



CONGRESO EÓLICO 2021 TALLER ECONOMÍA CIRCULAR

8 Junio 2021



Índice

1. Introducción
2. Antecedentes
3. Regulación
4. Alternativas ante el de Fin de Vida de las Palas
 1. Prevención de Residuos
 2. Reutilización
 3. Reciclaje Mecánico
 4. Reciclaje Térmico
 5. Recuperación de Energía
 6. Incineración / Vertederos

1. Introducción

VI Congreso Eólico Español



**VI CONGRESO
EÓLICO ESPAÑOL**

16 - 17 Junio 2021

**LA CITA MÁS
IMPORTANTE DEL
SECTOR EÓLICO
PRESENCIAL &
ON LINE**

 **¡Apunta en tu agenda!**

Hotel Eurobuilding
C/ Padre Damián, 23
28036 Madrid

 **AEE**
Asociación Empresarial Eólica

Talleres Congreso Eólico



3 TALLERES

Congreso Eólico Anual

**INSCRIPCIONES ABIERTAS
ONLINE
GRATUITO
16H-18H**



- **08/06** Economía Circular
- **09/06** Territorio y Eólica
- **10/06** Comunicación MKT y RSC

www.aeeolica.org

16-17 JUNIO 2021 VI CONGRESO **EÓLICO ESPAÑOL** → Presencial & Online
La cita más importante del sector eólico

Organizado por: **AEE**
Asociación Empresarial Eólica
www.aeeolica.org



Las conclusiones del taller se expondrán en una sesión específica del Congreso.

Organización del Taller de Economía Circular

Taller de Economía Circular, 8 Junio, 16:00-18:00 h		Horario
AEE	<i>Introducción al Taller. Contexto de la Economía Circular en el sector eólico.</i>	16:00
LM Wind Power	<i>Necesidades de reciclaje para los excedentes en la fabricación de palas</i>	16:15
Universidad de Mondragón	<i>Proyecto CISTE</i>	16:25
GE y LM	<i>Developing Circular Wind Turbine Blades</i>	16:35
Surus Inversa	<i>Desmantelamiento de parques eólicos de manera circular</i>	16:45
Marco Asesoría Ambiental	<i>Reutilización de Palas como Reservas de Agua</i>	16:55
ENDESA	<i>Reparación de componentes eólicos</i>	17:05
CARTIF	<i>LIFE REFIBRE. Recuperación de fibra de vidrio para su uso en pavimentos asfálticos.</i>	17:15
Reciclaia	<i>Economía Circular en el Sector Eólico. Reciclaje Térmico</i>	17:25
Vestas	<i>Soluciones de economía circular en el reciclaje de palas</i>	17:35
Siemens Gamesa	<i>Proyectos e iniciativas en relación al reciclaje de palas</i>	17:45
Tecnalia	<i>Experiencias en reciclaje de materiales</i>	17:55
Iberdrola	<i>Proyecto Life BRIO</i>	18:05
AEE	CONCLUSIONES	18:15

2. Antecedentes

Antecedentes

La 1ª generación de aerogeneradores está llegando al fin de su vida operativa, lo que significa que en los próximos años serán desmantelados o sustituidos por turbinas más modernas.

Diversos motivos para el desmantelamiento de parques:

1. Fin de la vida útil
2. Cambios regulatorios y normativos
3. Cambios tarifarios

Una vez desinstalado, es posible reutilizar o reciclar hasta el 83% de los materiales de un aerogenerador (acero, cobre y aluminio).



Componente/ Material (% de peso)	Hormigón	Acero	Aluminio	Cobre	Materiales Compuestos	Otros (p.e. Madera de Balsa)
Rotor						
Buje		100%				
Palas		3%			67%	30%
Góndola						
Multiplicadora		96%	2%	2%		
Generador		65%		35%		
Marco, Maquinaria, Otros		84%	9%	4%	3%	
Torre	2%	98%				

Antecedentes

Problemática

Las palas están fabricadas de materiales compuestos, difíciles de reciclar, siendo esto una de las principales líneas de investigación dentro de las iniciativas de economía circular que se están impulsando desde el sector eólico.

