

resumen ejecutivo



El presente proyecto de **retipping para V80 y V90** se presenta como candidatura por parte de **nabla wind hub** a la convocatoria de los premios Eolo 2021, organizados por la AEE, en la modalidad de **Innovación**.

nabla wind hub es la sociedad resultante de la fusión de nabla wind power (España), eTa Blades (Italia) y Romo Wind (Dinamarca) en 2021. El proyecto que se presenta consiste en una ampliación del diámetro de rotor para modelos Vestas V80, V90 2MW y V90 3MW, mediante la instalación de extensiones de punta en las palas. Como se verá en este documento, este retrofit produce importantes incrementos en la AEP (Energía Anual Producida), respetando las cargas de diseño.

El **proyecto de innovación** se está llevando a cabo desde las oficinas del grupo en Vitoria – Gasteiz (España) y se encuentra en fase de testeo en un parque eólico en Italia.

La flota elegible para retrofits de rerotoring vía-retipping supera fácilmente los 20GW en todo el mundo (vs una flota instalada de V80s y V90s casi 33GW). Como se verá, se trata de una solución plug&play, con 8h de down time por rotor, sin ajustes de controlador y alcanzando hasta 15% + de AEP.



índice



- 1. soluciones de rerotoring
- 2. soluciones de diseño
- 3. soluciones de proyecto



objetivo del rerotoring



argumentos de partida:

- muchos parques eólicos presentan un enorme potencial para desbloquear
- el diámetro del rotor es clave para la producción de energía
- las palas son el **elemento crítico** que crea cargas en las estructuras
- actuar en las palas con diseños personalizados puede maximizar la AEP y la expectativa de vida siempre que:
 - ✓ las cargas reales específicas del emplazamiento se mantengan dentro de los márgenes de seguridad y factores de reserva de la turbina.
 - ✓ se garantice una operación segura a largo plazo
 - ✓ y se permita una extensión de la vida útil mediante diseños de pala de baja carga:
 - > aerodinámica avanzada (palas y retrofits finos)
 - > palas ligeras (palas y retrofits con cap de carbono)
 - diseñados para ser plug & play en la turbina



reblading y retipping



opciones de rerotoring:

ejemplo de reemplazo de pala: configuración nwh59 para lugares promedio turbina V52 850kW

reemplazo de pala:

nuevas palas modernas instaladas para plataformas de turbinas pequeñas rango de turbinas desde 0.5MW hasta 1.5MW más ligera: más potencial para extender su vida la solución de rerotoring más completa ejemplo de extensión de punta:

+ configuración de extensión de punta de 3m para emplazamientos benignos turbina V90 2.0MW

tramo de extensión de punta más largo

pala base

extensiones de punta: ("retipping")

complemento de punta en palas existentes para diseños modernos rango de turbinas desde 1.5MW hasta 2.5MW la solución de rerotoring más rentable



¿por qué retipping?

Premios Eolo 2021

la solución de rerotoring más rentable

solución flexible: mejora de AEP por cada emplazamiento

mínimo impacto en la turbina

minimizar los riesgos de autorizaciones

certificación rápida a través de EC directiva 2006/42

plug&play: no es necesario cambiar el controlador

instalación sin grúas y en 8h

100% reversible

alto retorno por inversión

Pay Back medio 3 años

TIR 10%

ejemplo de extensión de punta:

- configuración de extensión de punta de 3 m

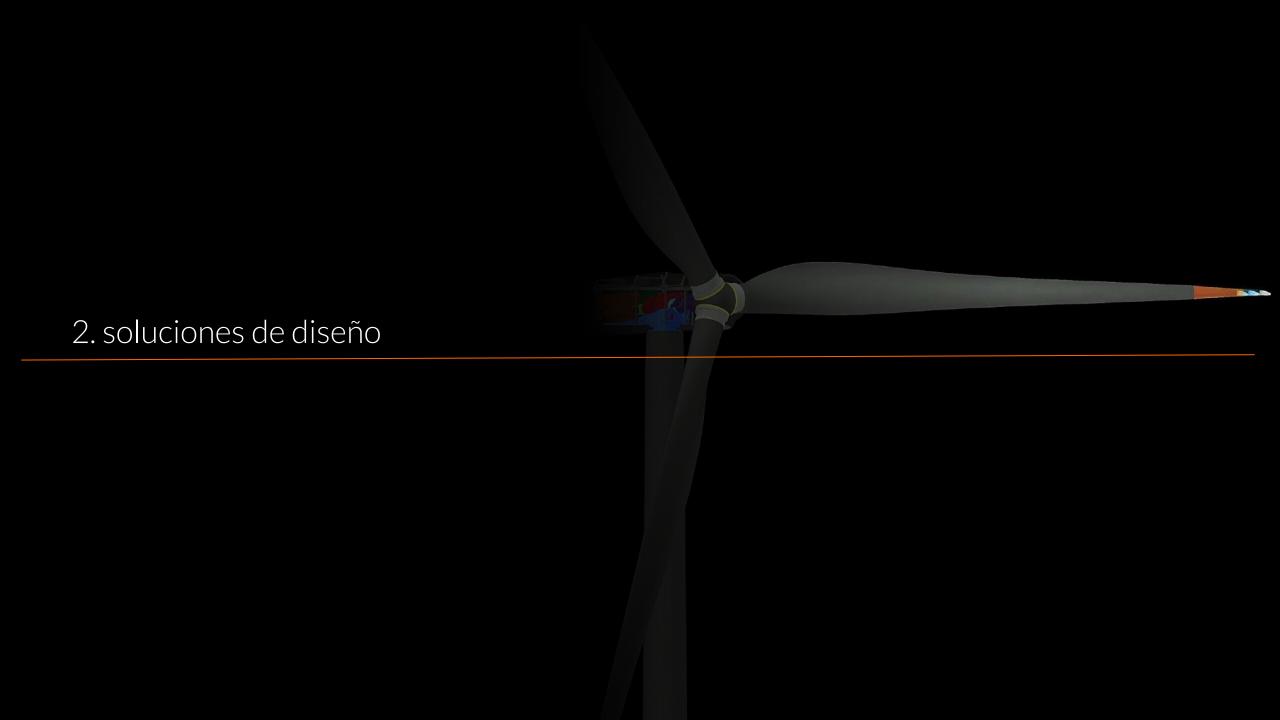
para emplazamientos benignos

turbina v90 2.0mw

distancia de extensión de punta más larga

pala base

nabla v wind hub



evaluación del riesgo técnico Remios Follons de l riesgo tecnico Remios Follons de l r



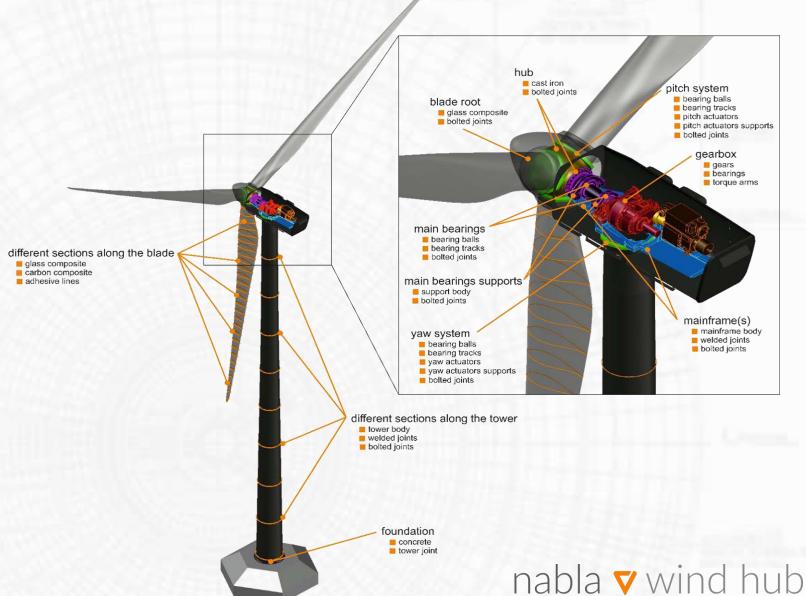
Premios Folo 2021

se analizó el efecto de las diferentes extensiones de punta por componente y por material de la turbina en:

- cargas extremas
- deflexión de la pala contra la torre
- fatiga de materiales

teniendo en cuenta de forma detallada todas las diferentes situaciones y sucesos en las turbinas para una mejor evaluación de los riesgos y los daños

garantizando la seguridad estructural de la turbina manteniendo las cargas dentro de los márgenes de diseño



mitigación de riesgos

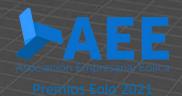


a continuación se detallan los pasos para el control de riesgos de fase de diseño:

- 1. creación del modelo aerolástico
- 2. modelado de condiciones de viento
- 3. modelado de condiciones de operación
- 4. ingeniería inversa de la pala



creación del modelo aeroelástico



ingeniería inversa incluyendo escaneos 3D, mediciones por ultrasonidos y de dureza para construir:

- el modelo geométrico
- el modelo aerodinámico
- el modelo estructural
- modelos de operación y controlador

siguiendo el protocolo de validación:

- SCADA, estadísticas del controlador y curva de potencia
- mediciones de frecuencias
- medición de cargas

para un análisis de riesgos preciso en todos los componentes del aerogenerador







nabla wind hub

modelado de condiciones de viento

parámetro clave en las simulaciones considera la condiciones de emplazamiento

~~~

orografía y rugosidad del terreno

análisis de la posición de las turbinas división en celdas de cálculo análisis de características del terreno



diseño del parque eólico

posición relativa de turbinas orientación del parque eólico efectos de estela

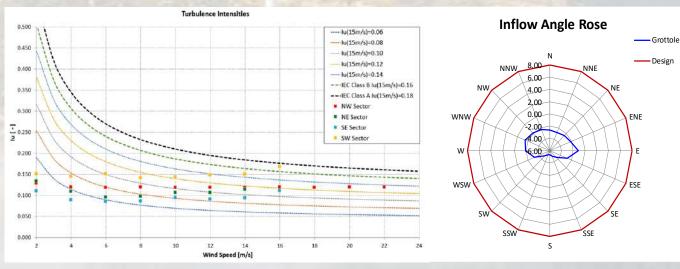


obstáculos circundantes

bosques y topografía de la zona construcción de parques vecinos

- distribución de Weibull
- dirección de viento
- cizalladura
- velocidad de viento extrema
- ángulo de incidencia
- densidad del aire
- intensidad de turbulencia
- análisis de efecto de estela



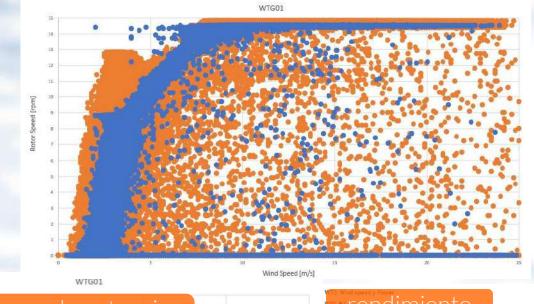


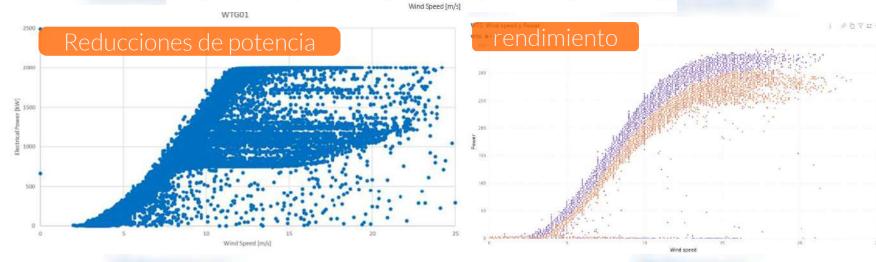


modelado de condiciones de operación

análisis de comportamiento por turbina - creación de escenarios de análisis

- análisis detallado de datos de SCADA
- obtención de eventos transitorios por dirección de viento
- análisis de registro de alarmas por turbina
- análisis de rendimiento por turbina
- detección de desalineaciones





