,4	11,7	15,4	18,5	18,7	16,7	12,6	8,1	5,3	11,0
BURGOS	-1,1	-0,3	0,5	2,5	5,4	8,4	10,8	10,7	8,7	5,4	1,4	-0,4	4,3
CÁCERES	3,6	5,0	6,3	8,0	10,7	15,6	18,8	18,3	17,0	12,4	8,1	5,1	10,7
CÁDIZ	9,9	10,7	11,5	13,1	15,6	18,5	20,6	21,1	20,4	17,0	13,1	10,5	15,2
CANTABRIA	7,0	7,5	7,8	9,1	11,4	14,2	16,4	16,6	15,4	13,0	9,7	8,0	11,3
CASTELLÓN	5,0	6,0	7,1	9,0	12,2	16,3	19,2	19,7	17,5	13,5	8,9	6,4	11,7
CEUTA	8,4	8,4	9,0	10,0	12,1	14,8	17,2	17,6	16,0	13,7	10,9	8,9	12,3
CIUDAD REAL	0,8	1,7	3,2	5,4	8,8	13,1	16,2	16,0	13,3	8,4	3,7	1,1	7,6
CÓRDOBA	4,2	5,1	6,4	8,5	11,5	14,9	17,6	17,7	15,8	11,8	7,1	4,4	10,4
CORUÑA, A	7,5	7,7	8,2	9,2	11,1	13,4	15,2	15,6	14,7	12,6	9,8	8,3	11,1
CUENCA	-0,7	0,0	1,4	3,8	7,2	11,1	14,2	14,2	11,3	6,8	2,5	0,0	6,0
GERONA	0,9	2,2	3,9	5,9	9,8	13,8	16,6	16,6	14,3	9,6	4,7	2,0	8,4
GRANADA	0,2	2,0	3,0	5,3	8,5	12,5	14,7	14,6	12,4	8,0	4,1	1,5	7,2
GUADALAJARA	1,5	2,2	3,3	5,8	8,8	12,5	15,2	14,8	12,3	8,4	4,4	2,0	7,6
GUIPÚZCOA	5,3	5,7	6,2	7,5	10,2	13,0	15,3	15,5	14,5	12,1	8,2	6,0	10,0
HUELVA	7,7	8,2	9,5	11,5	14,0	17,3	19,6	19,7	18,1	14,7	10,6	7,9	13,2
HUESCA	1,1	2,3	3,8	5,8	9,2	12,9	16,0	15,9	13,8	9,8	4,9	1,7	8,1
JAÉN	4,6	5,5	7,1	9,0	12,7	16,5	20,0	20,0	17,2	12,3	7,6	4,7	11,4
LA RIOJA	2,2	3,1	4,4	6,6	9,5	12,7	15,2	15,2	12,9	9,3	5,1	3,0	8,3
LAS PALMAS	16,4	16,3	16,7	17,2	18,3	19,6	21,0	22,0	22,2	21,3	19,4	17,4	19,0
LEÓN	-0,9	0,0	1,1	2,8	5,8	9,3	11,7	11,4	9,9	6,4	2,4	-0,1	5,0
LÉRIDA	0,3	1,6	3,4	6,0	9,8	13,9	17,2	16,8	13,9	9,4	5,1	1,1	8,2
LUGO	1,7	2,1	2,7	4,4	6,3	9,3	11,4	11,4	9,8	7,1	4,1	2,7	6,1
MADRID	2,7	3,5	5,2	7,1	10,7	14,9	18,0	17,7	15,0	10,4	5,8	3,2	9,5
MÁLAGA	7,8	8,1	9,1	10,6	13,5	17,0	19,7	20,5	18,4	14,5	10,8	8,3	13,2
MELILLA	9,9	10,6	11,2	12,5	14,9	18,0	20,8	21,7	20,2	16,7	13,3	10,8	15,1
MURCIA	4,1	5,2	6,6	8,8	12,0	15,9	18,8	19,5	16,9	12,7	8,2	5,0	11,1
NAVARRA	0,7	2,1	2,8	4,8	7,6	10,9	13,4	13,4	11,5	8,3	4,0	2,0	6,8
ORENSE	3,0	4,2	4,5	6,2	8,8	12,2	14,5	13,9	12,4	9,1	5,8	4,1	8,2
PALENCIA	1,1	2,0	3,0	4,9	7,9	11,4	13,8	13,7	12,0	8,4	3,7	1,5	7,0
PONTEVEDRA	6,3	7,0	7,6	8,9	11,1	14,0	15,8	15,5	14,3	11,7	8,5	6,8	10,6
SALAMANCA	-0,4	0,5	1,5	3,6	6,7	10,4	12,7	12,1	10,1	6,2	2,0	0,1	5,5
S.C.TENERIFE	15,1	15,0	15,5	16,0	17,3	18,8	20,6	21,2	21,0	19,8	17,9	15,9	17,8
SEGOVIA	0,7	1,5	2,5	4,3	7,6	11,3	14,5	14,3	12,2	7,9	3,6	11,1	6,8
SEVILLA	5,5	6,5	7,8	9,8	12,6	16,6	18,6	18,6	17,1	13,2	8,9	6,0	11,7
SORIA	-1,4	-0,8	0,2	2,3	5,4	9,0	11,8	11,5	9,1	5,3	1,3	-0,9	4,4
TARRAGONA	5,5	6,4	7,5	9,9	13,0	16,7	19,7	19,9	17,3	13,2	8,9	6,3	12,0
TERUEL	-1,7	-0,7	0,4	2,9	6,2	10,3	12,9	12,7	10,2	5,6	1,2	-0,4	5,0
TOLEDO	0,9	2,7	4,3	6,8	10,2	15,2	18,6	18,1	15,3	10,0	5,9	2,6	9,2
VALENCIA	7,1	7,7	8,8	10,7	13,8	17,5	20,5	20,9	18,5	14,5	10,1	7,6	13,2
VALLADOLID	-0,2	1,1	1,8	3,8	6,6	10,4	12,9	13,0	10,9	6,6	2,5	1,0	5,9
VIZCAYA	4,8	5,3	5,5	7,1	9,6	12,3	14,4	14,6	13,2	11,0	7,5	5,7	9,3
ZAMORA	0,7	1,9	2,9	5,0	8,0	11,7	14,3	14,0	12,0	7,9	3,7	1,4	7,0
ZARAGOZA	2,3	3,2	4,7	7,2	10,6	14,5	17,3	17,2	14,4	10,0	5,5	2,9	9,2

## 1.7.6 Latitud y longitud de las capitales de provincia y temperatura mínima histórica

Provincia	Latitud	Longitud	Temperaturamínimahistórica
ÁLAVA	42,9	2,72W	-18
ALBACETE	39,0	1,87W	-23
ALICANTE	38,4	0,50W	-5
ALMERÍA	36,9	2,38W	-1
ASTURIAS	43,4	5,87W	-11
ÁVILA	40,7	4,70W	-21
BADAJOS	38,9	6,82W	-6
BALEARES	39,6	2,73E	-4
BARCELONA	41,4	2,08E	-7
BURGOS	42,3	3,62W	-18
CÁCERES	39,5	6,33W	-6
CÁDIZ	36,5	6,27W	-2
CANTABRIA	43,4	3,82W	-4
CASTELLÓN	40,0	0,0	-8
CEUTA	35,9	5,28W	-1
CIUDAD REAL	39,0	3,92W	-10
CÓRDOBA	37,9	4,85W	-6
CORUÑA, A	43,4	8,42W	-9
CUENCA	40,1	2,13W	-21
GERONA	42,0	2,77E	-11
GRANADA	37,2	3,77W	-13
GUADALAJARA	40,6	3,17W	-14
GUIPÚZCOA	43,3	2,03W	-12
HUELVA	37,3	6,95W	-6
HUESCA	42,1	0,33W	-14
JAÉN	37,8	3,78W	-8
LA RIOJA	42,5	2,33W	-12
LAS PALMAS	28,2	15,42W	-6
LEÓN	42,6	5,65W	-18
LÉRIDA	41,7	0,60E	-11
LUGO	43,0	7,48W	-8
MADRID	40,4	3,67W	-16
MÁLAGA	36,7	4,48W	-4
MELILLA	35,3	2,95W	-1
MURCIA	38,0	1,23W	-5
NAVARRA	42,8	1,63W	-16
ORENSE	42,3	7,85W	-8
PALENCIA	42,0	4,53W	-14
PONTEVEDRA	42,4	8,65W	-4
SALAMANCA	41,0	5,50W	-16
S.C.TENERIFE	28,5	16,25	-3
SEGOVIA	41,0	4,13W	-17
SEVILLA	37,4	5,90W	-6
SORIA	41,8	2,48W	-16
TARRAGONA	41,1	0,48E	-7
TERUEL	40,4	1,10W	-14
TOLEDO	39,9	4,05W	-9
VALENCIA	39,5	0,48W	-8
VALLADOLID	41,7	4,77W	-16
VIZCAYA	43,3	2,93W	-8
ZAMORA	41,5	5,75W	-14
ZARAGOZA	41,7	1,00W	-11

## 2. Aprovechamiento térmico

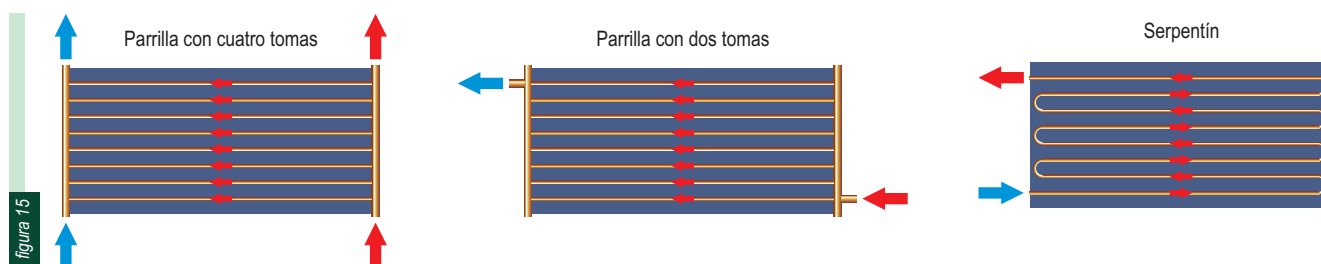
### 2.1 Captadores

#### 2.1.1 Captadores planos

Este tipo de captadores están basados en el antes mencionado “efecto invernadero”, y están constituidos generalmente por cuatro componentes fundamentales:

##### Superficie captadora

Está formada por una estructura de tubos colocados en forma de parrilla o de serpentín por donde circula el fluido caloportador que se pretende calentar. Estos tubos están en contacto directo con una “superficie selectiva” que capta la energía irradiada y la transfiere a los tubos. La superficie selectiva está diseñada para absorber la mayor cantidad de radiación electromagnética emitida por el Sol.



##### Cubierta transparente

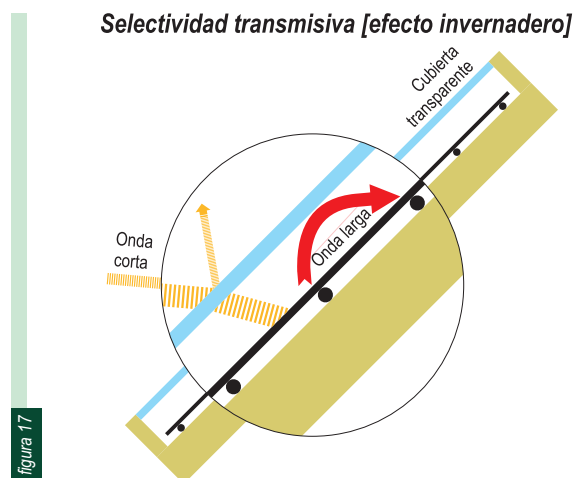
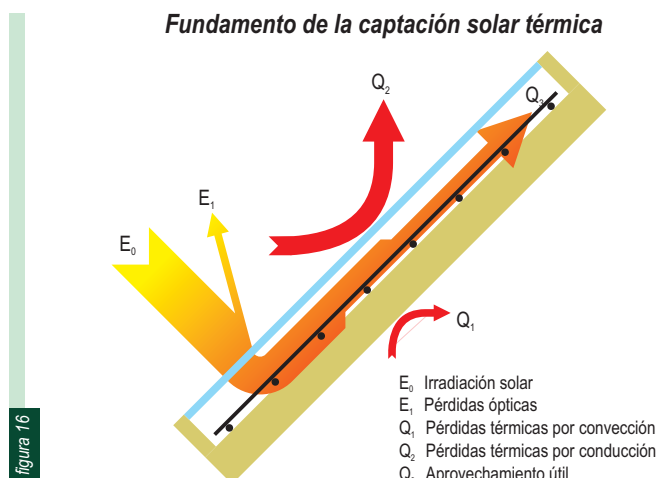
Construida normalmente de vidrio con bajo porcentaje de sales de hierro en su composición. De esta forma se aumenta la transparencia del vidrio. Los vidrios con sales de hierro se distinguen por su color verdoso.

Esta cubierta se utiliza como protección de la superficie captadora ante los agentes atmosféricos pero su principal finalidad, sin embargo, es la de producir el “efecto invernadero” en el interior del captador.

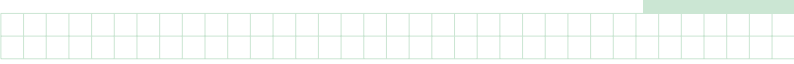
La cubierta de vidrio es transparente para longitudes de onda de entre 0,3m y 3m, y opaca para otras longitudes de onda.

La radiación solar comprende longitudes de onda de entre 0,3m y 2,4m por lo que la luz solar atravesará fácilmente el vidrio casi en su totalidad, ya que parte de la radiación es reflejada por la propia superficie del vidrio y otra parte es absorbida en el interior del mismo.

