

Comparativas entre distintas tecnologías solares

aHTech® vs. Solar Térmica+Fotovoltaica

Enero 2021
Versión 1

Contenido

1	Introducción.....	3
2	Metodología.....	3
2.1	Edificio de referencia.....	4
2.2	Demanda de referencia.....	4
2.3	Instalación de referencia.....	5
2.4	Otras consideraciones.....	6
2.5	Características de las tecnologías comparadas.....	6
3	Comparativa aHTech® vs. Solar Térmica+Fotovoltaica.....	7
3.1	Consideraciones previas.....	7
3.2	Cálculos.....	7
3.3	Resultados.....	9
4	Conclusiones.....	11

TABLA FIGURAS:

Fig. 1.	Esquema instalación solar de ACS y PV.....	5
Fig. 2.	Gráfica con curvas de rendimientos.....	7
Fig. 3.	Producción Energética de cada tecnología analizada (aH-Tech® y ST+FV).....	8
Fig. 4.	Tabla resumen de resultados de datos comparados.....	9
Fig. 5.	Resumen de resultados más relevantes de la comparativa.....	9

1 Introducción

El objetivo de este documento es **comparar la tecnología aHTech®**, desarrollada por Abora, con la tecnología solar térmica y la fotovoltaica combinadas, desde un **punto vista cuantitativo y cualitativo**. Para ello, el caso estudiado para realizar esta comparativa se enfoca **desde el punto de vista del usuario final** con el objetivo de no centrarse en la propia tecnología sino en los beneficios y desventajas que tiene para la reducción del consumo energético del edificio.

Este documento tiene un **enfoque didáctico y analítico**, si bien la base de cálculo y el análisis son exhaustivos y objetivos.

Para el análisis de ambas tecnologías se ha partido de las mismas consideraciones y se ha aplicado la misma metodología.

2 Metodología

Para cada uno de los casos analizados, se parte de la **documentación técnica de cada fabricante**, como: curvas de rendimiento de cada tecnología, ensayos de laboratorio, área real de cada panel, etc.

Se determina un **edificio de referencia** y sus características para poder comparar con las mismas condiciones de partida ambas tecnologías. El edificio definido es un edificio representativo del mercado al que está enfocado Abora, concretamente un hotel.

Para este edificio se determinan las **demandas energéticas** que serán la base de los cálculos del estudio. Como los paneles solares híbridos producen calor y electricidad se estudiará las dos demandas: **demanda térmica y demanda eléctrica**. La demanda térmica es la determinada para el edificio de referencia según el Código Técnico de la Edificación del 2019¹. Con respecto a la demanda eléctrica esta no se puede definir, pero se considera que toda la energía producida es autoconsumida en el propio edificio.

Se define una instalación de ACS para el estudio en la que el **circuito primario** está formado por el **circuito solar**, formado por los captadores solares de cada tecnología, y el **depósito**.² Éste actúa como precalentamiento del agua de red, previo al sistema auxiliar que complementa, en su caso, el aporte de energía para lograr los requerimientos demandados.

¹Normativa Española vigente.

²Ver descripción de la instalación en la página 5, apartado 2.3.

Comparativas entre distintas tecnologías solares

aHTech® vs. Solar Térmica+Fotovoltaica

Definidos el edificio, las demandas y la instalación de referencia se simulan y se calculan los **ahorros conseguidos** en el edificio con cada una de las tecnologías. Siempre utilizando las 3 “E”: **Energía, Economía y Emisiones**.³

Calculados los ahorros, se **analizan económicamente** las dos tecnologías en términos de: inversión, pay-back o retorno de la inversión (PB), flujo de caja acumulado, tasa de retorno de la inversión (TIR), etc.

Por último, se analiza el **impacto medioambiental** de cada una de ellas.

Con la visión energética, económica y de las emisiones evitadas se hace un resumen de las **ventajas e inconvenientes** de cada tecnología.