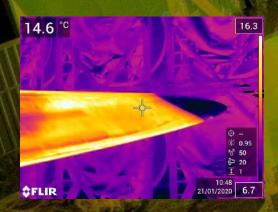
ingeniería inversa de la pala



escaneo 3d internos y externos, mediciones por ultrasonidos y termografías para una óptima ingeniería inversa de la pala base

- geometría detallada
- espesor de laminados y composición estructural
- caracterización structural

para un análisis de riesgos preciso en las palas





Vestas V90

nabla vind hub

diseño

extensión de punta óptima para cada emplazamiento

maximización de la producción de energía

diseñado para aportar seguridad

área de unión de las extensiones idéntica para todas las configuraciones de extensión de la punta

pala base

la punta de la pala base se mantiene intacta dentro de las extensiones: la solución se puede revertir a su estado original

diseño modular configurable +1m de extensión – para condiciones restrictivas -----

+2m de extensión – para condiciones medias

+3m de extensión – para condiciones benignas

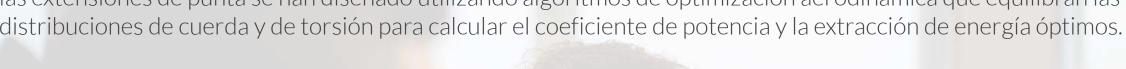
winglets inversos para aumentar la producción y minimizar el ruido aeroacústico de la punta



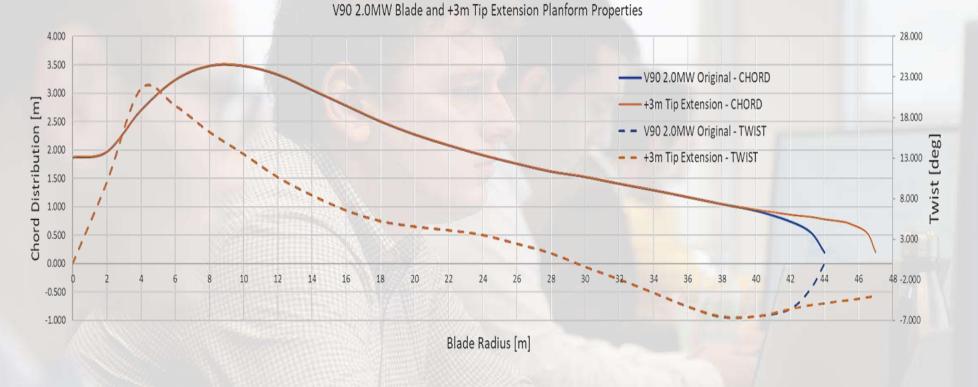
diseño (II)



las extensiones de punta se han diseñado utilizando algoritmos de optimización aerodinámica que equilibran las distribuciones de cuerda y de torsión para calcular el coeficiente de potencia y la extracción de energía óptimos.







resultados teóricos



es un primer proyecto lanzado para V80 2.0MW, V90 2.0MW y V90 3.0MW



V80 2.0MW clase IA

Delta AEP	[%] - Reference Values - Weibull Dependent
-----------	--

V80 2.0MW +1m Tip	4.8 - 7.1	
V80 2.0MW +2m Tip	6.4 - 11.1	
V80 2.0MW +3m Tip	6.9 - 13.2	



V90 2.0MW clase IIA

Delta AEP [%] - Reference Values - Weibull Dependent

V90 2.0MW +1m Tip	2.7 - 5.7
V90 2.0MW +2m Tip	4.5 - 9.7
V90 2.0MW +3m Tip	5.6 - 10

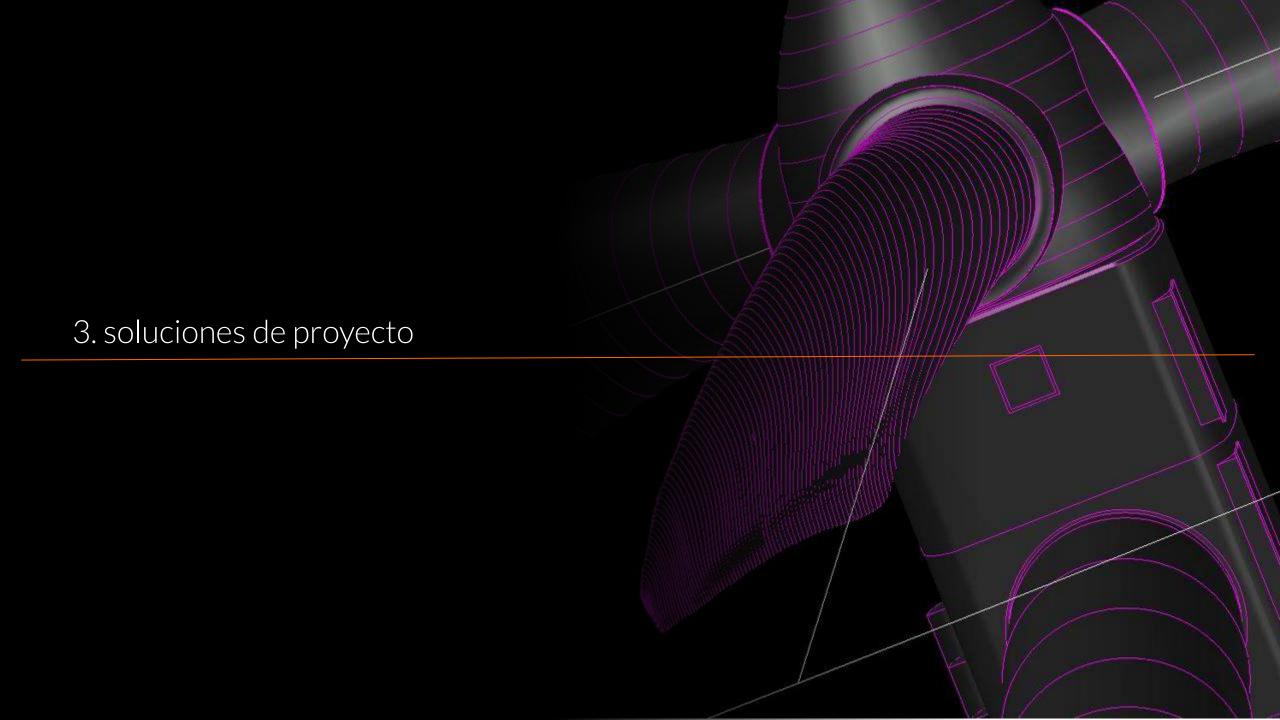


V90 3.0MW clase IA

Delta AEP [%] - Reference Values - Weibull Dependent

V90 3.0MW +1m Tip	4.0 - 5.7
V90 3.0MW +2m Tip	5.9 - 12.6
V90 3.0MW +3m Tip	7.8 - 16.8





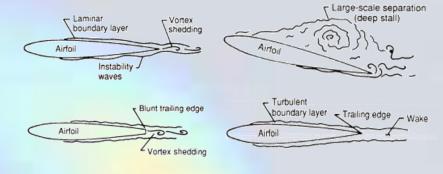
ruido aeroacústico

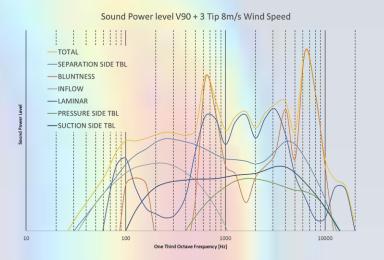
se han evaluado todas las fuentes relevantes de ruido aeroacústico:

- ruido de borde de salida
- ruido de separación de capa límite turbulenta
- ruido de capa límite laminar
