

PROYECTO INDUS3ES. RECUPERACIÓN DE CALOR Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL SECTOR INDUSTRIAL

DIEZ ENTIDADES DE VARIOS PAÍSES EUROPEOS, ENTRE LAS QUE SE ENCUENTRAN LAS FIRMAS ESPAÑOLAS CIRCE, REPSOL, FERTINAGRO, AIGUASOL Y TECNALIA, PARTICIPAN EN EL PROYECTO EUROPEO INDUS3ES, QUE TIENE COMO PRINCIPAL OBJETIVO MEJORAR HASTA EN UN 25% LA EFICIENCIA DE LAS INDUSTRIAS DE ALTO CONSUMO ENERGÉTICO. CON UN PRESUPUESTO DE 3,86 M€, ESTA INICIATIVA DE I+D+I, FINANCIADA POR LA COMISIÓN EUROPEA, ESTÁ DESARROLLANDO UN INNOVADOR SISTEMA PARA RECUPERAR Y APROVECHAR CALOR RESIDUAL DE PROCESOS INDUSTRIALES, NORMALMENTE SIN NINGÚN USO ÚTIL, PERMITIENDO ASÍ A LAS INDUSTRIAS MEJORAR SU EFICIENCIA, COMPETITIVIDAD Y SOSTENIBILIDAD.

Las industrias de gran consumo energético generan grandes cantidades de calor residual a baja temperatura, que en gran parte son rechazadas, al tratarse de energía de baja utilidad. Las industrias con mayor potencial de recuperación de este calor residual son las refinerías y las instalaciones industriales dentro de seis importantes sectores: químico, petroquímico, hierro y acero, metales no ferreos, minerales no metálicos, celulosa y papel y bebidas. En general, reutilizar este calor residual de baja temperatura no es económico ni práctico con las tecnologías actuales.

Indus3Es pretende vencer estas barreras proporcionando una nueva solución que permita mejorar, no solo la competitividad de estas empresas, si no también avanzar hacia la descarbonización de la industria europea. Para ello desarrollará y demostrará un sistema innovador, adaptable, compacto y económicamente competitivo basado en la tecnología de Transformación de Calor mediante Absorción (AHT en inglés), que permita recuperar y revalorizar energía residual de baja temperatura (entre 70 °C y 110 °C), pudiendo ser, parte de ella, devuelta al proceso a una temperatura superior (entre 120 y 150 °C).

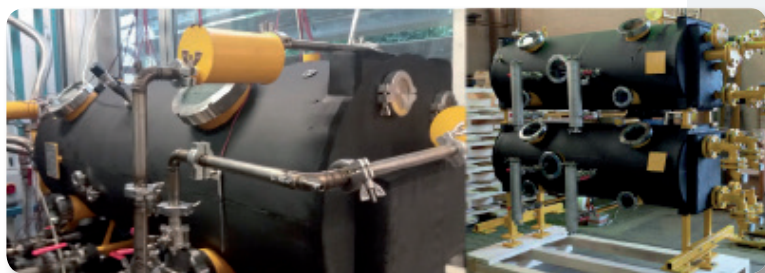
La consecución de los objetivos de Indus3Es permitirá ofrecer al mercado una solución competitiva y sostenible para reducir significativamente el uso de combustible en la industria. Este sistema tiene el potencial de ahorrar hasta un 20% del consumo de combustible y aumentar la eficiencia energética en un 25%, dependiendo de la industria.

El calor residual de la producción industrial europea tiene un valor potencial de hasta 4.250 M€ para el sector industrial europeo (con una eficiencia de proceso del 70%).

Demostración en tres industrias reales

Repsol, Fertinagro y Tüpras aportarán las plantas piloto beneficiarias del sistema desarrollado por Indus3Es, que será probado en condiciones reales de operación en Tüpras, una refinería petroquímica en Turquía.

A pesar de la existencia de muchas fuentes de calor residual a baja temperatura en una refinería, su cantidad y calidad pueden no ser apropiadas para ser utilizadas en el sistema AHT. Tüpras ha defi-



INDUS3ES PROJECT. HEAT RECOVERY AND ENERGY EFFICIENCY FOR THE INDUSTRIAL SECTOR

TEN ENTITIES FROM SEVERAL EUROPEAN COUNTRIES, INCLUDING SPAIN'S CIRCE, REPSOL, FERTINAGRO, AIGUASOL AND TECNALIA, ARE TAKING PART IN EUROPE'S INDUS3ES PROJECT WHOSE MAIN AIM IS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HIGH ENERGY CONSUMPTION INDUSTRIES BY UP TO 25%. WITH A BUDGET OF €3.86M, THIS R&D+I INITIATIVE, FUNDED BY THE EUROPEAN COMMISSION, IS DEVELOPING AN INNOVATIVE SYSTEM TO RECOVER AND MAKE USE OF RESIDUAL HEAT FROM INDUSTRIAL PROCESSES, WHICH USUALLY SERVES NO USEFUL PURPOSE, THEREBY ALLOWING INDUSTRIES IMPROVE THEIR EFFICIENCY, COMPETITIVENESS AND SUSTAINABILITY.