Después la radiación llega a la superficie captadora, que se calienta y a su vez emite una radiación con una longitud de onda comprendida entre 4,5m y 7,2m que el vidrio no deja escapar. Esta radiación se refleja de nuevo en la cara interna del vidrio haciendo que la superficie captadora se caliente aún más. Este fenómeno es el que denominamos efecto invernadero.







**Aislamiento térmico**

Colocado para reducir al máximo las pérdidas de energía que se puedan producir tanto por la parte trasera del captador como por sus laterales.

El aislamiento debe ser resistente a altas temperaturas (hasta unos 15 °C) y a la humedad y estará realizado con materiales que no emanen vapores que después puedan condensarse en la cubierta a causa de la temperatura.

**Carcasa**

Su misión es soportar y proteger los componentes que conforman el captador y actuar de enlace con la construcción sobre la que se va a colocar.

La carcasa debe ser de constitución rígida para proporcionar estanqueidad al agua, y ser resistente a la corrosión y a la temperatura.

**2.1.2 Captadores de caucho**

Son captadores que sólo disponen de superficie captadora, sin cubier a ni carcasa, y están fabricados en caucho, por lo que presentan grandes pérdidas en la captación, limitándose su uso principalmente a ins alaciones de baja temperatura en épocas con alto nivel de radiación y con temperaturas de ambiente altas, como puede ser el calentamiento de piscinas.



figura 18

**2.1.3 Captadores de tubos de vacío**

Básicamente el funcionamiento de estos captadores es el mismo que el de los anteriores, con la diferencia de que la superficie captadora (o absorbedor) está ubicada en el interior de un tubo en el cual se ha practicado el vacío.

Debido a este fenómeno las pérdidas de calor son mínimas, ya que ante la ausencia de aire no existe nada que pueda conducir el calor. Este tipo de colectores permite alcanzar temperaturas más altas.

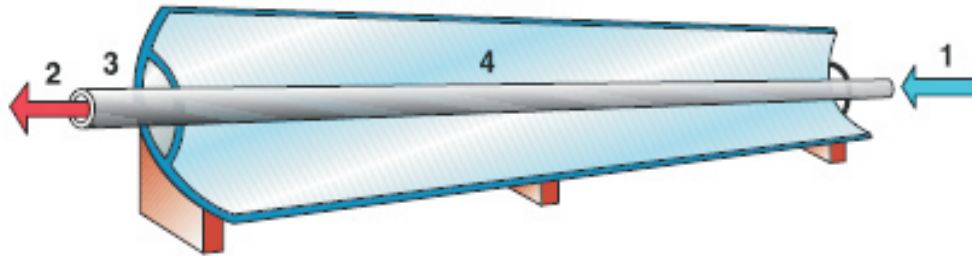
Existen dos tipos de tubos de vacío: los que calientan el agua direc amente y los que utilizan un fluido caloportador (mezcla de alcohol) que cambia de fase evaporándose y condensándose en el interior del tubo.



figura 19

## 2.1.4 Captadores concentradores

Normalmente suelen ser de forma parabólica con el fin de concentrar toda la radiación solar incidente en un solo punto o "foco". De esta forma se obtienen temperaturas mucho más elevadas que en los otros captadores.



1. Entrada agua fría
2. Salida agua caliente
3. Tubo conductor
4. Superficie receptora o captadora

figura 20

## 2.2 Rendimiento de un captador

En primer lugar debemos considerar que la energía útil (Q) suministrada por un captador en un instante dado es igual a la diferencia entre la energía absorbida por la placa y la energía perdida por el conjunto del captador.

De este principio se obtiene la denominada ecuación de Bliss, que expresamos a continuación:

$$Q = S [Fr I (\tau\alpha)_n - U_L (t_m - t_a)]$$

En donde:

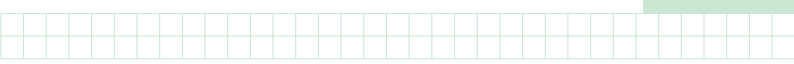
- Q = Potencia útil
- S = Superficie útil del captador
- Fr = Factor de eficacia de intercambio de calor entre el captador y el fluido
- I = Radiación incidente sobre la superficie del captador en  $W/m^2$
- $\tau$  = Transmitancia solar de la cubierta del panel
- $\alpha$  = Absortancia solar de la placa captadora
- $U_L$  = Coeficiente global de pérdidas ( $W/m^2C$ )
- $T_m$  = Temperatura media del captador (temperatura de la aplicación)
- $T_a$  = Temperatura ambiente exterior

Se entiende por rendimiento de un captador solar la relación existente entre la energía térmica proporcionada por el captador y la radiación recibida en éste. Los captadores reciben la radiación absorbiendo gran parte de la misma y transformándola en calor. La cantidad de radiación absorbida depende de la calidad del panel. La radiación que no se absorbe supone una pérdida de rendimiento.

El rendimiento de un colector depende directamente de estos factores:

Cuanto mayor sea la temperatura requerida mayores serán las pérdidas hacia el exterior y por tanto menor el rendimiento.

$$\uparrow t_m \downarrow \mu$$



De la misma forma, para una temperatura de producción fija, cuanto más alta sea la temperatura externa menores serán las pérdidas y por lo tanto mayor el rendimiento.

$$\uparrow t_a \uparrow \mu$$

Para finalizar, indicar que cuanto mayor sea la radiación incidente mayor es el rendimiento, ya que así se tardará menos tiempo en alcanzar la temperatura de consigna, y las pérdidas serán menores.

$$\uparrow I \uparrow \mu$$

Una vez realizados los ensayos con el captador se obtiene como índice de la eficacia del colector el valor de  $\mu$ .

$$\mu = \frac{Q}{SI}$$

De lo cual se concluye que el rendimiento de un colector es:

$$\mu = Fr(\tau\alpha) - U_L \left[ \frac{(t_m - t_a)}{I} \right]$$

### 2.2.1 Rendimiento óptico (FR)

Se refiere al rendimiento teórico suponiendo que las pérdidas en el captador son nulas.

Este dato es el que aparece en el eje de ordenadas de la tabla característica que proporcionan los fabricantes de captadores.

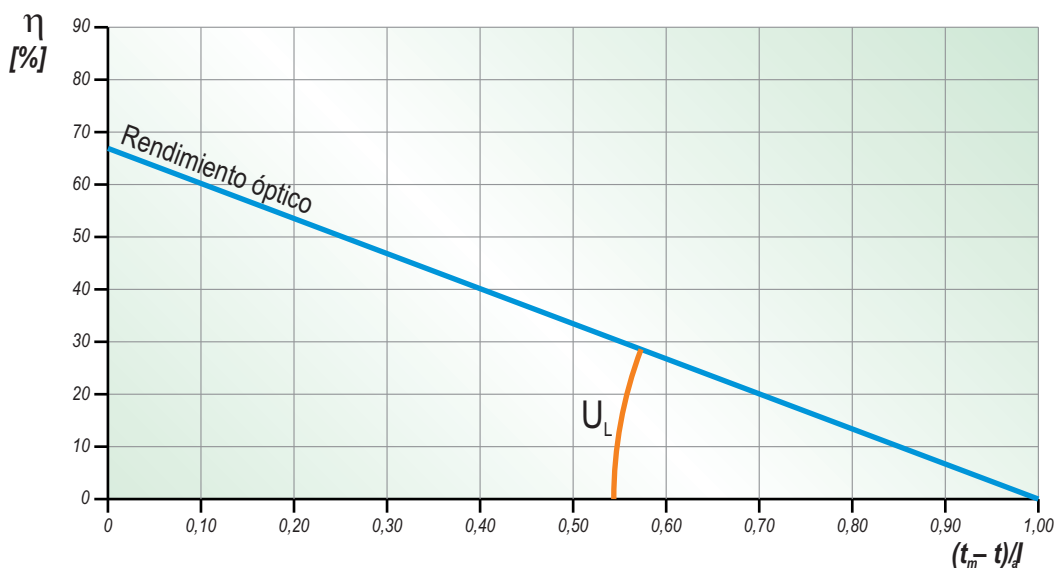


figura 21

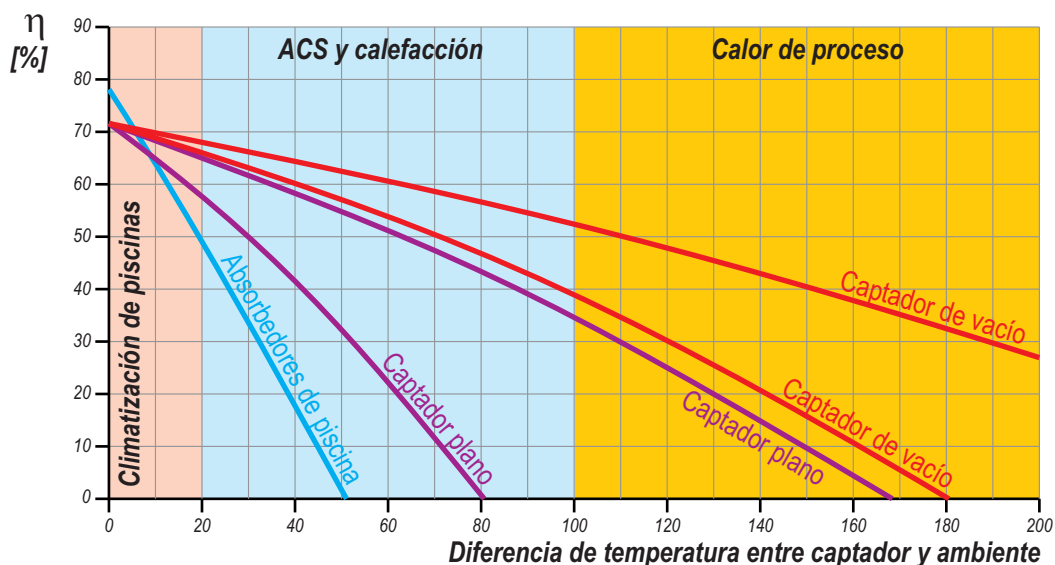


figura 22

## 2.2.2 Coeficiente global de pérdidas (UL) o (K1, K2)

En este factor se resumen todas las pérdidas de temperatura que sufre un captador ya sea por radiación, convección o conducción.

Este factor representa el ángulo de inclinación de la pendiente de la curva característica de cualquier colector solar. Cuanto más inclinada esté la curva característica, mayores pérdidas tendrá a medida que vaya aumentando la temperatura del captador.

Algunos fabricantes desglosan este factor en dos (K) empleando para el cálculo del rendimiento estas otras fórmulas:

$$U_L = K_1 + K_2(t_m - t_a)$$

$$\eta = \eta_0 - K_1\left(\frac{\Delta t}{I}\right) - K_2\left(\frac{\Delta t^2}{I}\right)$$

## 2.2.3 Diferencial térmico entre el captador y el ambiente

Como ya hemos explicado en el punto 2.2, el rendimiento de un captador se ve influido directamente por la temperatura de utilización de la aplicación solar y la temperatura ambiente donde está colocado el captador.

Así, para una cantidad de radiación incidente constante, cuanto mayor sea la diferencia entre la  $t_m$  del captador y la  $t_{amb}$ , mayor será la pérdida de rendimiento.

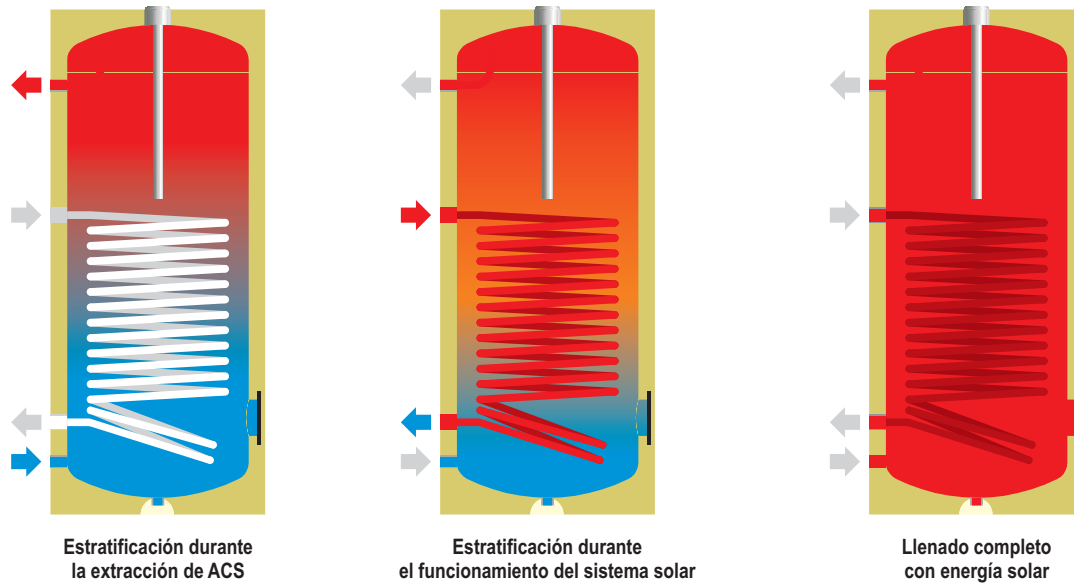
## 2.3 Acumuladores

En la mayoría de las ocasiones la demanda de energía por parte del usuario no coincide con el tiempo de captación, por lo cual se hace realmente imprescindible la utilización de sistemas de acumulación de energía para que ésta esté disponible cuando el usuario lo requiera.

Este acopio de energía lo realizaremos a través de acumuladores contruidos de tal manera que el aporte solar se realice por la parte inferior del mismo, que tiene un nivel térmico menor, y que el agua para la aplicación se extraiga de la parte más alta, con mayor nivel térmico. Estas condiciones nos obligan a utilizar acumuladores donde se favorezca el fenómeno de la estratificación. Por ello los acumuladores serán, preferiblemente, verticales y alargados.

