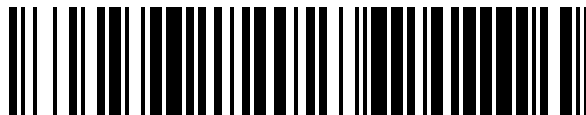


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 326 413**

21 Número de solicitud: 202531898

51 Int. Cl.:

C04B 18/04 (2006.01)

C04B 18/167 (2013.01)

C04B 20/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22

Fecha de presentación:

31.01.2024

43

Fecha de publicación de la solicitud:

23.01.2026

71

Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE BURGOS (100,00%)

C/ Hospital del Rey s/n

09001 Burgos (Burgos) ES

72

Inventor/es:

REVILLA CUESTA, Víctor;

SKAF REVENGA, Marta;

ORTEGA LÓPEZ, Vanesa;

MANSO VILLALÁIN, Juan Manuel;

HURTADO ALONSO, Nerea y

MANSO MORATO, Javier

54

Título: **HORMIGÓN SOSTENIBLE CON ÁRIDO DE HORMIGÓN RECICLADO Y RESIDUO DE PALA
DE AEROGENERADOR**

ES 1 326 413 U

DESCRIPCIÓN

HORMIGÓN SOSTENIBLE CON ÁRIDO DE HORMIGÓN RECICLADO Y RESIDUO DE PALA DE AEROGENERADOR

5

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención se engloba en el campo de los materiales de construcción, en concreto de los hormigones y con componentes recuperados, sobre todo provenientes de palas de aerogeneradores, haciéndolos sostenibles.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los aerogeneradores se han instaurado como una de las fuentes de energía renovable y su crecimiento es continuo. En Europa se prevé que para el año 2050 la energía eólica llegue a suponer la fuente utilizada para generar la mitad de la energía eléctrica. Esto hace que la instalación de aerogeneradores no sólo se mantenga en los niveles actuales, sino que vaya creciendo de manera constante.

15

Se prevé que la vida media de un aerogenerador esté entre los veinte y los treinta años, con lo que los primeros aerogeneradores instalados están comenzando ya a retirarse y hay que tener en cuenta el crecimiento mencionado. De manera local, en España se prevé que el 40% de los aerogeneradores deban ser renovados antes del año 2030, contando el parque actual de energía eólica en España con más de 21.000 aerogeneradores los cuales suman una potencia total de 27 GW.

20

Cada aerogenerador cuenta con tres palas, una góndola y una torre que hay que retirar cuando se desmantela un aerogenerador, y con el mínimo impacto medioambiental. El reciclado de la torre y la góndola es lo más sencillo, puesto que su composición a base de acero permite que pueda ser introducida nuevamente en la cadena de valor al fundirla. El principal problema está en la reutilización y reciclaje de las palas de los aerogeneradores. Las palas de aerogenerador se fabrican con un compuesto de resina con fibras de vidrio y/o carbono, espuma de poliuretano, madera de balsa y un recubrimiento ("gel coat" según su denominación común en inglés) a

30

base de resinas de poliéster. La compleja composición del material está provocando que las palas retiradas se estén almacenando en vertedero.

- Actualmente el foco de la investigación en relación con el reciclaje de las palas de aerogenerador se encuentra en separar los distintos componentes de las palas mediante procesos de pirólisis, solvólisis o gasificación (J. Beauson, A. Laurent, D.P. Rudolph, J. Pagh Jensen, The complex end-of-life of wind turbine blades: A review of the European context, *Renewable Sustainable Energy Rev.* (2021) 111847. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111847>). Sin embargo, el coste económico de estos procesos es muy elevado. Es por ello que es necesario apostar por otras técnicas más económicas, como son el corte de las palas para separar los diferentes materiales y su posterior machaqueo mecánico. Estos tratamientos mecánicos permiten obtener elementos con formas sencillas, como fibras y piezas de forma cúbica o esférica.
- En la bibliografía existente se encuentran muy pocos estudios donde el residuo machacado de las palas de aerogenerador haya sido incorporado en hormigones. Un ejemplo de ellos es la incorporación de piezas cúbicas y esféricas en sustitución al árido (A. Yazdanbakhsh, L.C. Bank, K.A. Rieder, Y. Tian, C. Chen, Concrete with discrete slender elements from mechanically recycled wind turbine blades, *Resour. Conserv. Recycl.* 128 (2018) 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.005>) o la incorporación de las fibras recicladas en hormigones (D. Baturkin, O.A. Hisseine, R. Masmoudi, A. Tagnit-Hamou, L. Massicotte, Valorization of recycled FRP materials from wind turbine blades in concrete, *Resour. Conserv. Recycl.* 174 (2021) 105807. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105807>; G.T. Xu, M.J. Liu, Y. Xiang, B. Fu, Valorization of macro fibers recycled from decommissioned turbine blades as discrete reinforcement in concrete, *J. Clean. Prod.* 379 (2022) 134550. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134550>).

- La reducida investigación en relación con la incorporación del residuo de pala de aerogenerador en el hormigón contrasta con la gran cantidad de estudios existentes sobre la incorporación de árido grueso de hormigón reciclado en el hormigón (C. Shi, Y. Li, J. Zhang, W. Li, L. Chong, Z. Xie, Performance enhancement of recycled concrete aggregate - A review, *J. Clean. Prod.* 112 (2016) 466-472. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.057>; K.P. Verian, W. Ashraf, Y. Cao,

- Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new concrete production, *Resour. Conserv. Recycl.* 133 (2018) 30-49. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.005>). En relación con el empleo de este residuo, se ha analizado su uso en múltiples tipos de hormigón con diferentes niveles
- 5 de trabajabilidad y resistencia (V. Revilla-Cuesta, M. Skaf, F. Faleschini, J.M. Manso, V. Ortega-López, Self-compacting concrete manufactured with recycled concrete aggregate: An overview, *J. Clean. Prod.* 262 (2020) 121362. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121362>; V.W.Y. Tam, A. Butera, K.N. Le, W. Li, Utilising CO2 technologies for recycled aggregate concrete: A critical review, *Constr.*
- 10 *Build. Mater.* 250 (2020) 118903. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118903>). De hecho, la normativa española autoriza su empleo en un 20% del peso del árido grueso añadido a una mezcla de hormigón (Código Estructural de España. Ministerio de Fomento, Gobierno de España (2021)).
- 15 Sin embargo, no se conoce ninguna investigación a nivel mundial en el que se hayan combinado ambos residuos, árido grueso de hormigón reciclado (árido de hormigón reciclado en la fracción gruesa) y triturado de pala de aerogenerador, para la producción de hormigón.
- 20 En relación con el proceso de fabricación del hormigón elaborado con diferentes tipos de residuos, se conoce la existencia de procedimientos basados en la realización del amasado en dos etapas con presaturación (I. González-Taboada, B. González-Fontebo, J. Eiras-López, G. Rojo-López, Tools for the study of self-compacting recycled concrete fresh behaviour: Workability and rheology, *J. Clean. Prod.* 156
- 25 (2017) 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.045>) o sin presaturación del árido (E. Güneyisi, M. Gesoğlu, Z. Algin, H. Yazici, Effect of surface treatment methods on the properties of self-compacting concrete with recycled aggregates, *Constr. Build. Mater.* 64 (2014) 172-183. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.090>). No obstante, no se ha definido todavía en la literatura ningún proceso de mezcla que, al
- 30 añadir este tipo de residuo, de pala de aerogenerador machacada, al hormigón permita obtener un hormigón con adecuada trabajabilidad para su bombeo y suficiente resistencia.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención queda establecida y caracterizada en la reivindicación independiente, mientras que las reivindicaciones dependientes describen otras características de la misma.

5

El objeto de la invención es un hormigón sostenible con árido de hormigón reciclado y residuo de pala de aerogenerador. El problema técnico a resolver es constituir los componentes del hormigón de manera que se consiga un hormigón para uso estructural, con buena trabajabilidad.

10

A la vista de lo anteriormente enunciado, la presente invención se refiere a un hormigón sostenible con árido de hormigón reciclado y residuo de pala de aerogenerador que comprende cemento Portland como conglomerante, áridos, agua y aditivos, como se conoce en el estado de la técnica.

15

Caracteriza al hormigón el que los áridos están incluidos en fracción gruesa y en fracción fina, siendo la fracción gruesa partículas de tamaño mayor que 4 mm y menor o igual que 22 mm, y la fracción fina partículas de tamaño mayor que 0 mm y menor o igual que 4 mm; los aditivos comprenden dos aditivos superplastificantes; la fracción gruesa está compuesta por árido natural silíceo y/o árido de hormigón reciclado, estando el árido de hormigón reciclado entre un 50 % y un 100 % en volumen de dicha fracción gruesa; la fracción fina es una mezcla de árido natural silíceo y calizo; el residuo de pala de aerogenerador forma entre el 5 % y el 10 % del volumen de áridos del hormigón en cualquiera de las fracciones; el residuo de pala de aerogenerador comprende: composite con fibras de vidrio y/o carbono, poliuretano, madera de balsa y resina de poliéster; dicho residuo de pala de aerogenerador son fibras con una longitud media entre 12 mm y 14 mm, partículas aproximadamente esféricas de madera de balsa y poliuretano, con un diámetro entre 2 mm y 5 mm, y polvo.

30 Con "composite" se quiere significar un compuesto formado por una matriz de resina sintética, normalmente epóxica y/o de poliéster, con fibras de vidrio y/o carbono embebidas en ella.

El poliuretano en las palas de los aerogeneradores suele estar en forma espumada. La

madera de balsa proviene de una especie tropical conocida por su ligereza y flexibilidad, lo que la hace ideal para algunos usos, incluso industriales, como la fabricación de palas para aerogeneradores.

- 5 Con “polvo” se quiere significar un tamaño de partícula como es habitual. En su consideración general son partículas que pasan por el tamiz de 0,5 mm, con lo que hay partículas de ese tamaño, pero también agregados de varias partículas más pequeñas que juntas dan ese tamaño, siendo un compendio de varios componentes cuya separación es muy complicada, no habiendo norma a día de hoy para valorarla.
- 10 Dicho tamaño de partícula se concreta en la reivindicación 3.

Una ventaja del hormigón es que presenta una buena trabajabilidad, que permite una puesta en obra sencilla y económica, incluso mediante bombeo para elaborar elementos estructurales.

- 15 Otra ventaja del hormigón es que las fibras de vidrio y/o carbono que incorpora el residuo utilizado proporcionan una buena resistencia a flexión y una buena resistencia post-fisuración, por lo que es válido para su utilización en cualquier tipo de elemento estructural según la normativa actual de aplicación (pavimentos, vigas a flexión,...) y
- 20 permite dotar a las estructuras en las que se utilice de una mayor seguridad al proveer al elemento estructural de resistencia post-rotura, lo cual proporciona un mayor tiempo de evacuación del edificio o estructura en caso de que se produzca la rotura o fallo del mismo.

- 25 Otra ventaja del hormigón es que contribuye a la economía circular, minimizando el vertido de residuos de pala de aerogenerador en vertedero y disminuyendo el consumo de recursos naturales, pues disminuye la necesidad de producción de clínker de cemento y de árido natural, y el consiguiente impacto medioambiental, como la reducción de emisión de dióxido de carbono y la explotación de canteras y graveras.

30

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Se complementa la presente memoria descriptiva, con un juego de figuras, ilustrativas del ejemplo preferente, y nunca limitativas de la invención.

La figura 1 es una fotografía del residuo de pala de aerogenerador tras su procesado mediante cortado y machaqueo.

5 **EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

La invención es un hormigón sostenible con árido de hormigón reciclado y residuo de pala de aerogenerador que comprende cemento Portland como conglomerante (preferentemente cemento tipo I o Portland ordinario con adición de caliza CEM II-A/L 42.5 R), áridos, agua y aditivos; los áridos están incluidos en fracción gruesa y en fracción fina, siendo la fracción gruesa partículas de tamaño mayor que 4 mm y menor o igual que 22 mm, y la fracción fina partículas de tamaño mayor que 0 mm y menor o igual que 4 mm; los aditivos comprenden dos aditivos superplastificantes; la fracción gruesa está compuesta por árido natural silíceo y/o árido de hormigón reciclado, estando el árido de hormigón reciclado entre un 50 % y un 100 % en volumen de dicha fracción gruesa; la fracción fina es una mezcla de árido natural silíceo y calizo; el residuo de pala de aerogenerador forma entre el 5 % y el 10 % del volumen de áridos del hormigón en cualquiera de las fracciones; el residuo de pala de aerogenerador comprende: composite con fibras de vidrio y/o carbono, poliuretano, madera de balsa y resina de poliéster; dicho residuo de pala de aerogenerador son fibras con una longitud media entre 12 mm y 14 mm, partículas aproximadamente esféricas de madera de balsa y poliuretano, con un diámetro entre 2 mm y 5 mm, y polvo.

