

Captador Solar Térmico
Solar thermal Collector

150 L
TECNOTOOLING S.L.

Informe de Ensayo de Rendimiento de Captador solar
Performance test Report for solar collectors

Fundación CENER - CIEMAT
Laboratorio de Captadores Solares
Solar Collectors Laboratory
Avda. Ciudad de la Innovación, nº 7
31621 – Sarriguren (Navarra)
ESPAÑA SPAIN

Proyecto / Project : 30.0950.0

Id del captador / Collector reference :	30.0950.0-2
Nombre del Fabricante / Name of manufacturer :	KUNSHAN TECNOTOOLING LTD
Nombre comercial / Brand Name :	150 L
Tipo de captador / Collector type :	Tubos de vacío / Evacuated tubular collector
Número de serie / Serial No :	K270120/003
Peticionario / Applicant :	TECNOTOOLING S.L.
Domicilio social / Address	TECNOTOOLING S.L. Solar Division C/ Hilanderas, 75 (Edificio Belasco) 20303 Irún – Guipúzcoa - España
Entrega de la muestra / Delivery of sample :	19/02/2008
Fecha de inicio / Test initial date :	20/02/2008
Fecha de fin / Test end date :	07/10/2008

Método de ensayo <i>Test method</i>	El ensayo se ha realizado de acuerdo a los apartados 6.1 y 6.3 de la norma UNE-EN 12975-2:2006, así como al método de ensayo de régimen interno nº ME-542-04. <i>This test was done according to the paragraphs 6.1 and 6.3 of the standard UNE-EN 12975-2:2006 and the internal method number ME-542-04.</i>
Declaraciones <i>Remarks</i>	Los resultados de este informe se refieren únicamente a la muestra ensayada. CENER no se responsabiliza de las conclusiones o generalizaciones que pudieran obtenerse de los resultados. Este informe no podrá ser parcialmente reproducido sin la aprobación del Laboratorio de Captadores Solares de CENER. No se ha realizado método de muestreo en la elección del captador. La muestra de ensayo ha sido aportada por el cliente. <i>The results of this report are focused just to the tested collector. CENER is not responsible of the conclusions taken from this report. This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of CENER. Sample selection was not done. The test sample has been provided by the customer.</i>

Ensayos solicitados	Fecha inicio	Fecha final	Norma aplicada / Standard Applied	Apartado / Part
Rendimiento térmico <i>Thermal performance</i>	20/02/2008	17/09/2008	UNE-EN 12975-2:2006	6.3
Caída de presión <i>Pressure drop</i>	07/10/2008	07/10/2008	UNE-EN 12975-2:2006	6.1.8

Signatario autorizado:*Authorized signatory:***Jefe de Servicio**
Manager of C&C Unit

1. Generalidades / General :Referencia de captador N° / *Collector reference* : 30.0950.0-2Ensayo realizado por / *Test performed by* :

Fundación CENER-CIEMAT
Avda. Ciudad de la Innovación, nº 7
31621 – Sarriguren (Navarra)
Tel: +34 948 25 28 00
Fax: +34 948 27 07 74

2. Descripción del captador solar / Solar collector description :

Nombre del fabricante / <i>Name of manufacturer</i> :	TECNOTOOLING S.L.	
Nombre comercial / <i>Brand Name</i> :	150 L	
Tipo de captador / <i>Collector type</i> :	Tubos de vacío / <i>Evacuated tubular collector</i>	
Año de producción / <i>Year of production</i> :	2008	
Número de serie / <i>Serial No</i> :	K270120/003	
Dibujos documento / <i>Drawing document n°</i> :	--	
Rango de caudal / <i>Flow range</i> :	50-150 l/m ² h	
Presión de operación / <i>Operating pressure</i> :	600 kPa	
Montaje del captador / <i>Collector mounting (EC)</i> :	En tejado con inclinación / <i>on sloping roof</i>	X
	Integrado en tejado con inclinación / <i>sloping roof integrated</i>	--
	Sobre tejado plano / <i>on flat roof</i>	--
	En tejado plano / <i>in flat roof</i>	--
	Sobre tejado plano con estructura / <i>on flat roof with stand</i>	X

2.1. Captador / Collector

Tipo / <i>Type name</i> :	Tubos de vacío / <i>Evacuated tubular collector</i>
Área total / <i>Gross area</i> :	2,29 m ²
Área de apertura / <i>Aperture area</i> :	1,43 m ²
Área de absorbedor / <i>Absorber area</i> :	1,23 m ²

(EC) Datos especificados por el cliente / *Specified by the customer*

Dimensiones de la unidad del captador / <i>Dimensions of collectors unit</i> :	
Longitud / <i>Length</i> :	1970 mm
Ancho / <i>Width</i> :	1160 mm
Altura / <i>Height</i> :	130 mm

Peso en vacío / <i>Weight empty</i> :	48,6 kg
Contenido de fluido / <i>Fluid content</i> (EC):	1,1 l
Nº de cubiertas / <i>Number of covers</i> :	1
Materiales de la cubierta / <i>Cover materials</i> :	Vidrio de Borosilicato / <i>Borosilicate</i>
Longitud de apertura / <i>Aperture length</i> :	1740 mm
Anchura de apertura / <i>Aperture width</i> :	822 mm
Espesor de la cubierta / <i>Cover thickness</i> :	1,6 mm
Transmitancia solar de la cubierta / <i>Cover solar transmittance</i> τ :	No especificado / <i>Not specified</i>

