AEE - Premio de Innovación
Eolo 2021, XIª Edición

Grúa Auto-trepante para Instalación y Mantenimiento de Turbinas Eólicas

Autores: Pablo Amadoz, Mariano Abadia

Fecha: 29 abril de 2021

Empresa: http://www.hwstowers.com/

Video comercial://vimeo.com/

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Contenido

1. Introducción y objetivo 3
   1. Introducción 3
   2. Objetivo 8
2. Mercado actual y previsión, del sector eólico 9
3. Estado del arte de grúas trepadoras 11
   1. Estado del arte de grúas para instalación de Turbinas Eólicas 11
   2. Estado del arte de soluciones alternativas para instalación de Turbinas Eólicas 12
   3. Ventajas de las grúas trepadoras 12
   4. Tipos de grúas trepadoras 13
4. Sistema AirCRANE 15
   1. Descripción general 15
   2. Colaboradores externos y Proveedores 16
   3. Clientes 17
   4. Otros "stakeholders" 17
5. Diseño de la AirCRANE 18
   1. Diseño general 18
   2. Diseño estructural 19
   3. Diseño mecánico 21
   4. Condiciones ambientales 22
6. Primera unidad de la AirCRANE 23
   1. Fabricación 23
   2. Integración 26
   3. Certificación / Marca-CE 29
7. Conclusión 32
8. Vídeo comercial 33
9. Referencias 33

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

1. Introducción y objetivo

1. Introducción

HWS Concrete Towers S.L. ha desarrollado, patentado y fabricado una **GRÚA AUTO-TREPANTE** que desafía las limitaciones de las grúas existentes en el SECTOR EÓLICO. Es una solución versátil y económica para la **instalación de turbinas eólicas sin límites de altura.**

Este sistema se ha denominado **AirCRANE**, manteniendo el concepto de grúa, y tratando de transmitir la idea de un producto **sin restricciones**, libre.

Como bien es sabido, el sector eólico está enfrentándose al **reto de reducir el coste de la energía producida** o más conocido como **LCoE**. Las estrategias para reducirlo están enfocadas en desarrollar **turbinas de mayor capacidad (MW) e instalarlas a mayores alturas.**

Sin embargo, a medida que aumenta la altura de las torres, los medios de instalación actuales presentan limitaciones técnicas y logísticas, además de tener una disponibilidad limitada.

Figura 1 Sistema AirCRANE a diferentes alturas de montaje

En este contexto, HWS ha encontrado un gran potencial al sistema AirCRANE: una grúa que trepa a lo alto de la torre (por su parte externa) y va ascendiendo a medida que se construye la torre.

La AirCRANE compite con las inmensas grúas móviles y de cadenas, presentando las siguientes ventajas:

SIN LIMITACIÓN EN ALTURA

Esta tecnología permite construir torres de hormigón a una altura 'infinita'. La nueva generación de turbinas (+6 MW) pueden instalarse a mayores alturas (+200 m), aprovechando al máximo el recurso eólico disponible.

Let's Build Smarter

CONFIDENTIAL ©HWS. For a

Figura 2 Comparativa entre una grúa tradicional y la AirCRANE

MAYOR DISPONIBILIDAD

El número de las grandes grúas móviles y de cadenas destinadas al sector eólico es limitado y se caracterizan por su elevado coste. La AirCRANE se presenta en el mercado como una solución más **económica**, por su **sencillez**, además de ser capaz de trabajar en cualquier ambiente con **vientos de hasta 20 m/s.**

MAYOR TRANSPORTABILIDAD Y MENOR AFECCIÓN SOBRE TERRENO

Para transportar la AirCRANE se requieren **8 camiones estándar**; contra los 30-70 camiones que son necesarios para las grúas actuales.

Además, para el montaje de la grúa, no se requiere ningún tipo de nivelado de plataformas ni terrenos cualificados, y por la naturaleza de las grúas trepantes, la afección en la base de la torre es mínima. De esta forma, la **obra civil** requerida es **despreciable**.

Estas ventajas hacen de la AirCRANE una **solución amigable con el medio ambiente**.

VERSATILIDAD

Por su **simplicidad**, la AirCRANE **se adapta a cualquier escenario** y a cualquier tipo de torre de hormigón, capacidad de carga, radio, etc. Aparte de los segmentos de la **torre y la nacelle**, este sistema es igualmente válido para el izado de **palas, el rotor completo**, incluso para tareas de **mantenimiento** en mercados **onshore y offshore**.

REDUCCIÓN EN COSTE

La introducción de la AirCRANE en el mercado podría suponer un **ahorro en costes de un 20%** para la instalación de torres de hormigón, y de un **45%** para la instalación de la turbina completa. Ambos casos conllevan una **reducción** relevante del **LCoE**.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

HWS CONCRETE TOWERS S.L.

HWS es una empresa especializada en **soluciones innovadoras de hormigón prefabricado** para el sector de las energías renovables, en particular, para la energía eólica.

