

“Aprovechamiento de calor residual mediante tecnología de bomba de calor. Caso de uso en planta de producción de mezclas asfálticas”

Autores:

Jorge Payá Herrero, Universitat Politècnica de València

Abdelrahman H. Hassan, Universitat Politècnica de València

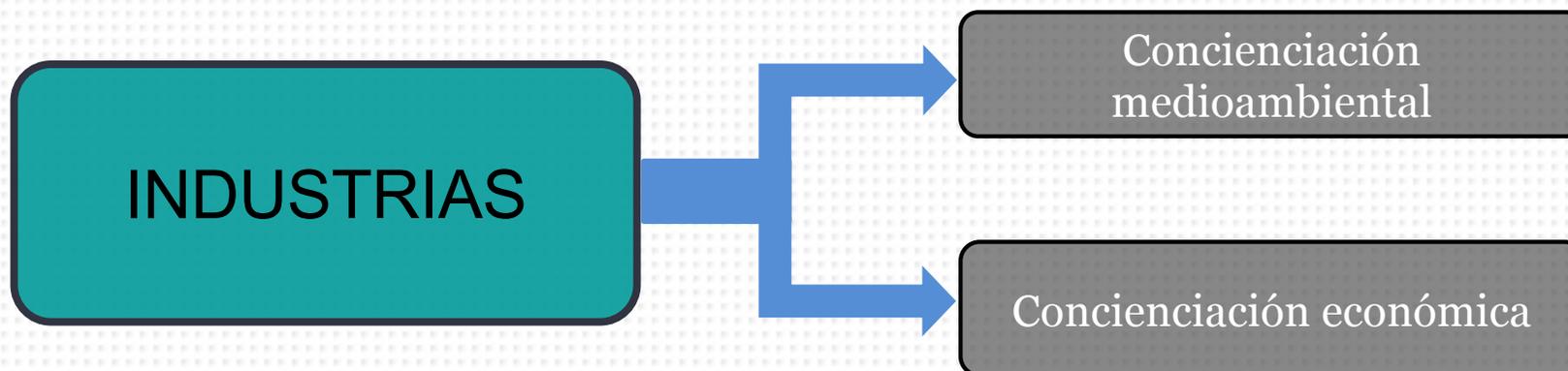
José Ramón Albert García, Pavasal Empresa Constructora, S.A.



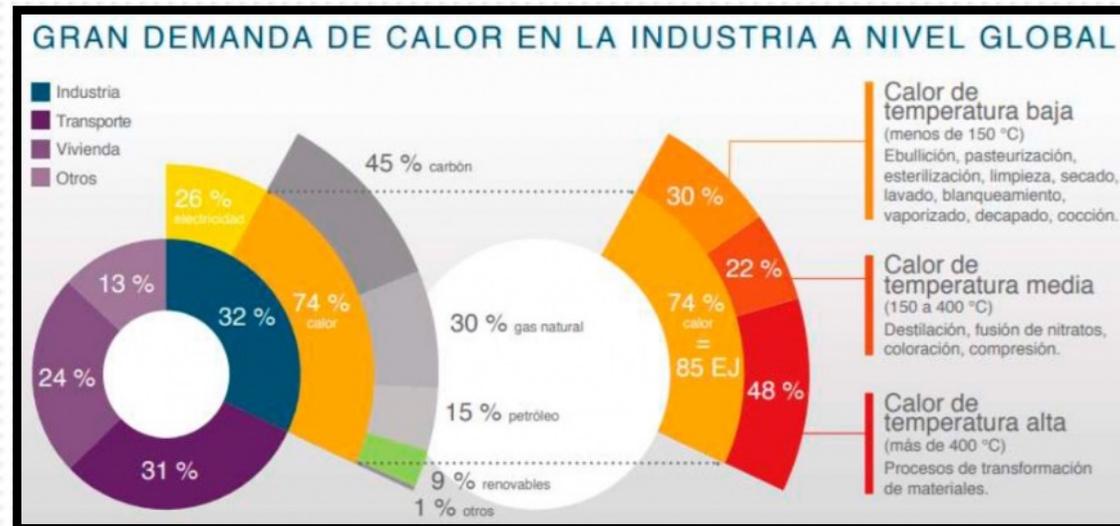
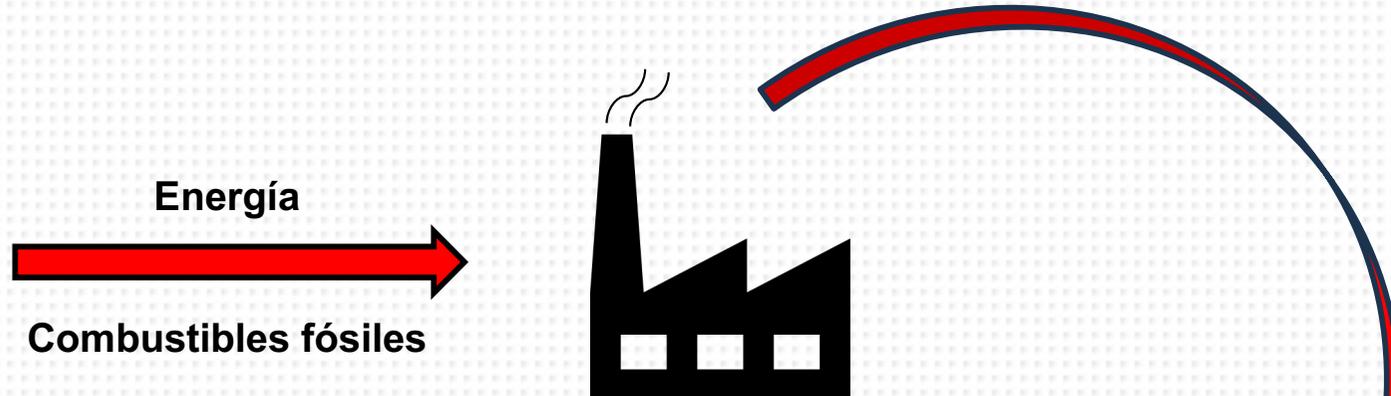
Índice

