

## ITE PONE EN MARCHA LA PLANTA ‘CIRCULAR CARBON’, DONDE SE PRODUCE CARBÓN ACTIVO SOSTENIBLE A PARTIR DE RESIDUOS PARA FOMENTAR LA ECONOMÍA CIRCULAR

La generación de residuos en diferentes sectores se está convirtiendo en un problema con graves consecuencias a nivel medioambiental y también desde el punto de vista económico relacionado con los costes derivados de su gestión. En este contexto, el proyecto CIRCULAR CARBON tiene como objetivo el desarrollo y puesta en marcha de una planta piloto para el aprovechamiento de residuos valencianos, su transformación en carbones activados de alto valor añadido para aplicaciones en el sector de la energía, y medioambiente. En el proyecto, que cuenta con el apoyo del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) de la Generalitat Valenciana, participan el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE), como coordinador y líder del proyecto, junto con el Instituto Tecnológico de la Cerámica (ITC). Representa una solución integrada en la apuesta por la economía circular de la Comunidad Valenciana.

La transformación energética en búsqueda de una mejor y más eficiente producción de energía junto con las iniciativas impulsadas por las instituciones, alineadas con la economía circular, está marcando el camino hacia el aprovechamiento de residuos generados en determinados sectores, como fuentes de energía o como materias primas para la transformación en otros productos de alto valor añadido.

La generación de residuos en diferentes sectores de actividad ocasiona consecuencias tanto a nivel medioambiental, debido a la contaminación con gases de efecto invernadero derivados generalmente de su quema, pero también a nivel económico, repercutiendo unos costes adicionales para las empresas que los generan fruto de su actividad, ya que requiere de una gestión que en ocasiones es además de difícil y compleja, costosa a nivel económico.

Es por ello que cobra especial importancia la exploración de vías alternativas que permitan la transformación de estos residuos en productos de valor añadido para aplicaciones en otros sectores como son el de la energía. La transformación termoquímica de residuos agrícolas como pueden ser los restos de poda, los huesos de aceituna, la cáscara de almendras o residuos de tipo forestal como el serrín o la astilla, para la obtención de productos de valor

## ITE COMMISSIONS THE ‘CIRCULAR CARBON’ PLANT, WHERE SUSTAINABLE ACTIVATED CARBON IS PRODUCED FROM WASTE TO PROMOTE THE CIRCULAR ECONOMY

Waste production in different sectors is becoming a problem with serious environmental consequences, as well as economic consequences associated with waste management costs. In this context, the CIRCULAR CARBON project seeks to develop and commission a pilot plant to convert waste generated in Valencia into activated carbons with high added value for applications in the energy and environment sectors. The project is supported by the Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (Valencian Institute of Business Competitiveness - IVACE), which operates under the auspices of the Regional Government of Valencia. The project consortium includes the Instituto Tecnológico de la Energía (Energy Technology Institute - ITE), acting as project coordinator and leader, and the Instituto Tecnológico de la Cerámica (Ceramics Technology Institute - ITC). This project represents an integrated solution within the framework of the Autonomous Community of Valencia's commitment to the circular economy.

Energy transformation in search of better and more efficient energy production, together with the circular economy initiatives promoted by institutions, is paving the way towards the use of waste produced in certain sectors as sources of energy or as raw materials for transformation into other products of high added value.

Waste production in different sectors has both environmental impacts, due to greenhouse gas emissions generally associated with the burning of this waste, and economic impacts, due to the additional costs incurred by the companies that produce it in the course of their business. These costs are associated with the management of the waste, which can be difficult and complex, as well as expensive.

For this reason, it is of great importance to explore alternative ways of transforming this waste into value-added products for applications in other sectors, such as the energy sector. The thermochemical transformation of agricultural waste, such as

pruning waste, olive pits, almond shells, and forestry waste, such as sawdust or wood chips, to obtain value-added products is becoming increasingly widespread. However, these processes require a great deal of control and knowledge of each and every one of the variables involved in the different stages. This encompasses the source and properties of the waste to be treated, the conditions under which the transformation is carried out, as well as the characteristics of the carbon obtained. The aim is to adjust each and every one of these stages in accordance with the intended use of the end product.





añadido resulta ser una práctica cada vez más extendida. Sin embargo, estos procesos requieren de un gran control y conocimiento de todas y cada una de las variables que tienen lugar en las diferentes etapas, desde el origen y las propiedades de los residuos a tratar, las condiciones a las que se realiza la transformación, así como las características del carbón obtenido para ajustar todas y cada una de estas etapas en función de la aplicación a la que se va a destinar el producto obtenido.

