

A microscopic view of a plant stem, showing the intricate cellular structure and vascular bundles. The image is overlaid with text. The text 'ANPASOL' is written in a large, bold, orange-to-yellow gradient font with a slight shadow. Below it, 'ENERGÍA SOLAR' is written in a blue, sans-serif font. The background is a vibrant blue gradient, suggesting a clear sky or water.

ANPASOL

ENERGÍA SOLAR

Colectores Solares de
Tubos de Vacío

Índice

1	COLECTORES DE VACIO	3
	COLECTORES DE VACIO DE FLUJO DIRECTO.....	3
	COLECTORES DE VACÍO CON TUBO DE CALOR (HEAT PIPE).....	4
2	DIMENSIONADO Y MONTAJE.....	5
3	DESCRIPCION DEL COLECTOR	5
	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	6
	RENDIMIENTO DEL COLECTOR.....	7

1 COLECTORES DE VACIO

Tradicionalmente los colectores de vacío se utilizaban para aplicaciones en los sistemas de temperaturas intermedias (sistemas de acondicionamiento de aire, procesos industriales, etc.) y en lugares fríos con diferencias elevadas entre la temperatura del colector y la del medio ambiente, donde la mejora sustancial del rendimiento del sistema podía compensar el aumento de coste debido a su utilización. Su reducido coeficiente de pérdidas los hace especialmente aptos para el aprovechamiento de la radiación difusa, manteniendo un rendimiento aceptable, no solo a mediodía o en días soleados, sino también cuando el sol está bajo o el tiempo es frío y parcialmente nuboso.

En la actualidad gracias a su fabricación a gran escala, se han conseguido unos costes parecidos a las placas planas, lo que los hace competitivos para su utilización en la producción de agua caliente sanitaria, calefacción, climatización de piscina, etc.

El vacío contribuye no solamente a la reducción de las pérdidas, sino también a minimizar la influencia de las condiciones climáticas (condensación, humedad, etc.) sobre los materiales empleados, evitando su rápido deterioro y mejorando así la durabilidad y el rendimiento global del sistema.

Existen dos tipos de colectores tubulares de vacío, según el método empleado para el intercambio de calor entre el absorbedor y el fluido caloportador:

1. De flujo directo
2. Con tubo de calor (heat pipe)

Además del vacío en los tubos, estos colectores poseen un recubrimiento altamente selectivo de las superficies absorbentes, mejorando todavía más su rendimiento.

COLECTORES DE VACIO DE FLUJO DIRECTO

En este tipo de colectores, en la superficie absorbente hay insertado un tubo coaxial, ó en forma de U, de intercambio de calor a través del cual pasa el fluido caloportador, por el principio de contracorriente.

El fluido caloportador entra por el interior del tubo coaxial y retorna por la cavidad exterior ó tubo paralelo que esta en contacto con la superficie absorbedora, elevando así su temperatura.

Se ensamblan de tal manera que cada uno de los intercambiadores coaxiales ó en U, va conectado a las tuberías de entrada (fría) y salida (caliente).

COLECTORES DE VACÍO CON TUBO DE CALOR (HEAT PIPE)

En este tipo de colectores el intercambio de calor se realiza mediante la utilización de un tubo de calor, el cual consiste en un tubo hueco cerrado por los dos extremos, sometido a vacío y con una pequeña cantidad de fluido vaporizante (mezcla de alcohol) en su interior.

Cuando se calienta la parte del tubo donde se encuentra el fluido, este se evapora absorbiendo el calor latente¹ de vaporización. Este vapor se desplaza hasta alcanzar la parte del tubo que se encuentra a menor temperatura, produciéndose allí su condensación y la consiguiente liberación del calor latente asociado a este cambio de estado. El líquido retorna debido a la acción de la gravedad y el ciclo de evaporación condensación se repite.

A los tubos de calor se les suele llamar los <superconductores> del calor, ya que cuentan con una capacidad calorífica muy baja y una conductividad excepcional (miles de veces superior a la del mejor conductor sólido del mismo tamaño). Su uso está muy extendido y se pueden encontrar tubos de calor en procesos industriales, ordenadores de bolsillo, vehículos espaciales, etc.