2.1 Edificio de referencia



EDIFICIO TERCIARIO . HOTEL

- Ubicación: Madrid
- Categoría: 4 estrellas
- Capacidad: 200 camas
- Cubierta plana
- 4 plantas sobre rasante y sala de calderas en sótano -1

2.2 Demanda de referencia



ACS

- Según CTE 2019
- Tª del ACS: 60°C
- Consumo diario: 55 litros/día*pers.
- Ocupación del 100% todos los meses



ELECTRICIDAD

- La electricidad producida se autoconsume en el edificio

³Definición de las 3 “E”:

ENERGÍA: Se han considerado las pérdidas de tuberías y depósito correspondientes a cada instalación, de forma que se define **energía útil** como la **energía térmica** generada por los paneles menos las pérdidas en tuberías y depósito, siendo en consecuencia la energía ahorrada en la instalación.

$$\boxed{\text{ENERGÍA AHORRADA}} = \boxed{\text{ENERGÍA ÚTIL}} = \boxed{\text{ENERGÍA ST}} - \boxed{\text{PÉRDIDAS EN TUBERÍAS Y DEPÓSITO}}$$

*La energía producida por cada tecnología está calculada para la inclinación óptima en cada caso.

ECONOMÍA: Los ahorros económicos son proporcionales a la energía ahorrada en cada caso, puesto que el precio del combustible es un valor constante en este estudio.

$$\boxed{\text{AHORROS ECONÓMICOS}} = \boxed{\text{ENERGÍA AHORRADA}} \times \boxed{\text{PRECIO DE COMBUSTIBLE}}$$

EMISIONES: Como se ha fijado un sistema auxiliar de referencia común para las distintas tecnologías, las emisiones de CO₂ evitadas dependerán sólo de la energía solar producida por cada una de ellas.

$$\boxed{\text{EMISIONES CO}_2 \text{ EVITADAS}} = \boxed{\text{ENERGÍA AHORRADA}} \times \boxed{\text{COEFICIENTE CO}_2 \text{ COMBUSTIBLE}}$$

2.3 Instalación de referencia

DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN

- ✔ Superficie de captadores: 137 m²
- ✔ Depósito acumulador: 7.000 litros
- ✔ Sistema auxiliar de referencia: caldera de gas modulante
- ✔ Rendimiento del sistema auxiliar: 75%

Como criterio para definir la superficie de referencia se ha utilizado la necesaria para cubrir un 50% de la demanda de ACS⁴ del edificio de referencia mediante la tecnología aHTech®. Esto equivale a la instalación de 70 paneles aH72SK de Abora.

Así podemos calcular **cuanta es la contribución solar con la misma superficie**. Para el estudio se ha considerado que, de los 137 m² considerados para el estudio, la mitad son paneles solar térmicos y la otra mitad son fotovoltaicos.

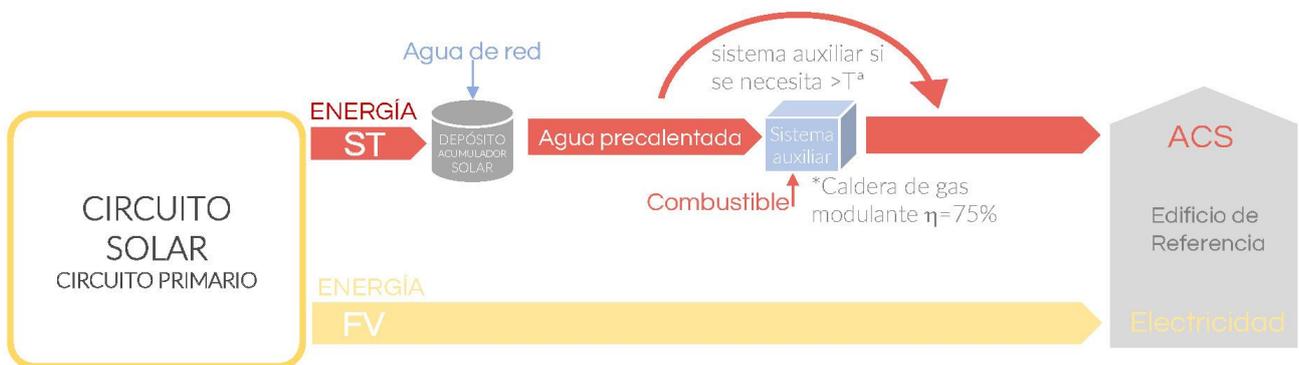


Fig. 1. Esquema instalación solar de ACS y PV⁵

⁴Los datos de cálculo en base al CTE son 55 l/persona para hoteles de 4 estrellas

⁵Una **instalación solar para la producción de ACS** tiene las siguientes etapas o subsistemas, independientemente de las tecnologías utilizadas:

- **Circuito Solar o Circuito Primario:** Capta la energía del sol y la transporta (a través de un fluido) hasta el acumulador solar. Denominamos "Energía ST"(energía solar térmica) a la energía extraída del sol a través de la superficie de captación. Los paneles solares (captadores o colectores solares) son el elemento principal de este subsistema.
- **Depósito o Acumulador Solar:** Almacena la energía solar captada en forma de agua caliente. En esta etapa la energía térmica se transmite al agua de la red. La temperatura dependerá de la energía captada del sol y de la consumida en el edificio, así se puede dar el caso de disponer una temperatura más alta de la demandada o más baja.
- **Sistema Auxiliar:** Si es necesario, aumenta la temperatura del agua pre-calentada hasta alcanzar la demandada por el edificio. En este documento el sistema auxiliar de referencia escogido es una caldera de gas modulante con un rendimiento estacional de 75%.
- **Demanda de ACS:** Es la cantidad de agua caliente sanitaria a una temperatura de 60°C que consume el edificio.

2.4 Otras consideraciones

En este análisis se han realizado otras consideraciones básicas⁶ que permiten definir las bases y criterios de los diferentes parámetros más representativos que afectan a los resultados obtenidos, de forma que sirvan de referencia.

Como cada edificio tiene sus casuísticas particulares, las consideraciones de este documento pretenden ser valores generalistas y actuales en el mercado, pero no tienen por qué coincidir con futuros casos reales que se deseen estudiar.

Finalmente, este análisis pretende proyectar referencias, tendencias y comparativas entre tecnologías y no datos absolutos, puesto que en cada edificio los resultados variarán.

2.5 Características de las tecnologías comparadas

		aH-Tech®	ST	FV			aH-Tech®	ST	FV	
Características Generales					Características Fotovoltaicas					
	Área Total (m ²)	1,96	2,51	2,51		Tipo de Célula	M-Si	-	M-Si	
	Dimensiones (m.)	1,97 x 0,99	2,38 x 1,06	1,96 x 0,99		Potencia Nominal (W)	350	-	350	
	Peso (kg.)	50	39	20,9		Tensión Máxima Potencia (Vmpp)	39,18	-	39,18	
	Nº células	72	-	72		Corriente Máxima Potencia (Impp)	8,98	-	8,96	
	Vidrio Frontal (mm.)	3,2	3,2	3,2		Tensión Circuito Abierto (Voc)	48,82	-	47,1	
Características Térmicas							Corriente Cortocircuito (Isc)	9,73	-	9,6
	Rendimiento Óptico (η ₀)	0,70	0,755	-		Eficiencia del Módulo (%)	17,8%	-	18,0%	
	Coef. Pérdidas Térmicas, a1 (W/m ² .K)	5,98	4,439	-		Tolerancia de Potencia (W)	0/+3%	-	0/+1,5%	
	Coef. Pérdidas Térmicas, a2 (W/m ² .K ²)	0,00	0,023	-		Tensión Máxima del sistema	DC 1000 V	-	DC 1000 V	
	Vol. Líquido interior (L.)	1,78	1,83	-		Color del Backsheet	Negro	-	Negro	
	Tº Estancamiento (ºC)	126	145	-	Coeficiente de Temperatura de Pmpp	-0,41%/ºC	-	-0,38%/ºC		
	Num. Conexiones Hidráulicas	4	4	-	Coeficiente de Temperatura de Voc	-0,33%/ºC	-	-0,29%/ºC		
	Tipo de conexión	Rápida	Rápida	-	Coeficiente de Temperatura de Isc	0,06%/ºC	-	0,08%/ºC		
	Presión Máxima (bar)	10	6	-	Corriente Inversa Máxima	15A	-	15A		
	Caudal nominal (l/h)	60	58	-	Temperatura NOCT	45+/-2 ºC	-	45+/-2 ºC		
	Tipo de absorbedor	Parrilla	Serpentin	-	*Se ha seleccionado modelos representativos de captador térmico y de panel fotovoltaico.					
Aislamiento posterior (mm.)	60	40	-							

⁶Consideraciones básicas y parámetros utilizados en el cálculo:

- ▶ Base de datos climáticos: IDAE

Coste de la energía auxiliar:	Gas	0,051 €/kWh
	Electricidad	0,120 €/kWh
- ▶ Coeficiente de emisiones*:

Gas	0,252kg CO ₂ /kWh
Electricidad	0,396kg CO ₂ /kWh

*Fuente IDAE
- ▶ Software de cálculo: Trnsys y PVGIS
- ▶ Sin sistema de seguimiento
- ▶ En la instalación se ha considerado aislamiento s/ RITE
- ▶ Inversión económica.