Nuestros fundadores tienen más de 40 años de experiencia en hormigón prefabricado para proyectos de construcción a gran escala, como son los puentes. Desde HWS se ha perfeccionado esta tecnología para mejorarla y adaptarla a la **construcción y el mantenimiento de turbinas eólicas**.

Esta dilatada experiencia nos permite **ofrecer** a los clientes un **servicio completo** durante la construcción; desde el diseño, fabricación, transporte e instalación, hasta materiales y soluciones especializadas que optimicen y aseguren el éxito de cada proyecto.

HWS Let's Build Smarter

"The Experts in Precast Concrete"

http://www.hwstowers.com/

Además de la solución AirCRANE, HWS ha desarrollado **otras soluciones** enfocadas al sector eólico.

AirBASE

La AirBASE es una **nueva solución de cimentación prefabricada** que introduce un nuevo esquema estructural beneficiándose de los procesos de fabricación en serie, así como de un **transporte simple y un montaje sencillo**. Esta solución consta de cuatro zapatas aisladas in-situ conectadas a os vigas prefabricadas/pretensadas en forma de cruz.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Figura 3 Diseño de la cimentación AirBASE

La **industrialización** de la AirBASE es la mejor estrategia para **reducir los costes y el tiempo** de construcción (trabajo en campo), aportando **alto control de calidad**.

Además, el **ahorro** estimado puede llegar al **35%** dependiendo de las propiedades del terreno, tamaño de turbina y altura de torre**. A mayor tamaño**, la solución presenta **mejores resultados**.

La **versatilidad** que ofrece es otra de las ventajas de la AirBASE, ya que destaca también en lugares con malas condiciones meteorológicas y el trabajo se limita a ciertos meses del año, o donde la calidad del hormigón es variable y la reducción del tiempo de ejecución es crítico.

AirBASE RePOWERING

Relacionado con la AirBASE, pero con una visión en el futuro de la energía eólica, HWS ha desarrollado una solución de **repotenciación de los parques eólicos**. Esta solución permite **reutilizar** las cimentaciones antiguas y **aprovecha al máximo** la infraestructura existente en el parque eólico.

AirBASE RePOWERING reutiliza la antigua base existente como lastre para mejorar la estabilidad del sistema, al tiempo que añade dos nuevas vigas prefabricados en forma de cruz (AirBASE). El sistema es válido para cualquier tipo de suelo y compatible con cimentaciones superficiales y profundas.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Figura 4 Diseño de la cimentación AirBASE RePOWERING

Entre sus ventajas se encuentran el **ahorro de costes** de hasta el **45%** en comparación con la construcción de una nueva cimentación, así como una solución **amigable con el medio ambiente**. De hecho, esta solución **respeta el paisaje** evitando la ocupación de nuevos sitios, la construcción de carreteras y plataformas de trabajo, y la demolición de la infraestructura existente.

Además, podría ayudar a simplificar el proceso de autorización necesario para la instalación de un nuevo parque eólico. En conclusión, la AirBASE RePOWERING podría convertirse en la solución óptima para la repotenciación de parques eólicos construidos a partir de la década de los noventa, que están cerca del final de su vida útil.

AirTOWER

La AirTOWER es una solución de **torre de hormigón prefabricado/pretensado**.

Esta torre fue diseñada en 2006 como parte de un ambicioso proyecto de GAMESA, la turbina G10, de 4.5 MW 120 m de altura, cuya primera unidad se puso en servicio en Jaulín (cerca de Zaragoza) en 2008.

En aquel momento existían otras soluciones de torres de hormigón y otras han ido apareciendo más tarde. Pero la ventaja principal que nos diferencia del resto es la configuración ortogonal de tendones de postensado. Esto permite hacer una **óptima unión vertical** entre piezas prefabricadas, ofreciendo mayor durabilidad incluso en entornos corrosivos como el marino.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

PATENTES

Al tratarse de soluciones con un alto grado de innovación, HWS tiene **patentados todos sus productos**:

- El sistema **AirCRANE** está dividido en dos patentes, por un lado, la forma en la que la grúa trepa por la torre, y por otro lado la forma en la que se ancla a la torre.
  - Anclaje para estructura auto-trepante, **ES2804038A1**, julio 2019.
  - Dispositivo auto-trepante y procedimiento de operación, **WO2019002654A1**, julio de 2017.
- En el caso de la **AirBASE**, está protegida por una patente basada en el diseño y el cálculo estructural para las cimentaciones de turbinas eólicas.
  - Cimentación para torres eólicas, **WO2020115341A1**, diciembre de 2018.
- La **AirTOWER**, se define como una torre modular prefabricada con refuerzos y postensión tanto horizontales como verticales. **US20080209842A1**, abril de 2006.
- La **AirBASE RePOWERING**, recientemente patentada, **P202030850**, julio de 2020.