Objetivo

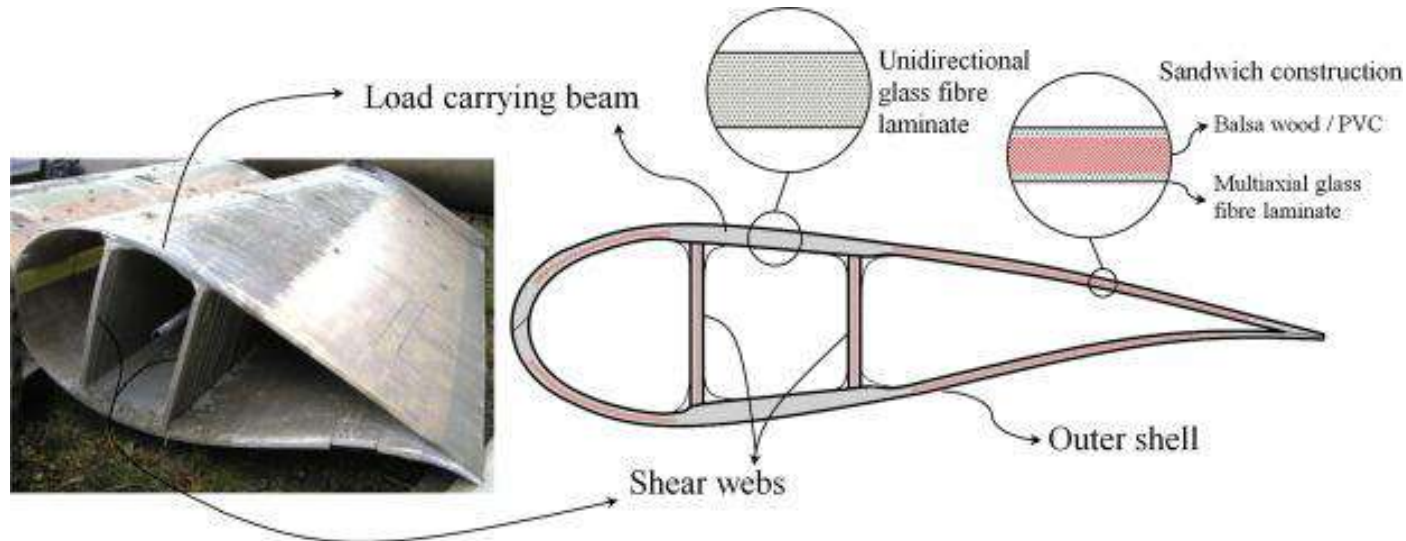
Implementar prácticas de economía circular en el ciclo de vida de las palas, maximizando la reutilización y reciclaje, tanto de las palas, como de los materiales compuestos utilizados como materia prima.



Estructura de las Palas

Fabricadas a partir de **materiales compuestos** (fibra de vidrio o carbono y resinas, difíciles de separar).

Los **Materiales Compuestos** son la unión de dos o más materiales distintos, cada uno de los cuales conserva sus propiedades, obteniéndose un nuevo material con mejores propiedades que las de sus constituyentes por separado. Alta resistencia y menor peso.