### El proceso y la propuesta de valor

En este contexto, el proyecto CIRCULAR CARBON nace con el objetivo de desarrollar y validar una planta piloto para la transformación de residuos en carbones con alto valor añadido para su empleo en la fabricación de electrodos para baterías de ion litio, en un demostrador también desarrollado e implementado en el marco del proyecto. Para ello, el proyecto plantea la validación de esta planta piloto empleando residuos del sector forestal como es la astilla de pino de proximidad.

En el proyecto se ha validado también el empleo de estos carbones activados procedentes de la transformación de residuos para la depuración de aguas residuales y para la purificación de gases procedentes de las emisiones de la industria de la cerámica. Estos dos demostradores han sido validados por el ITC.

La planta piloto de transformación termoquímica desarrollada por el ITE ha sido diseñada para poder controlar todas y cada una de las etapas del proceso y en el marco de la economía circular y aprovechamiento de residuos, esta planta permite además la separación de los tres productos obtenidos en esta transformación como son el bio-carbón, el bio-aceite y el bio-gas, todos ellos con un alto valor añadido. El bio-carbón es el principal producto en el que se centra el proyecto para su aplicación en el desarrollo de electrodos para baterías de ion litio. El bio-aceite tiene potencial interés como biocombustible y el bio-gas además de biocombustible, es empleado como gas de síntesis, por su contenido en hidrógeno, para síntesis de compuestos orgánicos como el metanol de gran interés a nivel industrial. El gas de síntesis empleado actualmente en la industria es de origen fósil, por tanto, de esta manera, el aprovechamiento de un residuo da lugar a un subproducto como en el bio-gas, de interés en el sector de la química fina, que cierra el ciclo de la economía circular.

La propuesta de valor de esta iniciativa está basada en la importancia del control de los parámetros que tienen lugar en cada una de las etapas de la cadena de valor, desde la recepción y clasificación de residuo hasta la aplicación final. La primera etapa del proceso consiste en el acondicionamiento del residuo en términos de tamaño de partícula y pre-secado para eliminación de la humedad. La posterior caracterización del residuo resulta ser una de las etapas

### Process and value proposal

In this context, the CIRCULAR CARBON project was undertaken with the aim of developing and validating a pilot plant for the transformation of waste into high-added-value carbons for use in the manufacture of electrodes for lithium-ion batteries, in a demonstrator also developed and implemented within the framework of the project. The project proposes to validate this pilot plant using waste from the local forestry sector, such as pine woodchips.

The use of these activated carbons from waste processing for wastewater treatment and for the purification of gases emitted by the ceramics industry has also been validated during the course of the project. These two demonstrators have been validated by the ITC.

The thermochemical transformation pilot plant developed by ITE has been designed to enable each and every stage of the process to be controlled. Within the framework of the circular economy and the quest to avail of waste, the plant also enables the separation of the three products obtained in this transformation, biocarbon, bio-oil and bio-gas, all of them with a high added value. The main product on which the project focuses is biocarbon and its application in the development of electrodes for lithium-ion batteries. Bio-oil has potential interest as a biofuel, while biogas, in addition to being used as a biofuel, is also used as a synthesis gas, due to its hydrogen content, for the synthesis of organic compounds such as methanol, which is of great industrial interest. The syngas currently used in industry is of fossil origin. Availing of a waste product gives rise to a by-product in the form of biogas, which can be used in the fine chemical industry, thereby closing the circular economy loop.

The value proposal of this initiative is based on the importance of controlling the parameters that take place at each stage of the value chain, from waste reception and sorting to the final application. The first stage of the process consists of waste conditioning in terms of particle size and pre-drying to remove moisture. The subsequent characterisation of the waste is one of the key stages of the process as it allows the nature of the waste to be known and this is crucial for the parameterisation of the transformation process.

