



LIFE14 ENV/ES/000688

# LIFE iCirBus 4Industries

## Layman's Report Informe divulgativo

LIFE iCirBus-4Industries LIFE14 ENV/ES/000688

**ECONOMÍA CIRCULAR INNOVADORA EN LAS  
INDUSTRIAS DE ENERGÍA, AGUA, FERTILIZANTES Y CONSTRUCCIÓN PARA UNA  
ECONOMÍA REGIONAL SOSTENIBLE**

**INNOVATIVE CIRCULAR BUSINESSES ON  
ENERGY, WATER, FERTILIZER & CONSTRUCTION INDUSTRIES TOWARDS A  
GREENER REGIONAL ECONOMY**





- INTROMAC
- AGENEX: Agencia Extremeña de la Salud
- FCC Aqualia S.A.
- CTAEX: Centro Tecnológico Nacional Agroalimentario
- DISAIM INGENIERÍA S.L.
- ENCE Energía Extremadura S.L.
- Gestiona Global
- Estructuras y Placas de Extremadura S.L

LIFE iCirBus-4Industries está cofinanciado por LIFE, el instrumento financiero para el Medio Ambiente de la Unión Europea (LIFE14 ENV/ES/000688)

**Duración:** 66 meses (16/07/2015 – 16/12/2020)

**Presupuesto total:** 2,287,270 €

**Cofinanciado por la Unión Europea:** 1,366,283 €

**Localización del proyecto:** Extremadura

**Beneficiario Coordinador:** INTROMAC (Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción)

**Beneficiarios Asociados:**

- AGENEX (Agencia Extremeña de la Energía)
- FCC Aqualia S.A.
- CTAEX (CENTRO TECNOLÓGICO NACIONAL AGROALIMENTARIO EXTREMADURA)
- DISAIM Ingeniería S.L.
- ENCE Energía Extremadura S.L.
- Gestiona Global
- Estructuras y Placas Extremadura S.L.

**Contacto:** Manuel Martín [manuel.martin@org.juntaex.es](mailto:manuel.martin@org.juntaex.es)  
**Web del proyecto:** <http://www.icirbus.eu>

LIFE iCirBus-4Industries is co-financed by LIFE, the financial instrument for the environment of the European Commission (LIFE14 ENV/ES/000688)

**Duration:** 66 months (16/07/2015 – 16/12/2020)

**Total Budget:** 2,287,270 €

**EU co-funding:** 1,366,283 €

**Project location:** Extremadura (Spain)

**Coordinating beneficiary:** INTROMAC (Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción)

**Associates beneficiaries:**

- AGENEX (Agencia Extremeña de la Energía)
- FCC Aqualia S.A.
- CTAEX (CENTRO TECNOLÓGICO NACIONAL AGROALIMENTARIO EXTREMADURA)
- DISAIM Ingeniería S.L.
- ENCE Energía Extremadura S.L.
- Gestiona Global
- Estructuras y Placas Extremadura S.L.

**Contact:** Manuel Martín [manuel.martin@org.juntaex.es](mailto:manuel.martin@org.juntaex.es)  
**Project website:** <http://www.icirbus.eu>

## La economía circular

"Una Europa que utilice eficazmente los recursos" es una de las siete iniciativas emblemáticas que forman parte de la estrategia Europa 2020 que pretende generar un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.

El enfoque de la UE para la eficiencia de los recursos se desmarca de la economía lineal -donde se extraen los materiales de la tierra para fabricar los productos, usarlos y luego eliminarlos-, hacia una economía circular basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía.

La economía circular plantea un nuevo modelo basado en las 3R: reducir, reutilizar y reciclar la mayor cantidad de los residuos que se produzcan en los procesos productivos y de consumo, tratando de que estos residuos y subproductos, del final de vida de los productos usados, entren de nuevo en el ciclo de producción como materias primas secundarias.

## The circular economy

"A resource-efficient Europe" is one of the seven flagship initiatives of the Europe 2020 strategy, which aims to generate smart, sustainable and inclusive growth.

The EU's approach to resource efficiency is moving away from a linear economy - where materials are extracted from the earth to make products which are used and then disposed of - towards a circular economy based on the principle of 'closing the life cycle' of products, services, waste, materials, water and energy.

The circular economy proposes a new model based on the 3Rs: to reduce, reuse and recycle the greatest amount of waste produced in the production and consumption processes, while trying to ensure that this waste and the by-products from the end of life of used products enter the production cycle again as secondary raw materials.



## El problema

### Lodos de depuradora

Los lodos que se originan en el proceso de tratamiento de aguas residuales en las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) tienden a concentrar metales pesados y trazas de compuestos orgánicos poco biodegradables, así como organismos potencialmente patógenos (virus, bacterias, etc.) presentes en las aguas residuales, debido a los procesos fisicoquímicos implicados.