Datos España

Datos actuales España

1.203 Parques Eólicos

20.940 Aerogeneradores

62.820 Palas

256.229 Toneladas

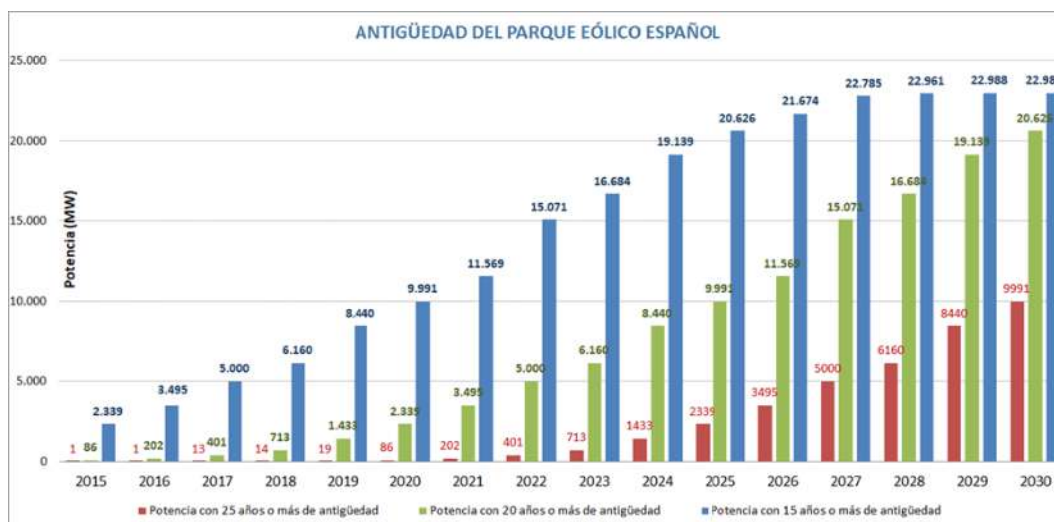
De ellos: **36 %** > 15 Años

7.500 Aerogeneradores

22.500 Palas

Vida de Diseño: **20 Años**

- **Extensión de Vida**
- **Repowering** -
- **Desmantelamiento**



PALAS INSTALADAS (TM) Y ANTIGÜEDAD					
Edad	2021	2022	2023	2024	2025
>20 Años	15.348	23.376	34.637	43.607	63.255
18-20 Años	28.259	39.879	44.786	51.188	67.961
15-17 Años	51.188	67.961	68.141	78.337	58.166
<15 Años	161.433	125.012	108.664	83.096	66.847
Total	256.229	256.229	256.229	256.229	256.229

Estimación del volumen de material a reciclar

Si se **repotenciaran el 100%** de los parques eólicos con más de 20 años de vida útil, de aquí a 2025 se desmantelarán **63.255 Toneladas** de palas de aerogeneradores

Resultados

Total Palas desmanteladas: **63.255 ton**

% Materiales Compuestos: **67%**

Total M.C. Desmantelados: **42.381 ton**

Escenario	VOLÚMEN PALAS A DESINSTALAR (TM)					Total	MATERIALES COMPUESTOS TM
	2021	2022	2023	2024	2025		
S1	15.348	8.028	11.261	8.969	19.649	63.255	42.381

Las **repotenciaciones** podrán verse impulsadas por distintas iniciativas gubernamentales, tales como el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) o subastas de renovables que incluyan repotenciación.

3. Regulación

A photograph of a wind farm with several tall, white wind turbines standing in a green field under a blue sky with light clouds. The turbines have three blades each and a red stripe near the base of the tower. The text '3. Regulación' is overlaid in white on the left side of the image.

Estrategia Española de Economía Circular

Estrategia Española de Economía Circular 2021-2023

Sienta las bases para impulsar un nuevo modelo de producción y consumo.

Alineada con los objetivos de los planes de acción de economía circular de la UE:

- “Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular” de 2015
- “Un nuevo Plan de Acción de Economía Circular para una Europa más limpia y competitiva” de 2020.



Plan de Acción de Economía Circular 2021-2023

Aprobado el 25 de Mayo de 2021 el I Plan de Acción de Economía Circular (PAEC) 2021-2023. Dentro de las medidas del Plan, algunas de las cuales afectan al sector, se incluyen dos específicas para la eólica:

3.5.2. Elaboración de una **“Guía para el desarrollo de criterios ambientales a tener en cuenta en el desmantelamiento y repotenciación de instalaciones de generación de energía eólica”**. Se desarrollarán unos criterios básicos, facilitando la aplicación de la EC.

7.1.8. Incentivar y fomentar **Proyectos de I+D+i incentivadores de soluciones de EC para las palas de los aerogeneradores eólicos**. Se plantea fomentar también los proyectos de I+D+i enfocados a la utilización de nuevas palas diseñadas y fabricadas con criterios de EC.

Regulación

Debido a que el desmantelamiento de parque eólicos es todavía anecdótico, **las normativas europeas y nacionales existentes están poco desarrolladas en este ámbito.**



Lista Europea de Residuos (Decisión 2000/532/CE)

Lista Europea de Residuos (Decisión 2000/532/CE)

Los materiales compuestos se engloban dentro de los residuos plásticos de construcción y demolición, código **LER 17 02 03**. Existen pocos requisitos a nivel europeo para residuos de materiales compuestos.



Ley 22/2011: Residuos y Suelos Contaminados

Ley 22/2011: Residuos y Suelos Contaminados

A nivel nacional, en España, existe la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Regulación

Real Decreto 646/2020

Regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, complementando la Ley 22/2011. Su objetivo principal es **impulsar el tránsito hacia una economía circular, dando prioridad a la prevención de residuos, la preparación para la reutilización y el reciclado.**

Sólo han de considerarse residuos las palas eólicas que los titulares de las instalaciones eólicas desechen o tengan la intención de desechar, no las que vayan a ser objeto de reparación.