- ruido de vórtice de borde de salida
- ruido de turbulencia (borde de ataque)
- ruido de punta de pala

usando el código aeroacústico certificado de NREL (nafnoise) validando mediciones de ruido aeroacústico V80s y V90s

el aumento de ruido se considera dentro del umbral de incertidumbre aceptado por la normativa (IEC)





	V90	V90+3m
	[dB]	[dB]
v06	102	102
v08	107	101
v10	106	1 01

estructura interna



Premios Eolo 2021

A Remote Force 41

B Remote Force 46.5

C Winglet Force
D Remote Force 44.2

Moment 46.5

F Fixed Support

las estructuras internas de extensión de punta están basadas en ingeniería *lean* y conceptos design-to-manufacture, minimizando el número de subestructuras y ensamblajes para minimizar modos fallidos

basando las estructuras en:

- laminados sólidos mediante infusión de resina para optimizar la calidad del material compuesto
- fibra de vidrio para minimizar los riesgos de daños por impacto de rayo
- matriz en resina epoxy para obtener composite estructural de alto rendimiento
- utilización de fibras Triax (TRX) para realizar una transición suave a la pala base
- mismas geometrías de winglet por modelo de pala para facilitar la fabricación

COMPOSITE TIP EXTENSION - STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS

	V80 2.0MW +3m Tip	V90 2.0MW +3mTip	V90 3.0MW +3m Tip
MS Margin fo Safety - EXTREME [-]	2.16	1.39	1.11
RF Reserve Factor - FATIGUE [-]	9.87	5.74	4.29



conexión



Premios Eolo 2021

la conexión estructural de la extensión de la punta con la base consiste en un adhesivo de alto rendimiento de crestómer debido a:

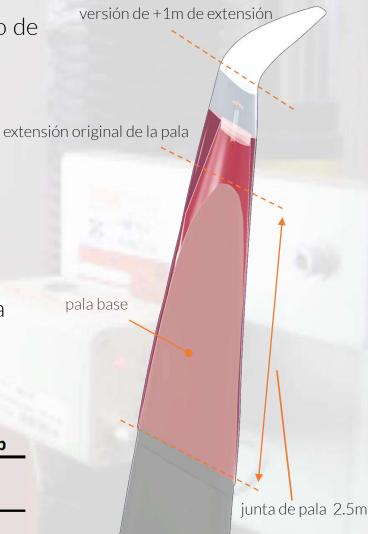
- un bajo tiempo de polimerización (ej. 25 min)
- no tener necesidad de ciclo de curación, ni aplicación de temperatura
- ser un adhesivo multimolecular: capaz de unir sustratos de poliéster y epoxy
- ser viscoso y capaz de mantenerse en vertical, sin caerse
- un lanzamiento del plan de prueba intensivo para la minimización de riesgos

extensión de la punta adherida a la pala base con factor de reserva x5 en la junta de pala

ADHESIVE JOINT TIP EXTENSION TO BASE BLADE - STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS

	V80 2.0MW +3m Tip	V90 2.0MW +3mTip	V90 3.0MW +3m Tip
MS Margin fo Safety - EXTREME [-]	3.08	2.12	1.68
RF Reserve Factor - FATIGUE [-]	6.54	8.71	5.00

un FR de 6 implica que la conexión estructural puede soportar 6 ciclos de 20 años de vida cada una.





sistema de protección antirayos



el cuerpo de aluminio del winglet actúa como receptor de punta para el sistema, con cubierta externa para el cableado LPS

incluye un sistema de doble drenaje para evitar la acumulación de humedad en la extensión de la punta

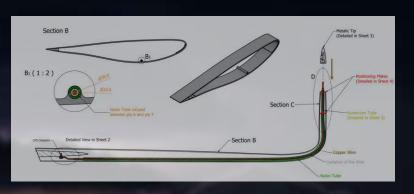
asegura la suficiente masa, área y sección como para absorber la expansión térmica proveniente de los rayos, usando tecnología punta

transmite el rayo a través de un cable de cobre >54mm2 con aislamiento de alta densidad, evitando que el propio cable actúe como receptor del rayo

el hardware está conectado al receptor de la punta de la pala base

asegura la extensión adecuada del sistema de protección contra rayos existente

las pruebas de rayos se pueden realizar a pedido del cliente según IEC61400 / 24





protección contra la erosión



- debido a las velocidades de punta más elevadas, se debe evitar la erosión en el borde de ataque
- la extensión de la punta estará protegida mediante la aplicación de cinta de poliuretano de 3m
- producto ampliamente probado con resultados muy robustos en velocidades de punta de 80 m/s

	V80 2.0MW	V90 2.0MW	V90 3.0MW	
	[m/s]	[m/s]	[m/s]	
+1m	71.7	71.8	77.6	
+2m	73.5	73.3	79.2	
+3m	75.2	74.9	80.9	
Rotor Speed [rpm]	16.7	14.9	16.1	

				Water
				1000
	3M" Wir W8607, C		e Protectio	on Tape
	Product Desc	niption		Safety and Regulatory
	by minor impacts as or other debets. His muste from same poryumithers deem UV. 3H Wind Stade only, required no de Bade Protection Tay	i blade surficered ed entainer due to ecoplicerally toug men that receive Protection Tage V ecoli losts, and to per MSECP is calo	from contracts caused rain, sond, clirt. In, Stonepozeni swintum, income and week? application is a polymethroe; 30t Mind etoss and in constructed	
	with a danble, process resultive acrylic otherive. Typical Physical Properties			No special fluorations in leining or peologing coquired. For set, ground, or water of special of this product. Never from a color area, away from vicasions medicans.