1. Introducción
2. Proyecto PUSH2HEAT
3. Objetivos
4. Datos para evaluación
5. Resultados económicos y medioambientales
6. Conclusiones y agradecimientos

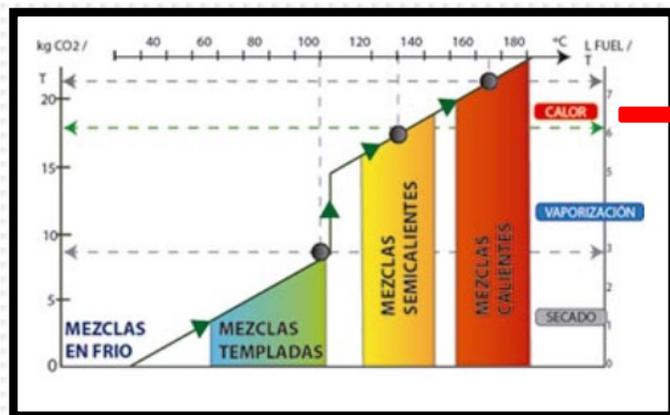
1. Introducción



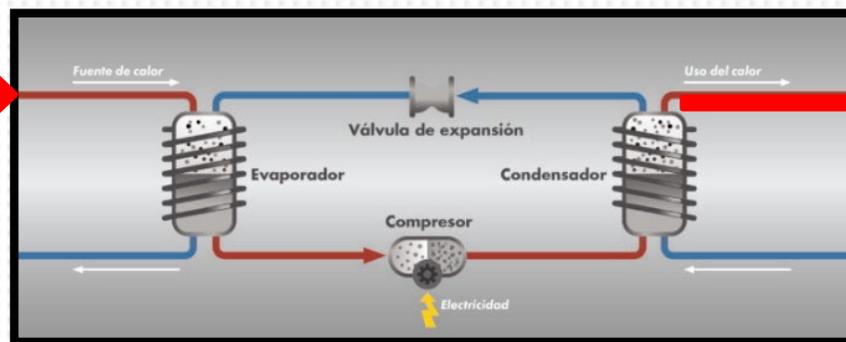
1. Introducción



1. Introducción



Exceso de calor disipado



Reutilización de calor en procesos de fabricación

1. Introducción



- Full-scale demonstration of heat upgrade technologies with supply temperature in the range 90 - 160°C
- Development and pilot demonstration of heat upgrade technologies with supply temperature in the range 150-250°C