El lodo es, sin embargo, rico en nutrientes como nitrógeno y fósforo y contiene materia orgánica valiosa, que hacen que la dispersión de este tipo de residuos como fertilizante o mejorador orgánico del suelo sea adecuada.

### Cenizas volantes y escorias

Las cenizas volantes y las escorias son los residuos sólidos generados en la combustión del carbón. En las centrales eléctricas de biomasa locales, se presenta el problema de manejo de estas cenizas volantes y escoria. El fomento de las energías renovables por parte de las políticas de la UE hace previsible el aumento de este tipo de residuos, por lo que la búsqueda de nuevas vías de valorización se está convirtiendo en una preocupación relevante.

Las cenizas volantes tienen potencial como agente adsorbente de bajo costo de metales pesados y micro contaminantes orgánicos en lodos de depuración, como forma de posible valorización y reutilización.

## The problem

### Sewage sludge

Sludge originating from the wastewater treatment process in WWTPs (Wastewater Treatment Plants) tends to concentrate heavy metals and traces of poorly biodegradable organic compounds, as well as potentially pathogenic organisms (viruses, bacteria, etc.) present in the wastewater, due to the physicochemical processes involved.

Sludge is, however, rich in nutrients such as nitrogen and phosphorus and contains valuable organic matter, which makes the dispersion of this type of waste as a fertiliser or organic soil improver appropriate.

### Fly ash and slag

Fly ash and slag are the solid waste generated in the combustion of coal. In local biomass power plants, the problem of handling this fly ash and slag arises. The promotion of renewable energies by EU policies makes the increase of this type of waste foreseeable, and the search for new ways of recovery is becoming a relevant concern.

Fly ash has potential as a low-cost adsorbent of heavy metals and organic micro-pollutants in sewage sludge, as a form of possible recovery and reuse.



## La solución

Poner en práctica el concepto de economía circular a través de acciones centradas en el uso en cascada de los residuos de las industrias regionales de energía de biomasa y depuración de aguas, para convertirse en nuevos productos ecológicos validados para las industrias de materiales de construcción y fertilizantes.

Es este sentido, el proyecto propone una estructura inter-industrial de colaboración innovadora o "simbiosis industrial" que permite reducir la cantidad de residuos locales, aumentar la producción además de la competitividad de la economía regional de una manera sostenible y a largo plazo. También se beneficia de los ahorros logísticos, por trabajar a nivel regional, e integra medidas de eficiencia adicionales para el uso optimizado de energía, agua y materiales.

## Objetivo

El objetivo principal del proyecto iCirBus-4Industries es ayudar a resolver los problemas de gestión de los residuos procedentes de las Plantas de Biomasa (Cenizas Volantes) y de las Plantas de Tratamiento de agua (Lodos de Depuradora), con un impacto importante en el medio ambiente.

Para ello, el proyecto demuestra las posibilidades de utilización de las cenizas volantes como agente adsorbente de metales pesados y otros compuestos orgánicos peligrosos contenidos en los lodos de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) locales, con el fin de utilizarlos posteriormente como fertilizantes de bajo impacto. En una segunda etapa, las cenizas volantes utilizadas como adsorbente se valorizan como materiales de construcción reciclables.

*El proyecto pretende poner en práctica el concepto de ECONOMÍA CIRCULAR a través de acciones centradas en el uso en cascada de los residuos de las industrias regionales de energía de biomasa y depuración de aguas, para convertirse en nuevos productos ecológicos validados para las industrias de materiales de construcción y fertilizantes.*

## The solution

Implement the concept of circular economy through actions focused on cascading waste from the regional biomass energy and water treatment industries to become new validated ecological products for the building materials and fertilizer industries.

In this sense, the project proposes an innovative inter-industrial collaboration structure or "industrial symbiosis" that makes it possible to reduce the amount of local waste while increasing production and the competitiveness of the regional economy in a sustainable and long-term manner. It also benefits from logistical savings, by working at regional level, the solution integrates additional efficiency measures for the optimisation of energy, water and materials.

## Project objective

The main aim of the iCirBus-4 Industries project is to solve the management of residues from Biomass Plants (Fly Ash) and Water Treatment Plants (Sewage Sludge), with a significant impact on the environment.

For this, the project will demonstrate the possibilities of using biomass fly ash (waste from biomass power plants) as an adsorbent agent for the heavy metal contents and other hazardous organic compounds contained in local WWTP sludge so that the WWTP can be used later as low-impact fertilizer. Finally, in a second stage, used biomass fly ash is subsequently recovered for use in recyclable construction materials.