Los costes de materiales utilizados son los extraídos de ofertas reales de distribuidor a instalador. Sobre estos costes se asume que la empresa instaladora aplica para el "llaves en mano" los siguientes factores: Margen sobre material 25% Mano de obra 20€/h Margen sobre mano de obra 20%

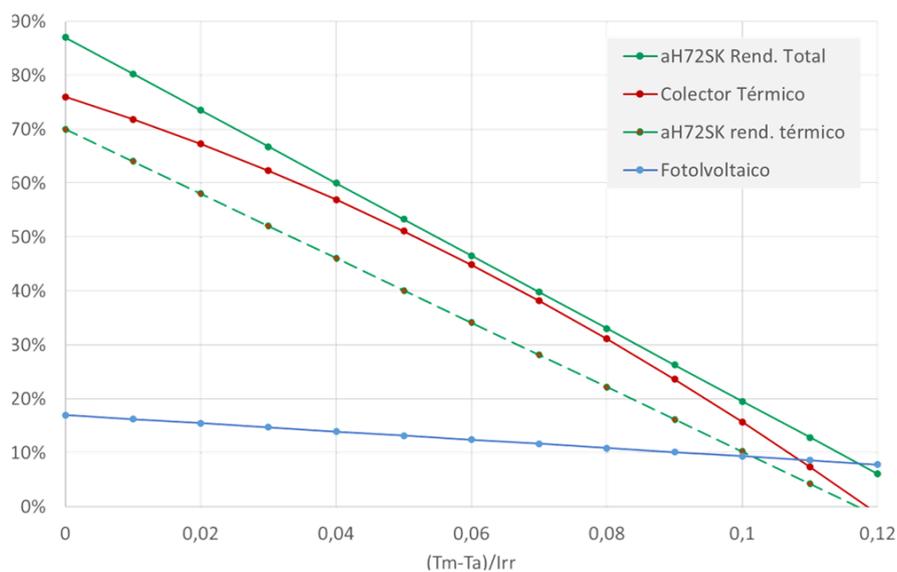
*Es importante recordar que en cada obra, país y circunstancias puede variar notablemente este criterio, así que lo relevante es que el mismo criterio se ha aplicado a todas las tecnologías comparadas.
- ▶ Para el cálculo de los parámetros LCOE y LCOH se ha considerado:

Parte térmica es un 70% de la inversión total; Parte fotovoltaica es 30% inversión total

3 Comparativa aHTech® vs. Solar Térmica+Fotovoltaica

3.1 Consideraciones previas

Para poder comparar estas propiedades, y más específicamente el rendimiento óptico según las diferentes condiciones de trabajo, es necesario representar su curva de rendimiento según establece la normativa 9806:2017 en la que hay que destacar que el rendimiento representado es calculado en base al **área total del captador** (no sobre el área de apertura como se establecía en normativas previas). En el caso de los paneles PVT, sus curvas de rendimiento térmico se establecen generando electricidad en su punto de máxima potencia (MPP). **Un PVT tiene dos curvas de rendimiento**, la térmica y la global (rendimiento térmico más fotovoltaica).



* Rendimientos según EN ISO 9806:2017 (Área total del captador)

Fig. 2. Gráfica con curvas de rendimientos

En la gráfica anterior se observa como en cualquiera de las tecnologías el rendimiento decrece conforme aumenta la temperatura media del panel (T_m), se reduce la temperatura ambiente o disminuye la irradiación.

Las curvas verdes representan la curva de rendimiento de la tecnología aHTech® con sus dos rendimientos: **térmico** (línea verde discontinua) y **global** correspondiente a la suma del térmico más el fotovoltaico (línea verde continua). También está representada la curva de rendimiento térmico de un colector térmico y la de un panel solar fotovoltaico (modelos representativos del mercado).

3.2 Cálculos

Tomando como referencia la demanda energética del caso de estudio definido en este documento se ha dimensionado la instalación tanto con la tecnología aHTech® como con la combinación de tecnologías solar térmica y fotovoltaica.