Cuanto más alto sea el acumulador mayor será la diferencia de temperaturas entre la parte alta y la baja. La aportación solar se realiza a través de la parte baja, donde haremos recircular el fluido caloportador de los captadores a la menor temperatura posible, aumentando así su rendimiento.

figura 23



### 2.3.1 Clasificación de los acumuladores

Lo común es trabajar con tres tipos de acumuladores diferentes según la aplicación del sistema de energía solar.

Podemos encontrar acumuladores simples para aplicaciones de sistemas por termosifón o en instalaciones de circulación forzada donde se requiera un volumen de acumulación medio o alto.

En las aplicaciones sólo de ACS utilizaremos acumuladores de intercambio directo, es decir, interacumuladores. Para las aplicaciones de ACS y calefacción se utilizan los acumuladores denominados polivalentes o multifuncionales. Se trata de un interacumulador convencional en el que se ha introducido un acumulador simple donde se calienta el ACS. El volumen de agua primario que queda alrededor del acumulador es el que será utilizado para calefacción.

No está permitida la utilización de energías auxiliares convencionales para el calentamiento directo del acumulador.

figura 23



### 2.4 Regulación

Para conseguir el máximo rendimiento de la instalación se debe realizar un control exhaustivo de la temperatura tanto en los captadores como en el acumulador. Para ello emplearemos centralitas de regulación con termostatos diferenciales para comparar constantemente la diferencia de temperaturas entre captador y el acumulador, con el fin de parar o arrancar el circulador en el momento adecuado y obtener así el rendimiento óptimo para la aplicación que se esté controlando.

La sonda del captador se colocará en la parte más alta del mismo. El fabricante indicará en cada caso cuál es el lugar idóneo para colocar dicha

sonda en su captador. La sonda del acumulador se colocará en la parte inferior del mismo, donde la temperatura es más baja.

Comúnmente se establece que han de ajustarse dos diferencias térmicas diferentes, uno para poner en funcionamiento el circulador y otro para pararlo. El diferencial de arranque suele establecerse en un valor igual o superior a 7°C. Cuando la diferencia de temperatura entre el captador y el acumulador sea superior al valor indicado, la bomba arrancará. El diferencial de parada suele establecerse en un valor igual o inferior a 2°C. De esta forma, cuando las temperaturas de las sondas sean prácticamente iguales, es decir, cuando el captador ya no pueda entregar más energía al acumulador, el circulador se parará.

figura 25



### 2.4.1 Válvula mezcladora

A fin de evitar quemaduras por parte de los usuarios deberá instalarse a la salida del acumulador solar una válvula mezcladora que asegure una temperatura de distribución no superior a 60°C.

## 2.5 Configuración del campo de captadores

El caudal óptimo que normalmente debe circular por el campo de captadores debe ser de entre 50 y 75 l/m<sup>2</sup>/h. Dependiendo de cuál sea la aplicación tendremos varias posibilidades de conexión entre captadores para así conseguir la temperatura deseada para el caudal marcado por el fabricante. Estos datos pueden variar respecto a los indicados por los fabricantes. En función de la conexión hidráulica entre los captadores clasificaremos los circuitos en tres categorías:

#### Conexión en serie

Con ella se consiguen temperaturas de salida altas, con lo cual tiende a reducirse el rendimiento del conjunto. Su pérdida de carga es grande y el caudal que circula por todos los paneles es el mismo en cada uno de ellos.

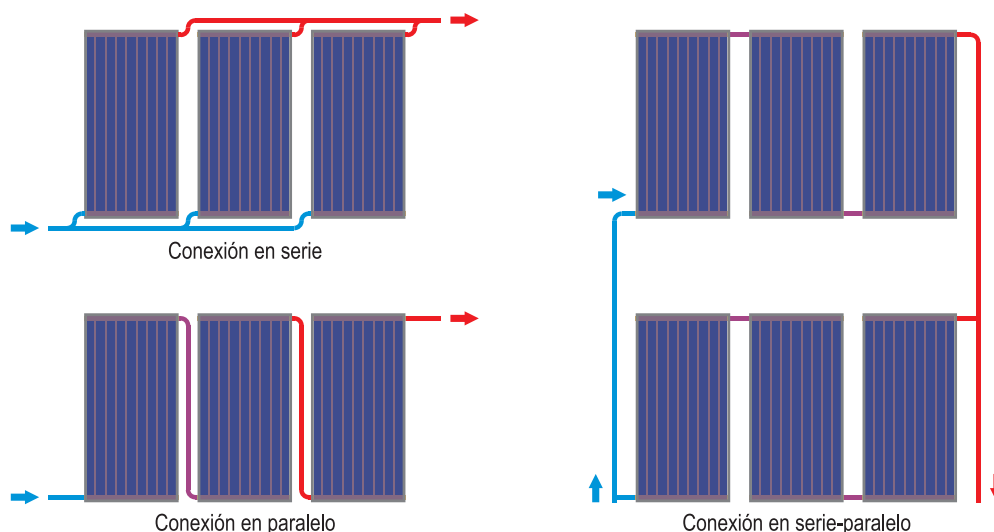
#### Conexión en paralelo

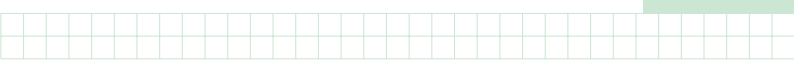
El caudal que circula por este sistema es la suma de caudales de cada panel, por lo que el caudal será mayor que en un sistema serie. La pérdida de carga de esta conexión es menor que en un sistema serie. Al aumentar el caudal de circulación la temperatura final es menor, y mejora el rendimiento del sistema.

#### Conexión mixta (serie-paralelo)

Utilizado en instalaciones medias o grandes para así ir compensando tanto el caudal como la pérdida de carga de todo el sistema.

figura 26





El fabricante y la reglamentación técnica a aplicar nos informan de cuál es el número máximo de colectores a instalar en cada sistema

Con el fin de favorecer un mejor equilibrado de los caudales en el sistema se recomienda realizar diseños con el denominado retorno invertido. De esta forma el caudal que circule por todos los paneles será prácticamente el mismo, ya que todos ellos presentarán la misma pérdida de carga. Realmente, tal y como se aprecia en el dibujo, el sistema deberá llamarse ida invertida ya que la distribución invertida es la de ida a los paneles, que tiene la menor temperatura.

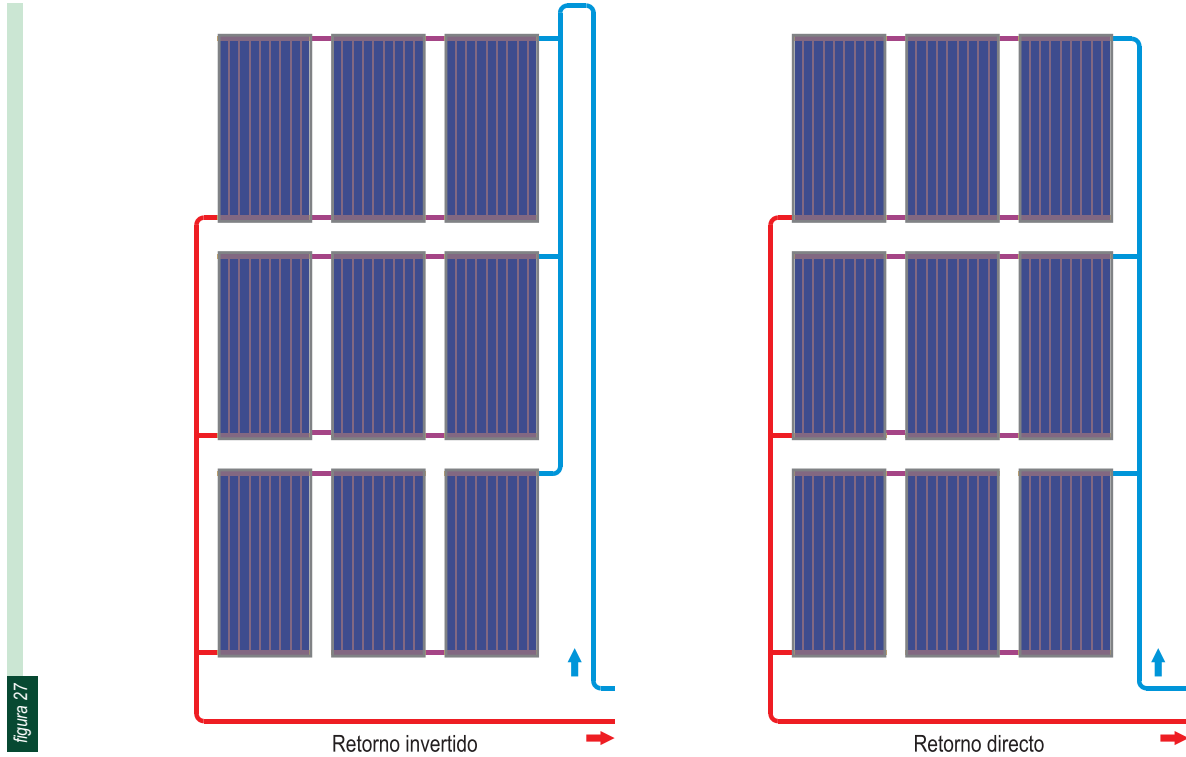


figura 27

## 2.6 Clasificación de sistemas por el principio de recirculación

Existen dos tipos bien diferenciados de sistemas en cuanto a la circulación del fluido caloportador, a saber:

### 2.6.1 Circulación por termosifón

Se trata de aquellas instalaciones en las que el fluido circula por convección natural, gracias a la diferencia de alturas. Son más baratas, ya que no requieren la instalación de componentes eléctricos, y el rendimiento del sistema suele ser elevado ya que en función de la radiación incidente y la temperatura, va regulando el caudal de recirculación de forma natural. Son ideales para instalaciones pequeñas en lugares donde no se dispone de energía eléctrica y la radiación incidente es alta. Como contrapartida, carecen de todo tipo de regulación, por lo que no podremos evitar el problema del estancamiento.

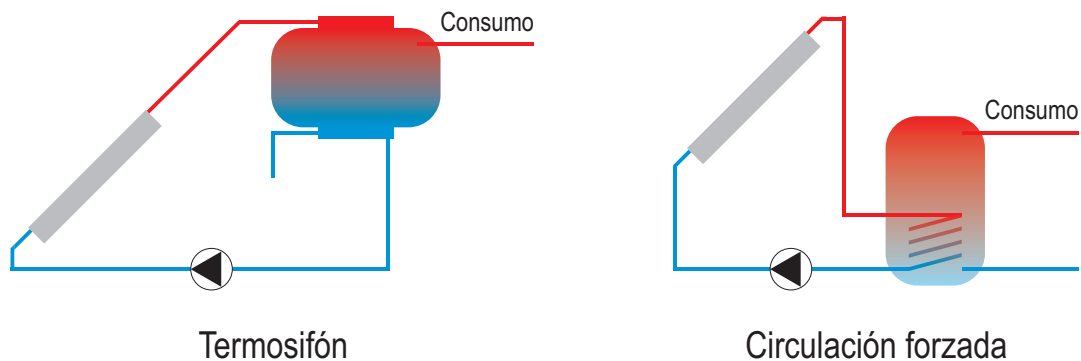


figura 28



## 2.6.2 Circulación forzada

Son aquellas instalaciones en las que se ha instalado una bomba de recirculación. Suponen una inversión mayor que las anteriores, pero con la tecnología actual puede realizarse cualquier regulación tanto en el control de la temperatura como en la seguridad.

Este tipo de sistemas permite una mayor integración arquitectónica, al no tener que instalar el captador en una posición obligada. Además, al poder realizar cualquier tipo de regulación mediante sistemas electrónicos evitaremos el riesgo de entrar en fase de estancamiento o congelación.

Tanto en el caso de la circulación por termosifón como en el de la circulación forzada deberá instalarse siempre una válvula antiretorno para evitar un flujo de fluido inverso por la noche.

## 2.7 Seguridad en el circuito hidráulico

### 2.7.1 Vaso de expansión

Es un dispositivo diseñado para absorber el aumento de volumen que experimenta el fluido caloportador al subir la temperatura. Debe instalarse con la toma hidráulica hacia arriba, en la parte más fría de todo el circuito, no debiéndose colocar llave de corte. La presión de llenado de la parte de aire será igual o algo inferior a la presión de llenado de la instalación.

En los casos en los que se use anticongelante como fluido caloportador, deberá tenerse en cuenta su coeficiente de dilatación.

Hay que mencionar que existen sistemas térmicos solares en el mercado que no precisan de instalación de vaso de expansión.

El volumen de vaso a calcular podrá en todo caso absorber el volumen de dilatación de todo el fluido del circuito primario más un 10%. No obstante, en la práctica, conviene sobredimensionar este componente con el fin de evitar problemas en el caso de que se prevea que el campo de colectores pueda llegar a la fase de estancamiento.

Para el cálculo del vaso de expansión cerrado realizaremos lo siguiente:

Obtendremos primero el volumen de dilatación:

$$V_D = V_I \times C_D$$

$V_I$  = Volumen de la instalación

$C_D$  = Coeficiente de dilatación

Y después aplicaremos la siguiente fórmula para obtener el volumen del vaso de expansión:

$$V_V = P_F \times \frac{V_D}{(P_F - P_I)}$$

En donde:

$V_V$  = Volumen del vaso de expansión

$P_F$  = Presión final. Presión de tarado de la válvula de seguridad (presión absoluta)

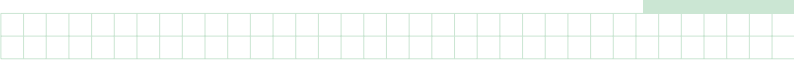
$P_I$  = Presión inicial. Presión de llenado del circuito (presión absoluta)

$V_D$  = Volumen de dilatación

**Coeficiente de dilatación del agua**

°C	$C_D$	°C	$C_D$	°C	$C_D$	°C	$C_D$	°C	$C_D$
20	0,00150	50	0,1180	65	0,0195	80	0,0287	95	0,0393
30	0,00408	55	0,0142	70	0,0224	85	0,0321	100	0,0431
40	0,00755	60	0,0168	75	0,0255	90	0,0356		

°C = diferencia de temperatura máxima en el circuito



## 2.7.2 Purgadores

Es el elemento diseñado para evacuar los gases de vaporización que se generan en el circuito primario. Debe estar preparado para trabajar a la intemperie y a temperaturas límite, tanto altas como bajas.