2. Objetivo

Con el fin de presentar candidatura a la **'XI Edición del Premio de innovación Eolo 2021'** promovido por la **Asociación Empresarial Eólica (AEE)**, en esta memoria se va a presentar el **sistema AirCRANE**, una potencial alternativa a los medios de instalación existentes en el sector eólico.

Por un lado, se va a realizar un repaso del **mercado de las grúas** destinadas a este campo, se van a mencionar **otras soluciones innovadoras** y se va a tratar de comprender las **necesidades** tanto existentes como futuras.

Por otro lado, se va a explicar el **desarrollo técnico** del sistema **AirCRANE**. Desde el diseño y funcionamiento hasta los cálculos estructurales y mecánicos.

Todo el desarrollo ha ido acompañado de un **prototipo y una certificación final** realizado durante el pasado año 2020, por lo que, también se va a mostrar el **proceso de fabricación y el resultado** obtenido.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

2. Mercado actual y previsión, del sector eólico

La AirCRANE ha sido diseñada para la **construcción de torres para el sector eólico**. Esta solución es válida para **cualquier altura de torre**, pero cuando se trata de torres de gran altura (+165 m) las ventajas y los beneficios se amplifican.

El **mercado objetivo** de HWS con la solución AirCRANE se expande a **nivel mundial**, pero iniciando la actividad enfocada en los países europeos, grandes precursores de la energía eólica y a la vanguardia de la tecnología.

En la siguiente figura se muestran unas pinceladas de la **evolución del sector eólico** a nivel global. Desde sus inicios haya por 1996, se han instalado un **total de 651 GW (⇒ media aritmética = 28 GW/año)**, con un aumento anual en los últimos años de más de **50 GW/año**.

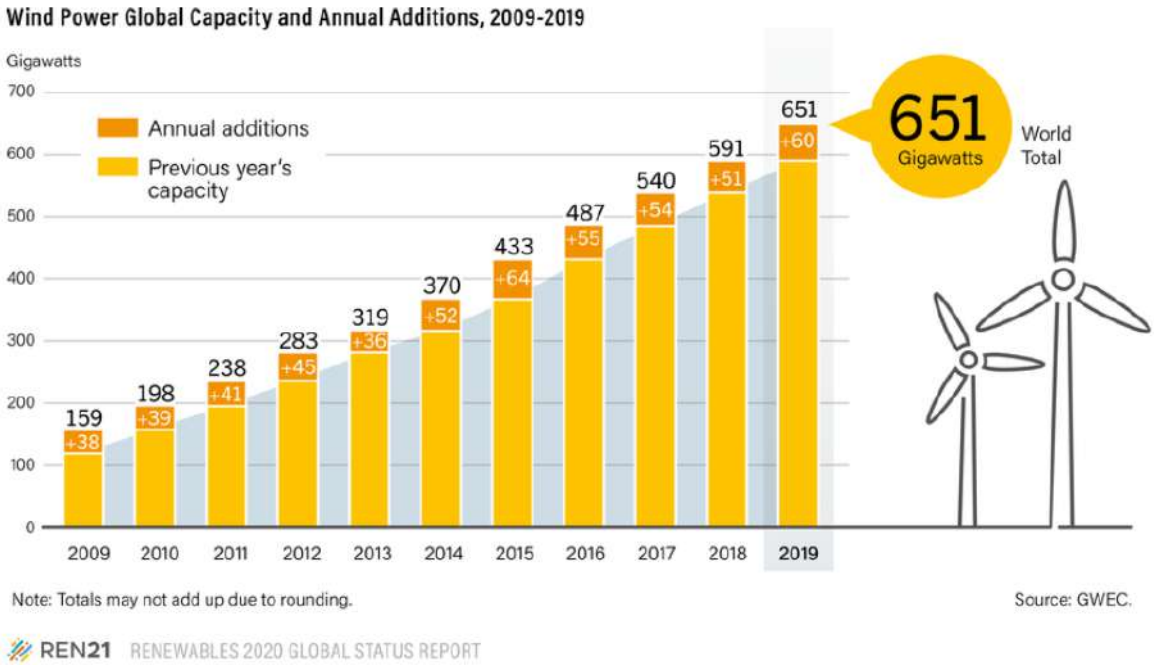


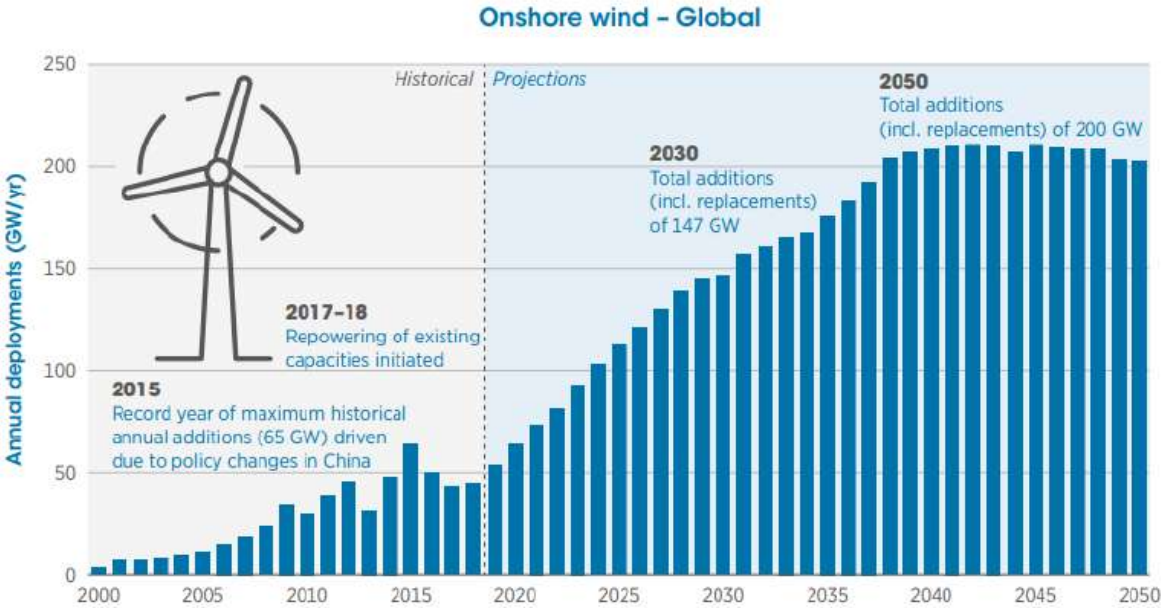
Figura 5 MW instalados anuales y acumulados desde el año 2009

No es algo sorprendente que las **predicciones** de futuro para el sector eólico sean **prometedoras**. Se prevé mantener una **tendencia alcista** e instalar **780 GW en los próximos 10 años (⇒ media aritmética = 78 GW/año)**,

Sin entrar en detalle, esto supondría una media de **17.300 turbinas de 4,5 MW al año,** y una inversión de +**82.000 millones de €/año**.

Figura 6 Predicciones de los MW instalados

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only



Estos números no pasan ni mucho menos desapercibidos. ¿Pero, qué ocurre si además se instalan **turbinas cada vez más grandes y a mayor altura?** Parece que la **AirCRANE** pueda tener cabida y una buena bienvenida **en los próximos años**.

Además del montaje de turbinas, el **mantenimiento es una partida importante** de un proyecto. Los analistas a menudo atribuyen hasta un 25% del LCoE eólico al OpEx, asociando la mitad del OpEx directamente con el mantenimiento de las turbinas. Es decir, el mantenimiento supone un **12,5% de la inversión**.

Con el **aumento de la flota eólica mundial, las reparaciones aumentarán** en consonancia, con componentes más pesados e instalados a mayores alturas. En la siguiente gráfica se muestra la **tendencia de mantenimientos correctivos** de una turbina.

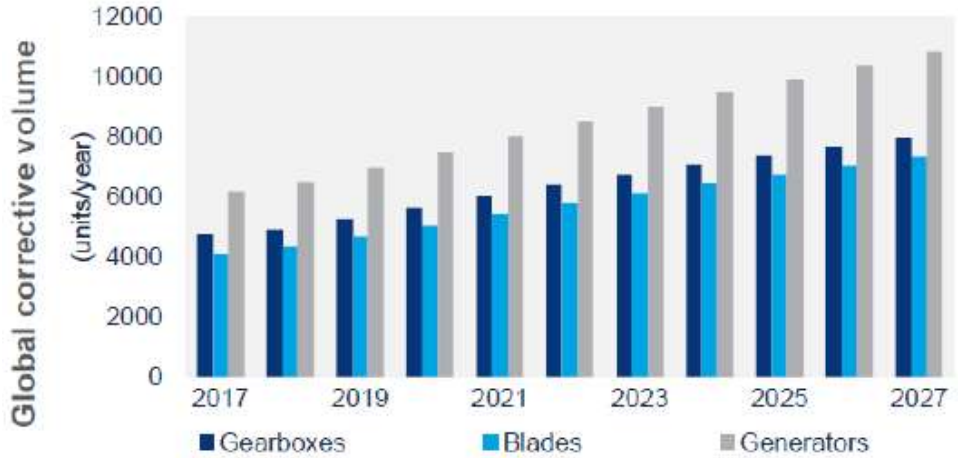


Figura 7 Tendencia del mantenimiento correctivo en los componentes de las turbinas

Se puede así ver claramente que la AirCRANE tiene otro nicho de **mercado muy interesante**.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

3. Estado del arte de grúas trepadoras

1. Estado del arte de grúas para instalación de Turbinas Eólicas

En la gran mayoría de los parques eólicos se utilizan las **grúas móviles** (ruedas de neumáticos - telescópica) **o grúas de cadenas** (también conocidas como grúas sobre orugas - celosía) tradicionales tanto para la instalación de torres como de turbinas. Este tipo de grúas son las más habituales desde hace décadas, ya que son las que mejor se han adaptado al mercado eólico.