Parameters such as density, volatile matter, ash content and lignocellulosic material determine the conditions under which the transformation must be carried out. After the thermochemical transformation process, it is important to know the characteristics of the biocarbon obtained for the purpose of correlating the characteristics of the input waste with the physicochemical parameters of the carbonaceous material obtained and the transformation process used. In order to centralise and analyse all these parameters, the process has a digitisation system in line with Industry 4.0 tendencies to provide high connectivity between processes and overall data analysis. This enables the study of all energy consumption, calculation of indicators and the generation of a production database with the different qualities of the biocarbons obtained. This production database makes it possible to correlate the types of biocarbon obtained in accordance with the characteristics of the waste and the transformation process used, thus enabling greater efficiency

fundamentales del proceso ya que permite conocer la naturaleza del mismo y esto es crucial para la parametrización del proceso de transformación. Parámetros como la densidad, materia volátil, contenido en cenizas o material lignocelulósico marcan las condiciones a las que se debe llevar a cabo la transformación. Tras el proceso de transformación termoquímico es importante conocer las características del carbón obtenido para correlacionar las características del residuo de partida con los parámetros fisicoquímicos del material carbonoso obtenido y el proceso de transformación empleado. Para llevar a cabo una centralización y análisis de todos estos parámetros, el proceso cuenta con un sistema de digitalización siguiendo las tendencias de la Industria 4.0 de aportar una alta conectividad entre procesos y analítica de datos integral, que permite el estudio de todos los consumos energéticos, cálculo de indicadores, así como la generación de una base de datos productiva con las diferentes calidades de los carbones. Esta base de datos productiva permite correlacionar los tipos de carbones obtenidos en función de las características del residuo y el proceso de transformación empleado, permitiendo ser más eficientes a la hora de tomar decisiones, realizar una predicción acerca de la aplicación para la que puede emplearse dicho residuo y agilizar la toma de decisiones.

Además, se ha diseñado e implementado una línea de ensamblaje, fabricación e integración de electrodos de celdas de baterías de futura generación para que, a partir del carbón sostenible obtenido, se fabriquen electrodos de baterías de nueva generación mediante técnicas de impresión.

Por otro lado, el proceso consume energía eléctrica, siendo por ello más fácil y seguro de operar y aportando el valor añadido de poder ser alimentado por fuentes de origen renovable, aspecto que será evaluado por el Instituto Tecnológico de la Energía junto a la optimización energética del propio proceso. Cabe recordar que el ITE trabaja en líneas estratégicas de referencia como la sostenibilidad, la movilidad sostenible, el almacenamiento energético, las redes del futuro y, por supuesto, la economía circular.

### **El Sistema Digital de Análisis energético como herramienta clave de análisis de consumo del proceso**

En cuanto al concepto de análisis energético, la medida, control y optimización de la energía se integra como pilar fundamental a lo largo de toda la cadena de valor productiva, estando con ello íntimamente ligada al impacto medioambiental y la circularidad del piloto CIRCULAR CARBON. Ejemplo de ello es el análisis que se realiza desde su inclusión al sistema (generación limpia y sostenible) hasta la generación de sistemas de almacenamiento (proceso de fabricación de celdas para baterías), cerrando así el ciclo sostenible que se pretende reproducir en el piloto.

Para ello, el Sistema Digital puesto en marcha en el proyecto va más allá de monitorizar la energía que se consume en el proceso, realizando una integración de datos tanto energéticos como productivos de diferente índole, convenientemente pretratados y centralizados a través de un sistema IoT industrial, y para los que se da un valor añadido diferenciador a través de un SCADA a medida que permite calcular indicadores de consumo energético bajo parámetros productivos, detectar tendencias y posibilidades de optimización de la operativa, calcular el consumo relativo entre etapas productivas, consultar históricos de datos de manera ágil, así como otras tantas funcionalidades que resultan primordiales para asegurar que la generación de carbón activo sostenible se garantiza desde el punto de vista del impacto energético de toda la cadena productiva.



and speed in decision-making, as well as in forecasting the application for which the waste can be used.

In addition, an assembly, manufacturing and integration line for future generation battery cell electrodes has been designed and implemented, thus enabling new generation battery electrodes to be manufactured from the sustainable carbon obtained using printing techniques.

The process is driven by electrical energy, making it easier and safer to operate. It has the added value of being powered by renewable sources, an aspect which, along with energy optimisation, will be evaluated by the ITE. It should be noted that the ITE works on strategic lines of reference such as sustainability, sustainable mobility, energy storage, the grids of the future and, of course, the circular economy.