2.2. Absorbedor / *Absorber*

Material / <i>Material</i> :	Borosilicato / <i>Borosilicate</i>
Ancho de tubo / <i>Tube width</i> :	47 mm
Espesor de tubo / <i>Tube thickness</i> :	1,6 mm
Absortancia solar / <i>Solar absorptance</i> α (EC):	> 94%
Emitancia hemisférica / <i>Hemispherical emittance</i> ϵ (EC):	< 6%
Tratamiento de la superficie / <i>Surface treatment</i> :	Recubrimiento selectivo / <i>selective coating</i>
Tipo de construcción / <i>Construction type</i> :	Tubos concéntricos heat pipe / <i>concentric heat-pipe tubes</i>
Número de tubos / <i>Number of risers</i> :	15
Diámetro de tubo o dimensiones / <i>Riser diameter or dimensions</i> :	47 mm
Distancia entre tubos / <i>Distance between risers</i> :	74 mm

2.3. Aislamiento térmico y carcasa / *Thermal insulation and casins* :

Espesor del aislamiento térmico / <i>Thermal insulation thickness</i> (EC):	Cabezal / <i>Head</i> : Poliuretano y lana mineral / <i>Polyurethane and mineral wool</i>
Material del aislamiento / <i>Insulation material</i> (EC):	Cabezal / <i>Head</i> : 40 mm
Material de la carcasa / <i>Casing material</i> (EC) :	Aluminio / <i>Aluminium</i>
Material de sellado / <i>Sealing material</i> (EC) :	Silicona / <i>Silicon</i>

2.4. Limitaciones / Limitations :

Temperatura máxima de operación / <i>Maximum operation temperature (EC):</i>	95°C
Presión máxima de operación / <i>Maximum operation pressure (EC):</i>	1000 kPa
Máximo y mínimo ángulo de inclinación / <i>Maximum and minimum tilt angle (EC):</i>	Máxima: 75°, Mínima: 15°

Fotografía del captador / Photograph of the collector :

Comentarios al diseño del captador / Comments on collector design :

Captador de 15 tubos de vacío heat-pipe. Cada tubo está compuesto por un tubo envolvente de vidrio de borosilicato que incluye al tubo absorbedor selectivo. Aislamiento del cabezal colector con poliuretano y lana mineral. Carcasa fabricada en aluminio.

Collector composed by 15 heat-pipe evacuated tubes. Each tube is made of a concentric tube of borosilicate glass in which a selective absorber tube is located. Head insulation in polyurethane and mineral wool. Casing box made of aluminium.

Diagrama esquemático del montaje del captador /Schematic diagram of collector mounting :

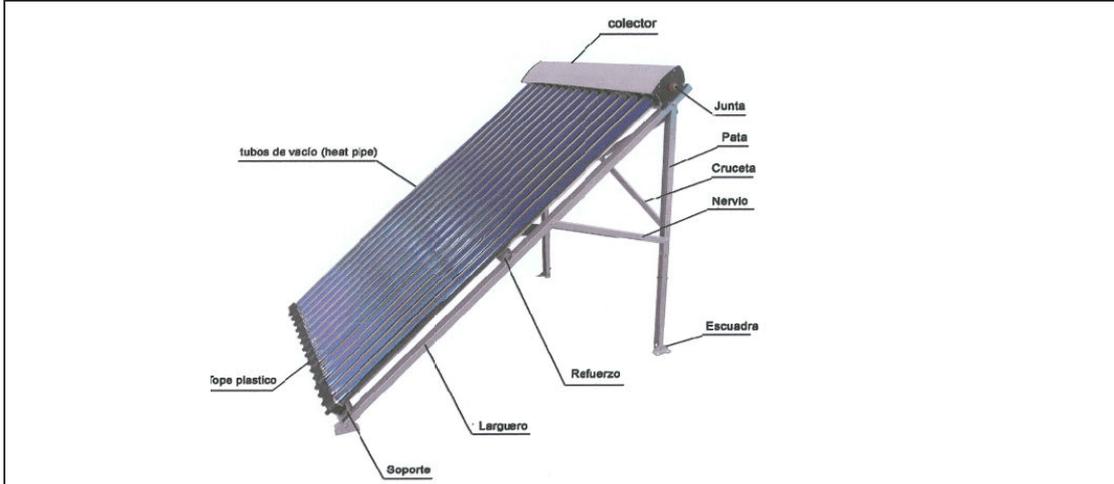
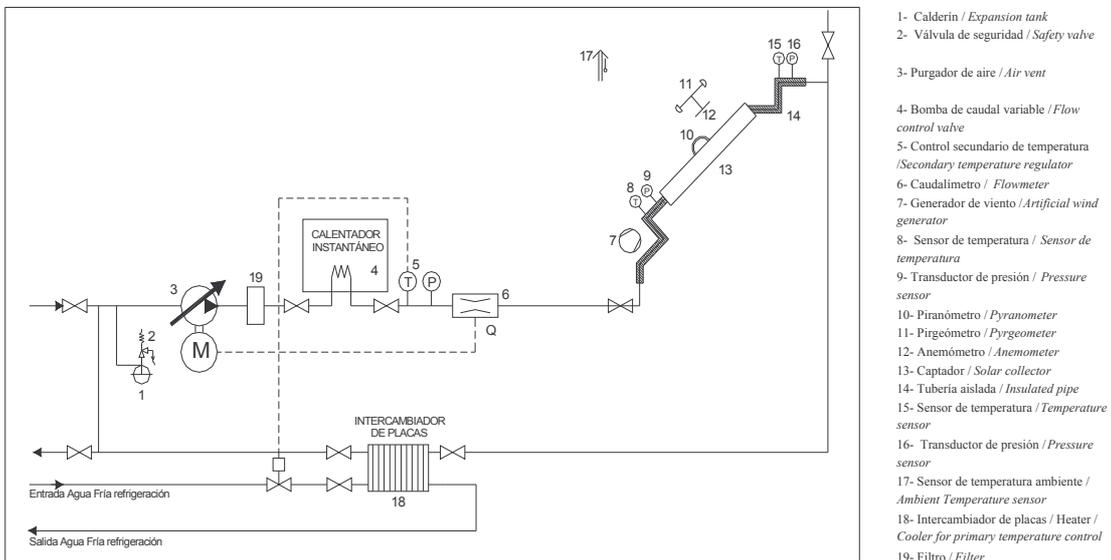


Diagrama esquemático del bucle de ensayos /Schematic diagram of test loop :



Medio de transferencia de calor / Heat transfer medium (EC) :	Propilenglicol / propylene glycol.
Especificaciones (aditivos, etc) / Specifications (additives etc) :	No especificado / Not specified
Fluidos de transferencia de calor alternativos aceptados / Alternative acceptable heat transfer fluids (EC) :	Agua / Water

3. Resultados del ensayo / Test results

El rendimiento térmico se ha ensayado en base a los métodos de ensayo

Thermal performance has been tested based on test methods :

<input type="checkbox"/> 6.1. Exterior – Método de estado estacionario / <i>Outdoor - Steady State Method</i>	<input type="checkbox"/> 6.1. Interior – Método de estado estacionario / <i>Indoor - Steady State Method</i>	<input checked="" type="checkbox"/> 6.3. Exterior – Método cuasi-dinámico / <i>Outdoor - Quasi-dynamic Method</i>
---	--	---

Exterior / <i>Outdoor</i>	
Latitud / <i>Latitude</i> :	42.8 ° Norte
Longitud / <i>Longitude</i> :	1.63 ° Oeste
Acimut del captador / <i>Collector azimuth</i> :	0 °
Ángulo de inclinación / <i>Collector tilt</i> :	38 °
Orientación de los tubos del absorbedor durante el ensayo (horizontal o vertical) <i>Orientacion of absorber tubes during testing</i>	Horizontal
Potencia pico ($G=1000 \text{ W/m}^2$) por unidad de captador <i>Peak Power per collector unit : W_{pico}</i>	914 W

Potencia producida por unidad de captador / *Power output per collector unit (W)*

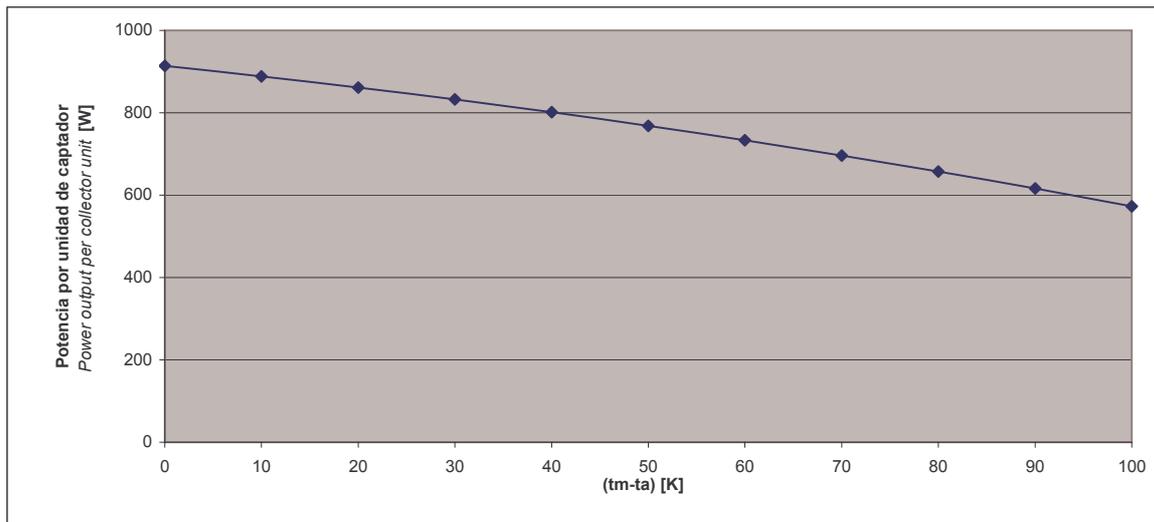
$T_m - T_a$ (K)	G		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
10	340	615	889
30	284	558	832
50	220	494	768