Para favorecer el purgado se suelen colocar en la línea botellines de desaireación como el de la figura siguiente:

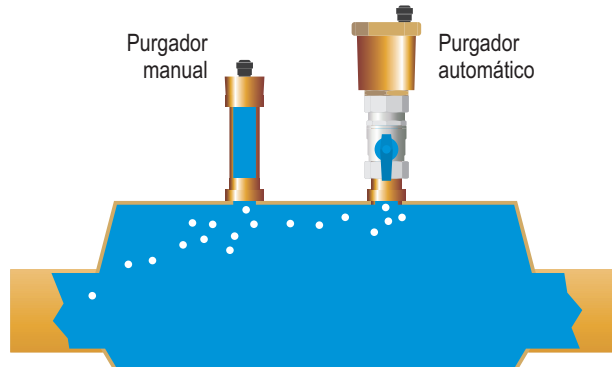


figura 29

Es importante colocar llaves de corte para interrumpir el flujo hacia el purgador y evitar así fugas de anticongelante en caso de que éste falle. Al terminar el purgado de la instalación las llaves deberán permanecer cerradas.

## 2.7.3 Válvulas de seguridad

Como tratamos con circuitos de circulación cerrados deberán instalarse unas válvulas de seguridad de un tarado igual o inferior a la presión de trabajo máxima del elemento más débil de la instalación, que en este caso será el captador solar. Este dato deberá ser facilitado por el fabricante.

## 2.7.4 Protección contra la congelación

El colector solar es el elemento de mayor coste de la instalación y su vez el único que obligatoriamente debe estar a la intemperie. Por ello nos veremos obligados a protegerlo de los riesgos de congelación que pueden surgir durante las noches de invierno.

Existe un fenómeno denominado radiación nocturna por el cual cuando el cielo está despejado por la noche, la bóveda celeste actúa como un gigantesco cuerpo negro absorbiendo la radiación térmica enviada por los colectores. Esto hace que la temperatura de los paneles pueda llegar a la congelación con temperaturas de ambiente sobre cero.

Para la protección contra la congelación las medidas convencionales más utilizadas son:

### Aplicación de anticongelantes

Los líquidos anticongelantes más comunes son el propilenglicol y el etilenglicol. El porcentaje de concentración habitual es de un 30%, con lo que disminuye el punto de congelación hasta unos  $-15^{\circ}\text{C}$  aproximadamente. La temperatura mínima histórica registrada en España es de  $-23^{\circ}\text{C}$  en Albacete.

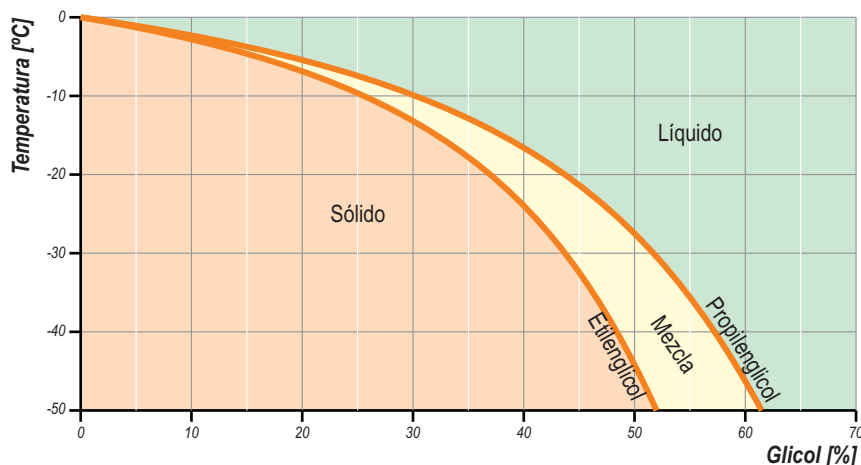


figura 30

### Recirculación

A través de la centralita de regulación se accionará la bomba d l primario para calentar la placa con la energía acumulada, hasta que la temperatura del captador supere una temperatura de riesgo prefijada por el mantenedor (por ejemplo: 4°C).

### Energía de apoyo

Se trata de una resistencia eléctrica conectada ya sea al absorbedor d l captador o a la conducción del fluido. Dicha resistencia entrará en funcionamiento cuando la temperatura del fluido sea inferior a una prefijada.

### Vaciado (y posterior llenado)

Mediante un sistema de regulación electrónico se puede determinar que, si la instalación llega a determinada temperatura de riesgo o queda en desuso en época invernal, se proceda al vaciado automático del campo de captadores.

El líquido caloportador se recogerá en un recipiente diseñado tal efecto a fin de recuperar dicho fluido cuando la instalación vuelva a funcionar. Cuando esto ocurra, a través de un sistema de bombeo o compresión se rellenará de nuevo el circuito del campo de captadores (por ejemplo: sistema drain back).

## 2.7.5 Protección contra sobretemperaturas

Desgraciadamente cuando más intensidad de radiación existe (é oca estival) es cuando menos energía calorífica se requiere. Por lo tanto en muchas ocasiones se presenta el problema de que los captadores solares no tienen dónde almacenar tanta energía y se puede producir el fenómeno de estancamiento (el rendimiento del captador solar se reduce a cero ya que la energía que se pierde es igual o mayor que la que se recibe, debido a la sobretemperatura).

Para evitar este problema existen varios métodos que elegiremos en función de las condiciones de uso.

### Sobredimensionado

Se trata de sobredimensionar tanto el sistema de expansión como el de acumulación. Este sistema es válido cuando el riesgo de sobretemperatura es relativamente pequeño.

### Anulación de captadores

Es una solución un tanto rudimentaria pero muy efectiva, que consiste en tapar los captadores con una lona opaca que evite la captación solar, ya sea total o parcial, de todo el campo de captación. Recomendada para viviendas unifamiliares con fácil acceso al campo de captación.

### Vaciado de la instalación

El proceso sería el mismo que utilizamos para la protección contra heladas, pero cuando se alcanza la temperatura máxima indicada por el fabricante. Puede hacerse de forma automática (drain back) o manual.

### Disipación

Con el fin de eliminar o aprovechar para otros usos la energía sobrante para la producción de ACS pueden utilizarse sistemas de disipación a través de aerotermos o aprovechar dicha energía para calentar una piscina, lo cual sería la mejor opción si se dispone de ella.

## 2.8 Energía auxiliar

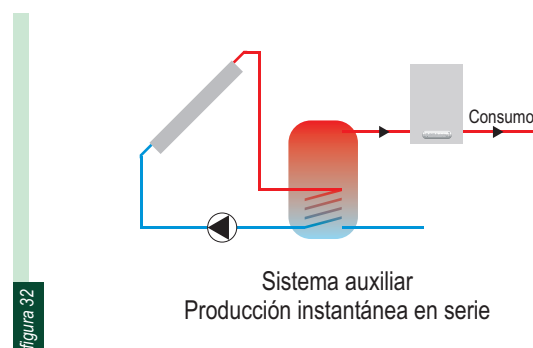
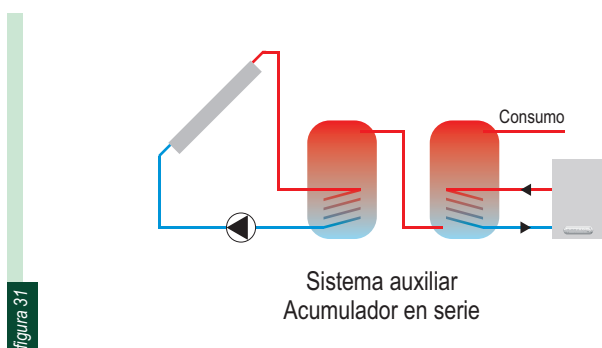
En épocas de poca radiación incidente el sistema solar será incapaz de proporcionar la temperatura de ACS deseada para un confort mínimo, por lo que deberá utilizarse un sistema de energía auxiliar para poder alcanzar la mencionada temperatura.

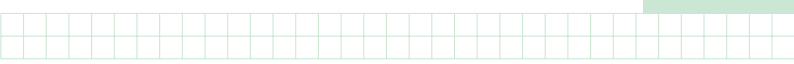
Según el CTE queda prohibido el uso de sistemas auxiliares de energía convencional en el circuito primario de captadores.

Existen dos formas básicas de aplicación de la energía auxiliar:

Acumulador auxiliar en serie

Energía auxiliar instantánea en serie





La opción de la acumulación auxiliar en serie es la más idóea, ya que requiere un generador de baja potencia. Permite disfrutar de caudales de ACS más grandes. Es válida tanto para instalaciones en viviendas nifamiliares como en colectivas, colocando un pequeño acumulador en cada vivienda. Como contrapartida tiene el gran inconveniente del espacio.

El acumulador auxiliar siempre será de menor volumen que el solar.

La segunda opción requiere de generadores auxiliares de mayor potencia, los cuales deberán ser modulantes y preferiblemente de alto rendimiento para sufragar en mayor medida el gran consumo que supone la producción instantánea.

En cualquiera de los casos se deberá ajustar una temperatura de consigna en la fuente auxiliar que no disminuya en exceso la temperatura de confort para el usuario.

**Instalaciones colectivas**

figura 33

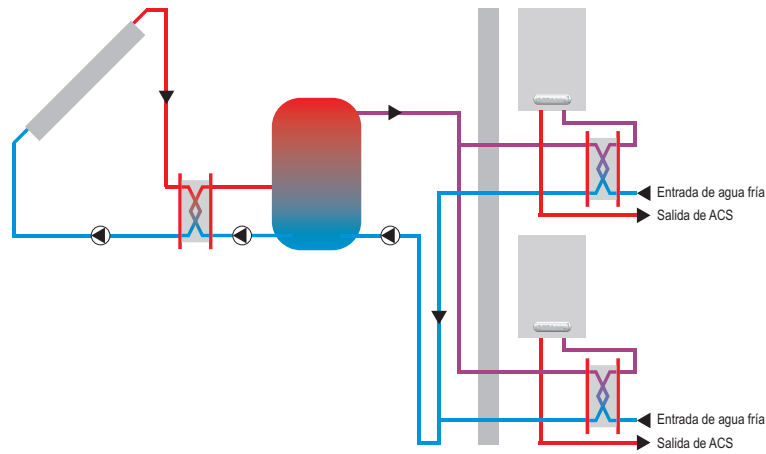


figura 34

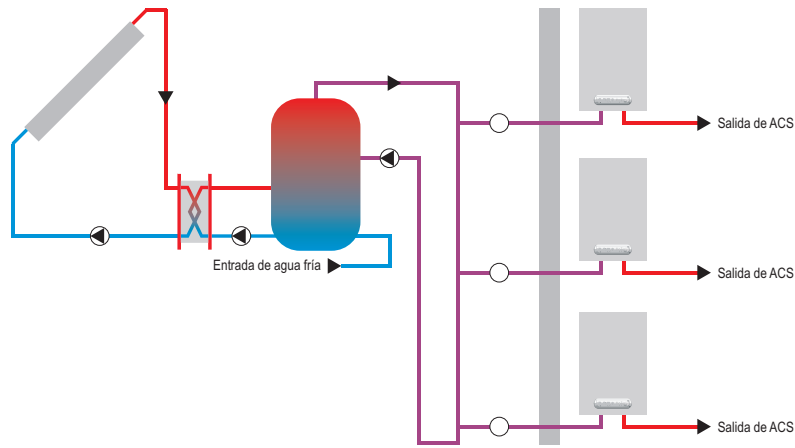
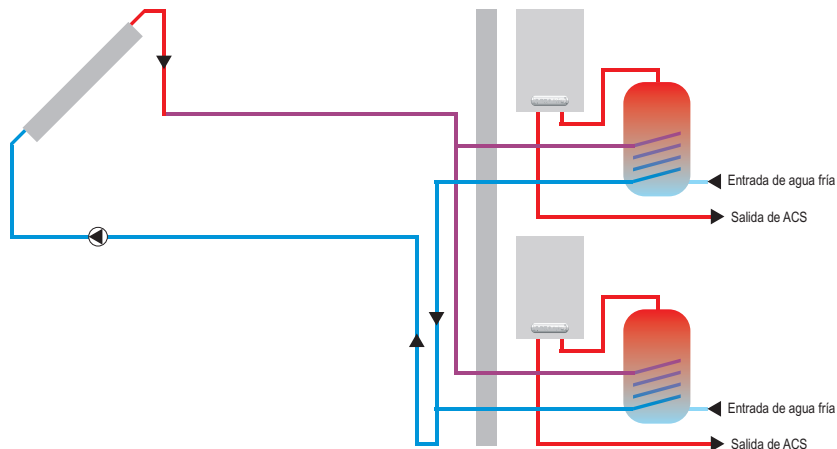


figura 34



## Instalaciones pequeñas o Individuales

figura 36

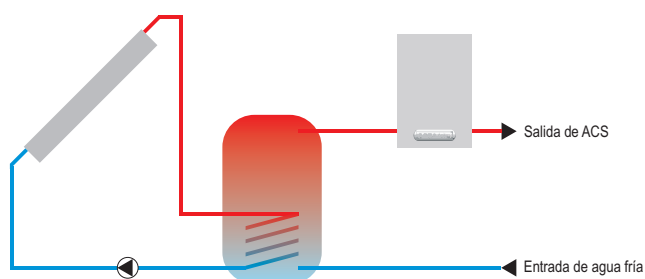
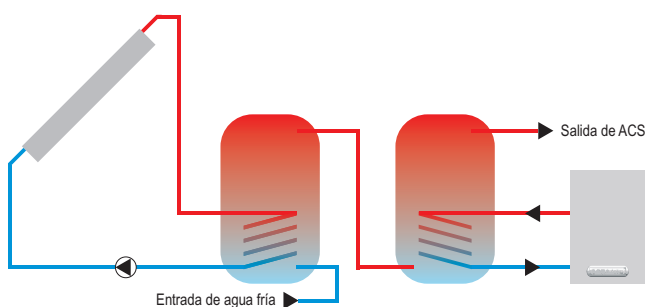


figura 37



## 3 Normativa y reglamentación

### 3.1 Código técnico de la edificación (Sección HE 4)

Su ámbito de aplicación se extiende a todos los edificios de nueva construcción y a la rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista demanda de ACS y/o climatización de piscina cubierta.