La superficie de captación de 137 m², considerándose la mitad de esa superficie con colectores solares y la otra mitad con paneles fotovoltaicos.

A continuación, se representan los cálculos obtenidos con base de cálculo horario y resumido mensualmente.

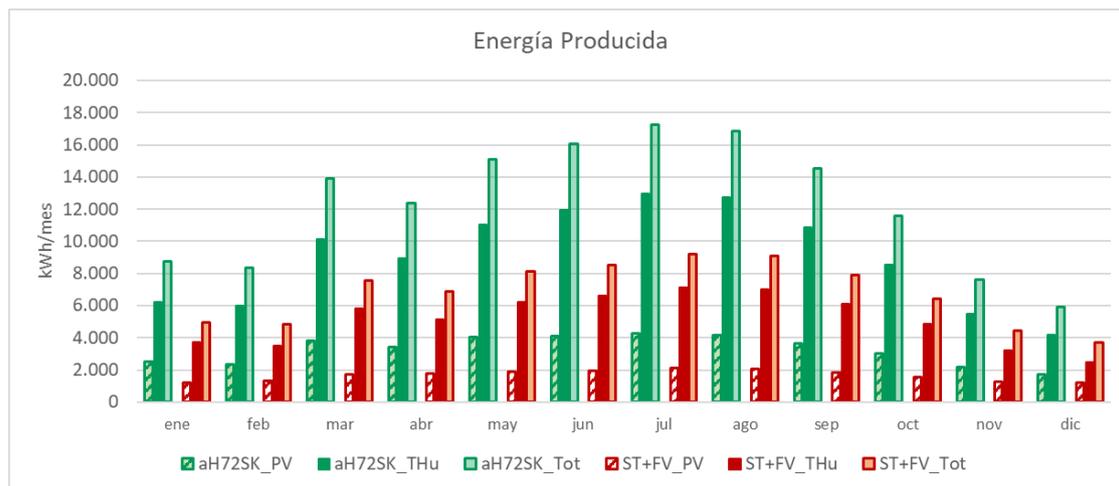


Fig. 3. Producción Energética (Fotovoltaica y Térmica) de cada tecnología analizada (aH-Tech® y ST+FV)

Donde:

- aH72SK_PV: es la producción eléctrica de la tecnología aHTech®
- aH72SK_THu: es la producción térmica útil (incluyendo pérdidas) de la tecnología aHTech®
- aH72SK_Tot: es la producción total útil (Térmica + FV) de la tecnología aHTech®
- ST+FV_PV: producción fotovoltaica de los módulos considerados
- ST+FV_THu: producción térmica útil de los colectores solares considerados
- ST+FV_Tot: producción total útil (Térmica+FV) de la combinación de ambas tecnologías.

Se observa como la **producción total** de energía (Térmica + FV) de **aHTech®** es **notablemente mayor** en todos los meses del año, para la misma superficie ocupada, que la producida por la combinación de las tecnologías solar térmica y fotovoltaica.

A partir de los resultados de **ahorro energético** conseguidos con cada tecnología, en base a todas las consideraciones descritas, se ha calculado el ahorro **económico y de emisiones** en cada tecnología, así como los principales indicadores que permiten cuantificar y comparar cada una. En la siguiente tabla se resumen los resultados energéticos obtenidos para el primer año de simulación. Además, también se analiza la **cantidad de irradiación que es transformada en energía útil**, es decir la que se puede ahorrar en nuestras facturas energéticas, así como el cálculo de la **cobertura solar** conseguida respecto de la demanda de ACS del edificio considerado.

Para poder analizar la **rentabilidad de la instalación**, en la tabla se realiza una estimación del coste de la misma y de los ahorros, información con la que se obtienen los diferentes parámetros para analizar económicamente la inversión en estas tecnologías. Igualmente se determina los parámetros **LCOE, LCOH y LCOT⁷** que determinan el coste de la energía generada. Y, por último, se cuantifica la reducción de emisiones de CO₂ conseguido.

⁷LCOE. Levelized Cost of Electricity.€/kWh. Es el coste normalizado de la electricidad y sirve para comparar directamente los costes de diferentes fuentes de energía. Mide los costes totales que la instalación tendrá a lo largo de la vida útil y los divide por la producción de energía que realizará la misma durante todos sus años de operación.