NOTA : Los valores expresados son para incidencia normal

NOTE : The reported values are for normal incidence

3.1. Potencia producida por unidad de captador (para $G=1000\text{W/m}^2$)

Power output per collector unit (for $G=1000\text{W/m}^2$)



3.2. Curva de eficiencia instantánea basada en el área de (absorbedor/apertura) y temperatura media del fluido de transferencia de calor

Instantaneous efficiency curve based on (absorber/aperture) area and mean temperature of heat transfer fluid

Área de referencia / Reference area :			
Área del absorbedor <i>area A_A</i>	<i>Absorber</i>		Área del apertura <i>Aperture area A_a</i>
Área de absorbedor usada para la curva (m^2) <i>area used for curve in (m^2)</i>	<i>Absorber</i>	1,23	Área de apertura usada para la curva (m^2) <i>Aperture area used for curve in (m^2) :</i>
			1,43
Eficiencia instantánea definida como / <i>Instantaneous efficiency is defined by :</i>			
$\eta_A = \frac{\dot{Q}}{A_A \cdot G}$		$\eta_a = \frac{\dot{Q}}{A_a \cdot G}$	

Rendimiento térmico basados en / Thermal performance based on :

Área de absorbedor / Absorber area			Área de apertura / Aperture area		
$\eta_A = F'(\tau\alpha)_{enA} K_{\theta,a} \frac{G_b}{G} + F'(\tau\alpha)_{enA} K_{\theta,a} \cdot \frac{G_d}{G}$ $- c_{1A} \cdot \frac{(t_m - t_a)}{G} - c_{2A} \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G} - c_{3A} \cdot \frac{u \cdot \Delta T}{G}$ $+ c_{4A} \cdot \frac{(E_L - \sigma T_a^4)}{G} - c_{5A} \cdot \frac{dT_m/dt}{G} - c_{6A} \cdot u$			$\eta_a = F'(\tau\alpha)_{ena} K_{\theta,a} \frac{G_b}{G} + F'(\tau\alpha)_{ena} K_{\theta,a} \cdot \frac{G_d}{G}$ $- c_{1a} \cdot \frac{(t_m - t_a)}{G} - c_{2a} \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G} - c_{3a} \cdot \frac{u \cdot \Delta T}{G}$ $+ c_{4a} \cdot \frac{(E_L - \sigma T_a^4)}{G} - c_{5a} \cdot \frac{dT_m/dt}{G} - c_{6a} \cdot u$		
Valor / Value	Incertidumbre / Uncertainty	Unidad / Unit	Valor / Value	Incertidumbre / Uncertainty	Unidad / Unit
F'(\tau\alpha) _{enA}	0,695 ± 0,007	--	F'(\tau\alpha) _{ena}	0,596 ± 0,006	--
K _{θdA}	1,201 ± 0,043	--	K _{θda}	1,201 ± 0,043	--
c _{1A}	1,973 ± 0,183	W/m ² K	c _{1a}	1,693 ± 0,157	W/m ² K
c _{2A}	0,008 ± 0,003	W/m ² K ²	c _{2a}	0,007 ± 0,003	W/m ² K ²
c _{3A}	--	--	c _{3a}	--	--
c _{4A}	--	--	c _{4a}	--	--
c _{5A}	13547 ± 811	J/m ² K	c _{5a}	11619 ± 696	J/m ² K
c _{6A}	--	--	c _{6a}	--	--

Los coeficientes c₃, c₄ y c₆ se han despreciado de acuerdo al apartado 6.3.4.8.3 de la norma UNE-EN 12975-2
The coefficients c₃, c₄ y c₆ have been set to zero according to the paragraph 6.3.4.8.3 of the Standard UNE-EN 12975-2

donde / with :

F'(\tau\alpha)_{en} = η₀ : rendimiento óptico / zero-loss collector efficiency

K_{θd} : modificador de ángulo incidente para radiación difusa / incidence angle modifier for diffuse radiation

c₁ : coeficiente de pérdidas de calor a / heat loss coefficient at (T_m-T_a=0)

c₂ : dependencia de la temperatura del coeficiente de pérdidas de calor / temperature dependence of the heat loss coefficient

c₃ : dependencia de la velocidad del viento del coeficiente de pérdidas de calor / wind speed dependence of the heat loss coefficient

c₄ : dependencia de la temperatura de cielo del coeficiente de pérdidas de calor / sky temperature dependence of the heat loss coefficient

c₅ : capacidad térmica efectiva / effective thermal capacity

c₆ : dependencia del viento en la eficiencia óptica del captador / wind dependence in the heat loss coefficient

Caudal de fluido utilizado para los ensayos / Fluid flowrate used for the tests :	0,020 kg/sm ²
Área total de captador / Gross collector area :	2,29 m ²
Fluido utilizado / Fluid used :	Agua / Water

Para comparar los resultados del ensayo con la curva de eficiencia obtenida en estado estacionario se representa la curva de eficiencia en función de la diferencia de temperatura reducida $T_m^* = (t_m - t_a)/G^*$, utilizando los valores prefijas en el apartado 6.3.4.8.4. de la norma EN 12975-2:2006.

