



WIND TURBINE BLADES DECOMMISSIONING AND RECYCLING

DESMANTELAMIENTO Y RECICLAJE DE PALAS EÓLICAS



LAYMAN'S REPORT

LIFE+ project with the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community.
Project Number: LIFE13 ENV/ES/000562



For more information, please visit:
www.lifebrio.eu

Project's implementors:



In collaboration with:



LIFE + PROJECT “DEMONSTRATION OF WIND TURBINE ROTOR BLADE RECYCLING INTO THE COAL CLOUGH WINDFARM DECOMMISSIONING OPPORTUNITY”



LIFE Project Number

LIFE13 ENV/ES/000562

Project Data

Project location	País Vasco, Madrid, United Kingdom
Project start date	01/07/2014
Project end date	30/06/2017
Total Project duration (in months)	36 months
Total budget	1,107,626 €
EU contribution	553,812 €
(%) of total costs	50%
(%) of eligible costs	50%

Beneficiary Data

Name Beneficiary	IBERDROLA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.U.
Contact person	Mr. Luis Malumbres
Address	Avenida de Manoteras, 20 – 28050 Madrid (ESPAÑA)
Telephone	+34 – 913833180
E-mail	Imm@iberdrola.es
Project Website	www.lifebrio.eu



Coal Clough Wind Farm (Scottish Power), one of the oldest onshore wind farms in England.

Wind turbines (WT) convert wind energy to electrical energy in a manner analogous to the way in which the windmills of Western Europe converted wind energy to mechanical energy for pumping water or operating grinding mills. A WT generally includes a rotor, which is mounted for rotation in a tower, which has generally 3 blades.

Whilst most parts of WT (foundation, tower, drive train, generator or electronics) are made of materials and components (concrete, steel, iron, copper or cables) with well-known recovery routes, the WT rotor blades are made of complex structures and materials, and consequently the recycling itself constitute a challenge. Typically, they are made of composites including glass and/or carbon fibers as reinforcement, resins (polyester or epoxy), sandwich core materials (PVC, PET, balsa wood), coatings and lightning conductors. The inevitable large increase in numbers of end-of-life WT blades in the coming years will be a significant environmental problem of global dimension and thus, technical, economical and environmentally friendly alternatives must be developed to manage this complex waste stream. At the moment, several possible routes could be considered for end-of-life rotor blades: landfill, energy recovery in incineration plants / cement industry, feedstock recycling (pyrolysis) and mechanical recycling (direct recovery of materials resources for new applications). However disposal on landfills and incineration are their most expected destinies, and therefore more sustainable solutions are needed.

End of life waste arising from WT blades is an area which requires further efforts to find sustainable management solutions that must be viable from industrial point of view.

>100,000 t
of WT blade waste globally per year from 2025

THE CHALLENGE

Así como los molinos tradicionales usaban el viento para moler grano y bombear agua, los aerogeneradores convierten la energía eólica en energía eléctrica. Los aerogeneradores se componen de un rotor, generalmente con 3 grandes palas, montado sobre una torre.

La mayoría de los componentes de un aerogenerador (cimentación, torre, engranajes, generador eléctrico, etc.) están fabricados con componentes que ya disponen de rutas de reciclado bien definidas. Sin embargo, las palas eólicas son complejas estructuras fabricadas con materiales compuestos y su reciclado constituye un reto. Habitualmente están hechas de polímeros termoestables reforzados con fibras (vidrio o carbono) para la parte estructural (resistente) y materiales ligeros (PVC, PET, madera) para su núcleo y rellenos.

El incremento de palas que progresivamente alcanzarán su vida útil en los próximos años supone un problema medioambiental de dimensiones globales y por ello se deben buscar alternativas respetuosas con el medioambiente y al mismo tiempo técnica y económicamente viables para el tratamiento de esta corriente emergente.

Hasta el momento se han considerado varias posibilidades para el fin de vida de las palas eólicas: vertido controlado, valorización energética en incineradoras o plantas cementeras, reciclado termoquímico (pirólisis) y reciclado mecánico con recuperación de materiales para nuevas aplicaciones. Sin embargo las prácticas más habituales son su transporte a vertedero o incineración, por lo que son necesarias soluciones más sostenibles.

El inminente fin de vida de un gran volumen de palas eólicas (>100.000 t anuales) requiere esfuerzos adicionales para encontrar soluciones ambientales viables para la industria.