*The project aims to implement the concept of CIRCULAR ECONOMY through actions focused on the cascading use of waste from the regional biomass energy and water treatment industries, to become new validated ecological products for the building materials and fertilizer industries.*

## Metodología

Para la adsorción de metales de los lodos se ha construido un prototipo que utiliza las cenizas volantes como agente adsorbente de compuestos peligrosos de los lodos de depuradora, con el fin de utilizarlos posteriormente como fertilizantes de bajo impacto y, a su vez, las cenizas como materiales de construcción.

## El prototipo

El elemento central de este proyecto de economía circular es el desarrollo de un prototipo para reducir el contenido en metales pesados de los lodos de depuradora mediante el uso de las cenizas volantes de biomasa como material adsorbente. El diseño de este prototipo a escala semi-industrial para pequeñas depuradoras tiene en cuenta que, al finalizar el proceso de adsorción, tanto los lodos como las cenizas deben poder ser separados para su posterior utilización en las subsiguientes etapas como productos valorizados, resultando un proceso de cero residuos.

El prototipo fue diseñado como una etapa intermedia dentro de la línea de lodos de una EDAR urbana convencional, en concreto, entre la etapa de espesamiento de lodos y la etapa de deshidratación final, donde el contenido de humedad del lodo permite una mejor operación del proceso de adsorción. La principal problemática encontrada durante el diseño del prototipo fue conseguir, por un lado, un contacto íntimo entre los lodos y las cenizas durante el proceso de adsorción y, por otro lado, poder recuperar ambos de forma separada para su posterior valorización. Debido a la similar granulometría de ambos materiales que imposibilitan su separación física por gravedad, se opta por acondicionar previamente las cenizas mediante un proceso de agregación que permita mantener, e incluso mejorar la microestructura porosa de las cenizas manteniendo la efectividad del proceso de adsorción, a la vez que posibilita su posterior separación para su valorización.

## Methodology

A prototype has been built for the metal adsorption of the sludge, using fly ash as an adsorbing agent for hazardous compounds in the sewage sludge, which is to be used later as a low-impact fertilizer. In turn the ash will be used as a building material.

## The prototype

The central element of this circular economy project is the development of a prototype for reducing the heavy metal content of sewage sludge by using biomass fly ash as an adsorbent material. The design of this semi-industrial-scale prototype for small wastewater treatment plants takes into account the fact that, at the end of the adsorption process, both the sludge and the ashes must be able to be separated for subsequent use as recovered products, resulting in a zero-waste process.

The prototype was designed as an intermediate stage within the sludge line of a conventional urban WWTP, specifically between the sludge thickening stage and the final dewatering stage. Here the higher moisture content of the sludge allows for better operation of the adsorption process. The main problem encountered during the design of the prototype was, on the one hand, to achieve close contact between the sludge and the ashes during the adsorption process and, on the other hand, to be able to separate each for subsequent recovery. Due to the similar granulometry of both materials, which makes their physical separation by gravity impossible, it was decided to condition the ashes before by means of an aggregation process that would maintain, and even improve, the porous microstructure of the ashes while maintaining the effectiveness of the adsorption process. At the same time this would make it possible to separate them for subsequent use.

Además se tuvo en cuenta la optimización energética del proceso, por lo que el diseño final del prototipo consistió en un tanque cilíndrico, en el que seis cartuchos cilíndricos de rejillas, situados verticalmente, contienen el material adsorbente agregado a partir de las cenizas volantes, permitiendo el contacto directo con el lodo espesado de la depuradora. Todo el sistema está automatizado y controlado por un cuadro de control, sin apenas necesidad de personal. El prototipo opera en modo discontinuo con las condiciones de operación determinadas previamente en laboratorio: tiempo de agitación, proporción lodos/cenizas y ciclos de reutilización del adsorbente hasta su colmatación.

Una vez finalizado cada ciclo de adsorción, el lodo, ya con menor contenido en metales pesados, es descargado del prototipo hasta la siguiente etapa de la línea de lodos de la EDAR, la deshidratación.

Por su parte, una vez colmatado el material adsorbente, los cartuchos que contienen estos agregados de cenizas se descargan para su posterior valorización como material de construcción.

In addition, the energy optimisation of the process was taken into account. The final design of the prototype consisted of a cylindrical tank, in which six vertically positioned cylindrical grid cartridges contain the adsorbent material added from the fly ashes, allowing direct contact with the thickened sludge of the treatment plant. The entire system is automated and controlled by a control panel, with very few personnel required. The prototype operates in a discontinuous mode with the operating conditions previously determined in the laboratory: stirring time, sludge/ash ratio and adsorbent reuse cycles until it is full.

Once each adsorption cycle has been completed, the sludge, now with a lower content of heavy metals, is discharged from the prototype to the next stage of the WWTP sludge line: dewatering.

Once the adsorbent material has been filled, the cartridges containing these ashes are discharged for subsequent recovery as construction material.