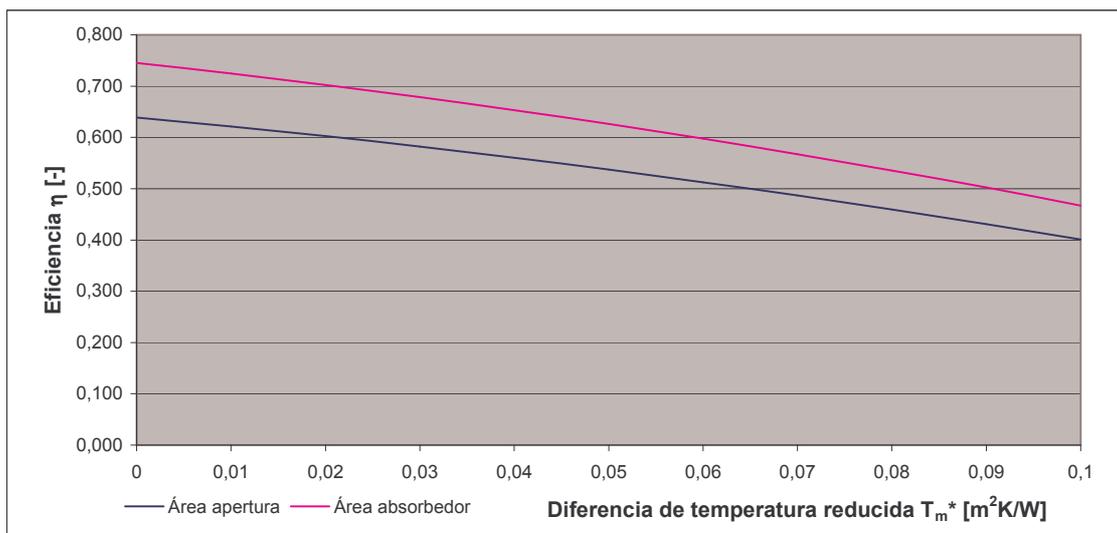
In order to compare the test results with the efficiency curve in steady state we represent the efficiency curve based on the reduced temperature difference $T_m^ = (t_m - t_a)/G^*$, fixing values in accordance with the part 6.3.4.8.4. from the standard EN 12975-2:2006.*

$G^* = 1000 \text{ W/m}^2$, $G_b = 850 \text{ W/m}^2$, $G_d = 150 \text{ W/m}^2$, $\theta = 15^\circ$ ($\theta_T = 10,7^\circ$ y $\theta_L = 10,7^\circ$), $dT_m/dt = 0$, $u = 3$
m/s, $E_L - \sigma T_a^4 = -100 \text{ W/m}^2$.

Rendimiento térmico basados en / Thermal performance based on :					
Área de absorbedor / Absorber area			Área de apertura / Aperture area		
$\eta_A = \eta_{0A} - a_{1A} \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_{2A} G \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$			$\eta_a = \eta_{0a} - a_{1a} \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_{2a} G \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$		
Valor / Value	Incertidumbre estándar / Standard uncertainty	Unidad / Unit	Valor / Value	Incertidumbre estándar / Standard uncertainty	Unidad / Unit
η_{0A}	$0,745 \pm 0,009$	--	η_{0a}	$0,639 \pm 0,007$	--
a_{1A}	$1,973 \pm 0,183$	$\text{W/m}^2\text{K}$	a_{1a}	$1,693 \pm 0,157$	$\text{W/m}^2\text{K}$
a_{2A}	$0,008 \pm 0,003$	$\text{W/m}^2\text{K}^2$	a_{2a}	$0,007 \pm 0,003$	$\text{W/m}^2\text{K}^2$

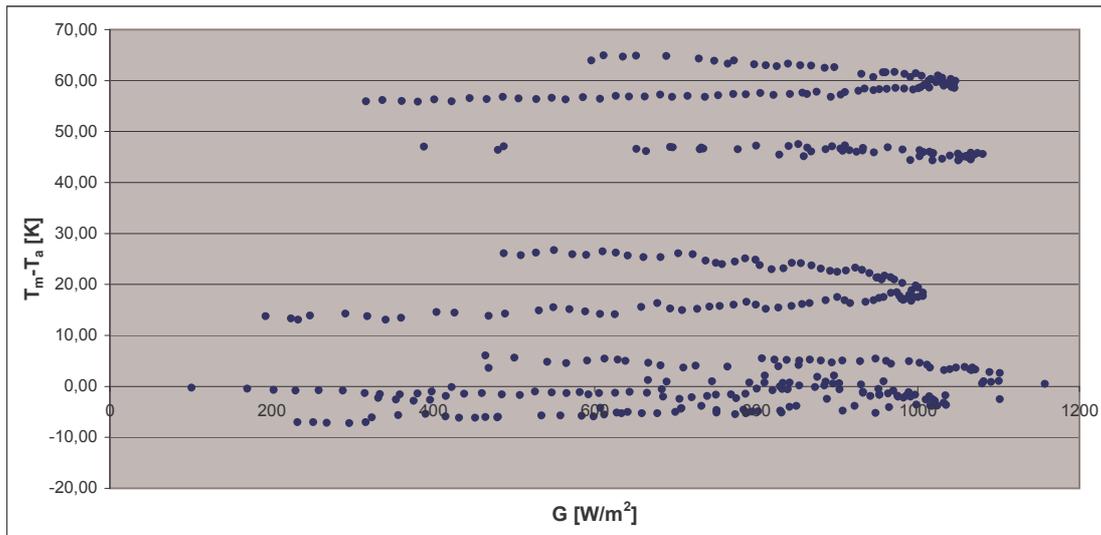
Curva de eficiencia instantánea basada en el área de (absorbedor / apertura) y temperatura media del fluido de transferencia de calor