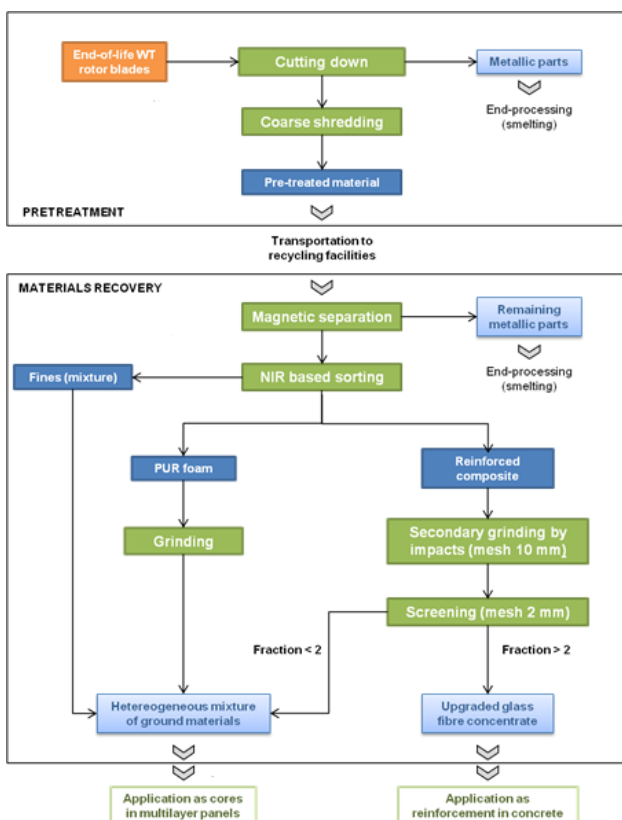
Dismantled WT blades were provided by Scottish Power for research and demonstration purposes. Their recycling was accomplished in the following stages:

- **Pretreatment** consisting of cutting down the rotor blades into smaller pieces using an excavator to hold the blades while a hydraulic shear breaks them, and a double shaft slow speed shredder. As a result a mixture of shredded materials is obtained with a maximum particle size around 250 mm. Qualitatively, this mixture is basically composed by rigid polyurethane foam (PUR), glass fiber reinforced thermoset composite (GFRP) and remains of metals coming from the blades root.
- **Materials recovery and classification** by means of combination of grinding and sorting technologies (electromagnet and near-infrared spectroscopy (NIR) sensor) obtain three output fractions: reinforced composite, foams and sieved fraction (fines).
- **Second size reduction and separation** with the purpose of obtaining:
 - **Upgraded fiber concentrate**, main recycled material composed by glass fibers and minimum content of spherical composite particles.
 - **Heterogeneous mixture**, composed by the secondary outputs obtained along the recycling process steps (fines + PUR foam + separated ground materials)



THE METHODOLOGY

Partiendo de palas eólicas completas fuera de uso, cedidas por Scottish Power, se llevó a cabo su reciclaje en las siguientes etapas:



- **Pretratamiento** con triturado y reducción de tamaño (hasta 250 mm) mediante cizalla hidráulica y triturador de doble eje. Como resultado se obtuvo una mezcla compuesta por espuma de poliuretano (PUR), polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP) y restos de metal.
- **Recuperación de materiales y clasificación** mediante combinación de tecnologías de triturado y separado (incluyendo detección por infrarrojo NIR), obteniendo como producto principal fibra de vidrio y consiguiendo apartar la mayoría de las espumas y la totalidad de los metales.
- **Reducción y separación secundaria**, obteniendo dos tipos de material, de diferente morfología.:
 - **Concentrado de fibras**, compuesto mayoritariamente por grupos de fibras cubiertas por polímero.
 - **Fración heterogénea**, compuesta por una mezcla de espuma de poliuretano (PUR) y partículas finas no válidas como fibras.

The two types of obtained materials were used for manufacturing of construction products:

- Three types of demonstrative **precast concrete elements** were designed to include recovered **fibrous materials** from blades recycling: precast manholes (elements to allow access to the wastewater networks for maintenance and for aeration and ventilation), New Jersey barriers (safety concrete elements used to delimit different areas of transit and prevent vehicles accidentally leaving the lane they are driving in) and Lego type concrete blocks (to build walls without reinforcement). Two manufacturers were involved in the preparation, manufacturing, installation and testing of the products with fibres.
- A **heterogeneous and complex mixture** of ground materials (basically composed by short glass fibres, inorganic fillers, PUR foams and small particles of reinforced composite) was used for the development of **sandwich panels** for construction. Thus, the prototypes have consisted of an internal core made of powdered resins (phenolic or polypropylene) and heterogeneous mixture, and two outer layers or peels of virgin reinforced composite (glass fibre / thermoset resin or glass fibre / polypropylene). The experimental manufacturing process (cores production and outer peels bonding) has comprised operations of materials mixing, compression moulding (combination of pressure and temperature) and lamination.

THE METHODOLOGY



Los dos tipos de materiales obtenidos se utilizaron en la fabricación de productos para construcción:

- El concentrado de fibras se empleó como fibra de refuerzo en tres tipos de **prefabricados de hormigón**: módulos de acceso vertical a tuberías, barreras de seguridad tipo New Jersey y bloques de hormigón en masa para muros de contención. Dos prefabricadores participaron en los preparativos, la fabricación, los ensayos, la instalación y la validación de estos productos con fibras.
- La fracción heterogénea se empleó junto con resinas (fenólicas y polipropileno) como material de núcleo en la fabricación de **paneles sándwich** mediante procesos de fabricación por compresión en caliente y laminación. El proceso experimental de fabricación incluye las operaciones de mezclado, moldeo por calor y presión, laminación y aplicación de las capas exteriores (de fibra de vidrio virgen con resina termoestable o polipropileno).