Note: Tax learning and data	Appearable Appearable Applied Technology	Flori Ashgone	6.86G.NIN 8.86-0880	and out at times surright. Store role in the shipping surfa- Ferum petitinity used milit to the shipping curton.
representative or	conductive Constant for Large	See House	8.965.004 16.37.00	Shelf life
Speakers and Chald not be used	Company Retitions			Terrieses formulate of numberson.
temperitudes secons	Apparenta Regre Later (B. W.)		50/B -986.01	Precautionary Information
	Selecte		Manager	New transportation and transportation
Section transfer	frames		Name and Address of the Owner, where	information before using this product. For additional healt
productions unlabel and SSS before using	Tank Sand	mrwanz	- 111 Walde	and sofely information, visit www.250.com/educr-cell
happer	d boson to	Patriol/ VATA Disc	16(60)	1-030-394-2577 or (651) 737-6561
	Employ V-B Peak	Worked S.	96.	Directions for Use:
	for loss consumer		Vites:	See sever 2Milcom/windfor 3M ** Wind Node Protection
	Sentiture inini (mains)	208, 179-360 190901 10 pto* had	1004	Tipe Application Instructions
	Sant Evalue mass Department in a load	236,71-240	180,900	
	Tor Smergifting the	AI792100	1900	
	New America (Inspire grann)	H-III, 100 pet 7,000 coar	10E	
	restons (Mark)	STITE WILK:		
	Recidosean 6 275/781) Remission	ATTORNOON (ATTORNOON ATTORNOON ATTOR	Parate Ordert \$7(5) Spin Pener (AEXI) Planethee has 71 to .	
	Sanior Temperature Sanger SC(T)		40,409,80000	
	Appendice Treatment of Table		15000	
	Valve of traffice to the attention on an	oddycer seddii acureosasabe	Petge jos is appropri rija administracji naj sustantik eteraj jos	



logística

fácil de transportar en un camión de dimensiones normales

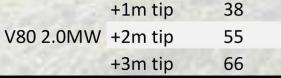
fácil de manejar por 2 personas a mano

herramientas de madera simples

Tips Masses
[kg]

39

3			



V90 2.0MW +2m tip 57

+3m tip 73 +1m tip 46

+1m tip

V90 3.0MW +2m tip 66

+3m tip 83 Premios Eolo 2021

junta de pala de 2.5m

V90 2.0MW + 3m extensión de punta 73 kg

5,5 m

V90 2.0MW +2m extensión de punta

57kg

4.5m

V90 2.0MW +1m extensión de punta

39kg

3.5m



proceso de instalación (ej. v80)

instalación en la parte superior de la torre con plataforma elevadora: sin necesidad de grúa (a menos que se utilicen arandelas cónicas)