Instantaneous efficiency curve based on (absorber/aperture) area and mean temperature of heat transfer fluid

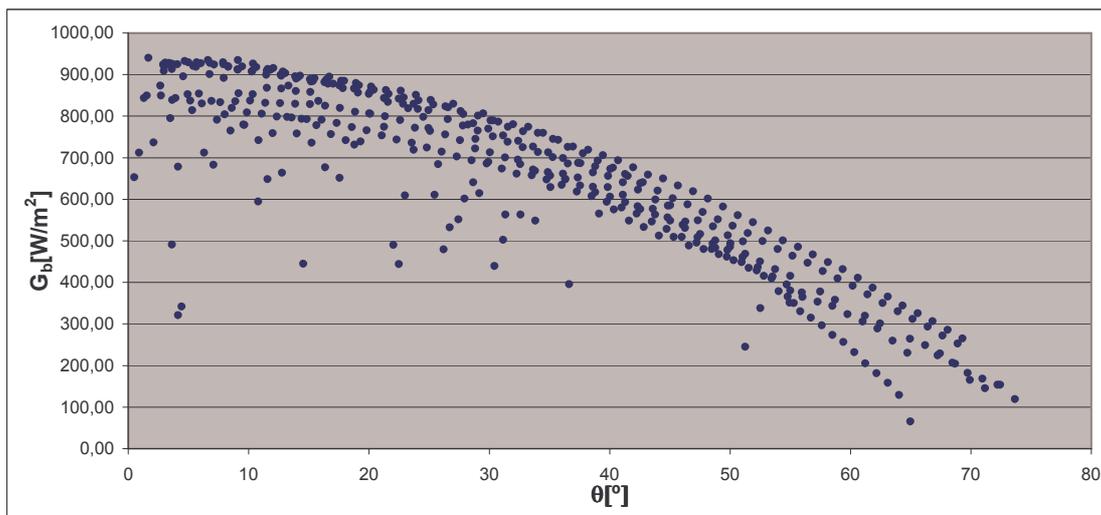


Representación grafica de los datos medidos / Graphic presentation of the measured data

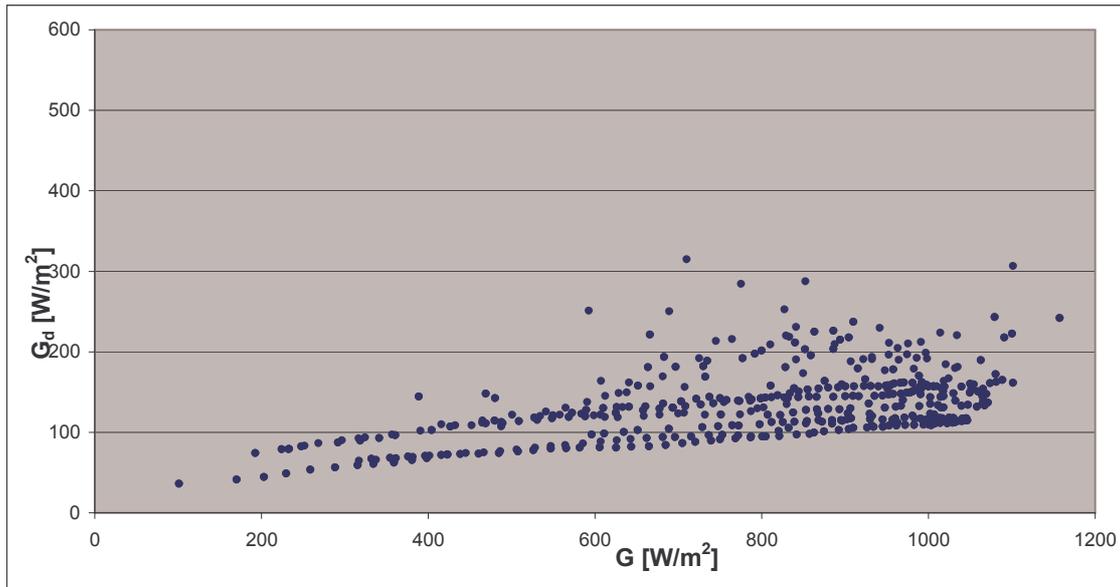
**Diferencia entre temperatura media de fluido y ambiente frente a la irradiancia solar hemisferica /
Difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance :**