High energy consumption industries generate large quantities of residual heat at a low temperature, which is generally wasted as it is considered to be useless energy. Industries with the greatest potential for recovering this residual heat are refineries and industrial installations in six key sectors: chemical, petrochemical, iron and steel, non-ferrous metals, non-metallic minerals, pulp & paper and beverages. Generally speaking, reutilising this low temperature residual heat is neither economic nor practical given current technologies.

Indus3Es aims to overcome these barriers by providing a new solution that not only improves the competitiveness of these companies, but also makes progress towards decarbonising European industry. The project sets out to develop and demonstrate an innovative, adaptable, compact and economically-competitive system based on Absorption Heat Transformer (AHT) technology, which recovers and reuses low temperature residual heat (between 70°C and 110°C), part of which can then be returned to the process at a higher temperature (between 120°C and 150°C).

By achieving its objectives, Indus3Es brings to the market a competitive and sustainable solution to significantly reduce the use of fuel in industry. This system has the potential to save up to 20% of fuel consumption and increase energy efficiency by 25%, depending on the industry.

The residual heat from Europe's industrial production has a potential value of €4.235bn for the European industrial sector (with a process efficiency of 70%).

Demo sites at three actual industries

Repsol, Fertinagro and Tüpras will host pilot plants that will benefit from the system developed by Indus3Es, to be tested under working conditions at Tüpras, a petrochemical refinery in Turkey.

Despite the existence of many sources of low temperature residual heat in a refinery, its quantity and quality are often unsuitable for use in AHT systems. Tüpras has defined five possible cases for their application, essentially using the steam emitted from the condensing line that is currently released into the atmosphere as a residual heat source.

This reutilised flow could be used to produce low pressure steam. For the demo site in Tüpras, one case has been selected in which this residual heat source will be used to increase the temperature of the boiler feed water entering the deaerator. For this, the main parameters of the operation have been analysed:

nido cinco posibles casos de aplicación, utilizando fundamentalmente como fuente de calor residual el vapor que sale de la línea de condensación, y que actualmente se libera a la atmósfera.

Esta corriente revalorizada se podría utilizar para producir vapor a baja presión. Para la demostración en Túpras se ha seleccionado un caso en que esta fuente de calor residual se utilizará para aumentar la temperatura del agua de alimentación a caldera que ingresa al desaireador. Para ello se han analizado los parámetros principales de operación como: temperatura, presión, caudal, potencia, etc. e identificado algunas opciones de diseño que aumenten el rendimiento de la aplicación. El objetivo es reducir la carga del intercambiador de calor ubicado antes del desaireador y aumentar la eficiencia del proceso.

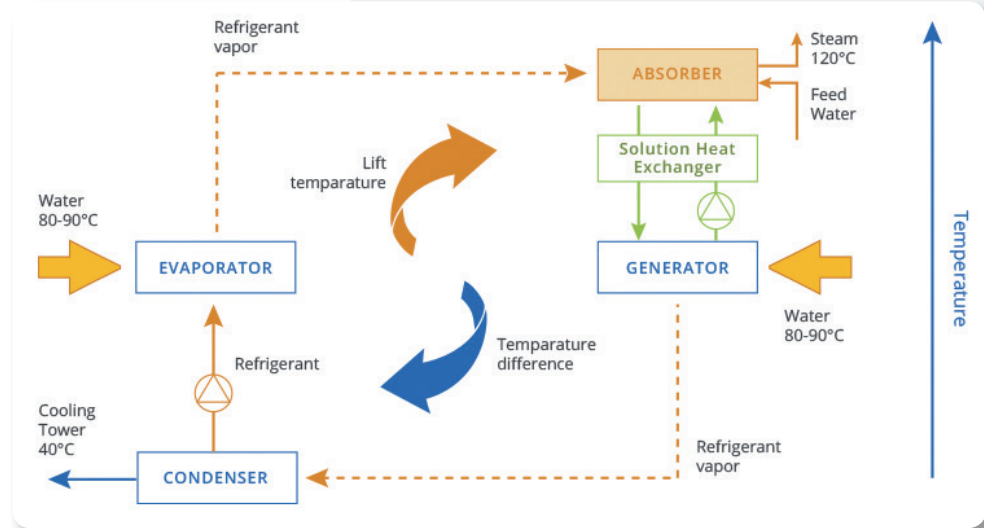
Repsol también ha identificado cinco casos posibles. En los casos 1 y 2, las corrientes corresponden a una unidad de destilación en bruto (CDU). Los casos 3 y 4 están relacionados con unidades de fraccionamiento y, por último, el caso 5 corresponde a una unidad de tratamiento de aguas residuales, específicamente a una columna de separación de agua ácida (unidad SWS).