2. Proyecto PUSH2HEAT



Funded by
the European Union

- 1.Desarrollo a escala completa de tecnologías de mejora de calor para asegurar una integración optimizada en los procesos industriales.**
- 2.Demostración de sistemas de mejora de calor industriales a escala completa.**
- 3.Desarrollo de hojas de ruta de explotación exitosas, modelos de negocio y acuerdos contractuales para la implementación de tecnologías de mejora de calor.**
- 4.Evaluación del impacto ambiental y económico.**
- 5.Difusión del trabajo de PUSH2HEAT y resultados críticos.**

3. Objetivos

Estudio de viabilidad la recuperación de calor residual mediante el uso de una bomba de calor de alta eficiencia alimentada mediante energías renovables, para su reutilización en el proceso de producción de las mezclas asfálticas.



4. Datos para la evaluación

Se tuvieron en cuenta todos los procesos implicados que consumían energía por tonelada de asfalto

Proceso	Parámetro	Valor	Unidad
Quemador	m_{gas}	4,55	Kg/ton _{asf}
	η	95	%
	CPI_{gas}	55080	kJ/kg _{gas}
	Energía	66,13	kWh
Caletanr filler	m	35	Kg/ton _{asf}
	C_p	1,1	kJ/kg.K
	ΔT	140	K
	Energía	-1,5	kWh
Calentar áridos	m	781,9	Kg/ton _{asfph}
	C_p	1,1	kJ/kg.K
	ΔT	140	K
	Energía	-33,45	kWh
Evaporación humedad	m	41,2	kg
	ΔT	140	K
	Energía	-3,58	kWh
	$h_{fg}@1\text{ atm}$	2257	kJ/kg
	Energía latente	-25,8	kWh
Energía total	-29,38	kWh	
Gases	T_{avg}	106	C
	m_{med}	37	ton/h
	Perdidas calor	10	%
	Energía	1,63	kWh
Caldera betún	m_{gas}	0,18	Kg/ton _{asf}
	η	85	%
	CPI_{gas}	55080	kJ/kg _{gas}
	Energía	2,34	kWh
Calentar betún	m	42	Kg/ton _{asfph}
	C_p	0,9	kJ/kg.K
	ΔT	140	K
	Energía	-1,5	kWh
Gases caldera	T_{avg}	227	C
	m_{med}	2	ton/h
	Perdidas calor	10	%
	Energía	0,76	kWh

4. Datos para la evaluación

Principales parámetros fijos utilizados para el análisis técnico-económico

Parámetro	Valor	Unidad
Coste específico de la caldera	70	€/kWt
Eficiencia caldera	85	%
CAPEX Bomba calor	700	€/kWt



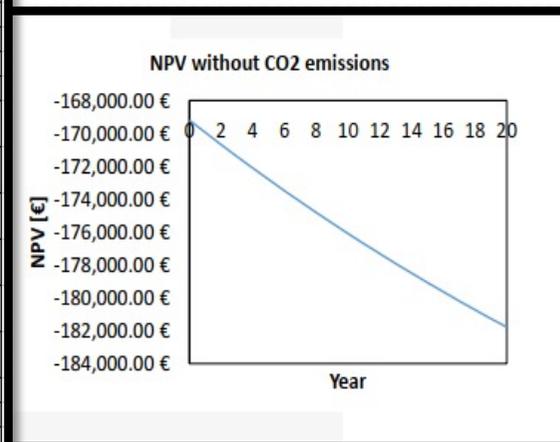
Coste de emisiones de CO2*	87,9	€/ton-CO2
Horas de trabajo anuales plantas*	2200	h
Amortización	20	yr
Tasa de interés	5	%
Tasa inflación***	3	%

5. Resultados económicos y medioambientales

- Bomba de calor con caldera (HTPT+GB)