La contribución solar mínima es una exigencia básica que podrá disminuirse justificadamente en cualquiera de los siguientes casos:

Cuando dicha contribución ya se cubra con otro tipo de energías renovables como en los casos de cogeneración o fuentes de energía provenientes de recuperadores de calor.

Cuando el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al Sol por barreras externas al mismo.

En rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración existente en el edificio o de la normativa urbanística aplicable.

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.

Si así lo determina el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

En los edificios que se encuentren en los cuatro últimos casos, se justificará la inclusión alternativa de medidas o elementos que produzcan un ahorro energético térmico o reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes a las que se obtendrían mediante la instalación solar, respecto a los requisitos básicos que fije la norma vigente, realizando mejoras en el aislamiento térmico y en el rendimiento energético de los equipos.

### 3.1.1 Contribución solar mínima

Realizada a una temperatura de referencia de 60°C.

Contribución solar mínima en %. Caso general					
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

Contribución solar mínima en %. Caso efecto Joule					
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

Contribución solar mínima en %. Caso climatización de piscinas	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
	30	30	50	60	70

### 3.1.2 Orientación e inclinación óptimas

Se considerará como orientación óptima la sur y la inclinación se calculará en función del periodo de utilización, tal y como se ha explicado en los puntos 1.4.5 y 1.6 optando por uno de estos tres valores:

Demanda constante anual: latitud geográfica.

Demanda preferentemente en invierno: latitud geográfica + 10°.

Demanda preferentemente en verano: latitud geográfica – 10°.

### 3.1.3 Cálculo y dimensionado

#### 3.1.3.1 Cálculo de la demanda

Demanda de referencia a 60°C	
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
Cámping	4 0 por emplazamiento
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 alumuerzo

### 3.1.3.2 Adjudicación de personas por vivienda

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Número de dormitorios

Para el cálculo de la contribución solar anual, se estimarán las demandas correspondientes a la ocupación plena, salvo en instalaciones de uso residencial turístico en las que se justifique un perfil de demanda propio de ocupaciones parciales.

Se tomarán como pertenecientes a un único edificio la sumas de demandas de ACS de diversos edificios ejecutados dentro de un mismo recinto. Igualmente en el caso de edificios de varias viviendas o usuarios de ACS se considerará la suma de demandas de todos ellos.

Para piscinas cubiertas, la temperatura seca del aire del local será entre 2 y 3°C superior a la del agua, con un mínimo de 26°C y un máximo de 28°C. La humedad relativa se mantendrá entre 55% y 70%. Se recomienda escoger un valor de 60%.

### 3.1.3.3 Zonas climáticas

RADIACION SOLAR GLOBAL			
ZONA	MJ/m <sup>2</sup> día	kWh/m <sup>2</sup> día	kWh/m <sup>2</sup> año
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$	$H < 1.389$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$	$1.389 \leq H < 1.531$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$	$1.531 \leq H < 1.683$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$	$20.1683 \leq H < 1.825$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$	$H \geq 1825$

Se han obtenido teniendo en cuenta la radiación solar global media diaria anual sobre una superficie horizontal (H). Ver tabla 1.7.1.

### 3.1.4 Condiciones generales de la instalación

Las instalaciones se realizarán con un circuito primario y otro secundario independiente, con fluido anticongelante, evitándose cualquier tipo de mezcla entre los distintos fluidos que pueden operar en la instalación.

En las instalaciones que cuenten con más de 10 m<sup>2</sup> de superficie de captación correspondiendo a un solo circuito primario, éste será de circulación forzada.

Si la instalación debe permitir que la temperatura del agua alcance un valor superior a 60°C, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado.

Se instalarán manguitos electrolíticos entre elementos de diferentes materiales para evitar el par galvánico.

#### 3.1.4.1 Protección contra heladas

La instalación estará protegida con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no sea inferior a KJ/Kg K cuando la temperatura sea 5°C inferior a la mínima histórica registrada, a fin de proteger contra las heladas los elementos del circuito primario de captadores.

Así mismo, se podrá utilizar otro sistema de protección contra heladas que, alcanzando los mismos niveles, sea aprobado por la administración competente.

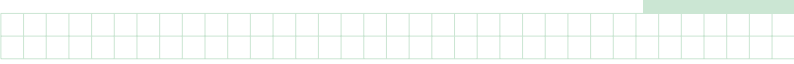
#### 3.1.4.2 Protección contra sobrecalentamientos

Se debe dotar a las instalaciones solares de dispositivos de control automáticos o manuales que eviten los sobrecalentamientos de la instalación que puedan causar daños a los equipos.

En el caso de dispositivos automáticos se evitarán de forma muy especial las pérdidas de fluido anticongelante.

Cuando las aguas sean duras, es decir, con una concentración de sales de calcio entre 100 y 200 mg/l, se evitará que la temperatura de trabajo en cualquier punto del circuito de consumo supere los 60°C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionela.





### 3.1.4.3 Protección contra quemaduras

En sistemas de ACS donde la temperatura del agua en los puntos de consumo pueda superar los de 60°C debe instalarse un sistema automático de mezcla que limite la temperatura de suministro a 60C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas.

### 3.1.4.4 Prevención de flujo inverso

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

Para evitar estos flujos es aconsejable utilizar válvulas antirretorno, salvo que el sistema sea por circulación natural.

### 3.1.5 Criterios generales de cálculo

Se realizará un proyecto en el que se establecerá el método de cálculo, especificando al menos de forma mensual los valores medios diarios de la demanda energética y de la contribución solar. Así mismo se incluirán en dicho proyecto las prestaciones globales anuales definidas por:

- Demanda de energía térmica.
- Energía solar térmica aportada.
- Fracciones solares mensuales y anuales.
- Rendimiento medio anual.

El rendimiento del captador, independientemente de la aplicación usada, debe ser siempre igual o superior al 40%. Igualmente, el rendimiento medio dentro del periodo del año en el que se utilice la instalación deberá ser mayor del 20%.

#### 3.1.5.1 Sistema de captación

En las instalaciones destinadas a la producción exclusivamente de ACS se recomienda que el coeficiente global de pérdidas, referido en la curva de rendimiento del captador, sea menor de 10 Wm<sup>2</sup>/°C.

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

#### 3.1.5.2 Conexión

Los captadores se dispondrán en filas constituidas preferentemente por el mismo número de captadores. Las filas se podrán configurar en serie, en paralelo o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de corte en la entrada y salida de cada batería de captadores y entre las bombas. Además, se instalará una válvula de seguridad en cada fila con el fin de proteger la instalación.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o paralelo. Para establecer el número de captadores que se pueden conectar en paralelo, se tendrán en cuenta las especificaciones del fabricante. En el caso de que la aplicación sea sólo para ACS se podrán conectar en serie hasta:

**10 m<sup>2</sup> en las zonas climáticas I y II**  
**8 m<sup>2</sup> en la zona climática III**  
**6 m<sup>2</sup> en las zonas climáticas IV y V**

Se recomienda que el diseño de la conexión entre captadores y entre filas se realice con el sistema de retorno invertido para que así el sistema quede debidamente equilibrado.

### 3.1.5.3 Sistema de acumulación solar

Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

siendo:

A = la suma de las áreas de los captadores (m<sup>2</sup>)

V = el volumen del depósito e acumulación solar (litros)

Preferentemente, el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito, que será vertical. El volumen de acumulación podrá fraccionarse en dos o más depósitos, que se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo.

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

Únicamente para la prevención de la legionelosis en los sistemas o prefabricados es admisible una conexión puntual entre el sistema auxiliar y el acumulador solar, de forma que se pueda calentar este último con energía auxiliar y con la periodicidad que contemple la legislación vigente.

### 3.1.5.4 Conexiones

No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar.

Para los equipos que dispongan de fábrica de un alojamiento para la resistencia eléctrica, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

### 3.1.5.5 Sistema de intercambio

Para los casos de intercambiador externo, deberá cumplirse la condición de:

$$P \geq 500 \times A$$

donde:

P = Potencia mínima del intercambiador (W)

A = área de captadores (m<sup>2</sup>)

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

### 3.1.5.6 Circuito hidráulico

El caudal del fluido caloportador hidráulico se determinará de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Por defecto, su valor estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m<sup>2</sup> de captadores (aproximadamente entre 43 l/h y 72 l/h por m<sup>2</sup> de captadores).

El circuito deberá concebirse de por sí equilibrado. Si no fuera posible, deberán instalarse válvulas de equilibrado a tal efecto.

Cuando los captadores se dispongan en serie, el caudal de la instalación se obtendrá aplicando el criterio anterior y dividiendo el resultado entre el número de captadores conectados en serie.

### 3.1.5.7 Bombas

Siempre que sea posible, las bombas se montarán en las zonas más frías del circuito.

En instalaciones superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. Se preverá el funcionamiento alternativo ya sea de forma automática o manual.

### **3.1.5.8 Vasos de expansión**

Se conectarán en la aspiración de la bomba y deberán ser capaces de compensar el volumen de dilatación del fluido contenido en todo el campo de captadores, y el de todas las tuberías de conexión entre captadores, más un 10%.

### **3.1.5.9 Purgadores**

En todos 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 botellines de desaireación y un purgador manual o automático. El volumen útil del botellín deberá ser superior a 100 cm<sup>3</sup>.

En el caso de utilizar purgadores automáticos se colocarán además dispositivos para la purga manual. No obstante, el uso de estos dispositivos deberá evitarse si se prevé la formación de vapor en el circuito.

Además deberán soportar al menos la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130°C en las zonas I,II,III y 150°C en las zonas IV y V.

### **3.1.5.10 Sistema de energía convencional auxiliar**

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

El sistema convencional auxiliar se diseñará para cubrir el servicio como si no se dispusiera de sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche al máximo la energía extraída del campo de captación.

En el caso de que el sistema de energía convencional auxiliar sea de producción instantánea, el equipo será modulante.

En el caso de climatización de piscinas, se dispondrá una sonda en el retorno del intercambiador para el control de la temperatura y un termostato de seguridad de rearme manual en la impulsión, cuyo tarado será como máximo 10°C superior a la temperatura máxima de impulsión.

### **3.1.5.11 Sistema de control**

En circulación forzada el control será siempre de tipo diferencia, actuando en función de la diferencia de temperatura entre el fluido a la salida del campo de captadores y a la del depósito solar.

Dicho sistema de control estará tarado de tal forma que las bombas no funcionen cuando la diferencia de temperaturas sea inferior a 2°C, y entren en funcionamiento cuando la diferencia sea superior a 7°C.

La diferencia entre los puntos de parada y arranque no será menor de 2°C.

La sonda de temperatura de los captadores se colocará a la salida de los mismos, de forma que se registre la temperatura máxima del circuito de captación. La del acumulador se colocará en la parte inferior del mismo en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el intercambiador, si éste está incorporado.

Se asegurará en todo momento que la temperatura del fluido caloportador nunca descienda más de 3°C por debajo de la temperatura de congelación del fluido.

### **3.1.5.12 Sistemas de medida**

En las instalaciones mayores de 20 m<sup>2</sup> se deberá disponer de un sistema analógico que registre las siguientes variables:

- Temperatura de entrada del agua fría de la red
- Temperatura de salida del acumulador solar
- Caudal de agua fría de la red

### **3.1.5.13 Tuberías**

Para el circuito primario se emplearán materiales como el cobre o el acero inoxidable.

Para el circuito secundario o de servicio de ACS podrá utilizarse cobre o acero inoxidable. De la misma forma podrán utilizarse materiales plásticos siempre y cuando soporten la temperatura máxima del circuito que le sean de aplicación y cuya utilización esté autorizada por las

compañías de suministro de agua potable.

### 3.1.6 Mantenimiento

Sin perjuicio de las labores de mantenimiento derivadas de otras normativas se definen dos escalones de actuación complementarios:

Plan de vigilancia

Plan de mantenimiento preventivo

#### 3.1.6.1 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 cuyo alcance se describe en la siguiente tabla.

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

IV: Inspección visual

#### 3.1.6.2 Plan de mantenimiento

El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superiores a 20 m<sup>2</sup>.

Plan de mantenimiento del sistema de captación		
Equipo	Frecuencia	Descripción
Captadores	6 meses	IV Diferencias sobre el original y entre captadores
Cristales	6 meses	IV Condensaciones y suciedad
Juntas	6 meses	IV Agrietamientos y deformaciones
Absorbedor	6 meses	IV Corrosión, deformaciones
Carcasa	6 meses	IV Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6 meses	IV Aparición de fugas
Estructura	6 meses	IV Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos
* Captadores	12 meses	Tapado parcial del campo de captadores
	12 meses	Destapado parcial del campo de captadores
	12 meses	Vaciado parcial del campo de captadores
	12 meses	Llenado parcial del campo de captadores

IV: Inspección visual



Plan de mantenimiento del sistema de acumulación		
Equipo	Frecuencia	Descripción
Depósito	12 meses	Presencia de lodos en el fondo
Ánodos de sacrificio	12 meses	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12 meses	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12 meses	Comprobar que no haya humedad

Plan de mantenimiento del sistema de intercambio		
Equipo	Frecuencia	Descripción
Intercambiador de placas	12 meses	CF Eficiencia y prestaciones. Limpieza
Intercambiador de serpentín	12 meses	CF Eficiencia y prestaciones. Limpieza
<i>CF: Control de funcionamiento</i>		

Plan de mantenimiento del sistema del circuito hidráulico		
Equipo	Frecuencia	Descripción
Fluido refrigerante	12 meses	Comprobar su densidad y PH
Estanqueidad	24 meses	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6 meses	IV Degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12 meses	IV Uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12 meses	CF y limpieza
Purgador manual	6 meses	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12 meses	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6 meses	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6 meses	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6 meses	CF Actuación
Válvula de corte	12 meses	CF Actuación (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12 meses	CF Actuación
<i>IV: Inspección visual; CF: Control de funcionamiento</i>		

Plan de mantenimiento del sistema del sistema eléctrico y de control		
Equipo	Frecuencia	Descripción
Cuadro eléctrico	12 meses	Comprobar que esté siempre bien cerrado
Control diferencial	12 meses	CF Actuación
Termostato	12 meses	CF Actuación
Verificación sistema de medida	12 meses	CF Actuación
<i>CF: Control de funcionamiento</i>		

Plan de mantenimiento del sistema de energía auxiliar		
Equipo	Frecuencia	Descripción
Sistema auxiliar	12 meses	CF Actuación
Sondas de temperatura	12 meses	CF Actuación
<i>CF: Control de funcionamiento</i>		

## 3.2 RITE (ITE 10.1): producción de ACS mediante sistemas solares activos (sin aprobar)

### 3.2.1 Disposición de los captadores

Los colectores se dispondrán en filas que deben tener el mismo número de elementos y deberán ser paralelas y estar bien alineadas.

Dentro de cada fila se conectarán en paralelo; solamente pueden disponerse en serie cuando la temperatura de utilización del ACS sea mayor de 50°C. Las filas se conectarán entre sí en paralelo. Solamente pueden disponerse en serie cuando los colectores dentro de las filas se hayan conectado en paralelo y se requiera una temperatura de utilización mayor a 50°C.

No deben conectarse en serie más de tres colectores ni más de tres filas de colectores conectados en paralelo.

La conexión entre colectores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte de por sí equilibrado por el sistema de retorno invertido; de lo contrario, se instalarán válvulas de equilibrado (igual a C.T.E.).

Los colectores se orientarán hacia el sur geográfico, pudiendo admitir desviaciones no mayores de 25° con respecto a dicha orientación.

Período de utilización	Inclinación de los captadores
Anual, con consumo constante	$\beta^\circ$
Preferentemente en invierno	$\beta+10^\circ$
Preferentemente en verano	$\beta-10^\circ$

Se admite en cualquier caso una desviación de 10° como máximo.

La separación entre filas de colectores será igual o mayor que el valor obtenido mediante la expresión:

$$d = k \times h$$

donde:

d = Separación entre filas (m)

h = Altura del colector (m)

k = Coeficiente cuyo valor se obtiene de la tabla siguiente

Inclinación [°]	20	25	30	35	40	45	50	55
Coeficiente k	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970	1,922

La distancia entre el primer colector y los obstáculos que puedan producir sombras sobre la superficie captadora será mayor que el valor obtenido por la siguiente expresión:

$$d = 1.732 \times a$$

### 3.2.2 Área de los captadores y volumen de acumulación

El área total de captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

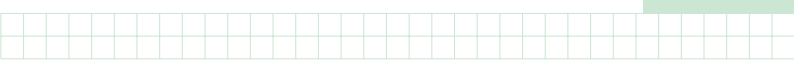
$$1.25 \leq 100 \times \frac{A}{M} \leq 2$$

donde:

A = Suma total de las áreas de los captadores (m<sup>2</sup>)

M = Consumo medio diario de los meses de verano (l/día)

V = Volumen del depósito acumulador solar (l)



En las instalaciones cuyo consumo sea constante a lo largo del año, el volumen del acumulador solar será:

$$0.8 \times M \leq V \leq M$$

### 3.2.3 I.T.E 10.2: acondicionamiento de piscinas

El consumo de energías convencionales para el calentamiento de piscinas está permitido cuando estas son cubiertas.

Las piscinas al aire libre sólo podrán calentarse con fuentes de energía renovable como la energía solar, eólica, geotérmica, etc... No podrá utilizarse energía eléctrica como apoyo a las energías anteriores.

Se prohíbe el calentamiento directo del agua de la piscina por medio de una caldera.

#### 3.2.3.1 Temperatura del agua

La temperatura del agua de los vasos será la indicada por la tabla siguiente, según el uso principal de la piscina. La temperatura del agua se medirá en el centro de la piscina y a unos 20 cm por debajo de la lámina de agua.

Uso principal		Temperatura del agua
Público	Recreo	25°C
	Chapoteo	24°C
	Enseñanza	25°C
	Entretenimiento	26°C
	Competición	24°C
Privado		25°C-26°C

Para el control de la temperatura se dispondrá una sonda en el retoro del intercambiador y un termostato de seguridad de rearme manual en la impulsión, cuyo tarado será como máximo 10°C por encima de la temperatura máxima de impulsión.

La temperatura seca del aire del local será entre 2 y 3°C mayor que la del agua, con un mínimo de 26°C y un máximo de 28°C.

La humedad relativa se mantendrá entre el 55 y el 70%, siendo su valor normal de diseño el 60%.

El uso de recuperadores o bombas de calor no es obligatorio para piscinas cubiertas cuya capacidad del vaso sea menor de 80 m<sup>3</sup> o cuya superficie sea inferior a 50 m<sup>2</sup>.

## 4 Cálculo de dimensionamiento práctico

### 4.1 Cálculo de ACS

#### Ejemplo:

Vivienda unifamiliar compuesta de 5 habitaciones en Toledo. La orientación de los captadores es sur y la inclinación de los mismos es de 30°. La temperatura de la aplicación será 45 °C.

Se requiere calcular las necesidades energéticas mensuales y anuales la superficie de captación y el volumen de acumulación para un uso exclusivo de calentamiento de ACS.

Se utilizarán captadores planos TIFELL TCP 20.

#### Datos de partida:

Ciudad: **Toledo**

Latitud: **39,9°**

Inclinación: **30°**

Orientación: **sur**

Temperatura de aplicación: **45 °C**

Periodo de uso: **anual**



$\mu_o = 74,8\%$ ;  $K1 = 3,162$ ;  $K2 = 0,024$   
 $UL = K1 + K2 (T_m - T_{amb}) = 3,162 + 0,024 (45 - T_{amb})$   
 Superficie de apertura:  $2,015 \text{ m}^2$

**Cálculo:**

1. Según las tablas de cálculo de demandas y la adjudicación de personas por vivienda del CTE calcularemos que:

5 habitaciones corresponden a 7 personas.

$$7 \text{ personas por } 45 \text{ l/día a } 45^\circ\text{C} = 315 \text{ l/día CTE: } Q (45^\circ) = l \text{ a } 60^\circ \times (60 - T_{in} / 45^\circ\text{C} - T_{in})$$

Calculamos el consumo mensual teniendo en cuenta una ocupación plena constante, tal y como se indica en el punto 3.1.3.2, con lo cual:

Mes de 30 días: 9.450 l  
 Mes de 31 días: 9.765 l  
 Mes de 28 días: 8.820 l

2. De la tabla 1.7.3 extraemos la temperatura del agua de la red y calculamos el salto térmico necesario en cada mes.

3. Calculamos la necesidad energética mensual (kcal) utilizando la expresión:  $Q = m (l) \Delta t (^\circ\text{C})$ . El resultado lo dividiremos entre 860 para pasarlo a kW.

4. De la tabla 1.7.1 extraemos el valor de la radiación incidente media mensual (H). Para una mayor aproximación podremos multiplicar el valor obtenido por:

$H \times 1,05$  en lugares de montaña o atmósfera limpia  
 $H \times 0,95$  en zonas con mucha polución

Calcular la cantidad de energía aprovechable (E) por los captadores con la siguiente expresión (kWh):

$$E = 0,94 \text{ kH}$$

H es el valor obtenido en el anterior punto  
 K es el factor de corrección en función de la latitud y la inclinación de los captadores  
 0,94 es el factor que engloba las pérdidas de diversa índole

5. Calcular la intensidad de radiación (I) dividiendo el valor obtenido en el punto 6, en vatios, entre las horas útiles de sol indicadas en esta tabla:

Latitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
de 25 a 45°	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5

Con lo cual:  $I = E / h$

6. Obtener de la tabla 1.7.2 la temperatura media diurna para cada mes y calcular el rendimiento en % de los captadores utilizando la expresión:

$$\mu = \mu_o - 100 U (t_m - t_{amb}) / I$$

En este caso:  $\mu = 74,8 - 100 U (45^\circ\text{C} - t_{amb}) / I$

7. Calcularemos ahora la aportación solar (kWh) por m<sup>2</sup> de superficie captadora multiplicando el valor de E obtenido en el punto 6 por el rendimiento obtenido en el punto anterior.

$$E_{cap} = E \times \mu / 100$$

8. Pasamos ahora a calcular la energía neta disponible al mes (kWh) por m<sup>2</sup> de sup. de captación. Para ello multiplicamos el valor obtenido en el punto anterior  $E_{cap}$  por los días de cada mes y por un factor de 0,85 en aplicación de las pérdidas del acumulador.

$$E_{neta} = E_{cap} \times N_{días} \times 0,85$$

Calculamos ahora el número de captadores necesarios para la instalación. Para ello sumamos los valores obtenidos en el punto 4 y los dividimos entre la suma de los obtenidos en el punto 10. A su vez dividiremos el resultado entre la superficie de apertura de cada panel.

$$Q_{\text{total}} / E_{\text{total}} = \text{Superficie captadora (m}^2\text{)}$$

En este caso: Superficie captadora / 2,015 m<sup>2</sup>

9. Una vez conocida la superficie total de captación pasaremos a calcular la cantidad de energía solar aportada por el sistema (kWh), lo cual haremos multiplicando la superficie real de captación por el valor de cada mes obtenido en el punto 10.

10. Al dividir el valor obtenido en el punto 9 y el obtenido en el punto 3 obtenemos la fracción de consumo satisfecha con energía solar (x 100).

11. De la diferencia entre el valor obtenido en el punto 3 y el obtenido en el punto 9 obtenemos el déficit energético que tiene que cubrir la energía auxiliar.

#### 4.1.1 Tabla de cálculo

MES	1 Consumo mensual [l]	2 $\Delta t$ [°C]	3 Necesidad energética mensual [kWh]	4 E [kWh]	5 I [w]	6 m [%]	7 Aportación solar por m <sup>2</sup> [kWh]	8 Energía neta disponible [kWh]	9 Energía solar aportada [kWh]	10 Fracción de consumo [%]	11 Déficit energético [kWh]
ENE <sub>[31]</sub>	9.765	39	443	2,27	284	22	0,5	13,2	80	18	363
FEB <sub>[28]</sub>	8.820	38	390	3,28	364	35	1,15	27,4	166	42	224
MAR <sub>[31]</sub>	9.765	36	409	4,45	495	49	2,18	56,8	343	84	66
ABR <sub>[30]</sub>	9.450	34	374	5,66	596	55	3,11	78,4	474	100	0
MAY <sub>[31]</sub>	9.765	33	375	6,75	710	61	4,11	107	647	100	0
JUN <sub>[30]</sub>	9.450	32	352	6,55	690	64	4,19	105,6	638	100	0
JUL <sub>[31]</sub>	9.765	31	352	7,53	793	67	5,04	131,2	793	100	0
AGO <sub>[31]</sub>	9.765	32	363	7,32	768	66	4,83	125,8	760	100	0
SEP <sub>[30]</sub>	9.450	33	363	6,33	703	63	3,98	100,3	606	100	0
OCT <sub>[31]</sub>	9.765	34	386	4,37	485	53	2,31	60,15	364	94	22
NOV <sub>[30]</sub>	9.450	36	396	2,98	373	40	1,2	30,2	182	46	214
DIC <sub>[31]</sub>	9.765	39	443	2,17	289	23	0,5	13	79	18	430
			<b>4.646</b>					<b>850</b>		<b>75,2</b>	<b>1.319</b>

#### 4.1.2 Resultados

Superficie de captación = 4646 / 850 = 5,46 m<sup>2</sup>

Número de captadores = 5,46 m<sup>2</sup> / 2,015 m<sup>2</sup> = 2,71 = 3 captadores TCP 20 conectados en paralelo, ya que la temperatura a conseguir es baja.

Acumulación: Interfell 400 VS

Según la expresión reflejada en el CTE expuesta en el punto 3.1.5.3:  $50 \leq V / A \leq 180$ , podemos presumir correcta la elección de un acumulador de 400 l, ya que la superficie de captación real es:

$$\text{Superficie de captación} = 3 \times 2,015 = 6,045 \text{ m}^2, \text{ entonces } 400 \text{ l} / 6,045 = 66$$

La relación existente es mayor de 50 y menor de 180. Normalmente usaremos la norma de multiplicar la superficie de captación por 70 para calcular el acumulador.

También se cumplen las especificaciones del RITE en su punto 10.1.3.2 reflejadas en el punto 3.2.2. ya que:

$$1,25 \leq 100 \text{ A} / \text{M} \leq 2; 100 \times 6,045 / 315 = 1,91$$

El valor obtenido es mayor de 1,15 e inferior a 2.

La contribución solar mínima es del 60%, ya que Toledo está en la zona climática IV. En nuestro caso la cobertura solar supera el 75%, con lo cual el cálculo sería válido.