En la CDU, el queroseno enviado al almacenamiento se enfría y el calor residual se libera a baja temperatura. Además, el flujo superior de baja presión y temperatura también se puede usar en el sistema AHT como calor residual. En la unidad de fraccionamiento, las corrientes que se envían al almacenamiento liberan el calor residual y las corrientes de mezcla de gases también se pueden usar en el sistema AHT. En el caso 5, el vapor que sale de la unidad SWS, es enfriado antes de enviarlo a las otras unidades del proceso, de modo que tiene potencial para ser usado en el sistema AHT. En todos los casos, el objetivo es utilizar el calor residual, utilizando la corriente revalorizada como fuente de calor para los calentadores de los procesos.

El consumo de vapor es muy común en la industria de los fertilizantes, en concreto para llevar a cabo la concentración final, activar reacciones endotérmicas y desarrollar procesos físicos que favorezcan la nucleación de sólidos. El vapor es suministrado por calderas, plantas de cogeneración o se produce en calderas de calor residual utilizando energía de amoníaco, ácido nítrico o ácido sulfúrico. El vapor generado en el proceso de producción debe reutilizarse, por lo que Fertinagro ha identificado posibles aplicaciones del sistema AHT, por ejemplo, utilizando vapor a baja presión para calentar el agua de alimentación de la caldera, luego el agua caliente obtenida también puede usarse para precalentar el gas de cola de la planta de ácido nítrico.

Estudio de posibles aplicaciones en distintas industrias

Una de las primeras actividades realizadas en el marco del proyecto Indus3Es fue el análisis de la capacidad de replicación de la tecnología AHT en diferentes procesos industriales, considerando los sectores de SPIRE (Industria de Procesos Sostenibles a través de la Eficiencia de los Recursos y la Energía) y externos a SPIRE (como papel y celulosa). Estos sectores se analizaron en profundidad, centrándose principalmente en cuestiones como los niveles de temperatura, capacidades y posibles fuentes de calor residual que puedan satisfacer los requisitos del sistema AHT. Los resultados mostraron



temperatura, presión, flujo, output, etc., to identify design options that increase the efficiency of the application. The aim is to reduce the load of the heat exchanger located before the deaerator and increase the efficiency of the process.

Repsol has also identified five possible cases. In cases 1 and 2, the flows correspond to a crude distillation unit (CDU). Cases 3 and 4 relate to fractionating columns and case 5 corresponds to a waste water treatment unit, specifically a sour water stripping column (SWS unit).

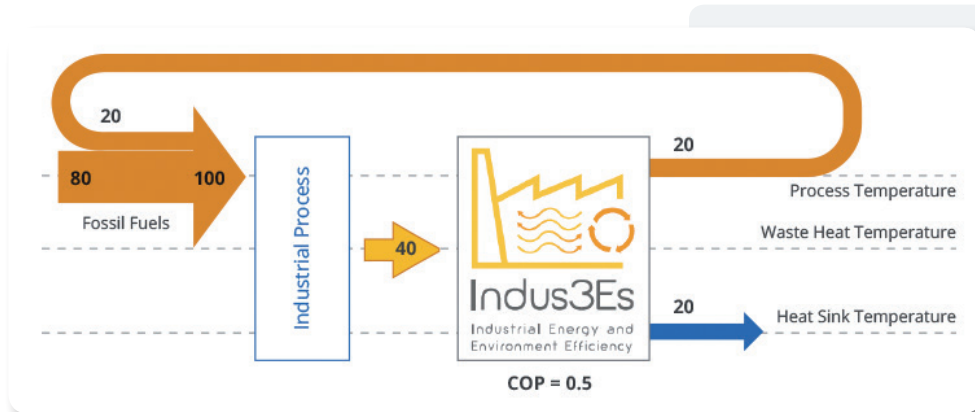
In the CDU, the kerosene sent to the storage tanks is cooled and the residual heat is released at low temperature. In addition, the increased flow at a low pressure and temperature can also be used in the AHT systems as residual heat. In the fractionating unit, the flows that are sent to the storage tanks release residual heat. The flows of gas mixtures can also be used in the AHT system. In case 5, the steam emitted by the SWS unit is cooled before sending it to other process units, meaning that it has the potential to be used in the AHT system. In every case, the aim is to utilise residual heat, using the reused flow as a heat source for process heaters.