## Valorización de lodos de depuradora como biofertilizantes de bajo impacto

El uso de los lodos de depuradora en la agricultura es una de las soluciones que contempla la Unión Europea para estos residuos, considerándolo una práctica de economía circular en la que el residuo pasa a convertirse en recurso.

Hay que tener en cuenta que al emplear estos lodos como fertilizantes podrían contaminar el suelo y afectar a la cadena alimentaria debido a su contenido en microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos, fundamentalmente metales pesados. Este tipo de metales, al contrario que ocurre con los contaminantes orgánicos o los patógenos, no se llegan a destruir, sino que se acumulan en el suelo y pueden terminar pasando a distintos organismos hasta llegar a los humanos.

El proyecto LIFE iCirBus-4Industries aporta una solución integral al uso agrícola de los lodos, consiguiendo una **reducción media de hasta el 25 % en el contenido de metales pesados** en el lodo tras su tratamiento con las cenizas volantes. Esta reducción puede llegar a ser muy significativa en los casos donde se sobrepasan los límites del RD 1310/1990 por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

Este lodo tratado, además, se ha utilizado en la fabricación de un fertilizante orgánico mediante el proceso de **compostaje** controlado microbiológicamente "en pila". Este proceso de descomposición aeróbica reduce el contenido en microorganismos patógenos hasta los límites permitidos por la legislación española para los fertilizantes elaborados con residuos (RD 506/2013 sobre productos fertilizantes, en su Anexo VI), obteniéndose como **resultado un fertilizante que cumple con los requisitos establecidos en dicho real decreto para poder denominarse y comercializarse como *enmienda orgánica compost***.

## Recovery of sewage sludge as low-impact biofertilizers

The use of sewage sludge in agriculture is one of the solutions envisaged by the European Union for this type of waste, it is considered an implementation of the circular economy in which waste becomes a resource.

It should be held in mind that using such sludge as a fertiliser could contaminate the soil and affect the food chain because of its content in pathogenic micro-organisms and organic and inorganic pollutants, notably heavy metals. These metals, unlike organic contaminants or pathogens, are not destroyed, but rather accumulate in the soil and can end up passing to different organisms until they reach humans.

The LIFE iCirBus-4Industries project provides a comprehensive solution to the agricultural use of sludge, achieving an **average reduction of up to 25% in the heavy metal** content of the sludge after treatment with fly ash. This reduction can be very significant in cases where the limits of RD 1310/1990, which regulates the use of sewage sludge in the agricultural sector, are exceeded.

This treated sludge has also been used in the manufacture of an organic fertilizer through the process of microbiologically controlled **composting** "in piles". This aerobic decomposition process reduces the content of pathogenic microorganisms to the limits permitted by Spanish legislation for fertilisers made from waste (RD 506/2013 on fertiliser products, in Annex VI), **resulting in a fertiliser that meets the requirements established in this royal decree to be able to be named and marketed as an *organic compost amendment***.





La **capacidad fertilizante del compost así obtenido se ha validado en campo** sobre diferentes cultivos de **cereales de verano e invierno (maíz, trigo, cebada y avena)** frente al tratamiento fertilizante convencional y a la aplicación directa en suelo agrícola del lodo tratado. En las campañas de cereales testadas **no se han encontrado diferencias significativas en cuanto al rendimiento agrícola, ni en la calidad del grano** entre los tratamientos con compost, con lodo directo y los de fertilización convencional para este tipo de cultivos, alcanzándose **valores similares a los habituales** para estos cultivos.

The **fertilizing capacity of the compost thus obtained has been proven in the field on different summer and winter cereal crops (corn, wheat, barley and oats)** against conventional fertilizer treatment and direct application of the treated sludge to agricultural soil. In the cereal trials, **no significant differences have been found in terms of agricultural yield, nor in the quality of the grain** between the treatments with compost, direct sludge and conventional fertilizers for this type of crops, reaching values similar to the usual ones for these crops.

## Producto obtenido

### COMPOST

**Descripción:** Enmienda orgánica compost con lodo tratado (RD 506/2013)

Humedad (%)	< 40
Relación C/N	< 20
Materia Orgánica	> 35
Salmonella	Ausencia/25 g
E.Coli	< 10000 NMP/g
Metales Pesados (mg/kg)	Clase A

## Product obtained

### COMPOST

**Description:** Organic compost amendment with treated sludge (RD 506/2013)

Humidity (%)	< 40
C/N Ratio	< 20
Organic Matter	> 35
Salmonella	Absence/25 g
E.Coli	< 10000 NMP/g
Heavy metals (mg/kg)	Class A



## Valorización de cenizas volantes como materiales de construcción reciclados

En los agregados de cenizas **fabricados en frío** procedentes del prototipo ICIRBUS, tras la adsorción de metales, se estudió la viabilidad técnica de utilizar estos agregados, como posibles áridos ligeros artificiales a utilizar en la fabricación de un hormigón más sostenible para paneles prefabricados. Para ello, fueron realizados ensayos y se analizaron diversos parámetros que se encuentran dentro de los límites especificados por la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 y de la normativa medioambiental europea, para su uso como **árido ligero** en la fabricación de hormigones o morteros ligeros.