El tratamiento que ha de darse a los residuos que genere una instalación eólica durante su funcionamiento viene expresamente contemplado en la correspondiente DIA.



Real Decreto 646/2020, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

4. Alternativas para el fin de vida de las palas

Jerarquía de los Residuos

La jerarquía de los residuos define que la estrategia de gestión de residuos debe incluir objetivos de:

1. Prevención de Residuos
2. Reutilización
3. Reciclaje del material
4. Recuperación de energía
5. Incineración
6. Entrega a vertedero como última alternativa.



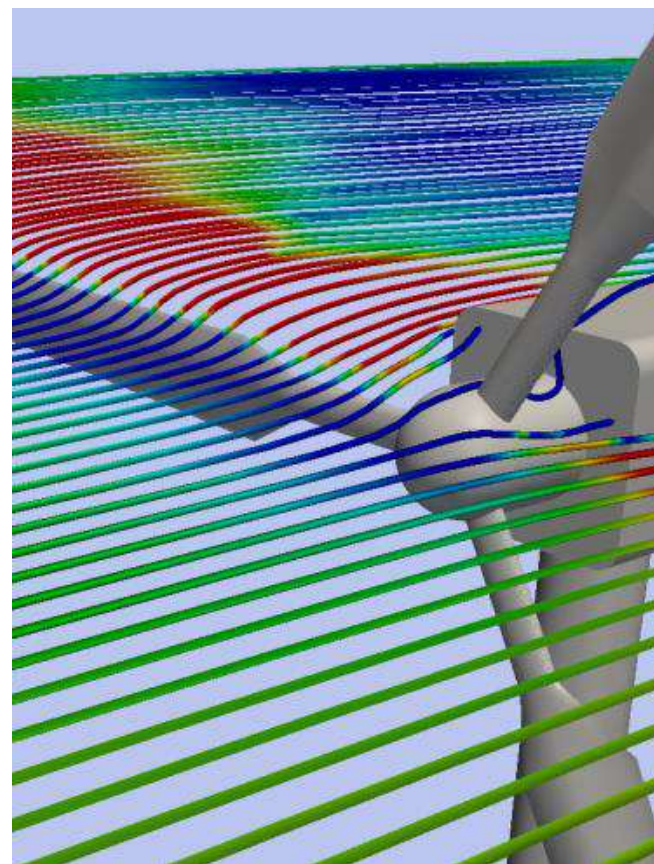
1. PREVENCIÓN DE RESIDUOS

Prevención de Residuos

Se basa en **evitar la generación de residuos**, y para que sea eficaz debe ser considerada **durante el diseño de la pala**.

Puede alcanzarse mediante alguno de estos tres objetivos, complementarios entre sí:

- Conseguir la **reducción del material utilizado** en la fabricación, lo que supondrá un menor volumen de residuos y de materiales a reciclar;
- **Aumento en la eficiencia** de los productos fabricados, que impliquen una menor tasa de fallo y un alargamiento de la vida útil de las palas;
- **Sustitución de materiales** tóxicos o difíciles de reciclar por otros más ecológicos.



Prevención de Residuos: Opciones

Extensión de Vida

1. Polímeros autorreparables.
2. Mejora de la ductilidad, resistencia a la fatiga y de la adhesión fibra-resina.
3. *Gelcoats* y revestimientos superficiales.

Disminución del Uso de Materiales

1. Eco-Diseño.
2. Criterios de Economía Circular en diseño.
3. Algoritmos de optimización de diseño multicriterio.

Diseño para Reciclabilidad

1. Matrices Termoplásticas

Mejora de Separación de Componentes

1. Adhesivos Termoplásticos
2. Reticulación reversible de resinas termoendurecibles.



2. REUTILIZACIÓN EN OTROS PARQUES EÓLICOS

Reutilización

Solución más sencilla: Rehabilitar y reutilizar la pala en otro parque eólico.

Es la primera consideración para recuperar las palas que, por su naturaleza y estado, siguen manteniendo un valor importante.

Evaluación Técnica

Antes de reutilizar las palas, se debe conocer su valor residual.

Estándares existentes para la certificación de la extensión de vida:

- **UL:** ANSI UL 4143-2018.
- **DNV-GL:** DNVGL-ST-0262 y DNVGL-ST-0263.
- **SGS:** SGS ECPE-2056.