Figura 8 Ejemplo de una grúa tradicional instalando el rotor de una turbina eólica

La **tendencia** alcista del sector eólico hace que cada vez se diseñen **turbinas más grandes instaladas a mayores alturas**. Actualmente se están instalando turbinas de 5.X MW a alturas superiores a los 165 m.

A medida que han aumentado las capacidades de las turbinas y las alturas de las torres, los fabricantes de grúas han lanzado al mercado nuevas soluciones que hacían posible su instalación, pero ha llegado un momento en el que **los medios disponibles están haciendo techo** y las nuevas generaciones de turbinas empiezan a suponer **un gran desafío** tanto para la ejecución como para la **rentabilidad de los proyectos**.

Como ejemplo, la grúa móvil telescópica de mayor capacidad del gigante Liebherr es la LTM-11200, y con una capacidad de izado de 80 t a 120 m de altura, se ha quedado pequeña. La pieza más pesada de una turbina de última generación puede llegar a pesar 75 t.

En los últimos años, los parques eólicos ya están siendo instalados con **grúas especiales**, como pueden ser la **LG 1750 SX** (https://www.liebherr.com/LG1750SX) o la **LR 1800** (https://www.liebherr.com/LR1800).

Para hacernos una idea, estas máquinas **pesan unas 900 toneladas**, son **transportadas en 40-60 camiones**, y necesitan **una semana para montarlas**. En definitiva, su coste, disponibilidad y logística empieza a ser un problema en los proyectos actuales.

Y nos preguntamos qué pasará con la nueva generación de turbinas que se viene anunciando: 6.X MW, 200 m de altura, ... ¿Se superará el desafío como hasta ahora? **¿Se seguirá con la misma tecnología? ¿O habrá una irrupción de nuevas soluciones?**

Lo que es una realidad es que las grúas estándares dejan de valer, por lo que deberán dejar paso, de momento, a las grandes máquinas con capacidades superiores a las 13.000 t.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

2. Estado del arte de soluciones alternativas para instalación de Turbinas Eólicas

Si bien es cierto que **las grúas tradicionales son el principal medio** para la instalación de las turbinas eólicas, **existen otras soluciones** que podrían servir como alternativa. Estas soluciones no son productos comerciales, pero algunas disponen de **prototipos y unidades piloto**.

Las más destacadas serían **las auto-izables**. Esta solución parece ser una buena opción para **superar los 200 m de altura**, pero presentan **limitaciones técnicas y operacionales**. En un primer paso, se instala el aerogenerador (nacelle y rotor), después se eleva esta parte y se van colocando los segmentos de la torre. Por tanto, a mayor altura, el riesgo aumenta y la estabilidad del conjunto durante el izado es una limitación importante.

Además, estas soluciones **no resuelven** el problema al completo, ya que para el **mantenimiento** no se podrán evitar las enormes grúas mencionadas u otras tecnologías destinadas para ello.

Figura 9 Ejemplos de soluciones auto-izables

3. Ventajas de las grúas trepadoras

Las grúas trepadoras se presentan como una **potencial alternativa** a las grúas tradicionales y otras soluciones para la **instalación completa de turbinas eólicas**. Estas grúas son capaces de escalar a lo alto de la torre, **sin tener ningún tipo de limitación en cuanto a altura**.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Además, estas grúas mantienen la **misma capacidad de izado a cualquier altura**, a diferencia de las grúas tradicionales, que van perdiendo capacidad de forma incremental a medida que aumenta la altura. Esto permite a las grúas trepadoras instalar segmentos de torre, nacelle o rotor a una altura indeterminada.

Un aspecto relevante para las grúas trepantes es el **mantenimiento**. Estas grúas no solo pueden ser utilizadas para el montaje de las torres y el aerogenerador, sino que también permiten el recambio de componentes o palas.

Históricamente, **la vida útil** de los parques eólicos era de 20 años, pero las turbinas de nuevas generaciones están alargando su vida hasta los **25-30 años**. Estudios indican que alargar la vida útil mejora de forma evidente el LCoE de un proyecto, una buena noticia para los desarrolladores de los parques. Pero al mismo tiempo, esto podría afectar a los principales actores del sector (certificadores y fabricantes) porque se vería reducida la innovación y la frecuencia de nuevos lanzamientos.

En cualquiera de los escenarios, **el mantenimiento cobra mucha importancia.** Por un lado, porque un aumento del 25-50% de la vida útil supone un mayor mantenimiento, por otro lado, en el caso de no alargar la vida útil, seguirá realizándose la llamada "extensión de vida" en los parques actuales, por tanto, la necesidad de medios auxiliares para el recambio de componentes se mantendrá.