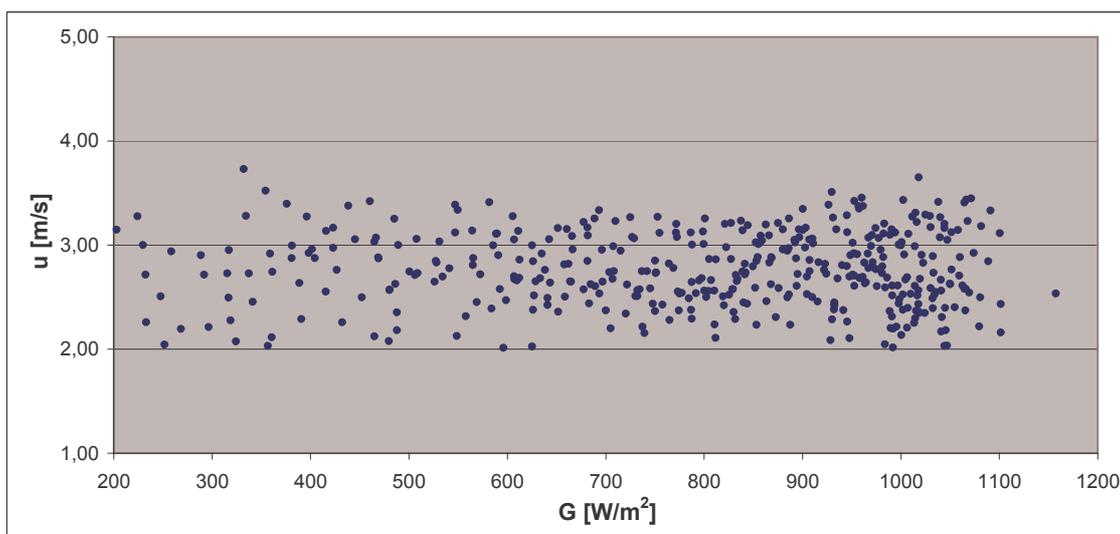
**Irradiancia solar directa frente al ángulo de incidencia de la irradiancia solar directa /
Direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance**



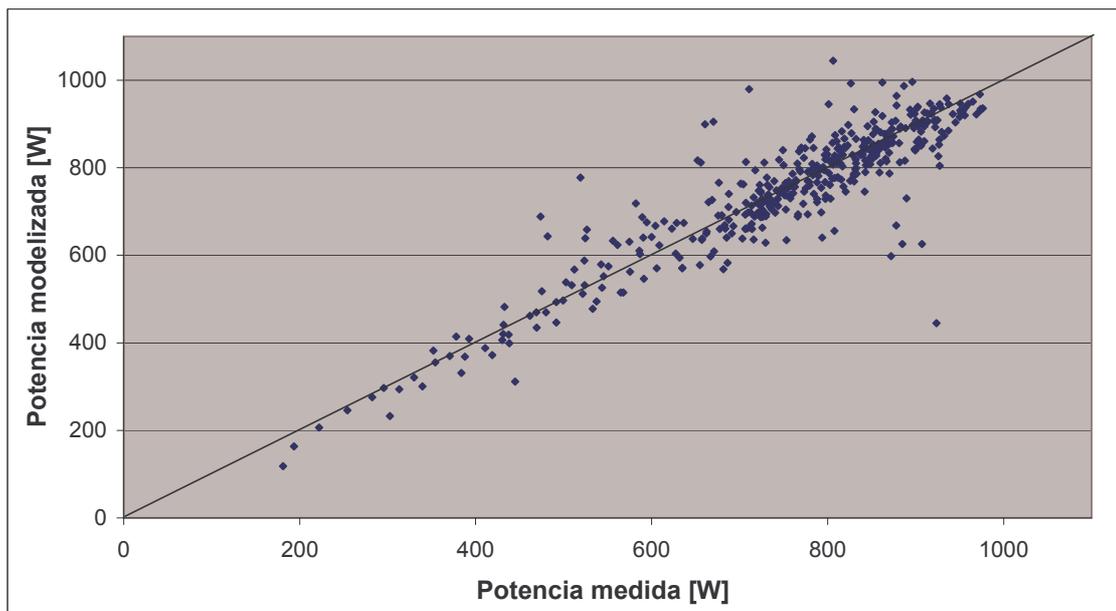
Irradiancia solar difusa frente a la irradiancia solar hemisferica /
Diffuse solar irradiance over the hemispherical solar irradiance



Velocidad del viento frente a la irradiancia solar hemisferica /
Wind speed over hemispherical solar irradiance



Representación de la salida medida frente a la modelizada /
Drawing of the measure output over the modelled output