Realizada la caracterización de los agregados de ceniza como áridos ligeros, se dosificaron dos tipos de hormigones para paneles prefabricados, sustituyendo parte de los áridos naturales por el árido ligero artificial de cenizas volantes de biomasa, lo que permitirá encapsular este material y así evitar la liberación de elementos peligrosos. El comportamiento **como inerte** del hormigón diseñado se verificó mediante pruebas de lixiviación de acuerdo con los límites reglamentarios recogidos según normas europeas.

## Recovery of fly ash as recycled building materials

The technical feasibility of using these aggregates as possible artificial light aggregates (cold) to be used in the manufacture of a more sustainable concrete for prefabricated panels was studied on the cold-produced ash aggregates from the ICIRBUS prototype, after the adsorption of metals. To this end, tests were carried out and various parameters were analysed that are within the limits specified by the Structural Concrete Instruction EHE-08 and European environmental regulations, for use as a **lightweight aggregate** in the manufacture of lightweight concrete or mortar.

Once the characterisation of the ash aggregates as lightweight aggregates had been carried out, two types of concrete for prefabricated panels were dosed, replacing part of the natural aggregates with the artificial lightweight aggregate of biomass fly ash, which will allow this material to be encapsulated and thus avoid the release of hazardous elements. The inert behaviour of the designed concrete was verified by means of leaching tests in accordance with the regulatory limits set out in European standards.



Los resultados obtenidos indican que sustituciones próximas **al 10% del árido natural** por el árido ligero artificial de cenizas en el hormigón de referencia seleccionado, no influyen de forma negativa en propiedades como consistencia y resistencia mecánica. El hormigón con **100% de áridos ligeros artificiales de cenizas volantes en su composición** presenta características similares a los hormigones porosos con mejoras significativas en el comportamiento térmico respecto al hormigón de referencia. Este hormigón permitirá minimizar el revestimiento in situ de los paneles.

Por todo ello, se procedió al diseño y fabricación industrial en planta de **paneles prefabricados de hormigón con áridos ligeros artificiales de cenizas volantes de biomasa, para la construcción de casas prefabricadas**. Como resultado, ha sido obtenido un producto prefabricado más sostenible. En esta sustitución, se origina una reducción de la cantidad utilizada de áridos naturales para la fabricación del hormigón, disminuyendo así el impacto ambiental que ocasiona la extracción de los mismos y se contribuye con la reducción de los residuos de biomasa que sean depositados en vertedero.

The results obtained indicate that substitutions close to **10% of the natural aggregate** by the artificial light ash aggregate in the selected reference concrete do not have a negative influence on properties such as consistency and mechanical strength. The concrete with **100% artificial light fly ash aggregate** in its composition has similar characteristics to the porous concrete with significant improvements in thermal behaviour compared to the reference concrete. This concrete will minimise the in-situ coating of the panels.

For all these reasons, we proceeded to the design and industrial manufacture of **prefabricated concrete panels with artificial light aggregates of biomass fly ash, for the construction of prefabricated houses**. As a result, a more sustainable prefabricated product has been created. This substitution leads to a reduction in the demand of natural aggregates used for the manufacture of concrete, thus reducing the environmental impact caused by their extraction and contributing to the reduction of biomass waste deposited in landfills.

## Proceso de fabricación del panel de hormigón con áridos ligeros artificiales con cenizas volantes de biomasa

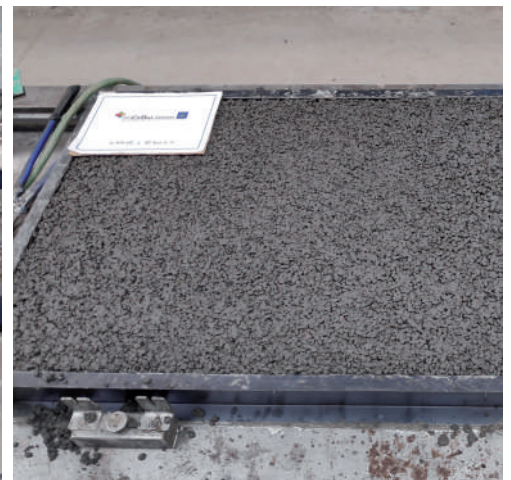
### Process of manufacturing the concrete panel with artificial lightweight aggregates with biomass fly ash



Amasado.  
Mixing.



Extensión del hormigón en el molde.  
Spreading the concrete in the mould.



Proceso de acabado.  
Finishing process.