4. Tipos de grúas trepadoras

La **variedad** en cuanto a grúas trepadoras o auto-trepantes es **reducida**. Esto se debe a las dos principales **barreras** que suponen esta solución:

- La **barrera innovadora**, por ser una tecnología totalmente novedosa para el sector eólico.
- La **barrera legal**, por ser soluciones **patentadas** que no permite explotar o hacer uso de la invención.

En el sector se pueden encontrar las siguientes soluciones trepadoras:

En primer lugar, **LAGERWEY** (empresa holandesa que hoy pertenece a **ENERCON**) ha desarrollado una grúa y está siendo validada en este primer cuatrimestre de 2021 (https://www.youtube.com/watch?v=XJKoYPAciXU&t=7s).

El **movimiento para ascender de esta solución se basa en cilindros hidráulicos** y se **ancla a la torre mediante dos pinchos que se introducen en nichos, concéntricos.** Esta grúa ha sido diseñada para el montaje de torres de acero.

En favor de HWS y su solución AirCRANE, mencionar que Enercon es un fabricante alemán de torres y turbinas que se hizo con la empresa holandesa LAGERWEY una vez había desarrollado la grúa. Esto quiere decir que la solución únicamente se va a utilizar para la instalación de la propia torre de Enercon.

Por lo que, lejos de ser una competencia para la AirCRANE, es un incentivo para creer en las soluciones trepantes y un reclamo comercial para los potenciales clientes de HWS.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Figura 10 Ejemplo 1 de grúa trepadora

En segundo lugar, **KoalaLifter** está desarrollando una grúa con la característica particular que se abraza a la torre y se sostiene por fricción. Por el momento el diseño está orientado hacia el recambio de palas u otras tareas de mantenimiento. Veremos lo que sucede en los próximos años.

Figura 11 Ejemplo 2 de grúa trepadora

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

4. Sistema AirCRANE

1. Descripción general

HWS ha desarrollado **dos configuraciones** del sistema AirCRANE: las **versiones 165 t y 30 t**.

- La primera de ellas está enfocada a la **instalación completa de la turbina eólica**, incluyendo el montaje de la torre, la nacelle, y el rotor completo.
- Por su parte, la AirCRANE 30 t, es una versión desescalada y está enfocada al **mantenimiento de turbinas.** Por la capacidad de izado y las características de esta solución, es igualmente válida para el sector de la **construcción y edificación**.

El sistema AirCRANE consiste en dos partes: el sistema de **TREPA** y la **GRÚA** unida a él.

El PROCESO DE TREPA es la parte más innovativa. Está dividido en tres subsistemas:

(1) **la estructura principal**: una celosía de acero convencional.

(2) tres elementos que se han denominado '**climbers'**, uno fijo y dos móviles.

(3) **el sistema de anclaje** tanto para hormigón como para acero.

Los 'climbers' son unos **elementos que se anclan a la torre de hormigón mediante dos puntos de apoyo**, introduciendo sus puntas de acero en una cavidad hecha en la torre. En el caso de torres de acero, los climbers se amarrarán sobre unas bridas reforzadas colocadas en la torre.

Los climbers móviles se mueven independientemente a lo largo de la estructura principal y **la correcta combinación de movimientos permite un proceso de trepa sencillo y seguro.**

El diseño de detalle de la AirCRANE se explica en el apartado 4.

Figura 12 Diseño de la AirCRANE

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

2. Colaboradores externos y Proveedores

Durante esta etapa de desarrollo de la AirCRANE, en HWS hemos creado una **red de actores** que se complementa perfectamente con las necesidades que han ido surgiendo a lo largo de este tiempo.

A lo largo de la memoria se van mencionando a todos ellos, pero aquí se recogen todos ellos.

Ingenierías:

- **Ingzero Ingeniería Zero**, ingeniería estructural con más de 20 años de experiencia. (http://ingzero.com/)
- **AVS Added Valued Solutions**, innovación y desarrollo de componentes de alta tecnología. (https://www.a-v-s.es/)
- **XYZ ENGINEERING,** ingeniería de diseño de utillajes y maquinaria especial. (https://xyz-engineering.es/)

Centros tecnológicos:

- **Ikerlan**, centro tecnológico I + D + i. (www.ikerlan.es/)

Fabricante de piezas mecano-soldadas:

- **Amondarain**. (amond-group.com)

Integrador de proyectos industriales:

- **Keytech**. (www.keytech.es/home)

Suministradores de elementos comerciales:

- **IL2**, procesos automáticos
- **Dexis-Tecnomeca** (www.dexis-tecnomeca.com/), **Dexis-Ibérica** (www.dexis-iberica.com)
- **Laucirica**. (www.lauciricatransmisiones.es)
- **VSL**, especialista en postensión y mantenimiento de cables. (https://www.vsl.com/)

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

3. Clientes

El sistema auto-trepante AirCRANE abre el mercado del sector eólico global y nuestros clientes potenciales tiene perfiles diferentes.