3.3. Capacidad Térmica Efectiva / Effective thermal capacity

C =	26552	J/K
-----	-------	-----

Determinación por / Determination by

Cálculo / calculation

Exterior / outdoors

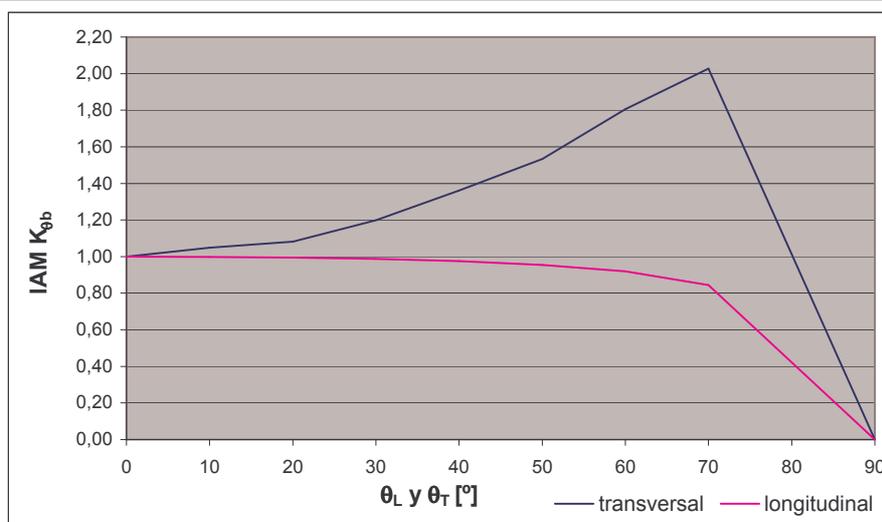
La capacidad térmica fue calculada según el punto 6.3.5.2 de la norma EN 12975-2 /
effective thermal capacity has been computed as explained in the part 6.3.5.2 of the norm EN 12975-2

$$c_5 = C/A$$

Interior / indoors

3.4. Modificador de ángulo de incidencia / Incident angle modifier (longitudinal - transversal)

θ (°)	0	10	20	30	40	50	60	70	90
$K_{ob}(\theta_T)$	1,00	1,05	1,08	1,20	1,36	1,53	1,81	2,03	0,00
$K_{ob}(\theta_L)$	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,92	0,84	0,00



3.5. Caída de presión / Pressure drop

T ^a Fluido / Fluid T ^a (°C)	20 °C ± 2 °C		T ^a max: 19,75 °C		T ^a min: 18,40 °C	
Caudal / Flowrate (kg/min)	4,1	3,3	2,4	1,5	0,7	0,0
Pérdida de presión / Pressure drop (mbar)	10	7	4	2	1	0

3.6. Fallos observados / Observed failures

Dense detalles de cualquier fallo denotado como “fallo grave” que define 5.3.1 en la norma EN 12975-1:2006
Give details of any of the failures denoting "major failure", defined in 5.3.1 of EN 12975-1 :2006

No se han observado fallos. El captador cumple los requisitos especificados en la norma EN 12975-2:2006 para los ensayos de rendimiento incluidos en el presente informe.

No failures has been observed. The collector respect the requirements specified in the standard EN 12975-2:2006 for the efficiency testing included in this report.

Resumen del informe de ensayo / Test report summary

Identificación / Identification :

Nombre del Fabricante <i>Name of manufacturer :</i>	TECNOTOOLING S.L.	Año de producción / <i>Year of production :</i>	2008
Nombre comercial <i>Brand Name :</i>	150 L	Número de serie / <i>Serial No :</i>	K270120/003
Tipo de captador <i>Collector type :</i>	Tubos de vacío <i>Evacuated tubular collector</i>	Dibujos documento / <i>Drawing document :</i>	--

Dimensiones de la unidad captador / Dimensions of Collector unit :

Longitud / <i>Length :</i>	1970	mm	Área total / <i>Gross area :</i>	2,29	m ²
Ancho / <i>Width :</i>	1160	mm	Área de apertura / <i>Aperture area :</i>	1,43	m ²
Altura / <i>Height :</i>	130	mm	Área de absorbedor / <i>Absorber area :</i>	1,23	m ²

Especificaciones generales / General Specifications :

Peso / <i>Weight :</i>	48,6 kg
Fluidos de transferencia de calor / <i>Heat transfer fluids :</i>	Propilenglicol / propylene glycol.
Rango de caudal / <i>Flow range :</i>	50 - 150 l/hm ²
Presión de operación / <i>Operating pressure :</i>	600 kPa

Rendimiento térmico / Thermal performance :

Área de absorbedor / <i>Absorber area</i>			Área de apertura / <i>Aperture area</i>		
η_{0A}	0,745 ± 0,009	--	η_{0a}	0,639 ± 0,007	--
a_{1A}	1,973 ± 0,183	W/m ² K	a_{1a}	1,693 ± 0,157	W/m ² K
a_{2A}	0,008 ± 0,003	W/m ² K ²	a_{2a}	0,007 ± 0,003	W/m ² K ²

Potencia producida por unidad de captador / Power output per collector unit (W)

$T_m - T_a$ (K) \ G	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
10	340	615	889
30	284	558	832
50	220	494	768

Modificador del ángulo de incidencia / Incidence angle modifier (longitudinal - transversal)

θ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	90°
$K_{ob}(\theta_l)$	1,05	1,08	1,20	1,36	1,53	1,81	2,03	0,00
$K_{ob}(\theta_t)$	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,92	0,84	0,00