A nivel internacional, se encuentra en curso de desarrollo una nueva especificación técnica de IEC, la **IEC TS 61400-28** para realizar una buena gestión y la extensión de vida de parques eólicos.

Métodos de Diagnóstico

- Inspecciones termográficas
- Análisis fotográfico
- Ensayos no destructivos

Reutilización

Mercado de Palas Usadas

Una vez realizada la evaluación técnica, diversas empresas se dedican a la venta de activos de parques desmantelados para nuevos proyectos:

- **Surus.** Soluciones llave en mano de economía circular: evaluación de los activos, desinstalación y reemplazo. En España, desmantelamiento de Malpica, Zas y Corme.
- **Repowering Solutions.** Mercado secundario de activos de plantas de energía, que tiene como modelo de negocio la economía circular.
- **Wind-turbine.com.** Mercado on-line para vender y comprar piezas de repuesto y accesorios para aerogeneradores.
- **Spares in Motion.** Plataforma on-line para la post venta de activos de aerogeneradores.



Desinstalación de los parques de Zas y Corme, por Surus

3. REUTILIZACIÓN EN USOS DISTINTOS

Reutilización en Usos Distintos

Reutilización para propósitos estructurales o arquitectónicos, no relacionados con eólica, aprovechando sus características mecánicas.

Aunque permite alargar la vida de una pala con poco esfuerzo, **aplicaciones excepcionales**.

Usos alternativos propuestos: barreras acústicas, torres de telecomunicación, techos, torres AT, etc.

Una posible línea de trabajo sería la creación de una gama de productos y comercializarlos para diferentes usos.

Un ejemplo de este tipo de iniciativas es **Ecoalf**, la cual utiliza materiales reciclados, como poliéster PET, nylon y neumáticos, para fabricar diversas prenda de ropa y accesorios.



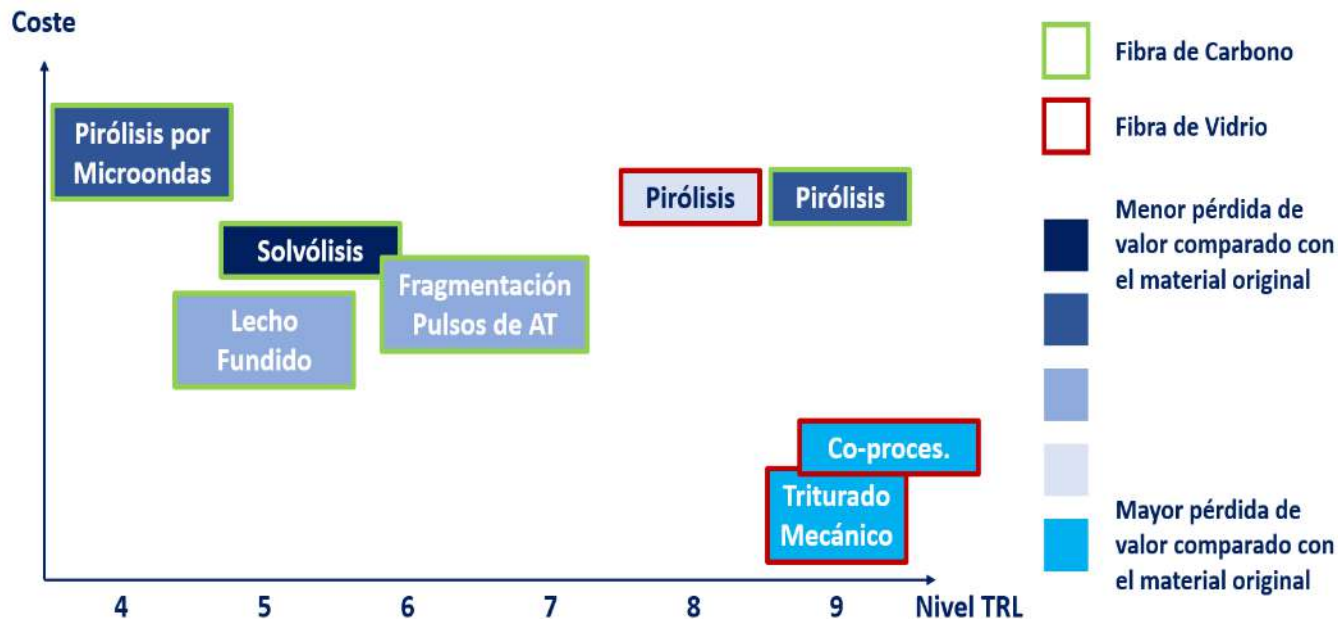
4. RECICLAJE DEL MATERIAL

Reciclaje del Material

Cuando la pala no pueda ser reutilizada, se procede al **reciclado del material**.