Tecnología	Parámetro	Valor	Unidad
HTHP	Producción de calor anual	0,53	TWh
	Deficit de calor	47,3	%
	Consumo energía anual	0,18	TWh
	Emisión CO ₂ anual	39,2	ton-CO ₂
	Coste energía anual	41,533.3	€
	Coste mantenimiento anual	3,383.8	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	3,446.2	€
	CAPEX	169,188.2	€
	OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	48,363.3	€
	OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	44,917.1	€
GB	Producción de calor anual	0,48	TWh
	Consumo energía anual	0,56	TWh
	Emisión CO ₂ anual	132	ton-CO ₂
	Coste energía anual	39,370.1	€
	Coste mantenimiento anual	304	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	11,568.4	€
	CAPEX	0	€
	OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	51,242.5	€
	OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	39,674.1	€
	HTHP+GB	Total OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	99,605.8
Total OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año		84,591.4	€
OPEX ahorrado con emisiones primer año		8,632.1	€
OPEX ahorrado sin emisiones primer año		--	€
Total CAPEX		169,188.2	€
SPP con emisiones		19,6	yr
SPP sin emisiones		--	yr
DPP con emisiones		--	yr
ROI con emisiones		--	%
LCOH con emisiones		0,13	€/kWh
DPP sin emisiones		--	yr
ROI sin emisiones		--	%
LCOH sin emisiones		0,11	€/kWh

Cálculo técnico económico solución HTPT+GB



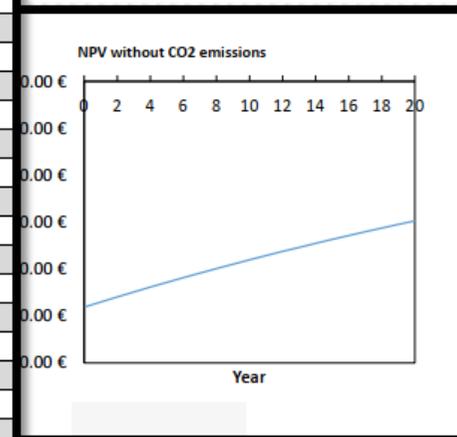
able

5. Resultados económicos y medioambientales

- Bomba de calor con tubos de vacío (HTPT+SVT)

Tecnología	Parámetro	Valor	Unidad
HTHP	Producción de calor anual	0,53	TWh
	Deficit de calor	47,3	%
	Consumo energía anual	0,18	TWh
	Emisión CO ₂ anual	39,2	ton-CO ₂
	Coste energía anual	41,533.3	€
	Coste mantenimiento anual	3,383.8	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	3,446.2	€
	CAPEX	169,188.2	€
	OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	48,363.3	€
OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	44,917.1	€	
SVT	Producción de calor anual	0,48	TWh
	Consumo energía anual	0	TWh
	Emisión CO ₂ anual	0	ton-CO ₂
	Coste energía anual	0	€
	Coste mantenimiento anual	15,858.1	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	0	€
	CAPEX	792,906.3	€
	OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	15,858.1	€
	OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	15,858.1	€
HTHP+SVT	Total OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	64,221.4	€
	Total OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	60,775.2	€
	OPEX ahorrado con emisiones primer año	962,094.5	€
	OPEX ahorrado sin emisiones primer año	44,016.7	€
	Total CAPEX	19,581.2	€
	SPP con emisiones	21,9	yr
	SPP sin emisiones	49,1	yr
	DPP con emisiones	—**	yr
	ROI con emisiones	—**	%
	LCOH con emisiones	0,15	€/kWh
	DPP sin emisiones	—**	yr
	ROI sin emisiones	—**	%
LCOH sin emisiones	0,14	€/kWh	

Cálculo técnico económico solución HTPPT+SVT

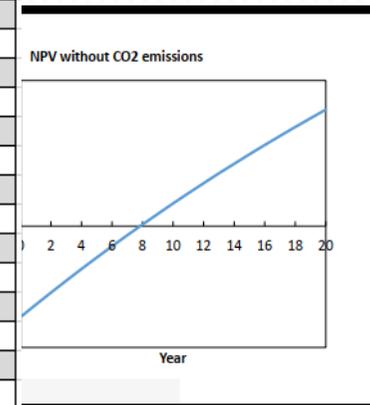


5. Resultados económicos y medioambientales

- Transformador de calor por absorción con caldera (AHT+GB)