Los **promotores de campos eólicos**, porque de alguna manera necesitan reducir los costes de generación eléctrica, que en el caso del sector eólico vienen a través del aprovechamiento del viento y su disponibilidad, las cuales aumenta sustancialmente con la altura y con la potencia instalada.

En resumen, grandes alturas (+165 m) y grandes capacidades de turbina (+ 6 MW), lo que lleva a nuevas soluciones para el montaje de torres e izado de componentes. Además de las ventajas ya comentadas, que reducen la afección sobre el terreno, el transporte necesario, los tiempos muertos por vientos y los tiempos de operación.

Los **fabricantes de turbinas** (OEM), que se encargan de la instalación de la parte superior (Nacelle, Buje, Palas, ...), porque les permitiría ofrecer soluciones más competitivas en el mercado.

Los **fabricantes de torres**, del mismo modo que los OEMs, porque les permitiría ofrecer una solución más competitiva, en este caso para la instalación de la torre.

También las **empresas de operación y mantenimiento** de las turbinas, para recambios de componentes, palas, etc, porque no tendrán que depender de una gran grúa para estas reparaciones puntuales, y podrán trepar las torres con una solución más ligera.

Por último, los **fabricantes de grúas**, en este caso se podría enfocar desde dos puntos. Por un lado, aquellos que desde HWS se les considera competidores, trayéndoles un nuevo competidor al mercado eólico, y por otro lado, a los que pudiesen colaborar con HWS, quienes se beneficiarán de la nueva solución continuando con el negocio o incluso abriendo nuevos mercados.

4. Otros "stakeholders"

Siempre es importante considerar a todas las "partes interesadas" que, por uno u otro motivo, de mejor o peor manera, se ven afectados por la aparición de un nuevo producto que puede cambiar el rumbo de un sector.

Así, además de los mencionados, estarían:

- A las **compañías de seguros**, por la característica técnica de la AirCRANE, convirtiéndola en una **solución fiable y sencilla**.
- A la **sociedad**, impactando directamente en el **medio ambiente**, por la reducción en el transporte y en la afección sobre el terreno de esta solución, con **reducción del CO2** importante.
- A la **industria eólica española**, introduciendo una solución disruptiva local, **fomentando la innovación y la industria nacional.**

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

5. Diseño de la AirCRANE

El diseño de fabricación tiene una capacidad de izado de 30 t, es operable con vientos de hasta 12,5 m/s y está enfocada al **mantenimiento de turbinas**.

Mencionar que el sistema AirCRANE es fácilmente escalable en cuanto a capacidad de izado y permite una rápida adaptación según los requerimientos de los clientes.

En este punto se describen los trabajos de ingeniería y diseño llevados a cabo para la fabricación de la AirCRANE.

Durante este proceso de diseño se ha colaborado con diversas empresas, destacando la participación de:

- Ingzero Ingeniería Zero, ingeniería estructural con más de 20 años de experiencia. (http://ingzero.com/)
- AVS Added Valued Solutions, innovación y desarrollo de componentes de alta tecnología. (https://www.a-v-s.es/)
- XYZ ENGINEERING, ingeniería de diseño de utillajes y maquinaria especial. (https://xyz-engineering.es/)
- Ikerlan, centro tecnológico I + D + i. (https://www.ikerlan.es/)

1. Diseño general

Después de recibir el feedback de clientes y operadores, HWS decidió diseñar el sistema AirCRANE configurable a las **diferentes condiciones de operación** que podría presentar el mercado eólico.

El sistema AirCRANE actual tiene dos partes diferenciadas. Por un lado, la **parte de TREPA**, y por otro lado, la **parte de GRÚA**.

En la **parte de TREPA** destacan los climbers y la celosía principal.

- Los **climbers** son elementos motorizados que **permiten que la AirCRANE escale y se ancle** a la torre. Su diseño depende principalmente de la capacidad de izado y de la transición que pueda tener la torre a medida que subas en altura.
- La **celosía** es una **estructura de acero por la que se desplazan los climbers**. Su longitud depende de los componentes que tenga que elevar.

La **parte de GRÚA** permite realizar los **movimientos de izado** tradicionales. Esta parte es configurable según las necesidades del cliente: tipo de torre, peso de la turbina, longitud de palas, etc, y es independiente de la parte de TREPA, por lo que se adapta fácilmente.