## Productos obtenidos

### ÁRIDO LIGERO ARTIFICIAL

**Descripción:** Árido ligero artificial de cenizas volantes de biomasa como materia prima para su utilización como árido ligero en hormigones más sostenibles.

#### PROPIEDAD

Granulometría (mm)	4-12
Densidad aparente (Mg/m <sup>3</sup> )	0,68
Resistencia al machaqueo (N/mm <sup>2</sup> )	1,3
Sulfatos, SO <sub>3</sub>	< 0,8
Azufre, S (%)	< 1,0
Reactividad álcali-árido	No reactivo
Absorción agua (%)	< 30

### PANEL PREFABRICADO

**Descripción:** Panel prefabricado de hormigón con áridos ligeros artificiales de cenizas volantes de biomasa como sustitutivo al árido natural, formado por dos capas de hormigón: estructural y poroso.

PROPIEDAD	Tipo de hormigón	
	Estructural	Poroso
Espesor (cm)	12	6
Densidad en estado seco (Kg/m <sup>3</sup> )	2290	1140
Aislamiento térmico (W/m <sup>2</sup> °C)	-	0,21
Aislamiento acústico	-	Clase E
Hormigón	HA-30	HM-5
Acero	B500T	-



Árido Ligero Artificial / Artificial Lightweight aggregate

## Products obtained

### ARTIFICIAL LIGHTWEIGHT AGGREGATE

**Description:** Artificial lightweight aggregate from biomass fly ash as a raw material for use as a lightweight aggregate in more sustainable concretes.

#### PROPERTY

Granulometry (mm)	4-12
Apparent density (Mg/m <sup>3</sup> )	0,68
Resistance to crushing (N/mm <sup>2</sup> )	1,3
Sulphates, SO <sub>3</sub>	< 0,8
Sulphur, S (%)	< 1,0
Alkali-arid reactivity	Non-reactive
Water absorption	< 30

### PREFABRICATED PANEL

**Description:** Prefabricated concrete panel with artificial lightweight biomass fly ash aggregate as a substitute for natural aggregate, consisting of two layers of concrete: structural and porous.

PROPERTY	Type of concrete	
	Estructural	Porous
Thickness (cm)	12	6
Density in dry state (Kg/m <sup>3</sup> )	2290	1140
Thermal insulation (W/m <sup>2</sup> °C)	-	0,21
Soundproofing	-	Clase E
Concrete	HA-30	HM-5
Steel	B500T	-



Panel Prefabricado / Prefabricated panel

## Beneficios ambientales

Como consecuencia de la realización del proyecto iCirBus-4 Industries, se ha desarrollado un proceso productivo que permite resolver los problemas ambientales asociados a la gestión de los residuos de las plantas de biomasa (cenizas volantes y escorias) y mejorado la calidad ambiental de los lodos resultantes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR), poniendo en práctica el concepto de economía circular, ya que los residuos de estas industrias se gestionan en cascada para convertirlos en nuevos productos de mayor valor añadido.

Con una aplicación óptima de los resultados del proyecto, en un futuro se podrían llegar a alcanzar los siguientes beneficios ambientales:

- Tratamiento de hasta 437.500 tn/año de lodos de EDAR de FCC Aqualia en España.
- Empleo de hasta 19.250 tn/año cenizas volantes procedentes de plantas de biomasa, que se emplearían en la captación de metales pesados procedentes de los lodos de EDAR de FCC Aqualia en España.
- Reutilización de hasta 38.579 Tn/año de cenizas volantes en sustitución directa de áridos ligeros, naturales o artificiales, para su uso en materiales de construcción.
- Reutilización de hasta 137.912 Tn de escorias en sustitución directa de áridos ligeros, naturales o artificiales, para su uso en materiales de construcción.
- Reducción del impacto que la sustitución de los áridos naturales supone en el entorno, sobre todo en fase de extracción.
- Reducción del impacto que supone la sustitución de los áridos artificiales, sobre todo en fase de producción que conlleva el uso de muy altas temperaturas y por tanto, altos consumos de energía.

## Environmental benefits

As a result of the iCirBus-4 Industries project, a production process has been developed that makes it possible to solve the environmental problems associated with the management of waste from biomass plants (fly ash and slag) and improving the environmental quality of the sludge from wastewater treatment plants (WWTP). The concept of the circular economy has been implemented as the waste from these industries is managed in a cascade to convert it into new products with a higher added value.