La instalación nos reportará un ahorro de:

$$\text{Necesidad energética total} \times \text{fracción solar} = 4.646 \times 75,2 / 100 = 3.493 \text{ kWh} \times \text{€ kWh.}$$

## 4.2 Cálculo de piscinas

Tablas

### 4.2.1 Humedad relativa media (%) durante el mes de septiembre

Provincia	[%]	Provincia	[%]	Provincia	[%]
ÁLAVA	74	CUENCA	58	ORENSE	73
ALBACETE	62	GERONA	70	PALENCIA	63
ALICANTE	68	GRANADA	58	PONTEVEDRA	77
ALMERÍA	74	GUADALAJARA	56	SALAMANCA	57
ASTURIAS	80	GUIPÚZCOA	81	S.C. TENERIFE	62
ÁVILA	56	HUELVA	60	SEGOVIA	55
BADAJOS	50	HUESCA	64	SEVILLA	72
BALEARES	74	JAÉN	61	SORIA	62
BARCELONA	74	LA RIOJA	68	TARRAGONA	74
BURGOS	66	LAS PALMAS	61	TERUEL	67
CÁCERES	43	LEÓN	54	TOLEDO	52
CÁDIZ	72	LÉRIDA	65	VALENCIA	74
CANTABRIA	80	LUGO	77	VALLADOLID	55
CASTELLÓN	66	MADRID	56	VIZCAYA	82
CEUTA	79	MÁLAGA	66	ZAMORA	66
CIUDAD REAL	62	MELILLA	79	ZARAGOZA	59
CÓRDOBA	51	MURCIA	59		
CORUÑA, A	81	NAVARRA	63		

### 4.2.2 Pérdidas por radiación (MJ/m<sup>2</sup>)

°C	Pérdidas	°C	Pérdidas	°C	Pérdidas
15	14,6	21	11,4	27	7,9
	9,6		7,5		5,1
16	14,1	22	10,8	28	7,3
	9,2		7,1		4,7
17	13,5	23	10,3	29	6,7
	8,9		6,7		4,2
18	13	24	9,7	30	6
	8,5		6,3		3,8
19	12,5	25	9,1	31	5,4
	8,2		5,9		3,4
20	12	26	8,5	32	4,7
	7,8		5,5		2,9

La casilla sombreada indica las pérdidas generadas en caso de utilizar manta térmica.



#### 4.2.3 Pérdidas por evaporación (MJ/m<sup>3</sup>)

Grado de humedad	Viento nulo o muy débil	Viento flojo	Viento moderado	Viento fuerte
Muy seco entre 35 y 45%	7,3	9,1	15,1	21,2
	4,4	5,4	9,1	12,7
Seco entre 45 y 55%	6,5	7,8	12,5	17,3
	3,9	4,7	7,5	10,4
Medio entre 55 y 65%	5,6	6,5	9,9	13,4
	3,4	3,9	6	8
Húmedo entre 65 y 75%	4,8	5,2	7,3	9,5
	2,9	3,1	4,4	5,7
Muy húmedo superior a 75%	3,8	3,9	4,8	5,6
	2,3	2,3	2,9	3,4

#### 4.2.4 Pérdidas por convección (MJ/m<sup>3</sup>)

Temperatura [°C]	Viento nulo o muy débil	Viento flojo	Viento moderado	Viento fuerte
15	11,3	16,3	20	25,1
	6,2	8,9	11	13,7
16	10,5	15,2	18,7	23,3
	5,7	8,2	10,1	12,6
17	9,7	14	17,3	21,6
	5,2	7,5	9,2	11,5
18	8,9	12,9	15,9	19,9
	4,7	6,8	8,3	10,4
19	8,2	11,8	14,5	18,1
	4,2	6	7,4	9,3
20	7,4	10,7	13,1	16,4
	3,7	5,3	6,5	8,2
21	6,6	9,5	11,8	14,7
	3,2	4,6	5,7	7,1
22	5,8	8,4	10,4	13
	2,7	3,9	4,8	6
23	5,1	7,3	9	11,2
	2,2	3,2	3,9	4,9
24	4,3	6,2	7,6	9,5
	1,7	2,4	3	3,7
25	3,5	5,1	6,2	7,8
	1,2	1,7	2,1	2,6
26	2,7	3,9	4,8	6
	0,7	1	1,2	1,5
27	1,9	2,8	3,5	4,3
	0,2	0,3	0,3	0,4
28	1,2	1,7	2,1	2,6
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,7
29	0,4	0,6	0,7	0,9
	-0,8	-1,2	-1,4	-1,8

Temperatura [°C]	Viento nulo o muy débil	Viento flojo	Viento moderado	Viento fuerte
30	-0,4	-0,6	-0,7	-0,9
	-1,3	-1,9	-2,3	-2,9
31	-1,2	-1,7	-2,1	-2,6
	-1,8	-2,6	-3,2	-4
32	-1,9	-2,8	-3,5	-4,3
	-2,3	-3,3	-4,1	-5,1

La casilla sombreada indica las pérdidas generadas en caso de utilizar manta térmica.

### Ejemplo

Se quiere climatizar una piscina al aire libre en Soria, en una zona donde predominan los vientos flojos, de unas dimensiones de 6 x 4 m y una profundidad media de 1,5 m. La temperatura de cálculo es 27°C. No se dispone de manta térmica. La inclinación de los paneles será de 35°.

La humedad relativa en Soria en el mes de septiembre es de 62%, según la tabla 4.2.1.

La temperatura media para ese mes, según la tabla 1.7.2, es de 18°C.

El tipo de colector a utilizar es un TCP 24, cuyo rendimiento a partir de las curvas características del fabricante es de un 78%.

### 4.2.5 Cálculo

Calculamos primero las pérdidas (sin manta térmica).

Pérdidas por radiación: 13 MJ/m<sup>2</sup>  
 Pérdidas por convección: 12,9 MJ/m<sup>2</sup>  
 Pérdidas por evaporación: 6,5 MJ/m<sup>2</sup>  
 Total de pérdidas: 32,4 MJ/m<sup>2</sup>

La aportación solar directa es:

$E = 0,85 H$   
 El factor 0,85 es un factor de pérdidas diversas.

$E = 0,85 \times 4,86 \text{ kWh} \times 4,18$   
 $E = 17,26 \text{ MJ}$

Déficit energético:

$32,4 - 17,26 = 15,14 \text{ MJ/m}^2$

Como la inclinación de los paneles es de 35°, aplicaremos un factor k de: 1,23

La energía aportada por cada m<sup>2</sup> de superficie captadora será igual a:

$$E_{\text{cap}} = \mu \times k \times H \times 0,94$$

$$E_{\text{cap}} = 0,78 \times 1,23 \times 17,16 \times 0,94$$

$$E_{\text{cap}} = 15,47 \text{ MJ/m}^2$$

Como la piscina tiene una superficie de 24 m<sup>2</sup> y el déficit energético por m<sup>2</sup> es de 15,14 MJ/m<sup>2</sup>, en total hará falta una cantidad de energía tal que:

$$E_c = 15,14 \times 24$$

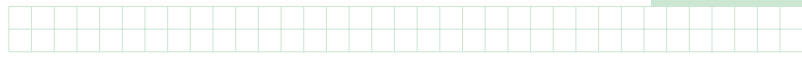
$$E_c = 363,36 \text{ MJ/m}^2$$

Si cada m<sup>2</sup> de superficie de captación genera 15,47 MJ/m<sup>2</sup> necesitaremos:

$$\text{Superficie de los captadores} = E_c / E_{\text{cap}}$$

$$\text{Superficie de los captadores} = 363,36 / 15,47$$

$$\text{Superficie de los captadores} = 23,48 \text{ m}^2$$



Si los colectores tienen una superficie de apertura de  $2,39 \text{ m}^2$ , obtendremos que:

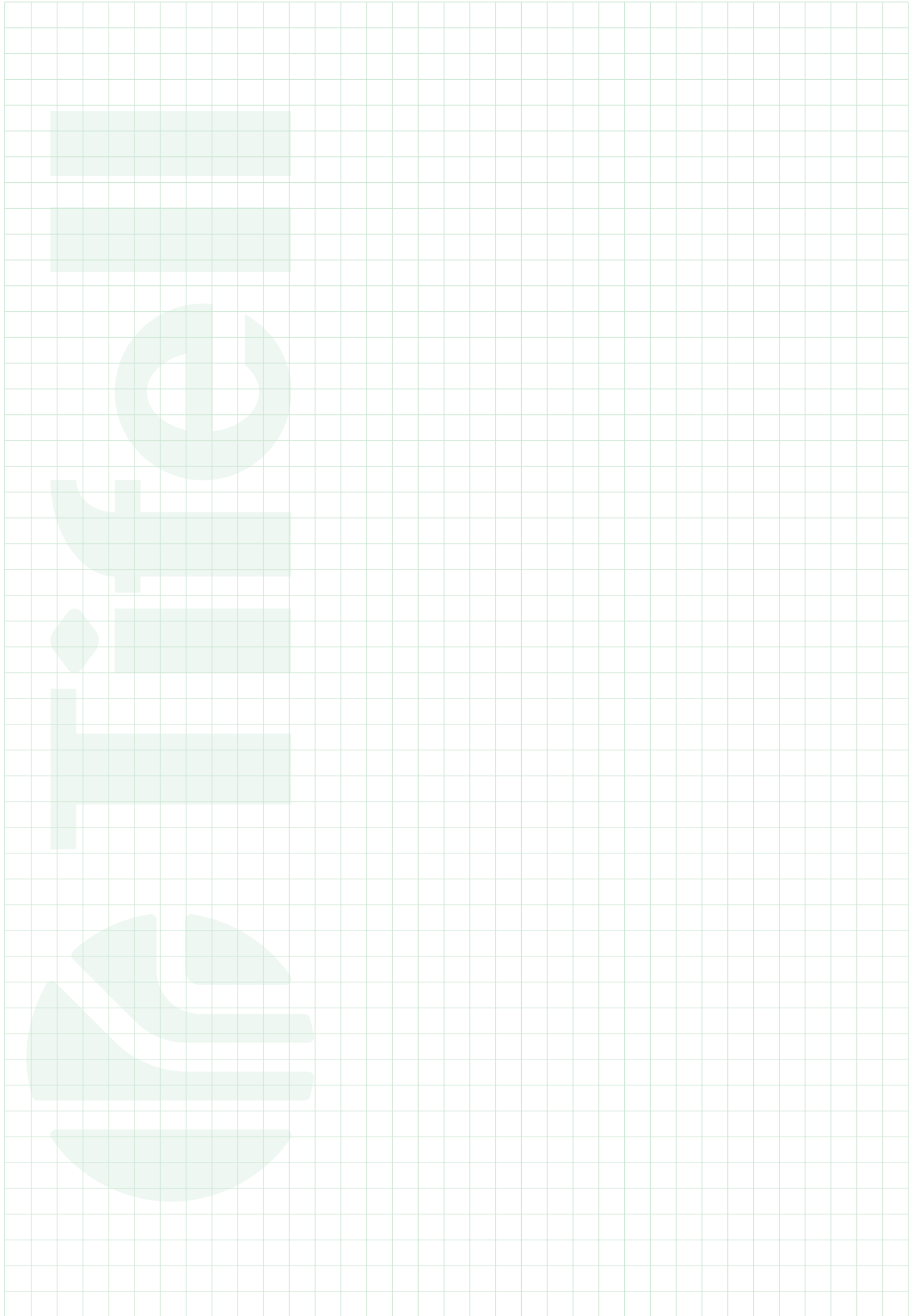
$$\text{Número de captadores} = 23,48 / 2,39$$

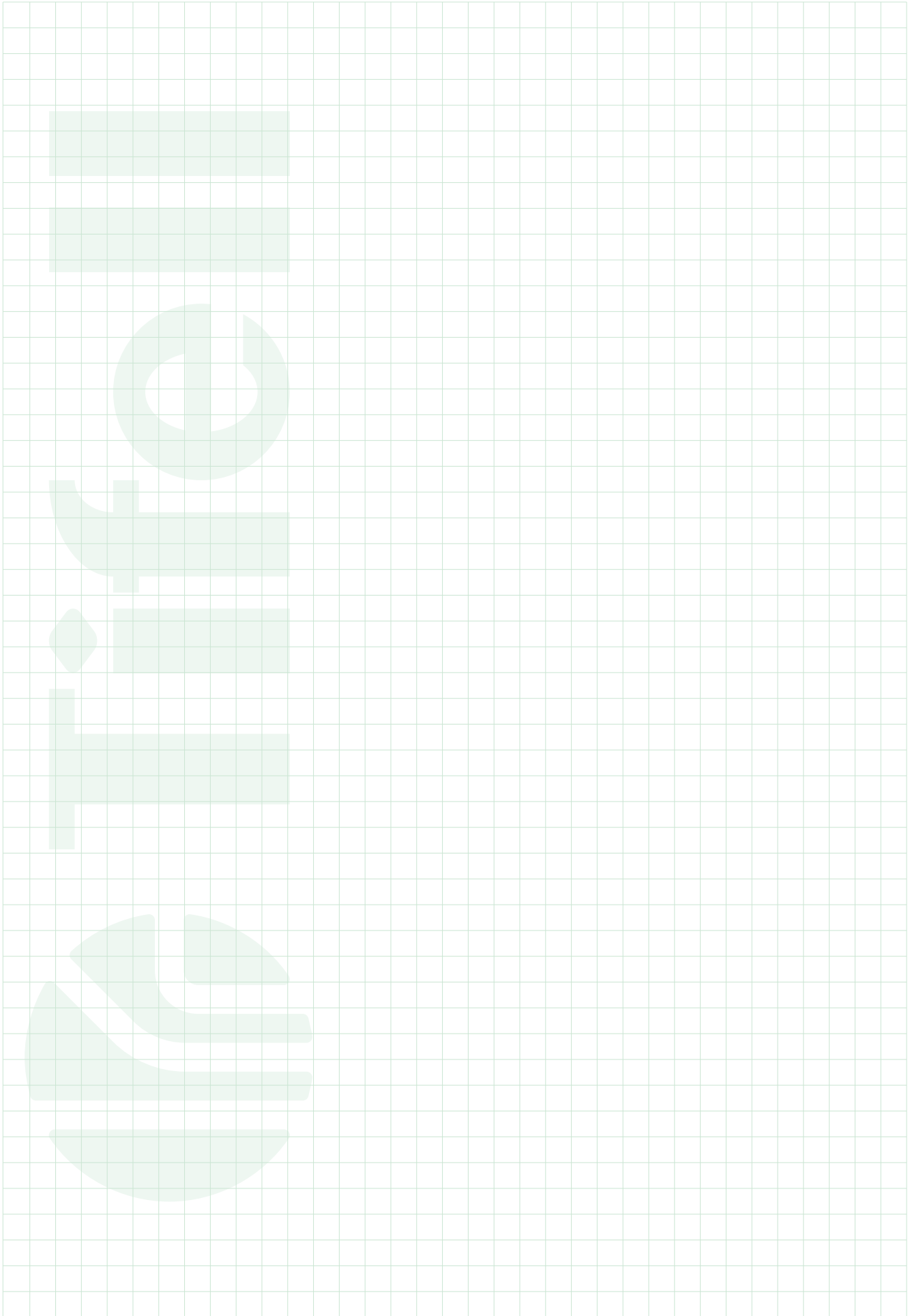
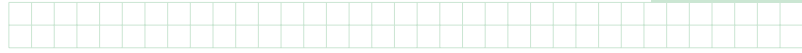
$$\text{Número de captadores} = 9,82 = 10$$