Various precast concrete products and sandwich panels can include all of the non-metallic material from WT blades mechanical recycling

Varios prefabricados de hormigón y paneles sándwich pueden incluir la totalidad del material no metálico procedente del reciclado de palas eólicas

Fibres recovered from WT blades recycling can improve the performance of precast concrete products.

Non-fibrous fraction can also be used as an efficient core material in sandwich panels.

A recovery route for WT blades material has been demonstrated in LIFE+ BRIO.

Three types of precast concrete products have been developed for the integration of the fibres (homogeneous fraction) recovered from Wind Turbine blades. Obtained prototypes were inspected, tested and installed in real life conditions. Observations and results obtained from tests validate the use of the recycled fibres in concrete precast elements. At the same time, the use of the fibres can slightly reduce the use of other materials (cement and aggregates) and it does not affect the manufacturing process.

Two types of multilayer panels (thermoset and thermoplastic nature) with cores made of recovered materials coming from the rotor blades mechanical recycling have been manufactured and tested. The technical performance of the multilayer panels is closely related to the type of outer peels. So, cores would be adhered to different layers (gypsum, wood, aluminium, reinforced composites, others) depending on requirements of final applications.

Full recovery of blade materials

-  Metals
-  Fibers
-  Mixture

MAJOR ACHIEVEMENTS

LIFE+ BRIO ha demostrado la viabilidad de una ruta para la reutilización de los materiales de las palas eólicas.

Se ha logrado la recuperación total de los materiales de la pala eólica: metales, concentrado de fibras y otros (fracción heterogénea formada por espumas, cargas minerales y fibras cortas).

Se han fabricado tres tipos de prefabricados de hormigón, integrando las fibras recuperadas en el reciclaje mecánico de palas eólicas. Los prototipos han sido inspeccionados, ensayados e instalados en aplicaciones reales. Las observaciones y resultados obtenidos confirman la validez de la utilización de estas fibras en productos de hormigón en masa. Al mismo tiempo, su uso permite ligeras reducciones en el consumo de otros materiales (cemento y áridos), sin alterar el proceso de fabricación.

Se han fabricado y ensayado dos tipos de paneles sándwich con núcleos de naturaleza termoestable y termoendurecible junto con la fracción heterogénea del reciclado de palas no aprovechable como fibra. Su comportamiento está ligado al tipo de capas exteriores empleadas por lo que al núcleo se le pueden adherir diferentes capas exteriores (yeso, madera, aluminio, materiales compuestos, otros) dependiendo del uso final previsto.



El material fibrilar obtenido en el reciclaje mecánico de palas eólicas puede usarse como fibra de refuerzo en prefabricados de hormigón, mejorando incluso sus prestaciones. La fracción heterogénea puede usarse en núcleos en aplicaciones multicapa.

WT blades out of service are considered an emerging waste, and there isn't yet a specific European regulation that classifies them as a defined kind of waste or that establish its management, being a legal void around them.

WT blade waste should be correctly identified, classified and regularised to achieve a proper management and minimize the negative effects on the environment due to their dismantling and subsequent handling, as in the case of others waste streams (such as end-of-life vehicles or packaging waste).

The following recommendations are done:

- Identify and classify this waste.
- Quantify and qualify the problem, to know the volume and the type of material to deal with
- Promote ecodesign
- Encourage WT blade labelling and traceability
- Promote the practical application of the waste hierarchy, by reusing, recycling and recovery, seeking the reduction of the disposal of waste and the contribution to the efficient use of resources.
- Establish the Extended Producer Responsibility (EPR)
- Take concrete measures to promote the circularity of composite materials at regional and European level
- Publish Best Available Technologies (BATs) and guidelines about WT decommissioning and WT blade recycling.



RECOMMENDATIONS FOR THE FUTURE

Las palas eólicas retiradas se consideran un residuo emergente y todavía existe un vacío legal en Europa en cuanto a su clasificación como tipo de residuo y a la gestión recomendada.

Para poder conseguir minimizar los efectos ambientales derivados de su desmontaje, manejo y disposición final, este tipo de residuo debe ser adecuadamente identificado, clasificado y regulado, al igual que ocurre con los vehículos y envases.

Se han hecho las siguiente recomendaciones:

- Identificar y clasificar esta corriente emergente
- Cuantificar y calificar el problema, para conocer el volumen de residuo y el tipo de material a tratar
- Incentivar el ecodiseño
- Promover el etiquetado y la trazabilidad de las palas eólicas.
- Promover la aplicación de la jerarquía de la gestión de residuos (reducir, reutilizar, reciclar) para evitar el vertido y contribuir a un uso eficiente de los recursos
- Implantar la Responsabilidad Extendida del Productor (EPR)
- Tomar medidas concretas a nivel regional, nacional y europeo para promover la economía circular de los materiales compuestos.
- Publicar Mejores Tecnologías Disponibles (BATs) y guías para el desmantelamiento de los parques eólicos y para el reciclaje de palas.



Project's implementors:



In collaboration with:

