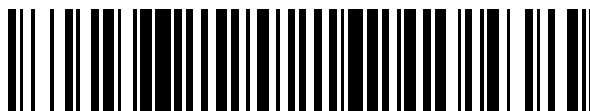


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 023**

51 Int. Cl.:

**C08G 18/32** (2006.01)  
**C08G 18/78** (2006.01)  
**C08G 18/65** (2006.01)  
**C08L 75/04** (2006.01)  
**C08G 18/76** (2006.01)  
**B29D 99/00** (2010.01)  
**B29K 75/00** (2006.01)  
**C08J 5/12** (2006.01)  
**F03D 1/06** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2015 PCT/IB2015/058674**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2016 WO16075619**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2015 E 15797456 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3218597**

54 Título: **Material de poliuretano, proceso para preparar dicho material y cubierta protectora para pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

**10.11.2014 DK 201400650**  
**01.04.2015 DK 201500208**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.10.2019**

73 Titular/es:

**POLYTECH A/S (100.0%)**  
**Industrivej 37**  
**6740 Bramming, DK**

72 Inventor/es:

**KIRKEGAARD, MADS y**  
**BAKER, RICHARD**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 726 023 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Material de poliuretano, proceso para preparar dicho material y cubierta protectora para pala de turbina eólica

- 5 La presente invención se refiere a una cubierta protectora preformada para una pala de turbina eólica, haciéndose la cubierta protectora preformada de un material de poliuretano.

El material de poliuretano se caracteriza por prepararse a partir de un poliol, butanodiol y un isocianato.

- 10 En una realización, el isocianato es un 4,4'-diisocianato de difenilmetano opcionalmente modificado.

En una realización, el butanodiol es 1,4-butanodiol.

- 15 En una realización, el material de poliuretano comprende un estabilizador frente al UV y/o un pigmento o pigmentos de color.

La presente invención se refiere adicionalmente a un proceso para preparar un poliuretano, caracterizado por

- 20 a) mezclar un poliol y butanodiol,  
b) templar y desgasificar la mezcla de acuerdo con a),  
c) templar y desgasificar un isocianato,  
d) bombear la mezcla desgasificada de acuerdo con b) y el isocianato desgasificado de acuerdo con c) a través de un cabezal de mezcla en un molde,  
e) curar en el molde y  
25 f) desmoldar el artículo curado.

La presente invención se refiere adicionalmente a un proceso para preparar una cubierta protectora para una pala de turbina eólica, caracterizado por

- 30 a) mezclar un poliol y butanodiol,  
b) templar y desgasificar la mezcla de acuerdo con a),  
c) templar y desgasificar un isocianato,  
d) bombear la mezcla desgasificada de acuerdo con b) y el isocianato desgasificado de acuerdo con c) a través de un cabezal de mezcla en un molde,  
35 e) curar en el molde y  
f) desmoldar el artículo curado.

En una realización, en el material de poliuretano o en el proceso, el temple de acuerdo con b) y/o c) se realiza a una temperatura de 30 °C a 50 °C.

- 40 En una realización, en el material de poliuretano o en el proceso, el temple de acuerdo con b) y/o c) se realiza a una temperatura de aproximadamente 40 °C.

En una realización, el molde en la etapa d) se precalienta.

- 45 En una realización, el molde en la etapa d) se precalienta a una temperatura de 90 °C a 120 °C.

En una realización, el molde en la etapa d) se precalienta a una temperatura de aproximadamente 100 °C.

- 50 En una realización, en la que el curado en la etapa e) se realiza a una temperatura de 90 °C a 120 °C.

En una realización, el curado en la etapa e) se realiza a una temperatura de aproximadamente 100 °C.

En una realización, el curado en la etapa e) se realiza durante aproximadamente 15 minutos.

- 55 En una realización, el proceso comprende una etapa adicional:  
g) post-curado.

- 60 En una realización, el post-curado en la etapa g) tiene lugar en aproximadamente 12 horas a una temperatura de aproximadamente 100 °C.

En una realización, en el material de poliuretano o en el proceso, el poliol, el butanodiol y el isocianato se usan en una relación en peso de poliol:butanodiol:isocianato de 100:(de 3 a 5):(de 30 a 35).

- 65 En una realización, en el material de poliuretano o en el proceso, el poliol, el butanodiol y el isocianato se usan en una relación en peso de poliol:butanodiol:isocianato de 100:4:32,3.

En una realización, en el material de poliuretano o en el proceso, el polioli comprende un estabilizador frente al UV y/o un pigmento o pigmentos de color.

En una realización, en el material de poliuretano o en el proceso, el polioli es Bayflex® OS 380-A-59A.

En una realización, en el material de poliuretano o en el proceso, el isocianato es DESMODUR® PF.

En una realización, en el material de poliuretano o en el proceso, el butanodiol es 1,4-butanodiol.

La presente invención se refiere adicionalmente a una cubierta protectora preformada para una pala de turbina eólica.

El documento EP 0 037 987 A2 (Messerschmitt-Bölkow-Blohm Gesellschaft) desvela una cubierta de punta delantera y una cubierta de punta posterior para alas, palas de rotor, etc.

El documento WO 2004/076852 A2 (Vestas Wind Systems A/S) desvela una cubierta de borde frontal que se preforma para que se adapte a una pala de turbina eólica y posteriormente se adhiera a la pala.

El documento WO 2010/122157 A1 (Hempel A/S) desvela una composición química específica de un recubrimiento de poliuretano.

El documento US 2013/045105 A1 desvela una pala de turbina para una turbina eólica que incluye un borde de ataque, un borde de salida y un rebaje ubicado dentro del borde de ataque. La pala incluye adicionalmente una capa protectora que tiene un lado interno y un lado externo, el lado interno se dimensiona y se orienta para que se ubique dentro del rebaje para facilitar que soporte las fuerzas de impacto aplicadas por un objeto.

Sin embargo, de acuerdo con los métodos de la técnica anterior, ha sido difícil obtener buenos resultados.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una cubierta protectora preformada mejorada para una pala de turbina eólica.

En vista de este objetivo, la cubierta protectora preformada se hace de un material de poliuretano preparado a partir de un polioli, butanodiol y un isocianato, la cubierta protectora preformada se adapta para que se fije a lo largo de al menos una parte de un borde longitudinal de la pala de turbina eólica mediante la adhesión de un interior de la cubierta protectora preformada a una superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica, la cubierta protectora preformada se alarga en una dirección longitudinal y tiene una sección transversal al menos sustancialmente en forma de U, la cubierta protectora preformada incluye una sección de cubierta central que se extiende en la dirección longitudinal y dos secciones de cubierta periféricas que se extienden en la dirección longitudinal a cada lado de la sección de cubierta central, respectivamente, la sección de cubierta central tiene un espesor mínimo de al menos 1 milímetro y cada sección de cubierta periférica tiene un espesor que disminuye desde un espesor máximo de al menos 1 milímetro hasta un espesor mínimo de menos de 1/2 milímetro.

Se describen a continuación realizaciones ventajosas de la cubierta protectora preformada.

En una realización, el espesor máximo de cada sección de cubierta periférica corresponde al espesor mínimo de la sección de cubierta central.

En una realización, el espesor mínimo de la sección de cubierta central es de al menos 2 milímetros, preferentemente de al menos 3 milímetros, más preferentemente de al menos 4 milímetros y mucho más preferentemente de aproximadamente 5 milímetros.

En una realización, el espesor de la sección de cubierta central es al menos sustancialmente constante de lado a lado de la sección de cubierta central.

En una realización, el espesor mínimo de cada sección de cubierta periférica es inferior a 1/3 milímetro, preferentemente inferior a 1/5 milímetros, más preferentemente inferior a 1/7 milímetros y mucho más preferentemente de aproximadamente 1/10 milímetros.

En una realización, cada sección de cubierta periférica tiene un espesor que disminuye al menos sustancialmente de forma constante de su espesor máximo a su espesor mínimo.

En una realización, el ancho de cada sección de cubierta periférica es de al menos el 3 por ciento, preferentemente de al menos el 7 por ciento, más preferentemente de al menos el 12 por ciento y mucho más preferentemente de al menos el 15 por ciento del ancho total de la cubierta protectora preformada.

En una realización, el ancho total de la cubierta protectora preformada es de al menos 30 milímetros,

preferentemente de al menos 50 milímetros, más preferentemente de al menos 100 milímetros y mucho más preferentemente de aproximadamente 150 a 250 milímetros.

En una realización, el ancho total de la cubierta protectora preformada aumenta en la dirección longitudinal.

5 En una realización, el interior de la cubierta protectora preformada está provista de una serie de salientes que tienen una altura de entre 1/2 y 2 milímetros, preferentemente de aproximadamente 1 milímetro.

10 En una realización, la cubierta protectora preformada tiene un eje de simetría que se extiende en la dirección longitudinal y en la que el interior de la cubierta protectora preformada a cada lado del eje de simetría está provisto de una serie de salientes alargados separados que se extienden con un ángulo oblicuo con respecto a la dirección longitudinal.

15 La invención se refiere adicionalmente a una pala de turbina eólica que incluye una cubierta protectora preformada como se ha descrito anteriormente, en la que la cubierta protectora preformada se fija a lo largo de al menos una parte de un borde longitudinal de la pala de turbina eólica mediante adhesión a una superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica.

20 En una realización, la pala de turbina eólica incluye una primera carcasa de pala y una segunda carcasa de pala unidas entre sí para formar una pala de turbina eólica a lo largo de una primera junta longitudinal en un borde de ataque de la pala de turbina eólica y a lo largo de una segunda junta longitudinal en un borde de salida de la pala de turbina eólica, y en la que la cubierta protectora preformada se fija al menos aproximadamente simétrica alrededor de la primera o segunda junta longitudinal y, preferentemente, alrededor de la primera junta longitudinal.

25 La invención se refiere adicionalmente a un método para proporcionar una pala de turbina eólica con una cubierta protectora preformada como se ha descrito anteriormente. La cubierta protectora preformada se fija a lo largo de al menos una parte de un borde longitudinal de la pala de turbina eólica mediante la adhesión del interior de la cubierta protectora preformada a una superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica, por lo que la adhesión se realiza mediante las siguientes etapas:

- 30
- aplicar un adhesivo, tal como un adhesivo de poliuretano de dos componentes, en el interior de la cubierta protectora preformada,
  - presionar el interior de la cubierta protectora preformada contra la superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica, y
  - 35 • retirar el exceso de adhesivo que se escapa entre cada sección de cubierta periférica y la superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica.

Se describen a continuación realizaciones ventajosas del método.

40 En una realización, el adhesivo se aplica en forma de un hilo de adhesivo en el interior de la cubierta protectora preformada al menos sustancialmente a lo largo de un eje de simetría longitudinal de la cubierta protectora preformada.

En una realización, la cubierta protectora preformada se produce mediante las siguientes etapas:

- 45
- proporcionar una pieza de forma macho que tenga una geometría que se asemeje o que coincida al menos sustancialmente con la geometría externa de la al menos parte del borde longitudinal de la pala de turbina eólica,
  - proporcionar una pieza de forma hembra que tenga una geometría que coincida con la pieza de forma macho, pero que sea un poco más grande,
  - 50 • cerrar la pieza de forma macho contra la pieza de forma hembra formando de este modo una cavidad de la forma,
  - verter el adhesivo en la cavidad de la forma y
  - abrir la cavidad de la forma separando la pieza de forma macho de la pieza de forma hembra y expulsar la cubierta protectora preformada moldeada.

55 En una realización, la pala de turbina eólica está provista de la cubierta protectora preformada como una operación de reparación, por lo que se trabaja a máquina un área de dicha superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica correspondiente a la cubierta protectora preformada, tal como mediante amolado o fresado, antes de la fijación de la cubierta protectora preformada.

60 En una realización, la pala de turbina eólica está provista de una cubierta protectora preformada cuando la pala de turbina eólica todavía está montada en una turbina eólica.

65 En una realización, la cubierta protectora preformada como se ha descrito anteriormente se hace de un material polimérico en forma de un material de poliuretano como se ha definido o como se ha preparado en cualquiera de las

realizaciones anteriores.

En una realización, una pala de turbina eólica incluye dicha cubierta protectora preformada hecha de un material polimérico en forma de un material de poliuretano como se ha definido o como se ha preparado en una cualquiera de las realizaciones anteriores.

5 En una realización de un método para proporcionar una pala de turbina eólica con una cubierta protectora preformada, dicha cubierta protectora preformada se hace de un material polimérico en forma de un material de poliuretano como se ha definido o como se ha preparado en una cualquiera de las realizaciones anteriores.

10 Una segunda invención se refiere adicionalmente a un método para fabricar un componente de pala de turbina eólica que incorpora una potenciación de la protección contra rayos integrada, protección del borde de ataque, potenciación aerodinámica y sistema de deshielo, el método comprende:

15 aplicar el sobre moldeo de un material de poliuretano novedoso de una pieza a la región de la punta de la pala, cubriendo dicho material completamente la superficie exterior del borde de ataque de la pala, cubriendo dicho material la superficie de contacto entre el laminado de la carcasa de pala y el receptor de rayos de punta de metal sólida; la integración de una nueva protección dieléctrica y aerodinámica de poliuretano en la superficie de contacto entre el laminado de la carcasa de pala y el receptor de rayos de punta de metal sólida; protecciones aerodinámicas adicionales integradas en posiciones optimizadas en el sentido de la cuerda en la pala; integración de una nueva capa de calentamiento compuesta en el borde de ataque de la pala; e integración de un componente receptor de rayos para la protección de dicha capa de deshielo.

En una realización de la segunda invención, el nuevo material de poliuretano es un material de poliuretano como se ha definido en o como se ha preparado en una cualquiera de las realizaciones anteriores.

## 25 **Campo técnico de la segunda invención**

La presente invención se refiere a un sistema integrado como parte de una estructura de pala de turbina eólica y a procesos de fabricación asociados para mejorar la resistencia de las palas de turbina eólica a todos o un subconjunto de rayos, la erosión ambiental del borde de ataque, la potenciación aerodinámica y la formación de hielo en la pala. La invención también se extiende a la composición específica y a las propiedades de los materiales asociados utilizados en dicho sistema además del proceso de aplicación y fabricación.

### **Antecedentes de la segunda invención**

35 Las turbinas eólicas funcionan en condiciones ambientales extremas en las que las palas de turbina eólica son particularmente vulnerables a la erosión del borde de ataque, a los rayos y a la formación de hielo.

40 Un evento de rayo tiene el potencial de provocar daño físico a la estructura de la pala de la turbina. La erosión del borde de ataque tiene la posibilidad de provocar daños físicos al borde de ataque de la pala. La formación de hielo en la pala hace que la turbina eólica se inactive durante períodos prolongados.

45 En consecuencia, en los últimos años los fabricantes de turbinas eólicas han hecho un gran esfuerzo para mejorar la robustez de las palas de las turbinas eólicas de manera que puedan funcionar eficazmente en el medio ambiente con el fin de evitar daños a la pala y el coste asociado al tiempo de inactividad de la turbina durante la reparación/reemplazo de la pala.

50 En general, se conocen sistemas de protección contra rayos para palas de turbina eólica, también métodos para mejorar la robustez del borde de ataque a la erosión y existen diversos sistemas para descongelar la pala. Sin embargo, los requisitos de protección para los sistemas de protección individuales actuales con frecuencia son mutuamente excluyentes y en este momento no hay ningún sistema de protección conocido que pueda proteger una pala de turbina eólica contra los efectos de los rayos, la erosión del borde de ataque y la formación de hielo simultáneamente.

Es en este contexto que se ha ideado el segundo invento.

## 55 **Sumario de la segunda invención**

60 En un primer aspecto, la segunda invención comprende: aplicar el sobre moldeo de un nuevo material de poliuretano de una pieza a la región de la punta de la pala; cubriendo dicho material completamente la superficie exterior del borde de ataque de la pala; cubriendo dicho material la superficie de contacto entre el laminado de la carcasa de pala y el receptor de rayos de punta de metal sólida; la integración de una nueva protección dieléctrica y aerodinámica de poliuretano en la superficie de contacto entre el laminado de la carcasa de pala y el receptor de rayos de punta de metal sólida; protecciones aerodinámicas adicionales integradas en posiciones optimizadas en el sentido de la cuerda en la pala; integración de una nueva capa de calentamiento compuesta al borde de ataque de la pala; integración de un componente receptor de rayos para la protección de dicha capa de deshielo.

Los componentes de la protección aerodinámica y dieléctrica pueden premoldearse usando el nuevo material de poliuretano con propiedades mecánicas, ambientales y eléctricas optimizadas en la geometría precisa dictada por la geometría externa de la pala de la turbina.

- 5 La capa de calentamiento de deshielo y la capa de protección contra rayos asociada pueden aplicarse a un sustrato de poliuretano preformado.

- Después, los componentes preformados del sistema se cargan en el nuevo herramental automatizado asociado desarrollado como parte de la presente invención. El herramental se diseña para fabricar el sistema de protección sobre la pala de turbina en un proceso de una etapa o dos etapas, dependiendo de si se emplean todos o un subconjunto de los elementos del sistema.
- 10

- Después, el herramental automatizado se ubica y sujeta alrededor del extremo de la punta de la pala de turbina eólica en cuestión. Esta operación se realizará como parte de la operación de acabado en una fábrica de palas o en una pala existente que se haya retirado de la turbina eólica para su mantenimiento.
- 15

- Después, el herramental automatizado después fabrica el sistema de protección completo sobre la pala de turbina eólica y permanece en su lugar hasta que el proceso se completa y el sistema de protección se cura completamente y se une a la carcasa de pala. No se requieren operaciones de acabado adicionales a menos que el usuario final requiera que el sistema se pinte como parte del proceso normal de pintura de la pala.
- 20

- Cuando el sistema de protección requiere la inclusión del subsistema de deshielo, el subsistema de control y energía asociado debe instalarse en la pala de turbina eólica antes de la operación de acabado de la pala mencionada anteriormente.
- 25

- La protección dieléctrica/aerodinámica en la superficie de contacto entre el laminado de la carcasa de pala y el receptor de rayos de punta de metal sólida tiene tres funciones nuevas; en primer lugar, el material forma una capa de protección ambiental que cubre la superficie de contacto del borde de ataque entre el receptor de rayos de punta de metal sólida y el laminado de la pala con el fin de proteger dicha superficie de contacto de la erosión debida a la lluvia y otras partículas experimentadas durante el funcionamiento normal. En segundo lugar, la protección dieléctrica, que se coloca sobre la superficie de contacto y se extiende en el sentido de la cuerda adyacente al receptor de punta de metal sólida, con una extensión vertical en un ángulo definido con respecto a la superficie de la pala, evita que la raíz del arco del rayo se una a una posición sobre dicho receptor de punta de metal sólida que normalmente provocaría daño por calor localizado al laminado de la carcasa de pala, mejorando de este modo la robustez del sistema de protección. En tercer lugar, la extensión vertical de la protección con una geometría novedosa reduce el arrastre de la pala mediante la recuperación parcial de la energía de vórtice de la punta, mejorando de este modo la eficiencia.
- 30
- 35

- El nuevo material de poliuretano ubicado completamente alrededor del borde de ataque de la pala de turbina eólica y que comprende la superficie exterior absoluta de dicha pala protege la pala de la erosión del borde de ataque.
- 40

- La capa de calentamiento de deshielo está situada directamente debajo de la capa de protección del borde de ataque en el borde de ataque de la pala y se extiende hacia los lados de barlovento y sotavento de dicha pala. La capa de calentamiento comprende un nuevo material compuesto de carbono de capa fina y material de poliuretano, que puede calentarse mediante calentamiento óhmico directo o radiación de radiofrecuencia indirecta, dependiendo de la tecnología específica que se implementará. Si se emplea el método de calentamiento óhmico, el sistema de transferencia de energía y la banda de protección contra rayos asociada entonces se integran en el sustrato de poliuretano y se ubican de manera que la protección contra rayos evite daños al sistema de calentamiento durante un evento de rayo. Dicha capa de calentamiento aumenta la temperatura durante el funcionamiento y proporciona un rápido aumento uniforme de la temperatura de la superficie en el borde de ataque de la pala, ya sea impidiendo la formación de hielo o derritiendo y retirando el hielo ya formado, dependiendo de la estrategia del sistema de control empleado.
- 45
- 50

- El sistema se fabrica en la pala usando un proceso de moldeo automatizado para garantizar una adherencia robusta a la estructura de la pala sin necesidad de adhesivo adicional y proceso manual.
- 55

Se apreciará que las características preferidas y/u opcionales del primer aspecto de la segunda invención pueden combinarse con los otros aspectos de la invención y viceversa.

- La invención se explicará ahora con más detalle a continuación por medio de ejemplos de realizaciones con referencia al dibujo muy esquemático, en el que
- 60

la Fig. 1 ilustra una sección transversal a través de una pala de turbina eólica y una cubierta protectora preformada antes de la fijación a la pala de turbina eólica,

65

la Fig. 2 ilustra a gran escala una sección transversal a través de la cubierta protectora preformada de la Fig. 1 y

la Fig. 3 ilustra la cubierta protectora preformada de la Fig. 1 vista desde su interior.

La Fig. 1 muestra una cubierta protectora preformada 1 para una pala de turbina eólica 2, en la que la cubierta protectora preformada 1 se hace de un material polimérico, tal como un poliuretano a base de poliéter. La cubierta protectora preformada 1 se adapta para que se fije a lo largo de al menos una parte de un borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2 mediante la adhesión de un interior 4 de la cubierta protectora preformada 1 a una superficie 5 del borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2. La cubierta protectora preformada 1 se alarga en una dirección longitudinal D y tiene una sección transversal al menos sustancialmente en forma de U. La cubierta protectora preformada 1 incluye una sección de cubierta central 6 que se extiende en la dirección longitudinal D y dos secciones de cubierta periféricas 7 que se extienden en la dirección longitudinal a cada lado de la sección de cubierta central 6, respectivamente. La sección de cubierta central 6 tiene un espesor mínimo de al menos 1 milímetro y cada sección de cubierta periférica 7 tiene un espesor que disminuye de un espesor máximo de al menos 1 milímetro a un espesor mínimo de menos de 1/2 milímetro.

La forma particular de las secciones de cubierta periféricas 7 proporciona una buena transición de la sección de cubierta central de la cubierta protectora preformada 1 a la superficie de la pala de turbina eólica 2. Una buena transición sin bordes es de gran importancia para evitar que el viento destruya los materiales. Puede aplicarse un material de sellado (sellador) en una posible ranura entre un borde de las secciones de cubierta periféricas 7 y la superficie de la pala de turbina eólica 2 con el fin de mejorar adicionalmente la transición.

El espesor máximo de cada sección de cubierta periférica 7 puede corresponder al espesor mínimo de la sección de cubierta central. El espesor mínimo de la sección de cubierta central puede ser de al menos 2 milímetros, preferentemente de al menos 3 milímetros, más preferentemente de al menos 4 milímetros y mucho más preferentemente de aproximadamente 5 milímetros.

El espesor de la sección de cubierta central 6 puede ser al menos sustancialmente constante de lado a lado de la sección de cubierta central.

El espesor mínimo de cada sección de cubierta periférica 7 puede ser inferior a 1/3 milímetro, preferentemente inferior a 1/5 milímetros, más preferentemente inferior a 1/7 milímetros y mucho más preferentemente de aproximadamente 1/10 milímetros.

Cada sección de cubierta periférica 7 puede tener un espesor que disminuye al menos sustancialmente de forma constante de su espesor máximo a su espesor mínimo.

El ancho de cada sección de cubierta periférica 7 puede ser de al menos el 3 por ciento, preferentemente de al menos el 7 por ciento, más preferentemente de al menos el 12 por ciento y más preferentemente de al menos el 15 por ciento del ancho total de la cubierta protectora preformada.

El ancho total de la cubierta protectora preformada 1 puede ser de al menos 30 milímetros, preferentemente de al menos 50 milímetros, más preferentemente de al menos 100 milímetros y mucho más preferentemente de aproximadamente 150 a 250 milímetros.

El ancho total de la cubierta protectora preformada 1 puede aumentar en la dirección longitudinal, como se ilustra en la Fig. 3.

El interior de la cubierta protectora preformada 1 puede estar provisto de una serie de salientes que no se muestran que tienen una altura de entre 1/2 y 2 milímetros, preferentemente de aproximadamente 1 milímetro. Estos salientes que no se muestran pueden tener la función de garantizar un espesor apropiado de la capa de adhesivo entre la cubierta protectora preformada 1 y la superficie de la pala de turbina eólica 2.

La cubierta protectora preformada puede tener un eje de simetría 8 que se extiende en la dirección longitudinal D. El interior de la cubierta protectora preformada 1, a cada lado del eje de simetría, puede estar provista de una serie de salientes alargados espaciadas que no se muestran que se extienden con un ángulo oblicuo con respecto a la dirección longitudinal. Dichos salientes que no se muestran pueden tener, además de la función mencionada anteriormente, la función de guiar el adhesivo adecuadamente del área alrededor del eje de simetría 8 al área de las secciones de cubierta periféricas 7.

Como se observa en la Fig. 1, la cubierta protectora preformada 1 se adapta para que se fije a lo largo de al menos una parte del borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2 mediante adhesión a la superficie 5 del borde longitudinal de la pala de turbina eólica.

La pala de turbina eólica 2 puede incluir una primera carcasa de pala 9 y una segunda carcasa de pala 10 unidas entre sí para formar 2 palas de la turbina eólica a lo largo de una primera junta longitudinal 11 en un borde de ataque 13 de la pala de turbina eólica y a lo largo de una segunda junta longitudinal 12 en un borde de salida 14 de la pala

de turbina eólica. La cubierta protectora preformada 1 puede unirse al menos aproximadamente simétrica alrededor de la primera o la segunda junta longitudinal 11, 12 y preferentemente alrededor de la primera junta longitudinal 11.

De acuerdo con un método para proporcionar una pala de turbina eólica con una cubierta protectora preformada de acuerdo con la invención, la cubierta protectora preformada 1 se une a lo largo de al menos una parte de un borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2 mediante la adhesión del interior 4 de la cubierta protectora preformada a una superficie 5 del borde longitudinal de la pala de turbina eólica. La adhesión se realiza mediante las siguientes etapas:

- 10 • aplicar un adhesivo, tal como un adhesivo de poliuretano de dos componentes, en el interior 4 de la cubierta protectora preformada 1,
- presionar el interior 4 de la cubierta protectora preformada 1 contra la superficie 5 del borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2, y
- 15 • retirar el exceso de adhesivo que se escapa entre cada sección de cubierta periférica 7 y la superficie 5 del borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2.

El interior 4 de la cubierta protectora preformada 1 puede presionarse contra la superficie 5 del borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2 mediante una herramienta especial. Por ejemplo, una herramienta puede tener una forma que se corresponda con el exterior de la cubierta protectora preformada 1 y puede deslizarse a lo largo del exterior de la cubierta protectora preformada para que la cubierta protectora preformada se ajuste lo mejor posible en la pala de turbina eólica.

El adhesivo puede aplicarse en forma de un hilo de adhesivo en el interior 5 de la cubierta protectora preformada 1 al menos sustancialmente a lo largo del eje de simetría longitudinal 8 de la cubierta protectora preformada 1. Mediante la ubicación posterior de la cubierta protectora 1 sobre la pala de turbina eólica 2 y la presión sobre la cubierta protectora 1 sustancialmente a lo largo del eje longitudinal de simetría 8, el adhesivo puede presionarse en la dirección de las secciones de cubierta periféricas 7 y, por tanto, distribuirse adecuadamente.

La cubierta protectora preformada 1 puede producirse mediante las siguientes etapas:

- 30 • proporcionar una pieza de forma macho que no se muestra que tenga una geometría que se asemeje o que coincida al menos sustancialmente con la geometría externa de al menos parte del borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2,
- proporcionar una pieza de forma hembra que no se muestra que tenga una geometría que coincida con la pieza de forma macho, pero que sea ligeramente más grande,
- 35 • cerrar la pieza de forma macho contra la pieza de forma hembra formando de este modo una cavidad de la forma,
- verter el adhesivo en la cavidad de la forma y
- 40 • abrir la cavidad de la forma separando la pieza de forma macho de la pieza de forma hembra y expulsar la cubierta protectora preformada moldeada 1.

La pala de turbina eólica 2 puede estar provista de la cubierta protectora preformada 1 como operación de reparación, por lo que un área de dicha superficie 5 del borde longitudinal 3 de la pala de turbina eólica 2 correspondiente a la cubierta protectora preformada 1 se trabaja a máquina, por ejemplo, mediante amolado o fresado, antes de la fijación de la cubierta protectora preformada 1.

La pala de turbina eólica 2 puede estar provista de la cubierta protectora preformada 1 cuando la pala de turbina eólica 2 todavía está montada en una turbina eólica.

De este modo, de acuerdo con la invención, una pala de turbina eólica 2 dañada puede repararse de una manera ventajosa.

El material de poliuretano se prepara a partir de un polioli, butanodiol y un isocianato. El isocianato puede ser un 4,4'-diisocianato de difenilmetano opcionalmente modificado. El butanodiol puede ser 1,4-butanodiol. El material de poliuretano puede comprender un estabilizador frente al UV y/o un pigmento o pigmentos de color.

La cubierta protectora para una pala de turbina eólica puede prepararse

- 60 a) mezclar un polioli y butanodiol,
- b) templar y desgasificar la mezcla de acuerdo con a),
- c) templar y desgasificar un isocianato,
- d) bombear la mezcla desgasificada de acuerdo con b) y el isocianato desgasificado de acuerdo con c) a través de un cabezal de mezcla en un molde,
- e) curar en el molde y
- 65 f) desmoldar el artículo curado.

El temple de acuerdo con b) y/o c) puede realizarse a una temperatura de 30 °C a 50 °C. El temple de acuerdo con b) y/o c) puede realizarse a una temperatura de aproximadamente 40 °C. El molde en la etapa d) puede precalentarse. El molde en la etapa d) puede precalentarse a una temperatura de 90 °C a 120 °C. El molde en la etapa d) puede precalentarse a una temperatura de aproximadamente 100 °C. El curado en la etapa e) puede realizarse a una temperatura de 90 °C a 120 °C. El curado en la etapa e) puede realizarse a una temperatura de aproximadamente 100 °C. El curado en la etapa e) puede realizarse durante aproximadamente 15 minutos. El proceso puede comprender una etapa adicional: g) post-curado. El post-curado en la etapa g) puede tener lugar en aproximadamente 12 horas a una temperatura de aproximadamente 100 °C. El material de poliuretano o el proceso, el polioli, el butanodiol y el isocianato pueden usarse en una relación de peso de polioli:butanodiol:isocianato de 100:(de 3 a 5):(de 30 a 35). El polioli, el butanodiol y el isocianato pueden usarse en una relación de peso de polioli:butanodiol:isocianato de 100:4:32,3. El polioli comprende un estabilizador frente al UV y/o un pigmento o pigmentos de color. El polioli puede ser Bayflex® OS 380-A-59A. El isocianato puede ser DESMODUR® PF. El butanodiol puede ser 1,4-butanodiol.

#### Ejemplos comparativos:

Para aclarar durabilidad frente a la Erosión por Lluvia (RE, del inglés "*rain erosion*") del material de poliuretano de acuerdo con la presente invención, la durabilidad del material se ha comparado con otros productos.

El Anexo A ilustra el resultado del denominado ensayo de erosión por lluvia realizado en una pieza de muestra de una cubierta protectora para una pala de turbina eólica hecha del material de poliuretano de acuerdo con la presente invención. El ensayo se ha realizado de acuerdo con la norma ASTM G73-10.

El Anexo A-1 ilustra la pieza de muestra en una escala más grande, antes del inicio del ensayo.

El Anexo A-2 ilustra la pieza de muestra en nueve etapas diferentes del ensayo. "UV" indica el número de horas que la pieza de muestra se ha expuesto a la luz UV. "RE" indica el número de horas que la pieza de muestra se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada. El Anexo A-3 ilustra la pieza de muestra al final del ensayo. La pieza de muestra se ha expuesto a la luz UV durante 573 horas y se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 40 horas. Se observa que no hay erosión visible.

El Anexo B ilustra el resultado de un ensayo de erosión por lluvia realizado en una pieza de muestra de una cubierta protectora para una pala de turbina eólica (Pala n.º 1); no estando hecha dicha cubierta protectora de material de poliuretano de acuerdo con la presente invención. El ensayo se ha realizado de acuerdo con la norma ASTM G73-10.

El Anexo B-3 ilustra la pieza de muestra antes de comenzar el ensayo.

El Anexo B-4 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 0,5 horas. Se observa que no hay erosión visible.

El Anexo B-5 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 1 hora. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo B-6 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 5,0 horas. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo B-7 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 11,5 horas al final del ensayo. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo C ilustra el resultado de un ensayo de erosión por lluvia realizado en una pieza de muestra de una cubierta protectora para una pala de turbina eólica (Pala n.º 2); no estando hecha dicha cubierta protectora de material de poliuretano de acuerdo con la presente invención. El ensayo se ha realizado de acuerdo con la norma ASTM G73-10.

El Anexo C-2 ilustra la pieza de muestra antes de comenzar el ensayo.

El Anexo C-3 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 5,0 horas. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo C-4 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 10,0 horas. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo C-5 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 21,0 horas al final del ensayo. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo D ilustra el resultado de un ensayo de erosión por lluvia realizado en una pieza de muestra de una cubierta protectora para una pala de turbina eólica (Pala n.º 3); no estando hecha dicha cubierta protectora de material de poliuretano de acuerdo con la presente invención. El ensayo se ha realizado de acuerdo con la norma ASTM G73-10.

El Anexo D-2 ilustra la pieza de muestra antes del inicio del ensayo.

El Anexo D-3 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 0,5 horas. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo D-4 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 1,5 horas. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo D-5 ilustra la pieza de muestra cuando se ha expuesto a la erosión por lluvia simulada durante 3,5 horas al final del ensayo. Se observa que es visible una erosión grave.

El Anexo E-1 ilustra las velocidades respectivas durante los ensayos realizados.

El Anexo E-2 ilustra las temperaturas respectivas durante los ensayos realizados.

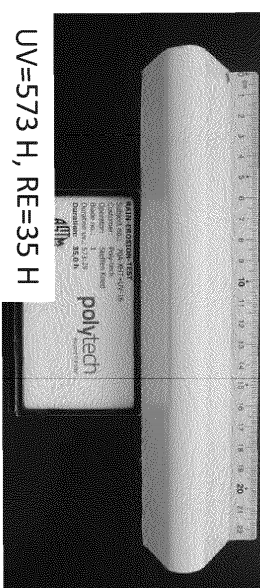
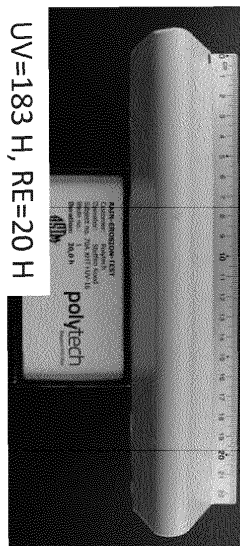
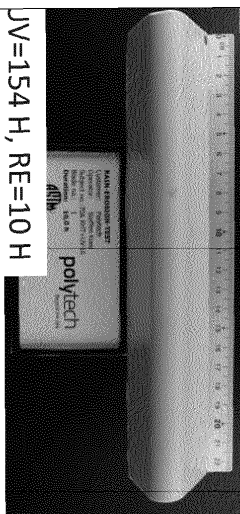
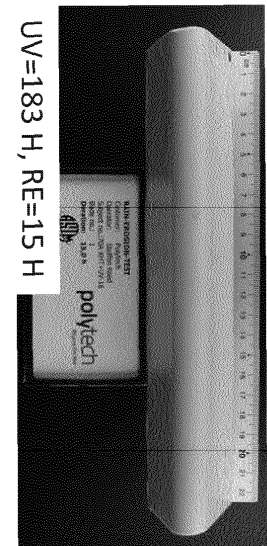
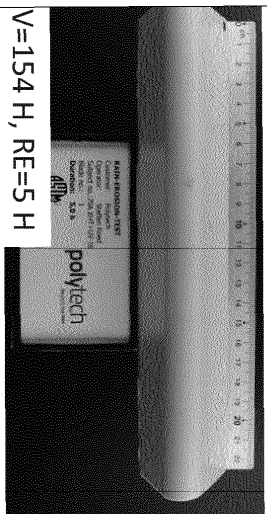
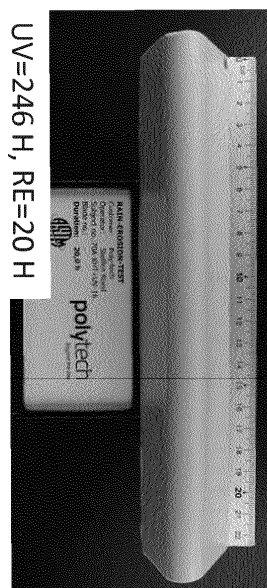
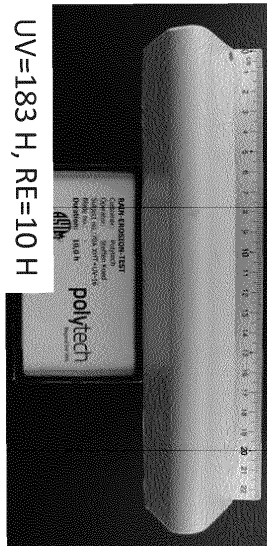
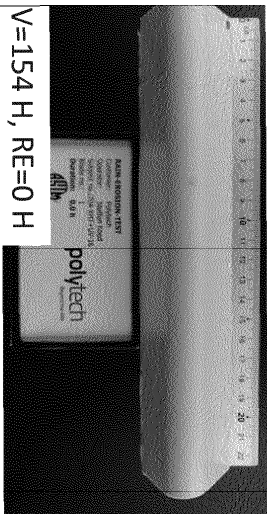
5

Por tanto, se observa que la durabilidad del material de poliuretano de acuerdo con la presente invención es significativamente superior a la de los otros materiales sometidos a ensayo.

## Anexo A-1



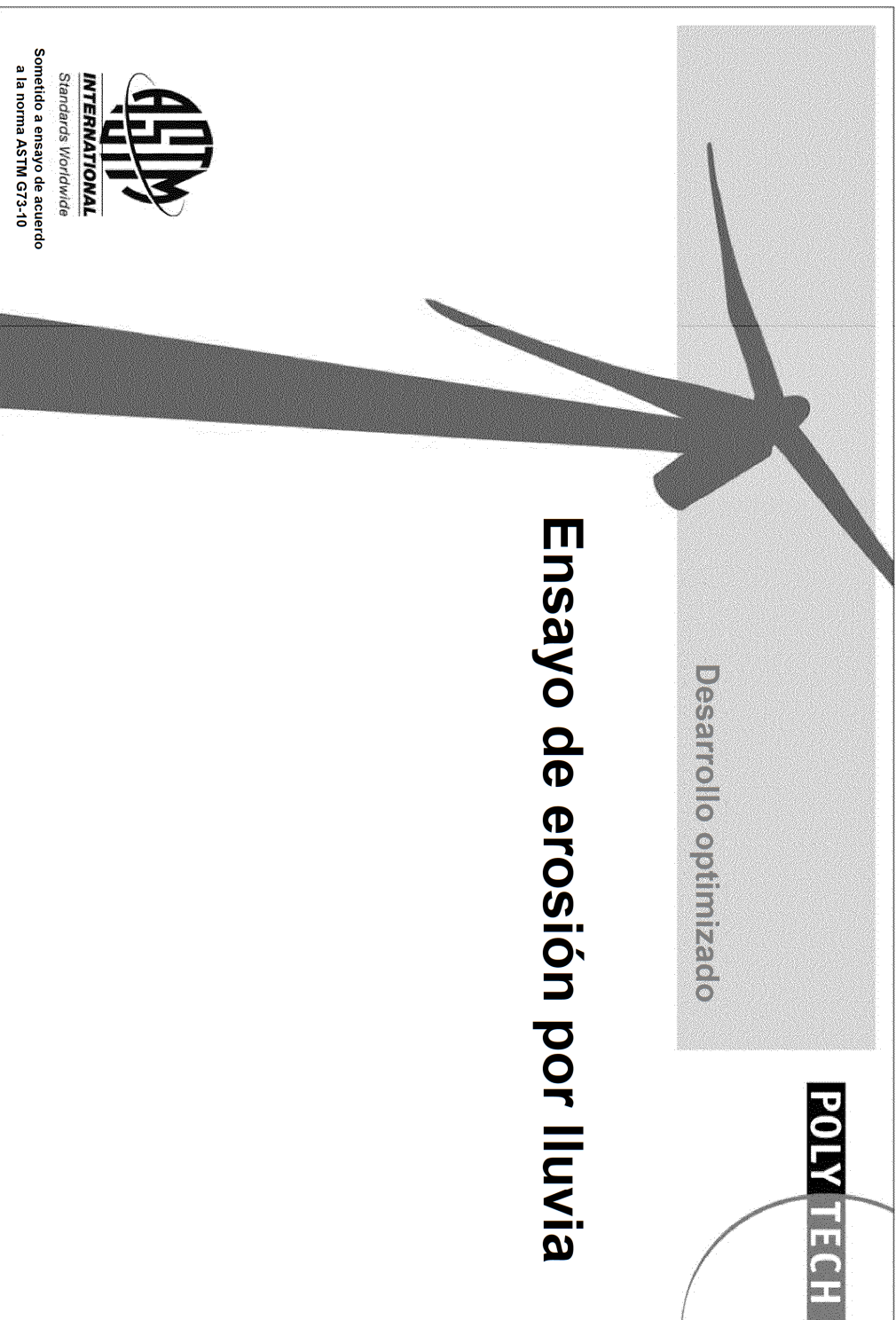
## Anexo A-2



## Anexo A-3



## Anexo B-1



Anexo B-2

INFORMACIÓN DE CONTACTO

Cliente:  
Contacto:  
Fecha:

**POLY TECH**

Desarrollo  
optimizado

INFORMACIÓN DEL SUJETO

N.º de ensayo de referencia:  
Sometido a ensayo por: **Steffen Koed**  
Muestra de ensayo: **A**  
Peso de partida: [g] **337,676**  
Peso final: [g] **329,200**  
Alineación: [g] **0**  
Posición del ensayo: **I**

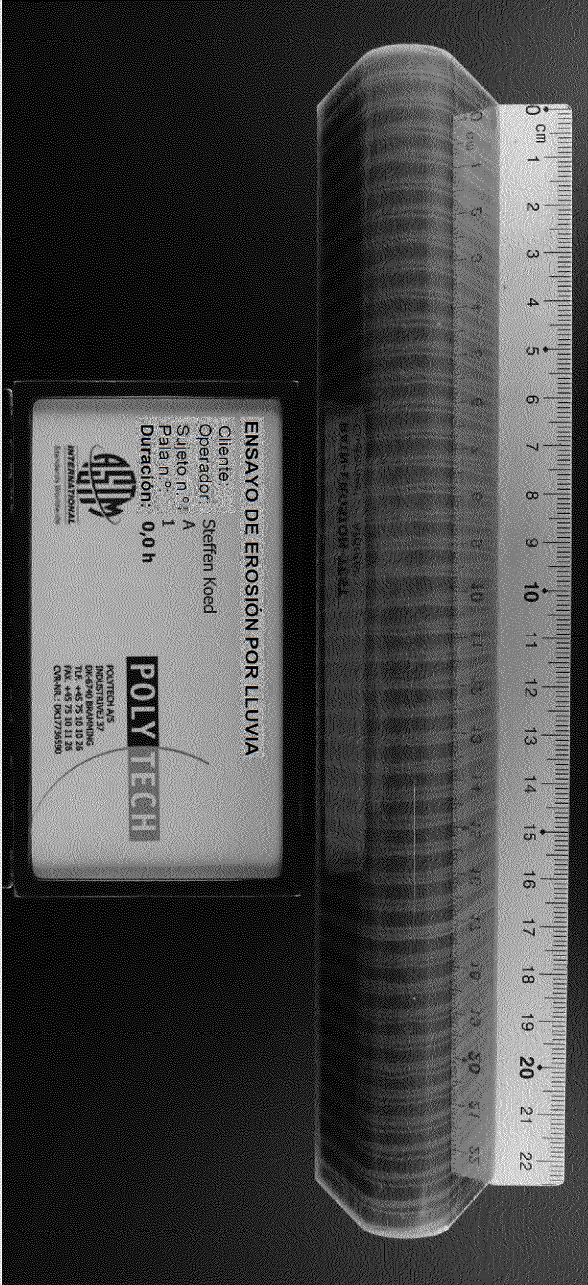
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

Duración: [h] **11,5**  
Vraiz: [m/s] **126**  
Vcentro: [m/s] **143**  
Vpunta: [m/s] **160**  
Lluvia: [mm/h] **30-35**  
Tamaño de gotitas: [mm] **1-2**  
Temperatura: [C] **20-25**

## Anexo B-3

Muestra de ensayo:	A
Duración: [h]	Antes del inicio del ensayo
Erosión:	Sin erosión



**ENSAYO DE EROSIÓN POR LLUVIA**

Cliente: Steffen Koed

Operador: Steffen Koed

Sujeto n.º: A

Palan n.º: 1

Duración: 0,0 h

**POLY TECH**

INDUSTRIAL  
DK-8740 BRANING  
TEL: +45 75 10 11 26  
FAX: +45 75 10 11 28  
CVR-NR: DK1775550

**POLY TECH**

Desarrollo optimizado:

Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo B-4

Muestra de ensayo:	<b>A</b>	<b>POLY TECH</b>
Duración: [h]	<b>0,5 h</b>	Desarrollo optimizado
Erosión:	Sin erosión	

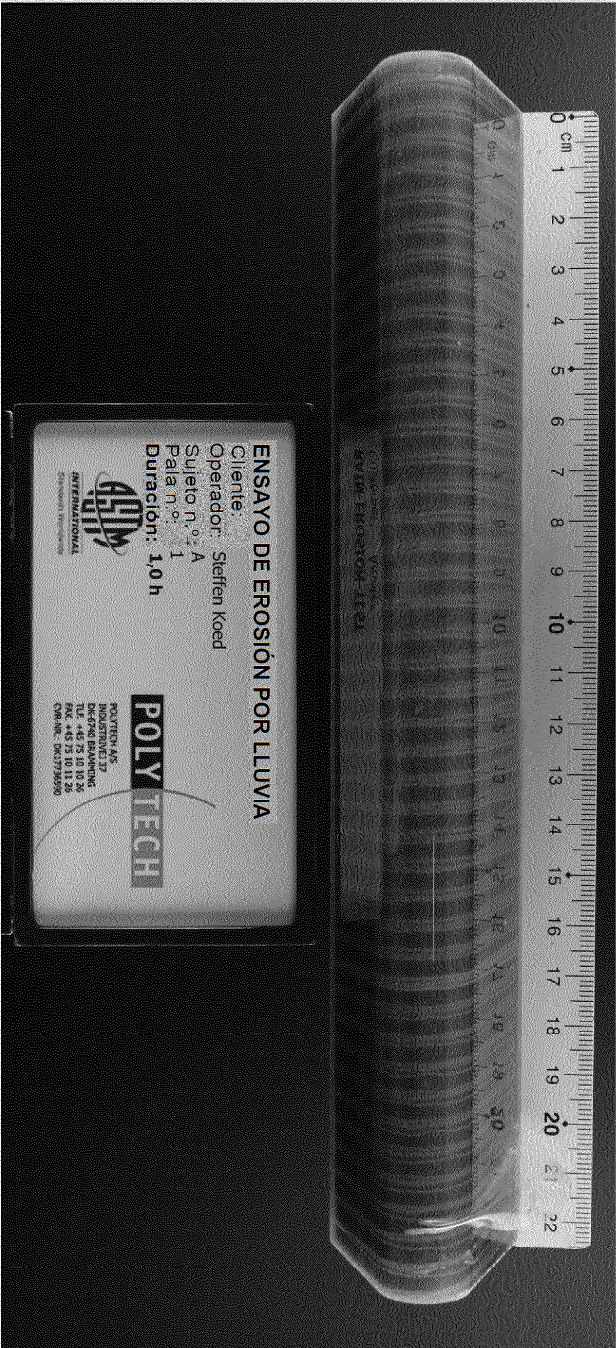


Tel.: +45 75 10 10 26 · Fax: +45 75 10 11 26 · www.poly-tech.dk · Correo electrónico: info@poly-tech.dk

## Anexo B-5

Muestra de ensayo:	<b>A</b>
Duración: [h]	<b>1,0 h</b>
Erosión:	<b>Erosión grave</b>



**POLY TECH**

Desarrollo optimizado

**ENSAYO DE EROSIÓN POR LLUVIA**

Cliente: **Steffen Koed**

Operador: **Steffen Koed**

Sujeto n.º: **A**

Pala n.º: **1**

Duración: **1,0 h**

**POLY TECH**


INSTRUMENTACIÓN  
DE EROSIÓN POR LLUVIA  
TEL: +45 75 10 10 26  
FAX: +45 75 10 11 26  
COR-TEL: DE 1735500

Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo B-6

Muestra:	<b>A</b>
Duración: [h]	<b>5,0 h</b>
Erosión:	<b>Erosión grave</b>



**ENSAYO DE EROSIÓN POR LLUVIA**

**Cliente:**  
**Operador:** Steffen Koed  
**Sujeto n.º:** A  
**Pala n.º:** 1  
**Duración:** 5,0 h

**POLY TECH**  
POLYTECH A/S  
 Rindøvej 12  
 DK-6740 Brøndby  
 Tlf. +45 75 50 30 20  
 Fax: +45 75 50 11 20  
 Cvr No. 24775264

**POLY TECH**

Desarrollo optimizado

Tel.: +45 75 10 10 26 · Fax: +45 75 10 11 26 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo B-7


Muestra de ensayo:	<b>A</b>
Duración: [h]	<b>11,5 h</b> Final del ensayo
Erosión:	Erosión grave

**POLY TECH**  
Desarrollo  
optimizado




Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · Correo electrónico: info@poly-tech.dk

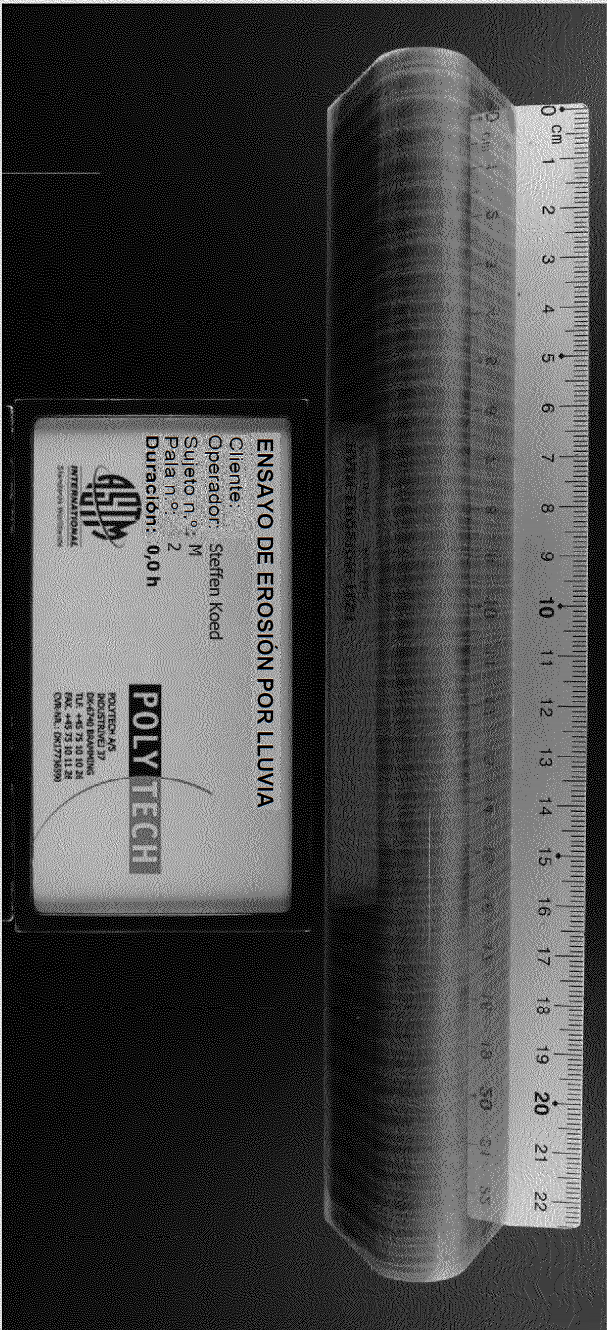
## Anexo C-1

INFORMACIÓN DE CONTACTO		 Desarrollo optimizado	
<b>INFORMACIÓN DE CONTACTO</b> Cliente: Contacto: Fecha:			
<b>INFORMACIÓN DEL SUJETO</b>		<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>	
N.º de ensayo de referencia:		Duración: [h]	<b>21</b>
Sometido a ensayo por:	<b>Steffen Koed</b>	Vraíz: [m/s]	<b>126</b>
Muestra de ensayo:	<b>M</b>	Vcentro: [m/s]	<b>143</b>
Peso de partida: [g]	<b>333,142</b>	Vpunta: [m/s]	<b>160</b>
Peso final: [g]	<b>330,074</b>	Lluvia: [mm/h]	<b>30-35</b>
Alineación: [g]	<b>5</b>	Tamaño de gotitas: [mm]	<b>1-2</b>
Posición del ensayo:	<b>2</b>	Temperatura: [C]	<b>20-25</b>

Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo C-2

Muestra de ensayo:	<b>M</b>	 <p><b>POLYTECH</b> Desarrollo optimizado</p>
Duración: [h]	Antes del inicio del ensayo	
Erosión:	Sin erosión	

**ENSAJO DE EROSIÓN POR LLUVIA**

Ciente: Operador: Steffen Koed  
Sujeto n.º: M  
Pala n.º: 2  
Duración: 0,0 h

**POLYTECH**  
POLYTECH A/S  
INDUSTRIVEJ 37  
DK-2600 VIBORG  
TEL: +45 75 10 11 26  
FAX: +45 75 10 11 28  
E-MAIL: info@polytech.dk

Tel.: +45 75 10 10 26 · Fax: +45 75 10 11 26 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo C-3

Muestra de ensayo:	<b>M</b>	<b>POLY TECH</b>
Duración: [h]	<b>5,0 h</b>	Desarrollo optimizado
Erosión:	Erosión grave	

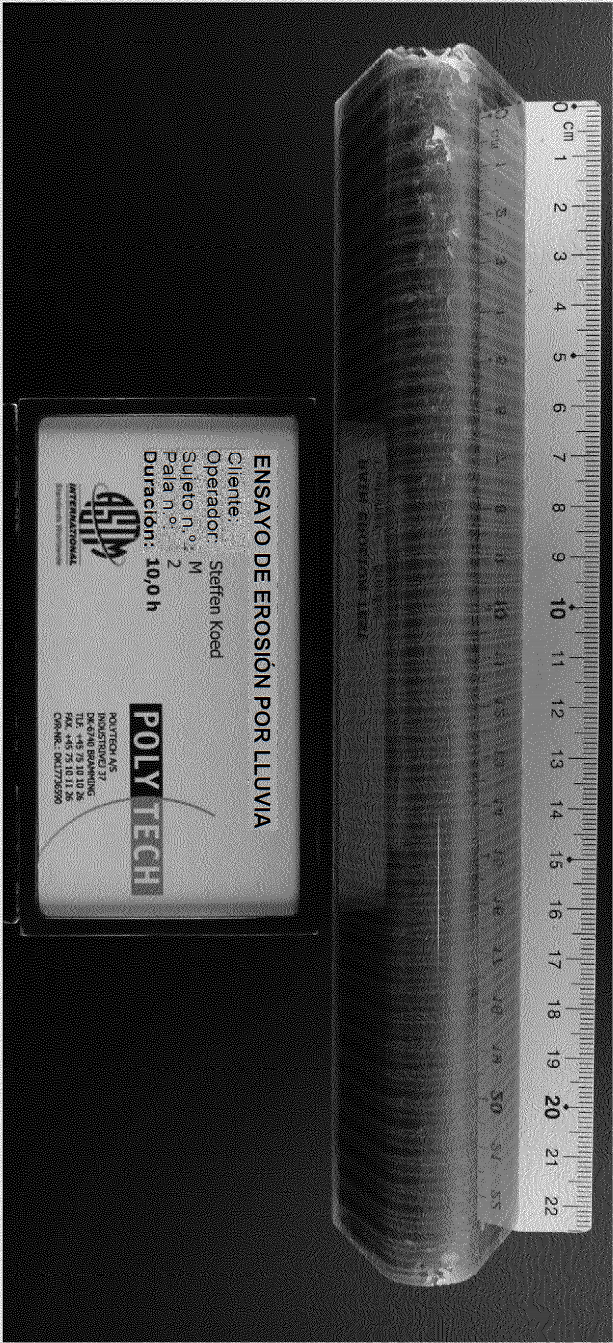


Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo C-4

Muestra de ensayo:	<b>M</b>
Duración: [h]	<b>10,0 h</b>
Erosión:	<b>Erosión grave</b>



**POLY TECH**

Desarrollo  
optimizado

**ENSAYO DE EROSIÓN POR LLUVIA**


Ciente:

Operador: Steffen Koed

Sujeto n.º: M

Pala n.º: 2

Duración: 10,0 h



**INTERNATIONAL**  
GHI

**POLY TECH**


POLYTECH A/S  
INDUSTRIVEJ 37  
DK-6450 BRANDING  
TEL: +45 70 10 11 26  
FAX: +45 70 10 11 26  
CVR-NR.: DK7736590

Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo C-5

Muestra de ensayo:	<b>M</b>
Duración: [h]	<b>21,0 h</b> Final del ensayo
Erosión:	Erosión grave



**ENSAYO DE EROSIÓN POR LLUVIA**

Cliente:

Operador: Steffen Koed

Sujeto n.º: M

Pala n.º: 2

Duración: 21,0 h

**POLYTECH**

POLYTECH A/S  
 Industrivej 37  
 DK-2600 Lyngby  
 Tlf. +45 75 10 11 26  
 Fax. +45 75 10 11 26  
 CPH-MK: DK177580

**POLYTECH**

Desarrollo  
optimizado

Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo D-1

### INFORMACIÓN DE CONTACTO

Cliente:  
Contacto:  
Fecha:

**POLY TECH**

Desarrollo  
optimizado

### SUBJECT INFORMATION

N.º de ensayo de referencia:  
Sometido a ensayo por: **Steffen Koed**  
Muestra de ensayo: **X**  
Peso de partida: [g] **333,111**  
Peso final: [g] **326,425**  
Alineación: [g] **5**  
Posición del ensayo: **3**

### TEST SPECIFICATIONS

Duración: [h] **3,5**  
Vraiz: [m/s] **126**  
Vcentro: [m/s] **143**  
Vpunta: [m/s] **160**  
Lluvia: [mm/h] **30-35**  
Tamaño de gotitas: [mm] **1-2**  
Temperatura: [C] **20-25**

Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo D-2

Muestra de ensayo:	<b>X</b>
Duración: [h]	Antes del inicio del ensayo
Erosión:	Sin erosión



**POLYTECH**  
Desarrollo optimizado



Tel.: +45 75 10 10 26 · Fax: +45 75 10 11 26 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo D-3

Muestra de ensayo:	<b>X</b>
Duración: [h]	<b>0,5 h</b>
Erosión:	Erosión grave



**ENSAYO DE EROSIÓN POR LLUVIA**

Cliente: **ALUM**  
 Operador: **Steffen Koed**  
 Sujeto n.º: **3 X**  
 Pala n.º: **3**  
 Duración: **0,5 h**

**POLYTECH**  
 POLYTECH A/S  
 INDUSTRIVEJ 37  
 4575 10 11 26  
 TEL. +45 75 10 10 26  
 FAX +45 75 10 11 26  
 COWI-MIL 106773559

**POLYTECH**

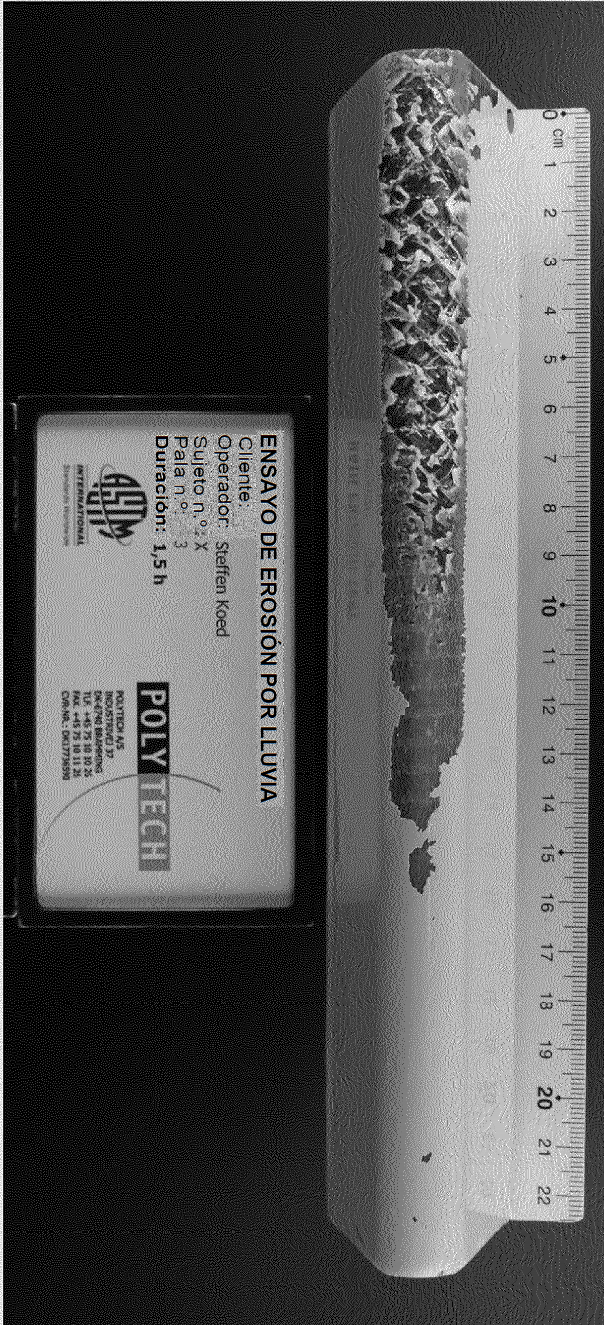
Desarrollo  
optimizado

Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo D-4

Muestra de ensayo:	<b>X</b>
Duración: [h]	<b>1,5 h</b>
Erosión:	<b>Erosión grave</b>



**ENSAYO DE EROSIÓN POR LLUVIA**

Cliente:

Operador: Steffen Koed

Sujeto n.º: 2 X

Pala n.º: 3

Duración: 1,5 h

**POLYTECH**

POLYTECH A/S  
INDUSTRIVEJ 77  
DK-2600 VESTERGAARD  
TEL: +45 75 10 25  
FAX: +45 75 10 11 26  
CORREO: INFO@POLYTECH.DK

**POLYTECH**


Desarrollo  
optimizado

Tel.: +45 75 10 1026 · Fax: +45 75 10 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo D-5

Muestra de ensayo:	<b>X</b>
Duración: [h]	<b>3,5 h</b> Final del ensayo
Erosión:	Erosión grave



**ENSAYO DE EROSIÓN POR LLUVIA**

Cliente:  
Operador: Steffen Koed  
Sujeto n.º: X  
Pala n.º: 3  
Duración: 3,5 h

**POLY TECH**

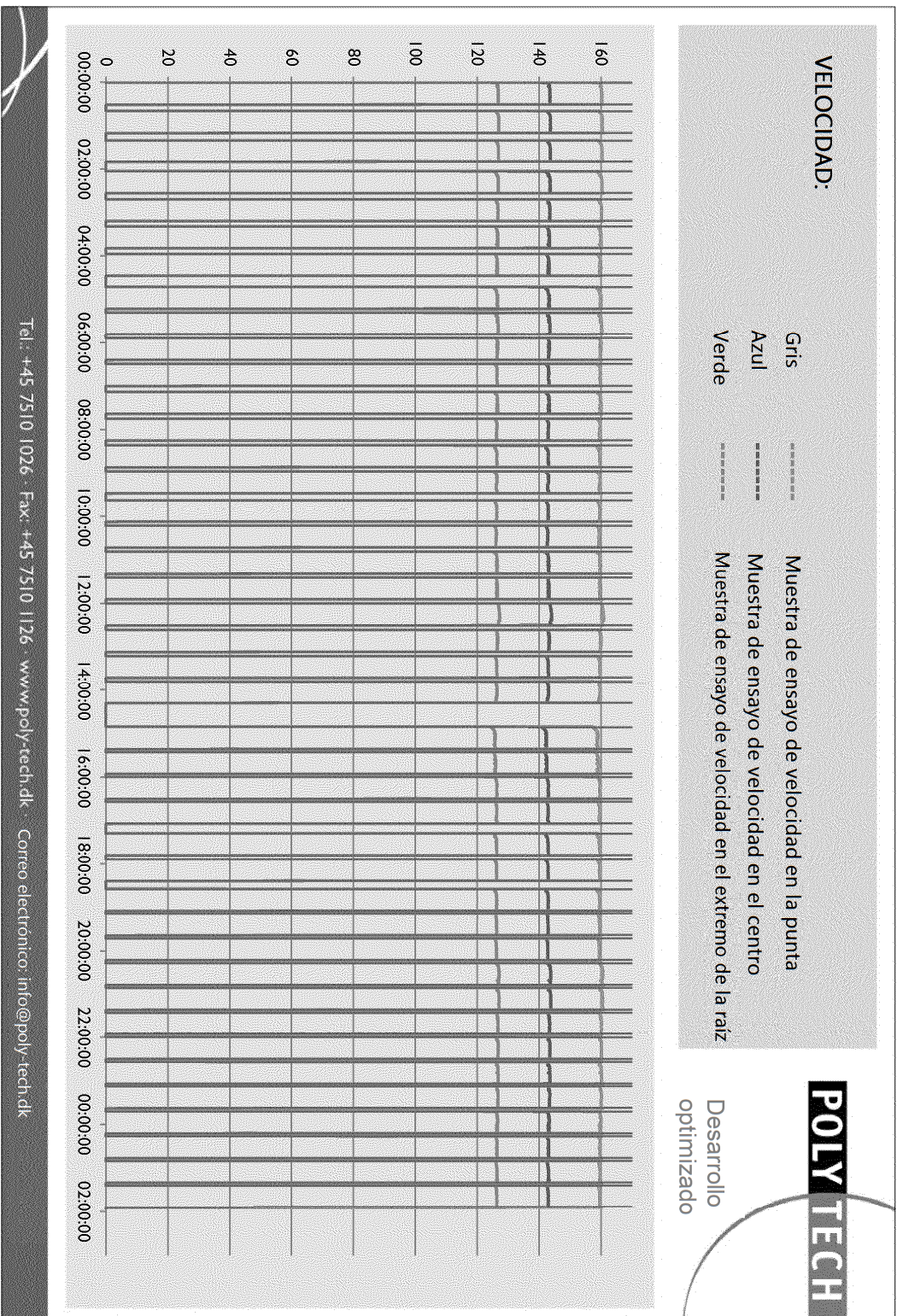
POLYTECH A/S  
KONGSLEJESVEJ 2  
DK-2700 BELLINGHUS  
TEL: +45 75 10 10 26  
FAX: +45 75 10 10 25  
E-MAIL: info@poly-tech.dk

**POLY TECH**

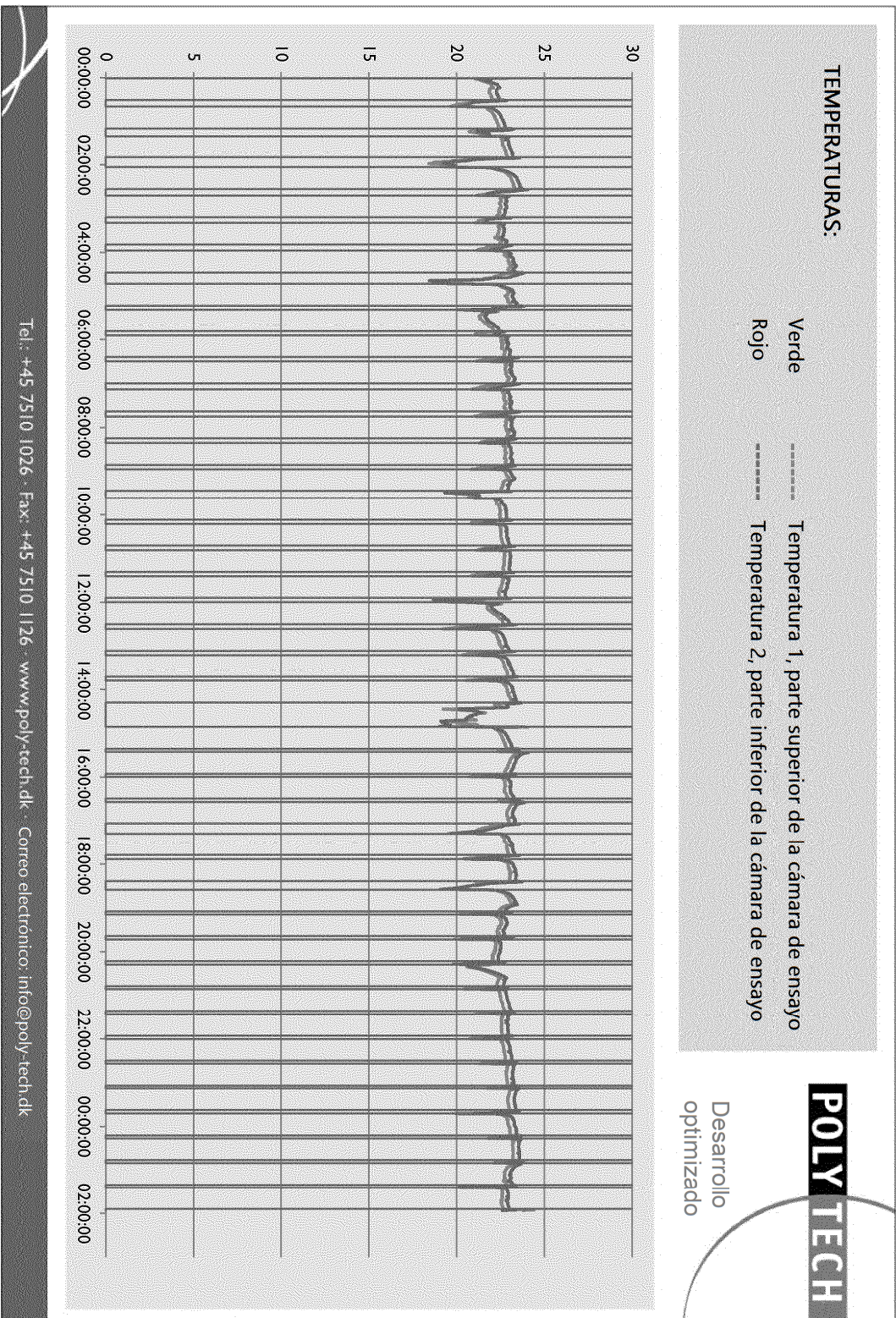
Desarrollo  
optimizado

Tel.: +45 7510 1026 · Fax: +45 7510 1126 · [www.poly-tech.dk](http://www.poly-tech.dk) · Correo electrónico: [info@poly-tech.dk](mailto:info@poly-tech.dk)

## Anexo E-1



## Anexo E-2



## REIVINDICACIONES

1. Una cubierta protectora preformada (1) para una pala de turbina eólica (2), en donde la cubierta protectora preformada está hecha de un material de poliuretano preparado a partir de un poliol, butanodiol y un isocianato, en donde la cubierta protectora preformada está adaptada para que se fije a lo largo al menos de una parte de un borde longitudinal (3) de la pala de turbina eólica mediante adhesión de un interior (4) de la cubierta protectora preformada a una superficie (5) del borde longitudinal de la pala de turbina eólica, en donde la cubierta protectora preformada se alarga en una dirección longitudinal (D) y tiene una sección transversal al menos sustancialmente en forma de U, en donde la cubierta protectora preformada incluye una sección de cubierta central (6) que se extiende en la dirección longitudinal y dos secciones de cubierta periféricas (7) que se extienden en la dirección longitudinal a cada lado de la sección de cubierta central (6), respectivamente, en donde la sección de cubierta central (6) tiene un espesor mínimo de al menos 1 milímetro, en donde cada sección de cubierta periférica (7) tiene un espesor que disminuye de un espesor máximo de al menos 1 milímetro a un espesor mínimo de menos de 1/2 milímetro.
  2. Una cubierta protectora preformada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el espesor mínimo de cada sección de cubierta periférica es inferior a 1/3 milímetro, preferentemente inferior a 1/5 milímetros, más preferentemente inferior a 1/7 milímetros y mucho más preferentemente de aproximadamente 1/10 milímetros.
  3. Una cubierta protectora preformada de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en la que el isocianato es un 4,4'-diisocianato de difenilmetano opcionalmente modificado.
  4. Una cubierta protectora preformada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el butanodiol es 1,4-butanodiol.
  5. Una cubierta protectora preformada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el poliuretano comprende un estabilizador frente al UV y/o un pigmento o pigmentos de color.
  6. Una cubierta protectora preformada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el poliol, el butanodiol y el isocianato se usan en una relación en peso de poliol:butanodiol:isocianato de 100:(de 3 a 5):(de 30 a 35).
  7. Una cubierta protectora preformada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el poliol, el butanodiol y el isocianato se usan en una relación en peso de poliol:butanodiol:isocianato de 100: 4: 32,3.
  8. Una cubierta protectora preformada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el poliol comprende un estabilizador frente al UV y/o un pigmento o pigmentos de color.
  9. Una cubierta protectora preformada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el butanodiol es 1,4-butanodiol.
  10. Una pala de turbina eólica que incluye una cubierta protectora preformada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que la cubierta protectora preformada está fijada a lo largo de al menos una parte de un borde longitudinal de la pala de turbina eólica mediante adhesión a una superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica.
  11. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la pala de turbina eólica incluye una primera carcasa de pala y una segunda carcasa de pala unidas entre sí para formar una pala de turbina eólica a lo largo de una primera junta longitudinal en un borde de ataque de la pala de turbina eólica y a lo largo de una segunda junta longitudinal en un borde de salida de la pala de turbina eólica, y en donde la cubierta protectora preformada está fijada de manera al menos aproximadamente simétrica alrededor de la primera o la segunda junta longitudinal y preferentemente alrededor de la primera junta longitudinal.
  12. Un método para proporcionar una pala de turbina eólica con una cubierta protectora preformada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, mediante el cual la cubierta protectora preformada se prepara
    - a) mezclando un poliol y un butanodiol,
    - b) templando y desgasificando la mezcla de acuerdo con a),
    - c) templando y desgasificando un isocianato,
    - d) bombeando la mezcla desgasificada de acuerdo con b) y el isocianato desgasificado de acuerdo con c) a través de un cabezal de mezcla en un molde,
    - e) curando en el molde y
    - f) desmoldando el artículo curado.
- conforme al cual la cubierta protectora preformada se fija a lo largo de al menos una parte de un borde longitudinal de la pala de turbina eólica mediante la adhesión del interior de la cubierta protectora preformada a una superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica, realizándose la adhesión mediante las siguientes etapas:

- aplicar un adhesivo, tal como un adhesivo de poliuretano de dos componentes, en el interior de la cubierta protectora preformada,
- presionar el interior de la cubierta protectora preformada contra la superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica, y
- retirar el exceso de adhesivo que se escapa entre cada sección de cubierta periférica y la superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica.

13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la cubierta protectora preformada se produce mediante las siguientes etapas:

- proporcionar una pieza de forma macho que tenga una geometría que se asemeje o coincida al menos sustancialmente con la geometría externa de la al menos parte del borde longitudinal de la pala de turbina eólica,
- proporcionar una pieza de forma hembra que tenga una geometría que coincida con la pieza de forma macho, pero que sea ligeramente más grande,
- cerrar la pieza de forma macho contra la pieza de forma hembra formando de este modo una cavidad de la forma,
- verter el adhesivo en la cavidad de la forma y
- abrir la cavidad de la forma separando la pieza de forma macho de la pieza de forma hembra y expulsar la cubierta protectora preformada moldeada.

14. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 12 o 13, en el que la pala de turbina eólica está provista de la cubierta protectora preformada como operación de reparación, por lo que se mecaniza un área de dicha superficie del borde longitudinal de la pala de turbina eólica correspondiente a la cubierta protectora preformada, tal como mediante amolado o fresado, antes de fijar la cubierta protectora preformada.

15. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que el poliol comprende un estabilizador frente al UV y/o un pigmento o pigmentos de color.

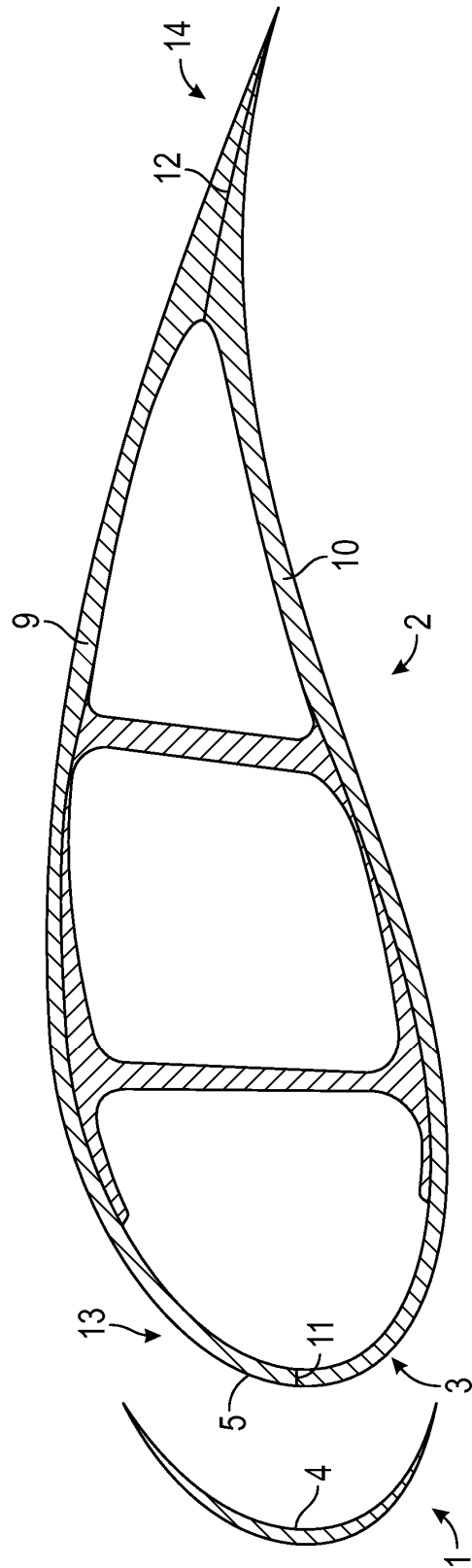
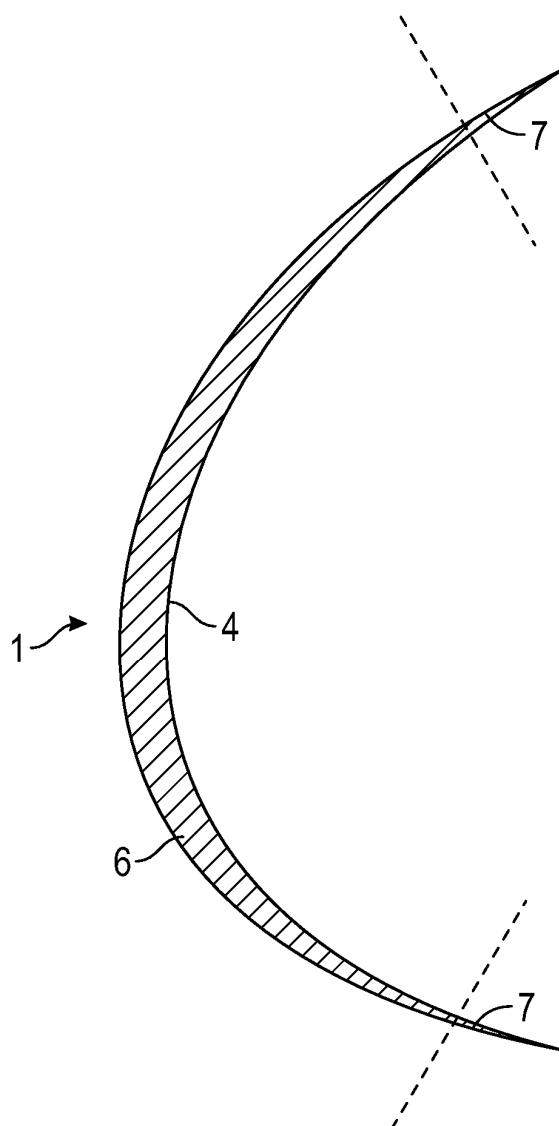


FIG. 1



**FIG. 2**

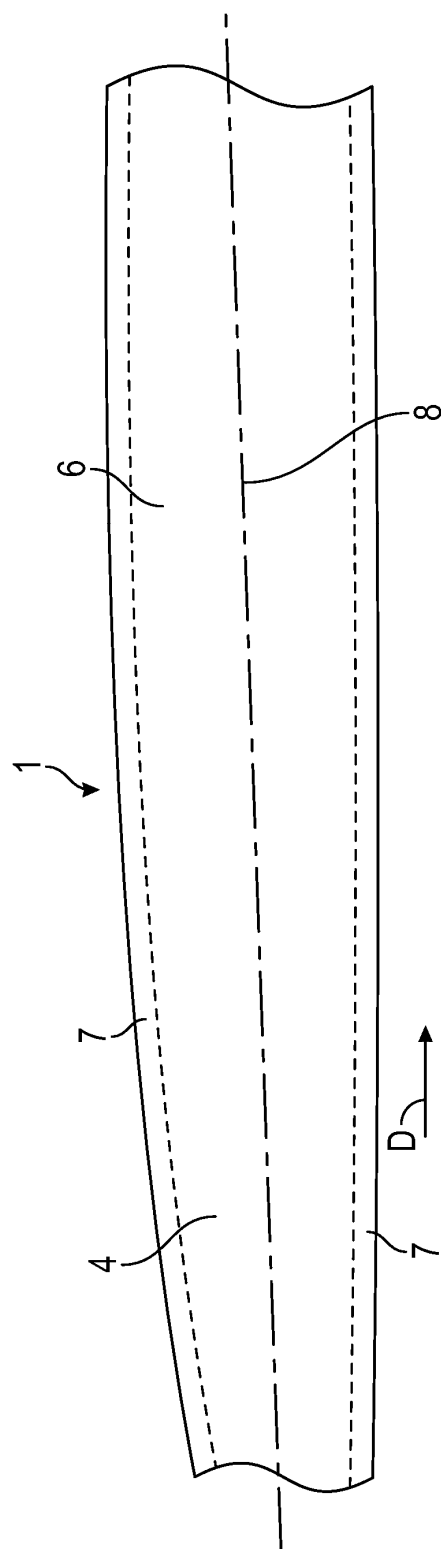


FIG. 3