The correct future application of project results would bring the following potential environmental benefits:

- Treatment of up to 437,500 tn/year of sludge from the WWTPs of FCC Aqualia in Spain.
- Use of up to 19,250 tn/year of fly ash waste from biomass plants, which would be used to capture heavy metals from the sludge of the WWTP of FCC Aqualia in Spain.
- Reuse of up to 38,579 Tn/year of fly ash as a direct replacement for lightweight natural or artificial aggregates for use in construction materials.
- Reduction of the impact on the environment from the substitution of natural aggregates, especially in the extraction phase.
- Reduction of the impact from the replacing of artificial aggregates, especially in the production phase that involves the use of very high temperatures and therefore high energy consumption.
- Reuse of up to 137,912 Tn/year of slag as a direct replacement for light natural or artificial aggregates, for use in construction materials.



- Reducción en la incorporación al suelo de hasta el 25 % de metales pesados presentes en fertilizantes provenientes de lodos de EDAR, más del 90% de microcontaminantes orgánicos y hasta el 76% de contaminantes emergentes.
- Uso de hasta 17.062 tn/año de los lodos producidos en las EDAR de FCC Aqualia como fertilizantes de alta calidad.
- Sustitución de hasta 140 kg/ha de abonos químicos al utilizar fertilizantes orgánicos como enmendantes agrícolas.
- Reducción de hasta el 24,4 % de olores en lodos de las EDAR de FCC Aqualia.

## Beneficios socioeconómicos

Para evaluar el beneficio socioeconómico del proyecto se llevó a cabo, en primer lugar, un análisis socioeconómico y marco legal del mercado de los fertilizantes y de los materiales de construcción. Gracias a él, pudimos conocer la situación actual en ambos mercados de la cual partíamos, así mismo detectamos una clara oportunidad de introducción de los agregados de cenizas volantes procedentes de las plantas de biomasa y los lodos procedentes de las estaciones de depuradoras de aguas residuales (EDAR).

A lo largo del proyecto, se monitorizaron las actuaciones del proyecto a través de diversos indicadores socioeconómicos, los cuales se agruparon en 3 categorías: viabilidad comercial, contribución económica e impacto social. Con este seguimiento pusimos en evidencia la potencialidad de los productos y procesos desarrollados en el marco del proyecto iCirbus.

Además, se llevó a cabo un análisis DAFO, el cual nos ha servido para identificar aspectos internos limitadores de la capacidad de desarrollo del proyecto, factores externos que pongan en peligro la ejecución y transferibilidad de los procesos, factores ajenos al proyecto que favorezcan su desarrollo y posibilitan la implantación de mejoras y factores internos claves del proyecto que tienen carácter diferenciador frente a otros procesos similares.

De este análisis DAFO, hemos obtenido como conclusión, la importancia de centrarnos en aquellos aspectos que limitan o impidan la transferibilidad de explotación de los procesos llevados a cabo en el proyecto.

- Reduction in soil incorporation of up to 25% of heavy metals, more than 90% of organic micropollutants and up to 76% of emerging pollutants.
- Use of up to 17,062 tn/year of the sludge produced in the FCC Aqualia WWTPs as high-quality fertiliser.
- Substitution of up to 140 kg/ha of chemical fertilisers when using organic fertilisers as agricultural amendments.
- Reduction of up to 24.4% of odours in sludge from the FCC Aqualia WWTPs.

## Socio-economic benefits

To assess the socio-economic benefits of the project, a socio-economic analysis and legal framework of the fertilizer and building materials market was first carried out. With this approach, we were able to ascertain the current situation of both markets from which we started. We detected a clear opportunity for the introduction of fly ash aggregates from biomass plants and sludge from wastewater treatment plants.

Throughout the project, the actions of the project were monitored through several socio-economic indicators, which were grouped into 3 categories: commercial viability, economic contribution and social impact. With this monitoring, we defined the potential of the products and processes developed within the framework of the iCirbus project.

In addition, a SWOT analysis was carried out to identify internal factors which limit the project's development capacity, external factors which endanger the execution and transferability of the processes, factors outside the project which favour its development and make it possible to implement improvements, and key internal factors of the project which differentiate it from other similar processes.

From this SWOT analysis, the main conclusion is the importance of focusing on those aspects that limit or prevent the transferability of exploitation of the processes carried out in the project.

Por ello, es prioritario trabajar en modelos de acuerdo y protocolos de colaboración entre los distintos sectores e industrias implicados, los marcos normativos que afectan a la simbiosis iCirBus4Industries, a la gestión de residuos, el uso de lodos en la agricultura y de cenizas volantes en materiales de construcción.

Por último, destacar algunos puntos fuertes:

- Todos los procesos desarrollados son sencillos y no requieren una tecnología ni sofisticada ni costosa.
- El desarrollo de los mismos beneficia a todos los sectores implicados en el proyecto, es un proceso donde todos ganan "WIN-WIN".  
La mayoría de los procesos, presentan una rentabilidad económica positiva y con periodos de retorno muy bajos.
- Obtenemos una ventaja competitiva en cuanto a la posibilidad de comercialización de los productos resultantes bajo la etiqueta de "ecológico".
- Gracias al proceso desarrollado se consiguen beneficios ambientales y sociales, como la reducción de olores emitidos por la EDAR, reducción de la contaminación del suelo y agua, eliminación de malas prácticas de gestión de residuos y mejora en la calidad de vida de la comunidad debido a la reducción de la polución de las cenizas volantes.
- Se consigue una experiencia de economía circular, gracias a la circularización de las cenizas volantes, escorias y lodos.