utilizando herramientas de aluminio de posicionamiento específico para sujetarlas a la pala base y permitir así la instalación adecuada de la extensión de la punta dentro de las tolerancias (ángulo de barrido)

diseñada p<mark>ara ser instalada en 8h</mark> / por turbina, mediante 2 personas:

- activando la superficie de la pala base + su limpieza
- instalando las herramientas de sujeción
- aplicando el adhesivo (en 25 minutos)
- instalando la extensión de punta
- dando un acabado cosmético con masilla

puntos de elevación de la extensión de punta laminado en su propia punta y recortado

poleas

sujeciones

estrategia de certificación



las extensiones de la punta estarán sujetas a las normas de certificación de componentes IEC61400-23: cargas, materiales permitidos, planos de laminación, prototipos y test a escala completa para verificar la integridad estructural de la extensión de la punta y la conexión a la pala base

las mediciones de curva de potencia certificada IEC61400-12-2 se realizarán utilizando anemometría avanzada

el esquema de certificación consiste en acreditar al cliente, a las instituciones financieras y a las administraciones públicas que las extensiones de punta:

- no impactan en la turbina la turbina funciona correctamente sin limitaciones
- no impactan negativamente en el modelo de negocio

estado en mayo del 2021



pruebas de materiales: completado

integración de cargas: completado

diseño estructural: completado

diseño de subsistemas: completado

diseño de proceso: completado

línea de producción: completado

diseño logístico: completado

informe de idoneidad del sitio: completado

prototipo: completado

prueba de instalación en suelo: completado

instalaciones del proto en el sitio: mayo 2021

campañas de medición: +3 meses





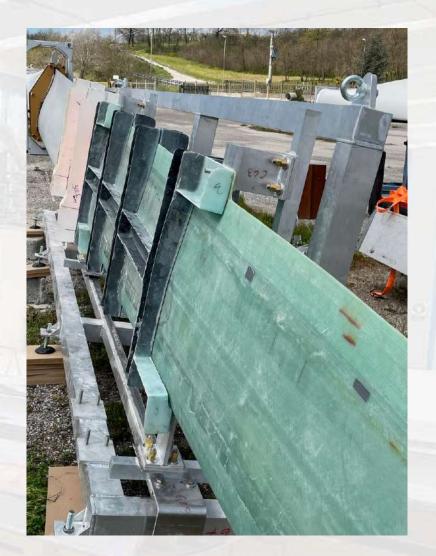


nabla v wind hub

imágenes del proto en instalación

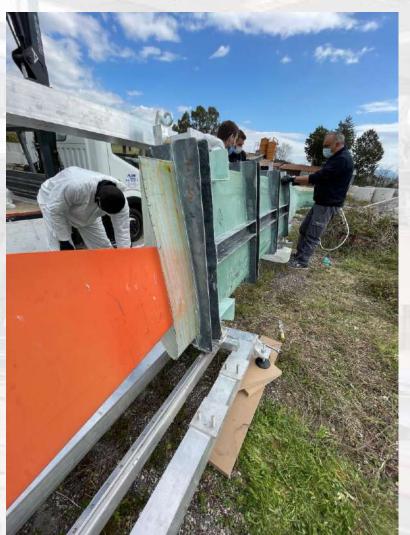






imágenes del proto en instalación







nabla ▼ wind hub

imágenes del proto en instalación







contacto

el equipo de rerotoring a tu servicio



Premios Eolo 2021





RUBEN RUIZ DE GORDEJUELA CTO ruben.ruizdegordejuela@nablawindhub.com +34 678318528



AHMED MOUSSA
Head of Business Development
ahmed.moussa@nablawindhub.com
+34 639444484