Una dosificación que se muestra como ventajosa es que los porcentajes en volumen son:

- cemento Portland entre el 9,5 % y el 10,5 %;
- árido natural silíceo en fracción gruesa entre el 0 % y el 23 %;
- árido de hormigón reciclado en fracción gruesa entre el 23 % y el 47 %;
- árido natural silíceo y calizo en fracción fina entre el 22 % y el 23 %;
- agua entre el 14 % y el 18 %;
- aditivos superplastificantes entre el 0,2 % y el 0,4 %;
- residuo de pala de aerogenerador entre el 3 % y el 8 %.

En lo que respecta al residuo de pala de aerogenerador, unos porcentajes en peso de

su composición que se muestran adecuados son:

- composite con fibras de vidrio y/o carbono entre el 63 % y el 71 %;
- poliuretano entre el 6 % y el 10 %;
- madera de balsa entre el 4 % y el 8 %;
- 5 -mezcla de componentes entre el 14,5 % y el 22,5 % formada por partículas en polvo, de tamaño menor a 0,5 mm, que comprende resina de poliéster (la cual ha formado parte de la pala a modo de recubrimiento, "gel coat" según su denominación común en inglés), composite con fibras de vidrio y/o carbono, poliuretano y madera de balsa.

10

Con esos porcentajes se tienen los siguientes valores aproximados del residuo de pala de aerogenerador: densidad real del conjunto 1,63 Mg/m³, densidad aparente del conjunto 0,25 Mg/m³, densidad real de las fibras 2,04 Mg/m³, longitud media de las fibras 13,08 mm.

15

A modo ilustrativo se cita un procedimiento de elaboración de hormigón sostenible con árido de hormigón reciclado y residuo de pala de aerogenerador según se ha expuesto, que comprende las siguientes etapas en secuencia:

- adición de la totalidad de los áridos, en sus fracciones gruesa y fina, y el 30 %
20 de agua;
- primer mezclado;
- adición del cemento Portland como conglomerante, el residuo de pala y el agua restante;
- segundo mezclado;
- 25 -adición de los aditivos disueltos en agua;
- tercer mezclado;

el residuo de pala añadido se obtiene cortando fragmentos aproximadamente rectangulares con una longitud de lado entre 20 cm y 30 cm, sin separarse los diferentes componentes se machacan con un molino de cuchillas, se tamizan por un
30 tamiz de 10 mm, los componentes que no pasan a través de dicho tamiz se someten a un nuevo machaqueo.

Una opción ventajosa sobre los tiempos de mezclado es que la primera etapa de mezclado tiene una duración entre 4 minutos y 6 minutos; la segunda etapa de

mezclado tiene una duración entre 2 minutos y 4 minutos; la tercera etapa de mezclado tiene una duración entre 4 minutos y 6 minutos.

Un detalle es que los aditivos se disuelven en una cantidad de agua entre 0,4 l y 0,6 l.

5

En la figura 1 se incluye una imagen donde puede verse el residuo de pala, en el que hay fibras muy finas (similares a pelos) que quedan enredadas con pequeñas partículas de madera y poliuretano, formando una especie de "pelusas". De ahí que la multitud de tamaños y formas del residuo de pala hacen difícil su inclusión como

10 residuo en el hormigón para que sea compatible con otros residuos, dificultad superada por la presente invención.