Al utilizar resinas termoestables en la fabricación de palas, no pueden ser fundidas y es complicado separar la matriz de las fibras. Dos tipos:

- Reciclaje Mecánico
- Reciclaje Térmico



Tecnologías de reciclaje por su TRL y coste. Adaptado de WindEurope.

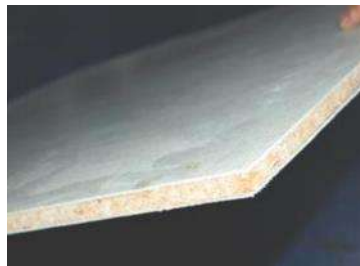
Reciclaje Mecánico

El reciclado mecánico de las palas consiste en triturarlas hasta obtener porciones pequeñas de material, de milímetros de tamaño.

El triturado mecánico tiene una gran eficiencia pero disminuye drásticamente el valor del material reciclado.

El compuesto triturado resultante puede ser posteriormente usado en nuevas aplicaciones, entre las cuales destaca la producción de cemento, prefabricados de hormigón y materiales para la construcción. Ejemplos:

1. Co-procesamiento del Cemento
2. Firms de Carretera
3. Paneles Acústicos
4. Aislamientos para la construcción



Corte in-situ de las palas en trozos. Fuente bcircular.

Reciclaje Mecánico

Fragmentación por Pulsos de Alta Tensión

Proceso electromecánico que separa con alta eficiencia las matrices de las fibras en los materiales compuestos mediante el uso de electricidad.

Ventajas: Comparado con el triturado mecánico, las fibras que se obtienen son de mayor calidad, además de tener una mayor longitud y limpieza.

Desventajas: Sólo se pueden recuperar fibras de pequeño tamaño y, para conseguir fibras de alta calidad, se requieren grandes niveles de energía.

Continúa en **fase de investigación.**

Reciclaje Térmico

Todavía en distintas fases de investigación y desarrollo. Se tienen las siguientes alternativas:

1. Pirólisis
2. Pirólisis por microondas
3. Proceso de lecho fundido
4. Solvólisis.

En general, las temperaturas que se alcanzan suponen una degradación de las fibras, lo que supone una pérdida de sus propiedades mecánicas. Esta degradación varía entre las diferentes tecnologías.

Reciclaje Térmico

Pirólisis

Proceso de reciclaje ya usado para otras aplicaciones.

Al aplicar la pirólisis a las palas eólicas, la matriz polimérica se degrada hasta obtener una mezcla de hidrocarburos, obteniendo como producto las fibras de vidrio.

Ventajas: Aunque existe degradación de la fibra, comparada con otros tratamientos térmicos esta es menor, por lo que las fibras pueden ser reutilizadas en otras aplicaciones.

Desventajas: Alto coste, por lo que su viabilidad económica dependerá de la escala y la reutilización que las fibras pueden tener.

Se espera que en los próximos años la pirólisis se convierta en una solución de gran importancia.

5. RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Recuperación de Energía

El material de las palas eólicas **puede ser incinerado para recuperar energía**. Es una solución ampliamente utilizada, pero que presenta numerosas desventajas.

Los materiales compuestos utilizados para la estructura de la pala contienen hasta un 70% en peso de fibra de vidrio, la cual no es combustible y dificultará la combustión, además de poder dañar los hornos y los conductos de los gases de combustión.

Este proceso deja como residuo grandes cantidades de cenizas, las cuales será necesario tratar.



6. VERTEDERO

Vertedero

Tras la desinstalación de una pala eólica, **su traslado a un vertedero o su incineración sin recuperación de energía** sería la solución más baja en la jerarquía de residuos pero la **menos deseable** debido al importante impacto ambiental que supondría.

El sector eólico tiene como prioridad el desarrollo de alternativas viables al traslado a vertedero.



C/ Sor Ángela de la Cruz, 2. planta 14 D
28020, Madrid

Tel. +34 917 451 276

aeolica@aeolica.org

www.aeolica.org