Basándose en este principio de funcionamiento y optimizando los mecanismos de captación (para la evaporación) y evacuación (para la condensación) de energía, se fabrican los actuales colectores de vacío con tubo de calor.

Hay que señalar que este tipo de colectores deben instalarse con una inclinación entre 15° y 90°, a fin de garantizar la recirculación de los condensados del fluido de vaporización.

Entre las características principales de los colectores de vacío con tubo de calor, cabe destacar las siguientes:

- 1.- Unión seca: El intercambio de calor se realiza en seco, es decir, sin contacto directo entre el fluido caloportador y el tubo, lo que los hace particularmente adecuados en áreas con cualidades desfavorables del agua.
- 2.- Función diodo: La transferencia de calor se realiza siempre en un solo sentido, desde el absorbedor hacia el fluido caloportador, y nunca al revés.
- 3.- Limitación de temperatura: El ciclo de evaporación-condensación tiene lugar mientras no se alcance la temperatura crítica del fluido vaporizante, evitando así los riesgos de un aumento incontrolado de la temperatura en el interior de los tubos.

Estas características eliminan la necesidad de utilizar complejas unidades de control en el sistema y quedando así garantizada la seguridad del mismo.

¹ El calor latente de vaporización es el calor que se necesita para que se produzca el cambio de estado, sin que haya aumento de temperatura. En el caso del agua es 540Kcal/kg.

2 DIMENSIONADO Y MONTAJE

Para el dimensionado los colectores de vacío poseen una ecuación de rendimiento y una superficie total de absorción facilitados por el fabricante, de modo que el proceso de dimensionado de una instalación de energía solar mediante colectores de vacío, es similar al caso de utilizar colectores de placa plana convencionales.

En lo que se refiere al montaje de los colectores, lo que los diferencia de los convencionales es el proceso de ensamblaje de los tubos, que el fabricante suele proporcionar por separado y hay que colocar <in situ>.

3 DESCRIPCION DEL COLECTOR

El colector solar térmico Anpasol TZ58/1800-10 está compuesto por:

1- Un cabezal superior que contiene los alojamientos ciegos para insertar los condensadores de los tubos de vacío, recubierto de 40mm. de aislante de poliuretano + lana mineral y cubierta de aluminio anodinado con topes laterales en PDM, resistente a los rayos UVA y alojamiento para sensor de temperatura.

2- 10 tubos de vacío con tecnología heat pipe.

3- Marco con perfiles de aluminio en U y barra soporte de los tubos, con tapones de PDM resistente a los rayos UVA, incluye tortillería necesaria en acero inoxidable.