Siguiendo las proporciones mencionadas según el procedimiento citado se obtiene un hormigón con una consistencia fluida (clase de consistencia S3), con un asiento en el

15 cono de Abrams entre 11 cm y 15 cm, según las especificaciones internacionales para la caracterización del hormigón en estado fresco (EN 206). La densidad fresca de las mezclas estuvo comprendida entre 2,16 y 2,29 Mg/m³ y su contenido en aire ocluido estuvo en el rango de 1,8 % a 5,5 %. En relación con las propiedades endurecidas, presentó una densidad comprendida entre 2,16 y 2,32 Mg/m³ para diferentes edades

20 de curado, una resistencia a compresión a 28 días entre 26,8 y 42,6 MPa. Su resistencia a tracción indirecta a 28 días entre 2,9 y 4,2 MPa. La resistencia a flexión de las mezclas curadas durante 28 días en el rango 4,9-6,4 MPa. El módulo de elasticidad del hormigón estuvo en el rango 23,7-33,3 GPa para los 28 días. Su coeficiente de Poisson estuvo entre 0,19 y 0,21 para diferentes edades de curado. La

25 velocidad del impulso ultrasónico a 28 días en el rango 4,2-4,5 km/s. El índice de rebote dio lugar a resultados comprendidos entre 32 y 37 unidades para edades de curado de 28 días.

Ejemplo

30

Se muestra a continuación la comparación entre el comportamiento de seis hormigones de consistencia fluida, con un contenido de árido grueso de hormigón reciclado entre un 50 % y un 100 % del árido grueso en el hormigón, y con adición de residuo de pala de aerogenerador en los siguientes porcentajes entre un 5 % y un 10

% del volumen del árido en el hormigón. La Tabla 1 contiene la dosificación de dichas mezclas, indicando el primer número de su designación el contenido de residuo de pala de aerogenerador respecto del volumen total de árido añadido, y el segundo número el porcentaje de árido grueso de hormigón reciclado en relación con el

5 volumen total de árido grueso en el hormigón.

Componente/mezcla	M5/50	M7,5/50	M10/50	M5/75	M5/100	M10/100
Cemento Portland	320	320	320	320	320	320
Agua	180	168	150	168	167	185
Aditivos superplastificantes	3,2	3,2	4,3	3,2	3,2	4,3
Árido silíceo fracción gruesa	635	615	600	315	0	0
Árido hormigón reciclado fracción gruesa	590	575	560	885	1185	1120
Árido calizo fracción fina	365	355	345	365	365	345
Árido calizo fracción fina	265	260	250	265	265	250
Residuos de pala de aerogenerador	62	93	124	62	62	124

Tabla 1. Dosificación de las mezclas (kg/m³)

Las propiedades en estado fresco se muestran en la Tabla 2:

Mezcla	Asiento (cm)	Densidad en fresco (kg/m³)	Aire ocluido (%)
M5/50	14,5	2,29	2,10
M7,5/50	12,0	2,26	2,90
M10/50	13,0	2,26	3,40
M5/75	11,5	2,29	2,70
M5/100	11,0	2,26	1,80
M10/100	12,5	2,16	5,30

Tabla 2. Propiedades en estado fresco

- 5 Las propiedades en estado endurecido a una edad de 28 días se recogen en la Tabla 3. Estas propiedades muestran que las mezclas objeto de la invención pueden ser consideradas hormigón de resistencia media tanto en términos de compresión como de flexión, presentando características adecuadas para la ejecución de los elementos anteriormente indicados. En dicha tabla, RC representa la resistencia a compresión;
- 10 RTI, resistencia a tracción indirecta; RFL, resistencia a flexión; ME, módulo de elasticidad; UPV, velocidad del impulso ultrasónico (“ultrasonic pulse velocity” por sus siglas en inglés); DE, densidad endurecida; y ESCL, índice de rebote (esclerometría por su designación técnica).