### **Digital Energy Analysis System a key tool for process consumption analysis**

Regarding the concept of energy analysis, energy measurement, control and optimisation is integrated as an essential pillar throughout the entire production value chain and is closely linked to the environmental impact and circularity of the CircularCarbon pilot plant. An example of this is the analysis carried out, which ranges from the source of the energy used in the system (clean and sustainable generation) to the production of storage systems (battery cell manufacturing process), thus closing the sustainable loop sought to be reproduced in the pilot plant.

To this end, the Digital System implemented in the project goes beyond monitoring the energy consumed in the process. The system integrates both energy and production data of different kinds. This data is suitably pre-processed and centralised by means of an industrial IoT system. Differentiating added value is provided by a customised SCADA system that enables the calculation of energy consumption indicators under production parameters, the identification of trends and possibilities for the optimisation of operations, the calculation of relative consumption between production stages, rapid consultation of historical data, as well as many other vital functionalities to ensure that the generation of sustainable activated carbon is guaranteed from the point of view of the energy impact of the entire production chain.

The aim of this Digital System is to provide a holistic view of the energy and environmental impact of the process. It enables



El objetivo de dicho Sistema Digital es aportar una visión holística del impacto energético y medioambiental del proceso, y llegando a una serie de conclusiones basadas en datos empíricos procedentes de entornos relevantes de trabajo, mediante la recogida, tratamiento y análisis de datos energéticos y de proceso alineado con el concepto de la Industria 4.0 y la Industria Conectada 4.0, cuyo principal objetivo es la interconexión de los distintos subsistemas de los que se compone el demostrador para un análisis integral de la eficiencia energética a distintos niveles y en relación con parámetros y variables productivas relevantes dentro del proyecto. En este sentido, el demostrador CIRCULAR CARBON pretende ser un referente para las empresas de la Comunitat Valenciana en el área de transición energética y economía circular.

### Impacto de los resultados

Los resultados objetivo del proyecto tienen un gran potencial en cuanto a escalabilidad y replicabilidad, tanto por la propuesta innovadora de la tecnología, como por sus posibilidades de aplicación, pudiendo enfocarse a la transformación de multitud de tipos de residuos desde el sector agrícola, forestal, residuos de depuradoras de aguas como los lodos o residuos plásticos. Los resultados de este proyecto tendrán impacto directo en la mejora de la competitividad del tejido empresarial valenciano.

En este sentido, los resultados de CIRCULAR CARBON adquieren una gran relevancia por su propuesta de puesta en marcha de un proceso innovador a nivel preindustrial alineado con la descarbonización energética y con el objetivo de favorecer los procesos de transformación de residuos y maximizando la optimización y circularidad del proceso apoyado en energías renovables. En consecuencia, la propuesta del proyecto se encuentra totalmente alineada con distintos planes, estrategias y políticas de relevancia nacionales e internacionales en materia de economía circular, como la estrategia regional RIS3CV, los retos del Comité Estratégico de Innovación (CEI) o, en el ámbito medioambiental y social, varios de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) que marcan las Naciones Unidas. ■

a number of conclusions to be reached based on empirical data from relevant work environments. It does so through the collection, processing and analysis of energy and process data, in line with Industry 4.0 and Connected Industry 4.0 concepts. The main objective is the interconnection of the various subsystems of which the demonstrator is composed to enable comprehensive analysis of energy efficiency at different levels and in relation to relevant production parameters and variables within the project. In this regard, the CIRCULAR CARBON demonstrator seeks to provide a benchmark for companies in the Autonomous Community of Valencia Region in the area of energy transition and the circular economy.

### Impact of the results

The results sought by the project have great potential in terms of scalability and replicability, due to both the innovative technological proposal and the possibilities for the application of this technology. It can be implemented to transform many types of waste from the agricultural sector, forestry, as well as waste from water treatment plants such as sludge and plastic waste. The results of this project will have a direct impact in terms of improving the competitiveness of the Valencian business sector.

The results of CIRCULAR CARBON are highly relevant due to the project's proposal to implement an innovative process at pre-industrial level that is aligned with energy decarbonisation and the goal of facilitating waste transformation processes, whilst maximising the optimisation and circularity of the process through the use of renewable energies. Consequently, the project proposal is fully aligned with a different plans, strategies and policies associated with the circular economy at national and international level. These include the RIS3CV regional strategy, the goals of the Comité Estratégico de Innovación (Strategic Innovation Committee - CEI) and, in the environmental and social field, several of the UN Sustainable Development Goals (SDGs). ■