A Drawing of absorber layout

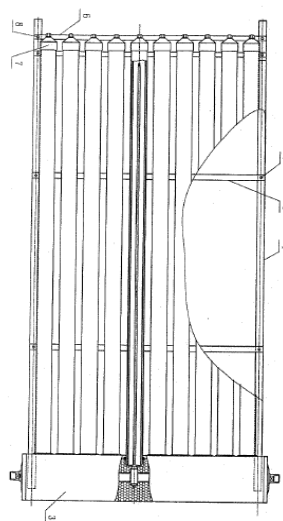


Figure 5: Drawing of absorber layout TZ58-1800-10R

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo del colector	Anpasol TZ58/1800-10
Dimensiones	2008m x 0.854m
Área bruta del colector	1.715m ²
Área de apertura	0.936m ²
Área de absorción	0.808m ²
Peso en vacío	39.6 kg.
Volumen de fluido	0.7 L.
Material de los tubos	Borisilicato endurecido
Coefficiente de transmisión	>91%
Diámetro del tubo exterior	0.058m
Grueso del tubo exterior	0.0018m
Diámetro del tubo interior	0.047m
Grueso del tubo interior	0.0016m
Distancia entre tubos	0.0078m
Material del absorbedor	Cu/Al/SS/N2 sobre vidrio borisilicato
Capa de absorción selectiva	ALN/SS-ALN/Cu
Coefficiente de absorción	>94%
Coefficiente de emisión	<7%
Material del tubo de calor	Cobre
Diámetro exterior del tubo de calor	0.008m
Diámetro interior del tubo de calor	0.0068m
Material del condensador	Cobre
Diámetro exterior del condensador	0.038m
Diámetro interior del condensador	0.034m
Material de chapa de contacto	Aluminio
Grueso de la chapa de contacto	0.0002m
Conexiones hidráulicas	Rosca macho 1"
Grosor del aislamiento en cabezal	0.040m
Material aislante	Poliuretano y lana mineral
Material de recubrimiento del cabezal	Aluminio
Máxima presión del fluido	1000Kpa
Presión de trabajo	600Kpa
Temperatura máxima de servicio	95°C
Temperatura de estancamiento	200.3°C
Inclinación recomendada	15°-75°
Caudal rango recomendado	50-150 l/m ² h
Material del marco	Perfiles en U de aluminio
Certificados y ensayos	ISE, EN 12975-1,2:2006
Homologación Ministerio	Contraseña NPS-21507

RENDIMIENTO DEL COLECTOR

Descripción del cálculo

La eficiencia instantánea del colector se calcula con la siguiente ecuación matemática:

$$\eta(G, (t_m - t_a)) = \eta_0 - a_{1a} (t_m - t_a) / G - a_{2a} (t_m - t_a) / G$$

(Basada en el área de apertura)

$$t_m = (t_e + t_{in}) / 2$$

Donde:

G = Irradiancia solar [W/m^2]

t_{in} = Temperatura de entrada al colector [$^{\circ}C$]

t_e = Temperatura de salida del colector [$^{\circ}C$]

t_a = Temperatura ambiente [$^{\circ}C$]

El coeficiente η_0 es igual a la eficiencia sin pérdidas, en el caso que la temperatura del fluido fuera igual a la temperatura ambiente.

$$t_m = t_a$$

Los coeficientes a_{1a} y a_{2a} representan las pérdidas del colector y se describe:

$$a_{1a} + a_{2a} * (t_m - t_a)$$



Colector TZ58/1800-30R montado en el banco de pruebas de Fraunhofer ISE

B.1 Efficiency curve with measurement points based on aperture area 0.936 m²

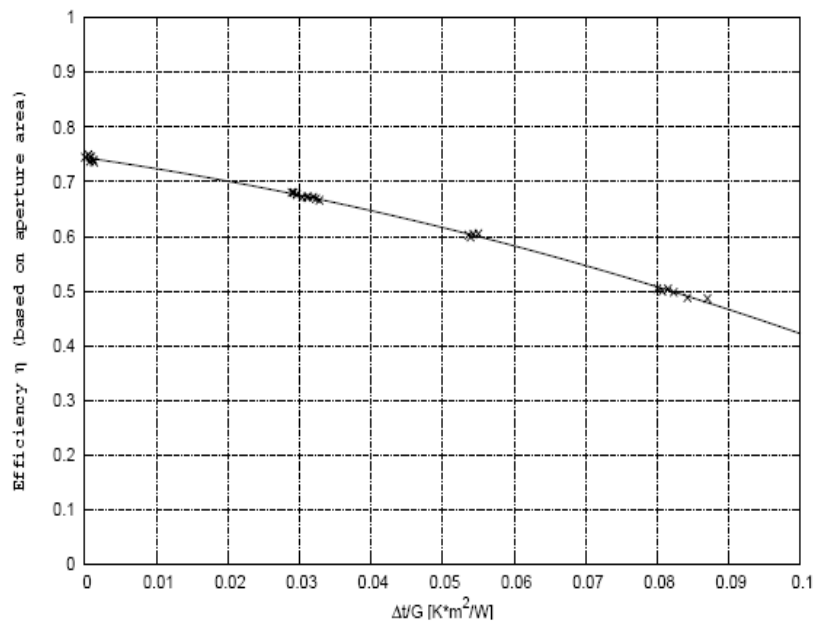


Figure 6: Efficiency curve with measurement points based on aperture area 0.936 m²

Results:

The calculated parameters are based on following areas:

aperture area of 0.936 m²: absorber area of 0.808 m²:

$$\eta_{0a} = 0.734$$

$$\eta_{0A} = 0.850$$

$$a_{1a} = 1.529 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$a_{1A} = 1.771 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$a_{2a} = 0.0166 \text{ W/m}^2\text{K}^2$$

$$a_{2A} = 0.0192 \text{ W/m}^2\text{K}^2$$

Siendo:

η_{0a} = Rendimiento óptico del colector, es el rendimiento máximo que puede alcanzar el colector, lo que sucederá cuando no existan pérdidas asociadas a la diferencia de temperatura entre este y el ambiente.

a_{1a} = Pérdidas lineales.

a_{2a} = Pérdidas cuadráticas.

Otro dato a tener en cuenta es el IAM “ Incidence angle modifier”

Como es fácil observar la estructura cilíndrica de los tubos y su superficie absorbedora sobre el tubo interior hacen las veces de seguidor solar,

ya que inciden los rayos del sol de forma perpendicular a cualquier hora del día.

El IAM completo se puede estimar calculando el producto de la incidencia del ángulo longitudinal por la incidencia del ángulo transversal.

$$K_{\theta} = K_{\theta L} \times K_{\theta T}$$

Collector azimuth: tracked

θ :	0°	10°	20°	30°	40°	50°	53°	60°	70°	80°	90°
$K_{\theta T}$:	1.00	1.00	1.03	1.11	1.25	1.37	1.40	1.36	1.11	0.70	0.05
$K_{\theta L}$:	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.92	0.88	0.84	0.69	0.44	0.00

Table 2: Measured (**bold**) and calculated IAM data for TZ58-1800-10R

The angles for the transversal IAM in table 2 were calculated according to Ambrosetti ¹(equation 3).

$$K_{\theta} = 1 - \left[\tan \frac{\theta}{2} \right]^{\frac{1}{r}} \quad (3)$$

La capacidad térmica del colector

La capacidad térmica efectiva del colector **Anpasol TZ 58/1800-10** calculada según la sección 6.1 y 6.2 de la norma EN 12975-2 con un fluido de transferencia mezcla al 50% de agua y propilenglicol a una temperatura de 50°C es:

14.6 Kj/K

La capacidad térmica efectiva por metro cuadrado es (valida para todas las medidas):

15.6 Kj/K m²

La familia la componen esta serie de modelos:

Modelos Anpasol	Área total	Área apertura	Peso vacío	Volumen fluido	Contraseña homologación
TZ58-1800-10R	1.715 m ²	0.936 m ²	39.6 Kg	0.7L	NPS-21507 *
TZ58-1800-12R	1.954 m ²	1.116 m ²	44 Kg	0.84L	NPS-21607
TZ58-1800-14R	2.279 m ²	1.302 m ²	47 Kg	0.98L	NPS-21707
TZ58-1800-15R	2.563 m ²	1.395 m ²	54.8 Kg	1.065L	NPS-21807 *
TZ58-1800-16R	2.605 m ²	1.488 m ²	58.5 Kg	1.12L	NPS-21907
TZ58-1800-18R	2.931 m ²	1.674 m ²	66.7 Kg	1.26L	NPS-22007
TZ58-1800-20R	3.377 m ²	1.860 m ²	73 Kg	1.4L	NPS-22107 *
TZ58-1800-24R	3.907 m ²	2.233 m ²	87.5 Kg	1.68L	NPS-22207
TZ58-1800-25R	4.121 m ²	2.326 m ²	91.5 Kg	1.85L	NPS-22307
TZ58-1800-28R	4.559 m ²	2.605 m ²	102.2 Kg	1.96L	NPS-22407
TZ58-1800-30R	4.901 m ²	2.791 m ²	106 Kg	2.3L	NPS-22507 *

* Estos modelos con stock permanente, resto bajo pedido.