Mezcla	RC (MPa)	RTI (MPa)	RFL (MPa)	ME (GPa)	UPV (km/s)	DE (kg/dm³)	ESCL
M5/50	42,6	3,5	5,4	33,3	4,5	2,32	35
M7,5/50	39,0	3,4	5,3	32,1	4,5	2,29	36
M10/50	42,5	4,2	6,4	28,6	4,4	2,29	37
M5/75	36,7	3,8	5,5	32,6	4,5	2,28	35
M5/100	36,7	3,2	4,8	27,9	4,3	2,27	36
M10/100	26,8	2,9	4,9	23,7	4,2	2,16	32

15 Tabla 3. Propiedades en estado endurecido a 28 días

En esta Tabla 3 puede observarse el aspecto descrito en relación con la resistencia a flexión. Si nos fijamos en las tres primeras mezclas, presentan el mismo contenido de árido de hormigón reciclado (50 %) en la fracción gruesa y el contenido de pala de aerogenerador se incrementa desde el 5 % al 10 %. Con este incremento, la resistencia a flexión del hormigón aumenta desde 5,4 MPa a 6,4 MPa. Lo mismo sucede con las dos últimas mezclas, con un 100 % de árido de hormigón reciclado en la fracción gruesa y un incremento de residuo de pala de aerogenerador del 5 % al 10 %, donde la resistencia a flexión aumenta 0,1 MPa, siendo en este caso el aumento menor.

10

En relación con esto, en referencia a una mezcla de referencia M0/0 que tiene la misma dosificación (composición) que las mezclas expuestas en la invención pero con 0 % de residuo de pala de aerogenerador y 0 % de árido reciclado grueso, su resistencia a flexión es de 6,1 MPa, con lo que puede verse que la resistencia a flexión disminuye en las mezclas M5/50 y M7,5/50 respecto de la mezcla de referencia por efecto del árido de hormigón reciclado, pero que en la mezcla M10/50 se alcanza una resistencia (6,4 MPa) superior a la de la mezcla M0/0. También, a la vista de los resultados de flexión, la interacción del residuo de pala de aerogenerador fue mejor con un 50 % de árido reciclado grueso que con el 100 %.

20

REIVINDICACIONES

1.-Hormigón sostenible con árido de hormigón reciclado y residuo de pala de aerogenerador que comprende cemento Portland como conglomerante, áridos, agua y
 5 aditivos, **caracterizado por** que los áridos están incluidos en fracción gruesa y en fracción fina, siendo la fracción gruesa partículas de tamaño mayor que 4 mm y menor o igual que 22 mm, y la fracción fina partículas de tamaño mayor que 0 mm y menor o igual que 4 mm; los aditivos comprenden dos aditivos superplastificantes; la fracción gruesa está compuesta por árido natural silíceo y/o árido de hormigón reciclado,
 10 estando el árido de hormigón reciclado entre un 50 % y un 100 % en volumen de dicha fracción gruesa; la fracción fina es una mezcla de árido natural silíceo y calizo; el residuo de pala de aerogenerador forma entre el 5 % y el 10 % del volumen de áridos del hormigón en cualquiera de las fracciones; el residuo de pala de aerogenerador comprende: composite con fibras de vidrio y/o carbono, poliuretano, madera de balsa y
 15 resina de poliéster; dicho residuo de pala de aerogenerador son fibras con una longitud media entre 12 mm y 14 mm, partículas aproximadamente esféricas de madera de balsa y poliuretano, con un diámetro entre 2 mm y 5 mm, y polvo.

2.-Hormigón según la reivindicación 1 en el que los porcentajes en volumen son:
 20 -cemento Portland entre el 9,5 % y el 10,5 %;
 -árido natural silíceo en fracción gruesa entre el 0 % y el 23 %;
 -árido de hormigón reciclado en fracción gruesa entre el 23 % y el 47 %;
 -árido natural silíceo y calizo en fracción fina entre el 22 % y el 23 %;
 -agua entre el 14 % y el 18 %;
 25 -aditivos superplastificantes entre el 0,2 % y el 0,4 %;
 -residuo de pala de aerogenerador entre el 3 % y el 8 %.

3.-Hormigón según la reivindicación 2 en el que los porcentajes en peso de los componentes del residuo de pala de aerogenerador son:
 30 -composite con fibras de vidrio y/o carbono entre el 63 % y el 71 %;
 -poliuretano entre el 6 % y el 10 %;
 -madera de balsa entre el 4 % y el 8 %;
 -mezcla de componentes entre el 14,5 % y el 22,5 % formada por partículas en polvo, de tamaño menor a 0,5 mm, que comprende resina de poliéster,

composite con fibras de vidrio y/o carbono, poliuretano y madera de balsa.



Fig.1