Tecnología	Parámetro	Valor	Unidad
AHT	Producción de calor anual	0,17	TWh
	Deficit de calor	83	%
	Consumo energía anual	0,0057	TWh
	Emisión CO ₂ anual	1,24	ton-CO ₂
	Coste energía anual	1,319.0	€
	Coste mantenimiento anual	2,251.3	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	109,4	€
	CAPEX	75,042.8	€
	OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	3,679.7	€
	OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	3,570.5	€
BG	Producción de calor anual	0,84	TWh
	Consumo energía anual	0,99	TWh
	Emisión CO ₂ anual	230,6	ton-CO ₂
	Coste energía anual	68,989.9	€
	Coste mantenimiento anual	533,1	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	20,271.8	€
	CAPEX	0	€
	OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	89,794.8	€
	OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	69,523.0	€
	AHT+BG	Total OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	93,474.5
Total OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año		73,093.5	€
OPEX ahorrado con emisiones primer año		75,042.8	€
OPEX ahorrado sin emisiones primer año		14,763.5	€
Total CAPEX		10,709.2	€
SPP con emisiones		5,1	yr
SPP sin emisiones		7	yr
DPP con emisiones		5,6	yr
ROI con emisiones		16,2	%
LCOH con emisiones		0,12	€/kWh
DPP sin emisiones		7,9	yr
ROI sin emisiones		16	%
LCOH sin emisiones		0,09	€/kWh

Cálculo técnico económico solución AHT+GB



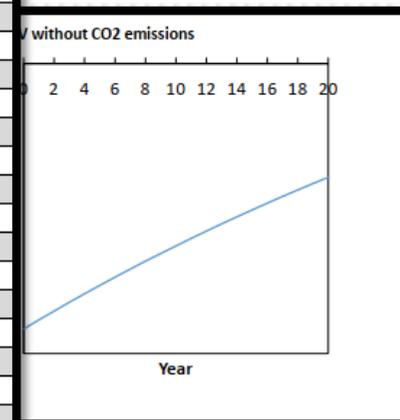
camente

5. Resultados económicos y medioambientales

- Transformador de calor por absorción con tubos de vacío (AHT+SVT)

Tecnología	Parámetro	Valor	Unidad
AHT	Producción de calor anual	0,17	TWh
	Deficit de calor	83	%
	Consumo energía anual	0,0057	TWh
	Emisión CO ₂ anual	1,24	ton-CO ₂
	Coste energía anual	1,319.0	€
	Coste mantenimiento anual	2,251.3	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	109.4	€
	CAPEX	75,042.8	€
	OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	3,679.7	€
OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	3,570.5	€	
SVT	Producción de calor anual	0,84	TWh
	Consumo energía anual	0	TWh
	Emisión CO ₂ anual	0	ton-CO ₂
	Coste energía anual	0	€
	Coste mantenimiento anual	27,788.9	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	0	€
	CAPEX	1,389,444.7	€
	OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	27,788.9	€
	OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	27,788.9	€
AHT+SVT	Total OPEX con emisiones CO ₂ después primer año	31,468.6	€
	Total OPEX sin emisiones CO ₂ después primer año	31,359.4	€
	OPEX ahorrado con emisiones primer año	1,464,487.5	€
	OPEX ahorrado sin emisiones primer año	76,769.5	€
	Total CAPEX	52,443.2	€
	SPP con emisiones	19,1	yr
	SPP sin emisiones	28	yr
	DPP con emisiones	-**	yr
	ROI con emisiones	-**	%
	LCOH con emisiones	0,14	€/kWh
	DPP sin emisiones	-**	yr
	ROI sin emisiones	-**	%
LCOH sin emisiones	0,14	€/kWh	

Cálculo técnico económico solución AHT+SVT



6. Conclusiones y agradecimientos

CONCLUSIONES

- Existe una gran cantidad de calor desaprovechada en las industrias manufactureras
- Se han analizado 4 tecnologías capaces de recuperar calor residual
 - HTPT+GB
 - HTPT+SVT
 - AHT+GB
 - AHT+SVT
- Desde el punto de vista económico, la mejor opción en la AHT+GB
- Desde el punto de vista medioambiental, la AHT+SVT es la mejor opción
- El diseño de estos sistemas no es trivial pues hay que analizar conjuntamente las necesidades de calor, el calor residual disponible, y la integración y espacio dentro de la industria



6. Conclusiones y agradecimientos

AGRADECIMIENTOS

Los autores Jorge Payá Herrero y Abdelrahman H. Hassan, desean agradecer a la Unión Europea por la financiación del proyecto PUSH2HEAT (subvención nº 101069689) dentro del marco del Programa de Investigación e Innovación Horizonte Europa de la Unión Europea (European Union’s Horizon 2020 research and innovation program).



This project has received funding from the European Union’s Horizon Europe research and innovation programme under grant agreement No. 101069689 (PUSH2HEAT)



Muchas gracias por su atención.

José Ramón Albert García
jralbert@pavasal.com

