

CASOS PRÁCTICOS DE CAE APLICADOS A INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

El presente informe incluye el estudio de varios ejemplos concretos para analizar la viabilidad económica de las instalaciones solares térmicas al incorporar los ahorros de la inversión que se pueden conseguir aplicando la metodología CAE. Se podría ampliar el estudio si hubiera otros incentivos que se puedan aplicar y se mejoraría la rentabilidad de la inversión.

Para los diferentes sectores (residencial, terciario, industrial) se han seleccionado varios casos de aplicación y el servicio al que se destina la instalación solar térmica: ACS, piscinas, precalentar en procesos industriales, etc. Para cada caso se han definido todos los parámetros necesarios para realizar un primer estudio de la rentabilidad de la inversión lo que permitirá conocer las principales variables que intervienen y tener una primera aproximación a los resultados económicos.

Los casos analizados figuran en la siguiente tabla:

| Sector | Caso | Servicio | 1 Sup. Captac. (m ²) | 2 Energía sustituida Tipo | 3 Energía sustituida (η) | 4 Precio energía (€/kWh) | 5 Aporte solar térmico (kWh/año) | 6 Ahorro energía final (kWh/año) |
|--------|------|------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|---|
| 1 | RES | Equipo termosifón 4 m ² | 4 | Gas natural | 70% | 0,060 | 4.000 | 5.714 |
| 2 | RES | Sistema forzado 8 m ² | 8 | Electricidad | 90% | 0,090 | 8.000 | 8.889 |
| 3 | RES | ACS centralizada 50 m ² | 50 | Gasóleo | 60% | 0,070 | 50.000 | 83.333 |
| 4 | TER | Piscina cubierta | 100 | Gas natural | 70% | 0,060 | 100.000 | 142.857 |
| 5 | TER | ACS hospital/hotel | 100 | Gasóleo | 60% | 0,070 | 100.000 | 166.667 |
| 6 | TER | Pabellón piscina y clima | 500 | Gasóleo | 60% | 0,070 | 500.000 | 833.333 |
| 7 | IND | Industrial 100 m ² | 100 | Gas natural | 70% | 0,060 | 100.000 | 142.857 |
| 8 | IND | Industrial 500 m ² | 500 | Gas natural | 70% | 0,060 | 500.000 | 714.286 |
| 9 | IND | Industrial 1000 m ² | 1.000 | Gas natural | 70% | 0,060 | 1.000.000 | 1.428.571 |
| 10 | IND | Industrial 5000 m ² | 5.000 | Gas natural | 70% | 0,060 | 5.000.000 | 7.142.857 |
| 11 | IND | Industrial 100 m ² | 100 | Gasóleo | 60% | 0,070 | 100.000 | 166.667 |
| 12 | IND | Industrial 500 m ² | 500 | Gasóleo | 60% | 0,070 | 500.000 | 833.333 |
| 13 | IND | Industrial 1000 m ² | 1.000 | Gasóleo | 60% | 0,070 | 1.000.000 | 1.666.667 |
| 14 | IND | Industrial 5000 m ² | 5.000 | Gasóleo | 60% | 0,070 | 5.000.000 | 8.333.333 |

Para todos los casos se ha considerado:

- Una radiación global anual de 2.000 kWh/m²-año en un plano inclinado con orientación Sur que es fácilmente superada en más del 80 % del territorio de la península y que puede considerarse representativa como valor medio de todo el territorio, aunque en el Sur e Islas pueda ser un 10-20% superior.
- Un rendimiento anual medio del sistema del 50% que representa el porcentaje de la radiación solar transformada en energía térmica útil. Este valor deriva de mediciones y estudios de ASIT, que contemplan captadores con $\eta_0 \approx 0,8$ y pérdidas reales de campo. Los valores pueden variar entre el 45 y 65%, en función del tipo de instalación y la temperatura de servicio, por lo que se considera conservador el valor adoptado.

Para cada uno de los casos estudiados, los datos incluidos en cada columna figuran a continuación:

1. La instalación solar térmica queda definida por la superficie útil de captadores (m^2) que representa el área total de captadores solares instalada en cada caso.
2. El tipo de la energía convencional sustituida (electricidad, gas natural o gasóleo) y los parámetros característicos identificados por el rendimiento y por su precio que se definen a continuación.
3. El rendimiento η de la energía sustituida se refiere al rendimiento medio anual de transformación de la energía final en calor que fundamentalmente depende de la tecnología y del equipo generador de calor que se utilice. Se adoptan los siguientes valores de referencia: Termo eléctrico: 90% - Caldera de gas: 70% - Caldera de gasóleo: 60%. Existen otros datos que se podrían utilizar.*
4. El precio de la energía sustituida que depende los consumos y de los contratos de suministro. Se consideran los siguientes en €/kWh: Electricidad: 0,09 - Gas Natural: 0,06 - Gasóleo: 0,07.
5. Para cada instalación se determina el aporte útil de energía solar térmica calculado por el producto de la irradiación, la superficie de captación y el rendimiento del sistema.
6. El ahorro de energía final (kWh/año) se determina, conforme a la metodología CAE, dividiendo el aporte de energía útil por el rendimiento η de transformación de la energía sustituida. Este valor equivale a la cantidad de CAE generados ya que 1 CAE = 1 kWh ahorrado.
7. El coste unitario de la instalación solar térmica: En pequeñas instalaciones hasta 10 m^2 se ha tomado como referencia un coste de 800 €/m²; en medianas hasta 100 m^2 700 €/m² y hasta 500 m^2 se 650 €/m². En grandes instalaciones (1.000 m^2) 600 €/m² y en sistemas de gran tamaño ($\geq 5.000 \text{ m}^2$) se ha considerado un coste medio optimizado de 500 €/m².
8. El coste total de la instalación (en €) se determina en base a los datos anteriores.
9. En base a un coste de referencia del CAE de 150 €/MWh, que depende de los precios de mercado y la época del año, oscilará entre 100 y 180 €/MWh, se determina el CAE de cada caso.
10. Se determina el porcentaje de la inversión cubierta por el CAE como la relación entre el valor de los CAE y del coste total de la inversión inicial.
11. Se determina la inversión neta deduciendo del coste total el valor del CAE asignado.
12. Se determina el ahorro de energía sustituida en base a los valores, rendimientos y precios anteriormente establecidos.
13. Se establece un coste de operación y mantenimiento (O&M) de la instalación solar en base a un 2% de la inversión inicial para pequeños, 1,5% para sistemas medianos y 1% para grandes.
14. Se determina el ahorro neto de la instalación por diferencia de los anteriores.
15. Se determina el periodo de retorno simple.



Como resultados de la evaluación económica se obtiene:

| Caso | 7 Coste unit. (€/m ²) | 8 Coste total (€) | 9 CAE (€) | 10 % coste cubierto por CAE | 11 Inversión neta (€) | 12 Ahorro energía (€/año) | 13 Coste O&M (€/año) | 14 Ahorro neto (€/año) | 15 PRS (años) |
|--------------------------------------|--|----------------------------|--------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1 Equipo termosifón 4 m ² | 800 | 3.200 | 857 | 26,8 | 2.343 | 343 | 64 | 279 | 8,4 |
| 2 Sistema forzado 8 m ² | 800 | 6.400 | 1.333 | 20,8 | 5.067 | 800 | 128 | 672 | 7,5 |
| 3 ACS centralizada 50 m ² | 800 | 40.000 | 12.500 | 31,3 | 27.500 | 5.833 | 800 | 5.033 | 5,5 |
| 4 Piscina cubierta | 700 | 70.000 | 21.429 | 30,6 | 48.571 | 8.571 | 1.400 | 7.171 | 6,8 |
| 5 ACS hospital/hotel | 700 | 70.000 | 25.000 | 35,7 | 45.000 | 11.667 | 1.400 | 10.267 | 4,4 |
| 6 Pabellón piscina y clima | 650 | 325.000 | 125.000 | 38,5 | 200.000 | 58.333 | 4.875 | 53.458 | 3,7 |
| 7 Industrial 100 m ² | 700 | 70.000 | 21.429 | 30,6 | 48.571 | 8.571 | 1.400 | 7.171 | 6,8 |
| 8 Industrial 500 m ² | 650 | 325.000 | 107.143 | 33,0 | 217.857 | 42.857 | 4.875 | 37.982 | 5,7 |
| 9 Industrial 1000 m ² | 600 | 600.000 | 214.286 | 35,7 | 385.714 | 85.714 | 6.000 | 79.714 | 4,8 |
| 10 Industrial 5000 m ² | 500 | 2.500.000 | 1.071.429 | 42,9 | 1.428.571 | 428.571 | 25.000 | 403.571 | 3,5 |
| 11 Industrial 100 m ² | 700 | 70.000 | 25.000 | 35,7 | 45.000 | 11.667 | 1.400 | 10.267 | 4,4 |
| 12 Industrial 500 m ² | 650 | 325.000 | 125.000 | 38,5 | 200.000 | 58.333 | 4.875 | 53.458 | 3,7 |
| 13 Industrial 1000 m ² | 600 | 600.000 | 250.000 | 41,7 | 350.000 | 116.667 | 6.000 | 110.667 | 3,2 |
| 14 Industrial 5000 m ² | 500 | 2.500.000 | 1.250.000 | 50,0 | 1.250.000 | 583.333 | 25.000 | 558.333 | 2,2 |