Steam consumption is very common in the fertiliser industry, specifically to undertake the final concentration, activate endothermic reactions and develop physical processes that favour the nucleation of solids. Steam is supplied by boilers or CHP plants or is produced by residual heat boilers utilising energy from ammonia, nitric acid or sulphuric acid. The steam generated in the production process must be reutilised. Fertinagro has therefore identified possible applications for the AHT system, for example, utilising steam at low pressure to heat the boiler feed water. The hot water obtained can then be used to preheat the tail gas in the nitric acid plant.

Study of possible applications in different industries

One of the first activities undertaken within the Indus3Es project framework was to analyse the capacity to replicate AHT technology in different industrial processes, considering SPIRE (Sustainable Process Industries through Resource and Energy) and non-SPIRE sectors (such as pulp & paper). These sectors were analysed in depth, mainly focusing on issues such as temperature levels, capacities and possible sources of residual heat that could meet the requirements of the AHT system. The results showed that many industrial processes are suitable for the integration of this technology.

Sectors which are especially promising are: petrochemicals, pulp & paper and ceramics; following by water and non-



que muchos procesos industriales son adecuados para la integración de esta tecnología.

Los sectores más prometedores resultaron ser: petroquímico, celulosa y papel y cerámica; seguidos por sectores como: agua y materiales no-férreos, donde puede integrarse en aplicaciones especiales. Los sectores de cemento y acero mostraron temperaturas demasiado altas para la integración del sistema AHT.

Desarrollo del prototipo AHT y ensayos a nivel de laboratorio

Tras dos años de ejecución, se han diseñado y fabricado cuatro nuevas configuraciones AHT para el prototipo, considerado dos diseños alternativos para la zona de operación de alta presión (absorbedor y evaporador) y la zona de baja presión (generador y condensador). Las cuatro configuraciones pueden alternarse de modo que se pueda comprobar cuál de ellas presenta la mejor eficiencia en función de las condiciones de operación. Esto da al proyecto la oportunidad de probar diferentes diseños y medir su impacto en condiciones reales de operación.

La fase de pruebas del prototipo ha permitido encontrar el diseño óptimo para la demostración escalada en tamaño que se instalará en Tüpras durante enero de 2019. Sobre la base de los requisitos especificados por los demostradores y las experiencias adquiridas en el banco de pruebas en la Universidad Técnica de Berlín, ha sido posible desarrollar una estrategia de control adecuada para la unidad AHT. Además, se está analizando un sistema innovador para la eliminación de gases no condensables, que presentará una clara ventaja frente a los sistemas actuales en términos de rendimiento.

Análisis del rendimiento de los materiales en ambientes altamente corrosivos

El fluido de trabajo utilizado en las tecnologías de absorción es habitualmente una solución acuosa de Bromuro de litio (LiBr). Este compuesto tiene las propiedades termofísicas necesarias para los sistemas AHT, pero bajo ciertas condiciones de operación causa corrosión en los materiales estructurales, lo que afecta a la vida útil de este tipo de sistemas. TecNALIA ha liderado un análisis de corrosión probando varios tipos de recubrimiento para evaluar no sólo su influencia en el rendimiento, sino también en su potencial térmico y de humectabilidad. Los recubrimientos a base de SiO₂ y epoxi han resultado los más apropiados para la mejora adicional de las propiedades de corrosión del material de los tubos de Cu para las tecnologías de absorción en general, y las AHT en particular.



ferrous sectors where it can be integrated into special applications. The cement and steel sectors have temperatures that were too high for integration into the AHT system.

Developing the AHT prototype and laboratory level testing

After two years, four new AHT configurations have been

designed and manufactured for the prototype. Two alternative designs have been considered for the high pressure area (absorber and evaporator) and the low pressure area (generator and condenser). The four configurations can be alternated in order to verify which offers the best efficiency depending on operating conditions. This gives the project the opportunity to test different designs and measure their impact under working conditions.

The prototype testing phase has allowed the optimal design to be found for the scaled demo to be installed in Tüpras in January 2019. Based on the requirements specified by the demo cases and the experiences achieved from the test rig at the Technical University of Berlin, it has been possible to develop an appropriate control strategy for the AHT unit. An innovative system is also being analysed to eliminate non-condensable gases that will provide a clear advantage over the current systems in terms of efficiency.

Analysis of materials performance in highly corrosive environments

The working fluid used in absorption technologies is usually an aqueous lithium bromide (LiBr) solution. This compound has the thermo-physical properties required by AHT systems however, under certain operating conditions, it causes corrosion to structural materials, thereby affecting the service life of this type of systems. TecNALIA has led a corrosion analysis, testing several types of coatings to evaluate not only their impact on efficiency, but also their thermal and wettability potential. SiO₂ and epoxy-based coatings were found to be the best suited to further improving the corrosive properties of the material used for the Cu tubing for the absorption technologies in general, and for the AHT in particular.