LCOH. Levelized Cost of Heat.€/kWh. Es el coste normalizado de la producción térmica.

LCOT. Levelized Cost total.€/kWh. Es el coste normalizado total, incluyendo el coste de la producción térmica y el coste de la producción eléctrica.

3.3 Resultados

Resumen Resultados	aHTech®	ST+FV
Nº.paneles	70	32 ST + 35 FV
Area de captación (m²)	137	138
Producción Fotov. Anual (kWh/año.inst.)	39.227	19.945
Producción Térmica Anual (kWh/año.inst.)	109.038	61.815
Producción Total Anual (kWh/año.inst.)	148.265	81.760
% FV sobre Irrad_panel (PR)	15,3%	7,8%
% ST sobre Irrad_panel	42,5%	24,1%
% Total sobre Irrad_panel	57,8%	31,9%
Cobertura Solar Térmica (CST)	50%	28%
Inversión (€)	74.360,33 €	47.739,67 €
Inversión (€/m2)	542 €	348 €
Ahorros Económicos Fuel	8.426 €	4.777 €
Ahorros Económicos Electric.	4.689 €	2.391 €
Ahorros Económicos Total	13.115 €	7.167 €
Payback (años)	5,0	6,3
TIR (%)	22,52%	18,63%
VAN (€)	248.006 €	114.736 €
Flujo de Caja acumulado (€)	576.056 €	280.100 €
LCOH (€/kWh)	0,019 €	0,020 €
LCOE (€/kWh)	0,023 €	0,033 €
LCOTotal (€/kWh)	0,020 €	0,023 €
Emisiones Evitadas (kgCO2/año)	57.151	28.663

Fig. 4. Tabla resumen de resultados de datos comparados

En el siguiente cuadro sinóptico se visualizan algunos de los datos más relevantes esta comparativa. Para una misma demanda energética y superficie de captación los resultados obtenidos en términos de ahorros se muestran a la derecha del cuadro. En la gráfica de barras se ha cogido como referencia los valores de aHTech® indicando que porción de ahorros tienen la combinación de ST y FV respecto a ésta.