Therefore, it is a priority to work on agreement models and collaboration protocols between the different sectors and industries involved, the regulatory frameworks affecting the iCirBus4Industries symbiosis, waste management, the use of sludge in agriculture and of fly ash in construction materials.

Finally, we would like to highlight some of the strong points:

- All the processes developed are simple and do not require sophisticated or expensive technology.
- Their development benefits all the sectors involved in the project, it is a process where everyone wins "WIN-WIN".
- Most of the processes present a positive economic profitability, with short return periods.
- We obtain a competitive advantage in terms of the possibility of marketing the resulting products under the "ecological" label.
- Thanks to the prototype, environmental and social benefits are achieved such as the reduction of odours emitted by the WWTP, reduction of soil and water pollution, elimination of bad waste management practices and improvement in the quality of life of the community due to the reduction of fly ash pollution.
- A circular economy chain is put into practise, thanks to the circularisation of fly ash, slag and sludge.





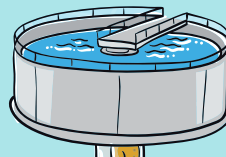
**1. EN EL PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LAS PLANTAS DE BIOMASA SE GENERAN CENIZAS VOLANTES**

**1. THE GENERATION OF ENERGY IN BIOMASS PLANTS PRODUCES FLY ASH**



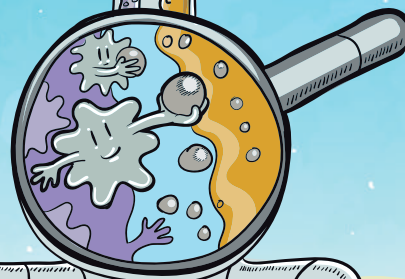
**2. EN LOS PROCESOS DE LAS ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) SE GENERAN LODOS QUE PUEDEN CONTENER METALES PESADOS ADEMÁS DE OTROS COMPUESTOS ORGÁNICOS**

**2. SEWAGE TREATMENT PLANTS GENERATE A SEMI SOLID SEWAGE SLUDGE WHICH OFTEN CONTAINS HEAVY METALS ALONG WITH ORGANIC COMPOUNDS**



**3. LAS CENIZAS VOLANTES PUEDEN ADSORBER METALES PESADOS Y OTROS COMPUESTOS ORGÁNICOS**

**3. FLY ASH HAS THE CAPACITY TO ADSORB HEAVY METALS AND TOXIC ORGANIC WASTE**



**4. LOS LODOS TRATADOS PUEDEN UTILIZARSE COMO FERTILIZANTES DE BAJO IMPACTO**

**4. SEWAGE SLUDGE, ONCE TREATED USING FLY ASH, CAN BE USED AS A FERTILIZER WITH A LOW ENVIRONMENTAL IMPACT**

**5. LAS CENIZAS VOLANTES UTILIZADAS PUEDEN FORMAR PARTE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN MÁS SOSTENIBLES Y RECICLABLES**

**5. FLY ASH IS ALSO USED IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY TO CREATE MATERIALS WHICH ARE MORE SUSTAINABLE AND RECYCLABLE**



Con la contribución del instrumento financiero LIFE de la Unión Europea

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Union

[www.icirbus.eu](http://www.icirbus.eu)



El proyecto LIFE iCirBus-4Industries ha recibido fondos del Programa de Medio Ambiente y Acción por el Clima LIFE, instrumento financiero de la Unión Europea dedicado al medio ambiente. El proyecto fue aprobado en la convocatoria 2014 con un presupuesto de más de dos millones de euros. Las entidades participantes son: INTROMAC, CTAEX, Aqualia, DISAIM Ingeniería, ENCE Energía Extremadura, Agencia Extremeña de la Energía, Estructuras y Placas Extremadura y Gestiona Global.

Este informe refleja solo la opinión de los autores y ni EASME ni la Comisión Europea son responsables del uso que pueda hacerse de la información que contiene.

The LIFE iCirBus-4Industries project has received funding from the Environment and Climate Action Programme LIFE, the European Union's financial instrument dedicated to the environment. The project was approved in the 2014 with a budget of more than two million euros. The participating entities are: INTROMAC, CTAEX, Aqualia, DISAIM Ingeniería, ENCE Energía Extremadura, Agencia Extremeña de la Energía, Estructuras y Placas Extremadura and Gestiona Global.

This report reflects only the authors' view and neither EASME nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information it contains.