Este estudio permite tener una primera aproximación de la viabilidad económica de las instalaciones solares térmicas aplicando solamente la reducción de la inversión aplicando los CAEs y permite conocer la influencia de los diversos parámetros que intervienen:



- Tamaño y coste de la instalación solar térmica
- Irradiación solar global y rendimiento medio anual de la instalación solar
- Tipo y coste de la energía sustituida, así como rendimiento de la tecnología y equipos empleados
- Precio de mercado del CAE
- Coste de mantenimiento de la instalación solar térmica

Un análisis de sensibilidad y mayor detalle de los resultados serán necesarios para mejorar el ajuste de los resultados que se pueden obtener. Los datos anteriores permiten calcular los ahorros a largo plazo de cada instalación y, a esos efectos, es importante considerar que una instalación solar térmica bien diseñada y mantenida puede tener una vida útil superior a 50 años.

*En el Anexo IV de la ficha IND040 se establece: En ausencia de datos del rendimiento estacional sobre energía primaria de la instalación existente, se propone el valor de la experiencia en instalaciones, calculado según Guía Técnica del IDAE "Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas: 5.3.2 Cálculo del rendimiento estacional por el método indirecto."

| Tecnología | Rendimiento nominal |
|--|---------------------|
| CALDERAS GASÓIL | 0,68 (PCS); 68 % |
| CALDERAS GAS ATMOSFÉRICA | 0,61 (PCS); 61 % |
| CALDERAS GAS PRESURIZADA ESTÁNDAR/BAJA TEMPERATURA | 0,68 (PCS); 68 % |
| CALDERA GAS CONDENSACIÓN | 0,83 (PCS); 83 % |

RES – Termosifón 4 m²

- ✓ Superficie: 4 m²
- ✓ Energía: Gas natural
- ✓ Inversión: 3.200 €
- ✓ **CAE: 857 € (26,8%)**
- ✓ Ahorro anual: 279 €
- ✓ Payback: 8,4 años



RES – ACS centralizada 50 m² CAE 31,3%

- ✓ Superficie: 50 m²
- ✓ Energía: Gas natural
- ✓ Inversión: 40.000 €
- ✓ **CAE: 12.500 € (31,3%)**
- ✓ Ahorro anual: 5.033 €
- ✓ Payback: 5,5 años



TER – Piscina cubierta, 100 m² CAE 30,6%

- ✓ Superficie: 100 m²
- ✓ Energía: Gas natural
- ✓ Inversión: 70.000 €
- ✓ **CAE: 21.429 € (30,6%)**
- ✓ Ahorro anual: 7.171 €
- ✓ Payback: 6,8 años



IND – Industrial
500 m²
CAE 38,46%

- ✓ Superficie: 500 m²
- ✓ Energía: Gasóleo
- ✓ Inversión: 325.000 €
- ✓ **CAE: 125.000 € (38,46%)**
- ✓ Ahorro anual: 53.458 €
- ✓ Payback: 3,74 años



TER – Pabellón
piscina y clima
500 m²
(CAE 38,46%)

- ✓ Superficie: 500 m²
- ✓ Inversión: 325.000 €
- ✓ **CAE: 125.000 € (38,46%)**
- ✓ Ahorro anual: 53.458 €
- ✓ Payback: 3,74 años



IND – 500 m²
Gasóleo
CAE 38,46%

- ✓ Superficie: 500 m²
- ✓ Inversión: 325.000 €
- ✓ **CAE: 125.000 € (38,46%)**
- ✓ Ahorro anual: 53.458 €
- ✓ Payback: 3,74 años



**IND – 1000 m²
gasóleo
CAE 41,67%**

- ✓ Superficie: 1.000 m²
- ✓ Inversión: 600.000 €
- ✓ **CAE: 250.000 € (41,67%)**
- ✓ Ahorro anual: 110.667 €
- ✓ Payback: 3,16 años



**IND – 5000 m²
gas natural,
CAE 42,86%**

- ✓ Superficie: 5.000 m²
- ✓ Inversión: 2.500.000 €
- ✓ **CAE: 1.071.429 € (42,86%)**
- ✓ Ahorro anual: 403.571 €
- ✓ Payback: 3,54 años

**IND – 5000 m²
gasóleo
CAE 50%**

- ✓ Superficie: 5.000 m²
- ✓ Inversión: 2.500.000 €
- ✓ **CAE: 1.250.000 € (50%)**
- ✓ Ahorro anual: 558.333 €
- ✓ Payback: 2,24 años