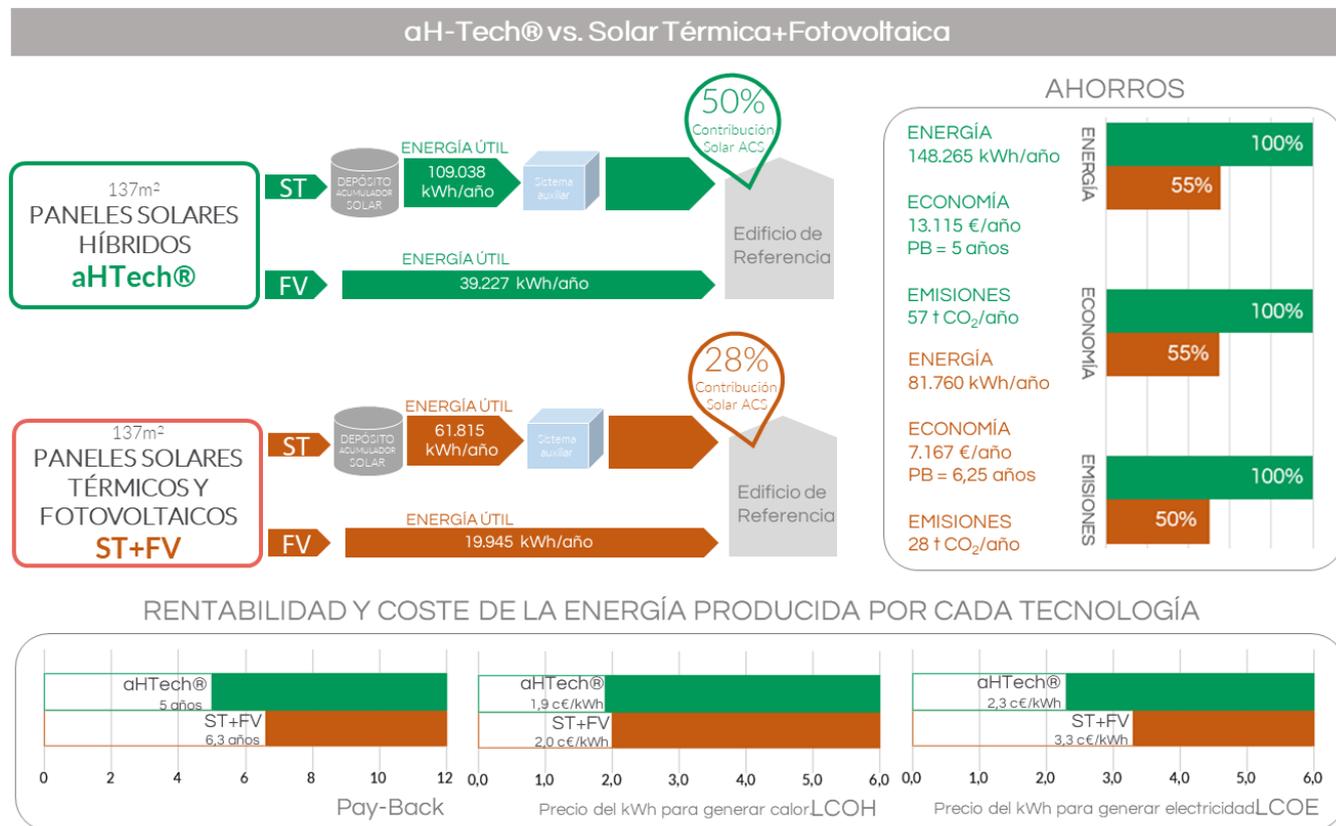


Fig. 5. Resumen de resultados más relevantes de la comparativa

Comparativas entre distintas tecnologías solares

aHTech® vs. Solar Térmica+Fotovoltaica

Si se comparan ambas tecnologías **energéticamente** se observa como la tecnología aHTech® genera un **45% más de energía** que la combinación de colectores solares y fotovoltaica.

Desde el punto de vista del **aprovechamiento de la irradiación incidente**, es decir, de la eficiencia de cada tecnología y su capacidad de generar energía (electricidad y agua caliente) respecto a la energía disponible, un panel con tecnología aHTech® aprovecha una media del 57,8% de la irradiación que le llega frente a los 31,9% que son capaces de transformar ambas tecnologías (ST y FT) combinadas.

Esta diferencia de ahorro energético conlleva que, la combinación de tecnologías ST+FV, necesitarían el doble de superficie para generar la misma energía que la que se consigue con la tecnología aHTech®.

El **ahorro económico** anual conseguido con la instalación de la tecnología aHTech® es un **45% mayor** y el **payback es de 5 años** frente a los 6,25 años de una instalación de paneles combinando ST y FV.

Todo ello aunque el coste inicial de la inversión para la misma superficie disponible sea un 35% mayor al instalar la tecnología aHTech®.

El hecho de tener un payback más corto para una mayor inversión afecta a que el **TIR** (Tasa de retorno de inversión) es **mayor** (del 22,52% para la aHTech® frente al 18,63% en el caso de la ST+FV)

El **mayor impacto** se observa en el **flujo de caja acumulado** que indica el ahorro real de la instalación después de cubrir la inversión en la vida útil de la instalación (25 años en ambos casos, ya que se someten a los mismos ensayos de laboratorio)

LA TECNOLOGÍA aHTech® AHORRA 295.956 € MÁS que una instalación que combina ST+FV.

Desde el punto de vista del **coste de la energía generada** por la instalación, se observa que el coste del kWh generado con aHTech® es un 15% más barato que con ST+FV.

LAS EMISIONES EVITADAS por la tecnología aHTech® **SON EL DOBLE** que las evitadas por la combinación de tecnologías ST+FV, por lo que **consigue mayor impacto en la sociedad y mayor aumento en la calificación energética de los edificios.**

4 Conclusiones

- Mayor generación por metro cuadrado de la tecnología aHTech®.
- Mayores ahorros económicos (un 45% más que la ST+FV) con la misma superficie de instalación.
- Payback menor con la tecnología aHTech® (es de 1,5 años menos).
- TIR mayor. Con aHTech® es de 22,52% frente al 18,63% de la ST+FV.
- Flujo de Caja Acumulado mayor (el doble con tecnología aHTech® que con ST+FV).
- Coste del precio de la energía menor (un 15% más barato con aHTech®).
- Mayor reducción de emisiones (un 50% mayor que con la tecnología ST+FV).