**NOTA:**

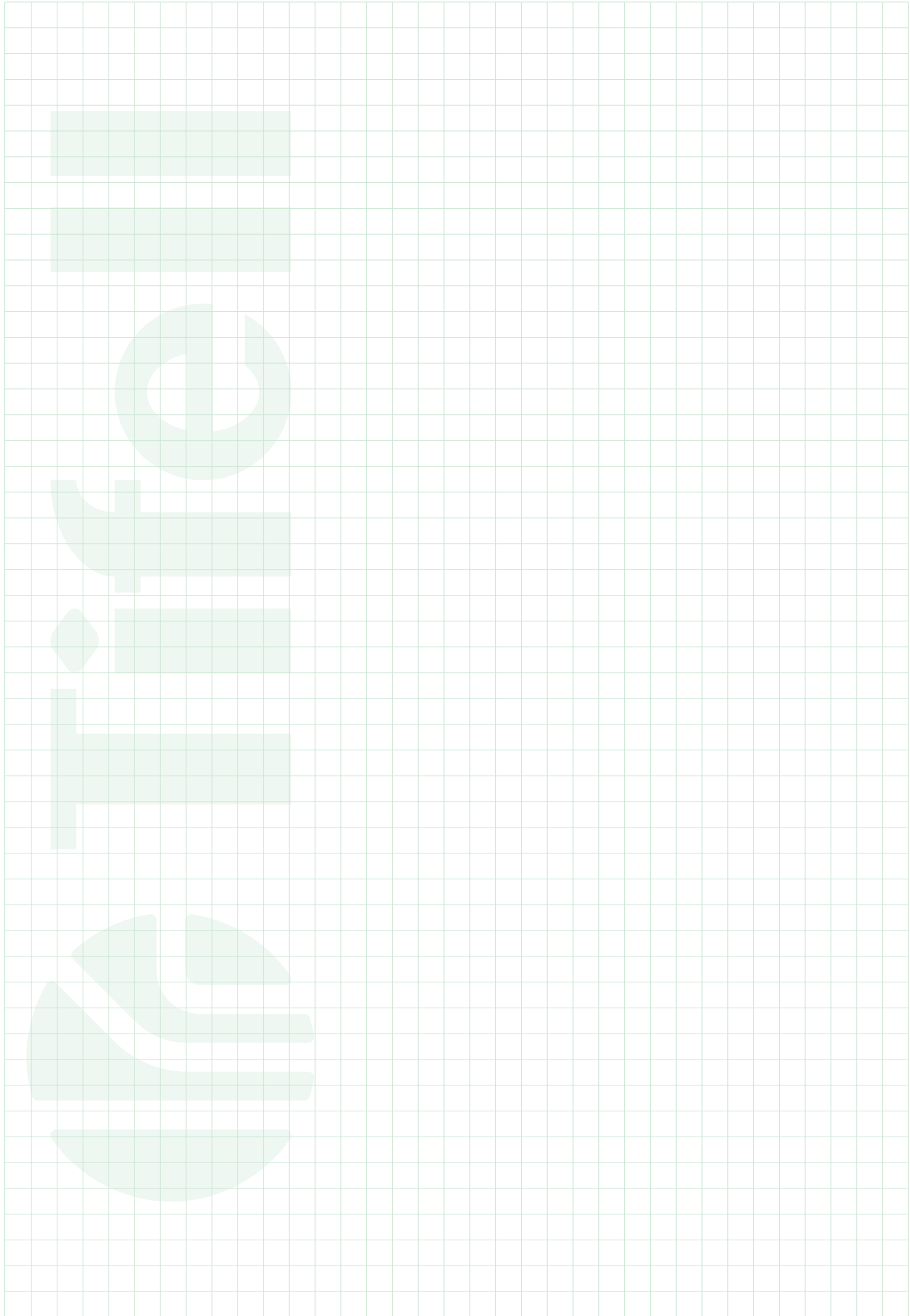
Para piscinas cubiertas se estimará viento nulo y una temperatura ambiente seca algo mayor que la del agua de la piscina, siendo lo normal aplicar un valor de  $28^\circ\text{C}$ . El grado de humedad a considerar se establecerá en un 65%.

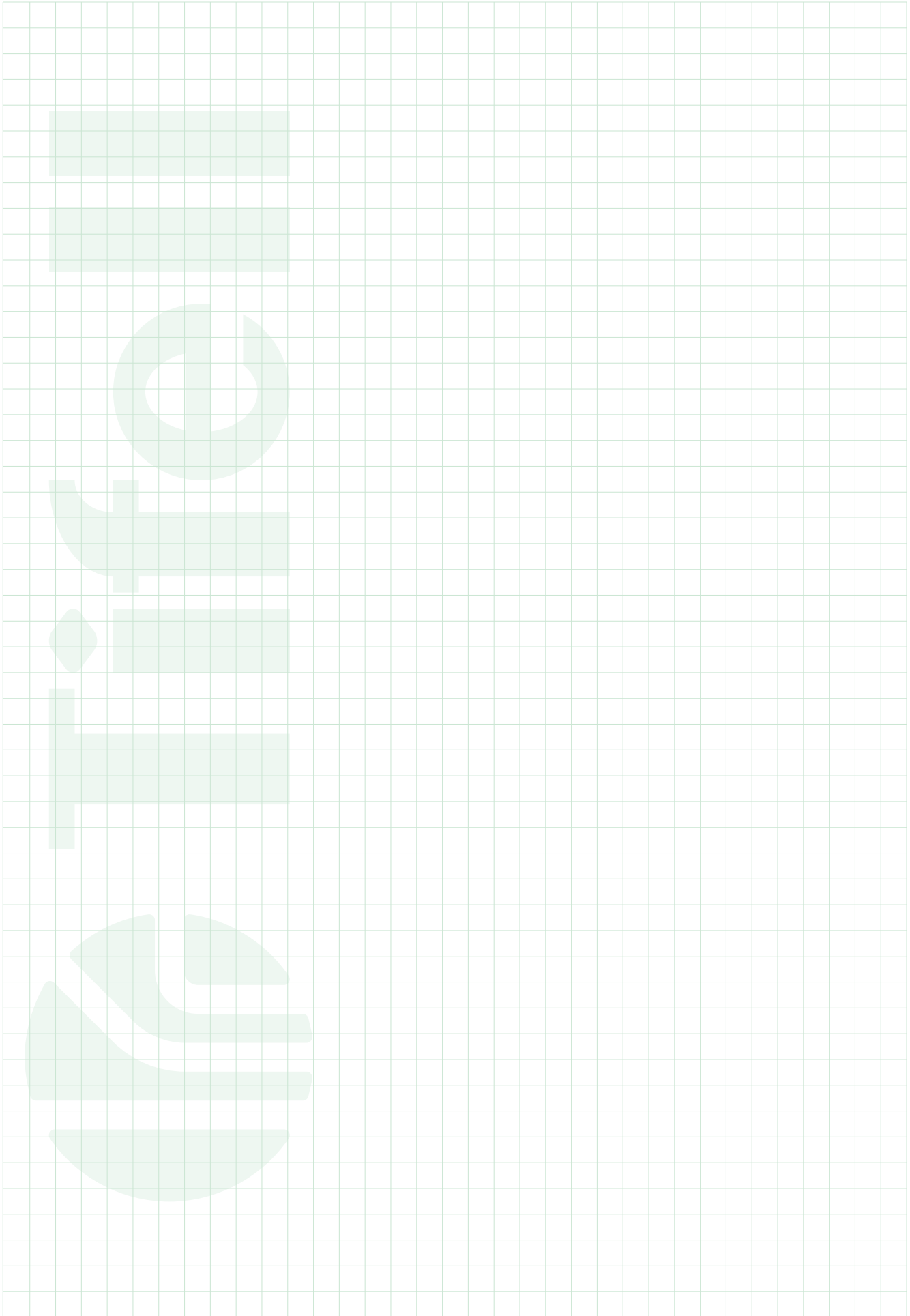
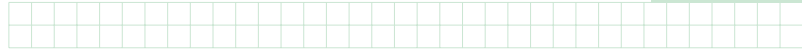
El uso de manta térmica puede llegar a disminuir considerablemente las pérdidas por radiación y por convección, y anula las pérdidas por evaporación.

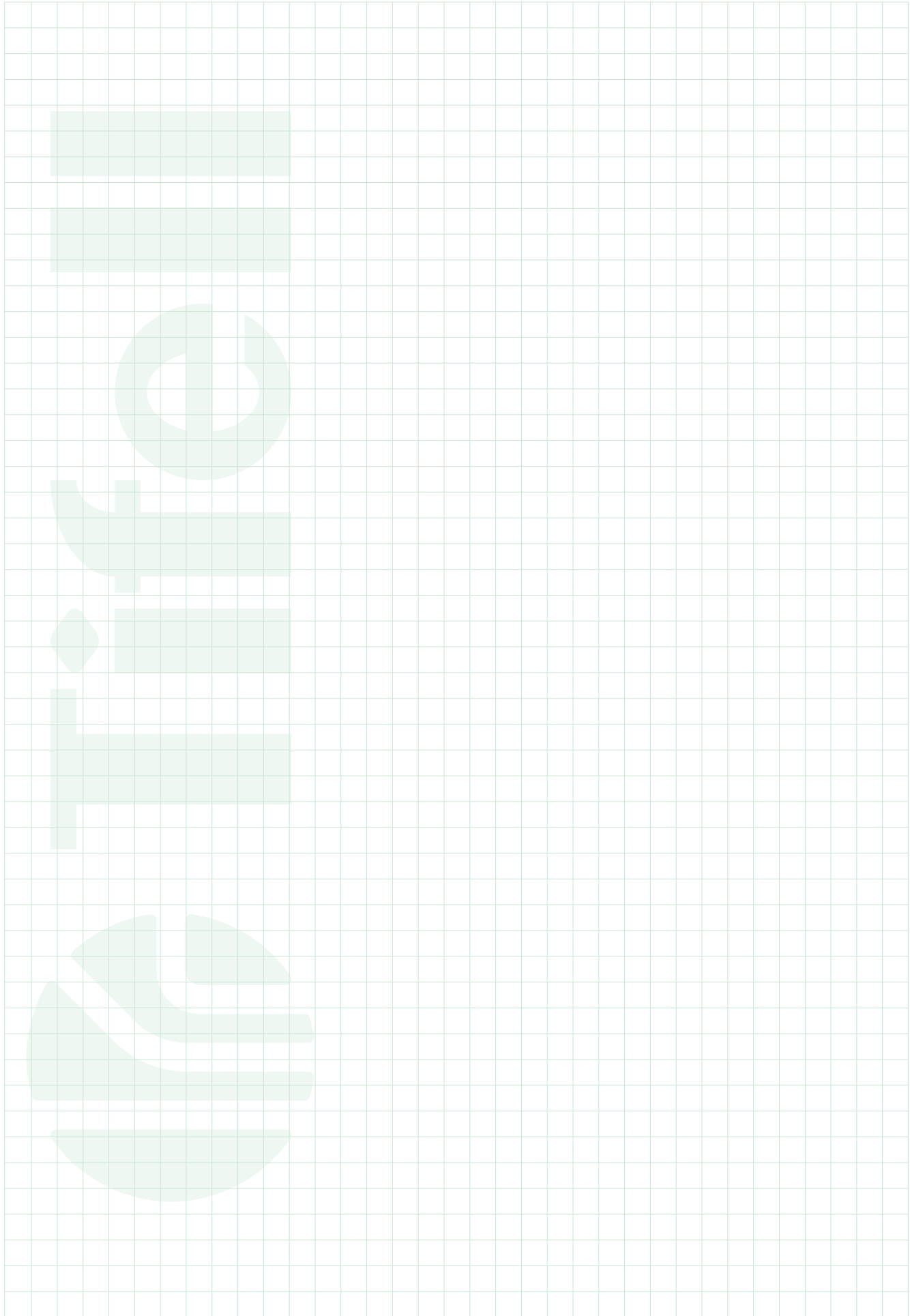














Tifell electro solar s.a.  
Vitoriabidea, 10  
E-01010 VITORIA  
Tfno.: (+34) 945 249 300  
Fax: (+34) 945 246 181  
[www.tifell.com](http://www.tifell.com)