Esta parte de la AirCRANE se ha diseñado con componentes de grúas torre existentes, reduciendo al mínimo el riesgo técnico.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

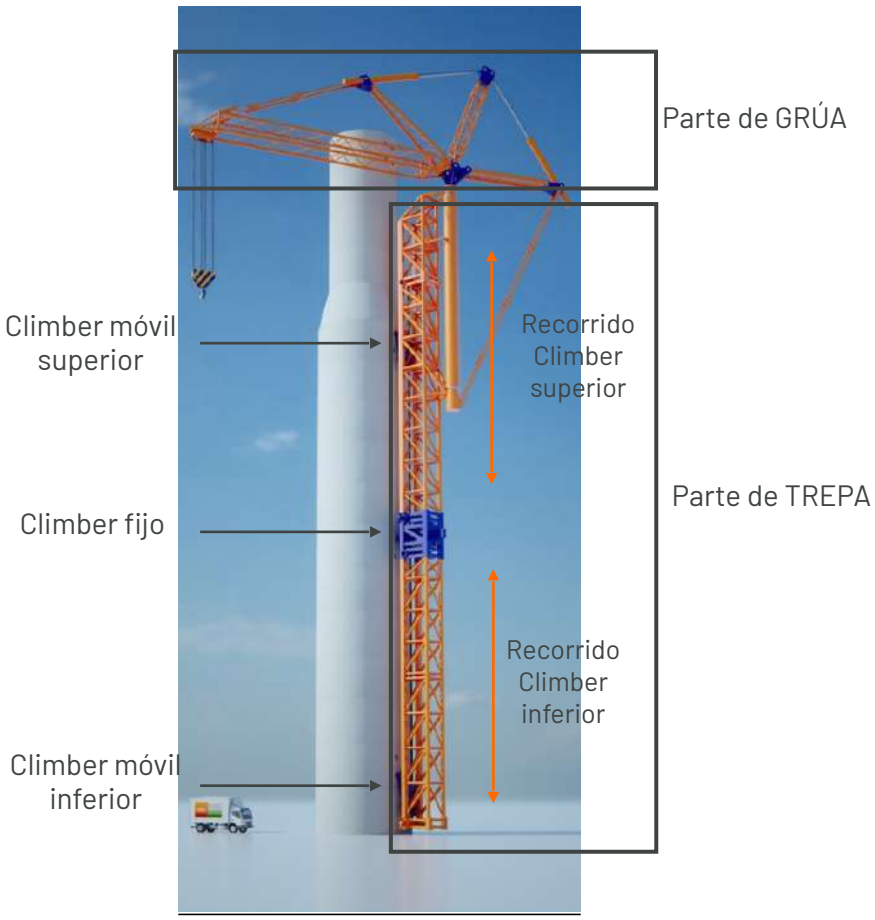


Figura 13 Desglose de las partes del sistema AirCRANE

2. Diseño estructural

Para el diseño definitivo del sistema, se han realizado los análisis estructurales apropiados utilizando el **método de elementos finitos** 'Finite Element Method (FEM)' y se ha colaborado con dos ingenierías. La ingeniería XYZ ha realizado el **análisis de los tres climbers** y la ingeniería cántabra IngZero ha estudiado el **comportamiento de la celosía**.

El **objetivo** de los estudios FEM ha sido conocer el **comportamiento estructural** de la AirCRANE bajo las **cargas de trabajo reales**. Para ello, se han elaborado los diferentes escenarios en los que va a verse sometida la AirCRANE, a lo que se les llama **'Casos de carga'**.

Al tratarse de una grúa que trepa y además realiza tareas de izado, se dan diferentes casos de carga. A continuación, se muestran algunos de los **estudios realizados**.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

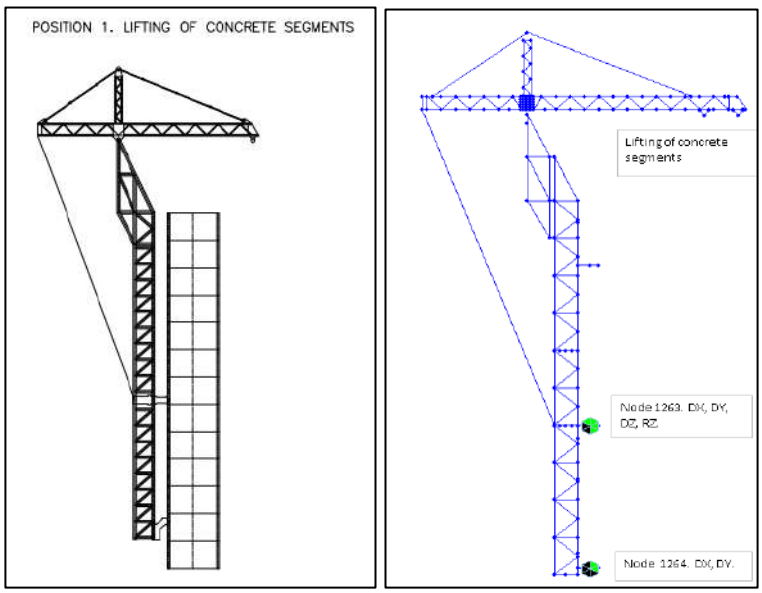


Figura 14 Ejemplo caso de carga de reacciones en climbers

Figura 15 Ejemplo resultado FEM de la celosía

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

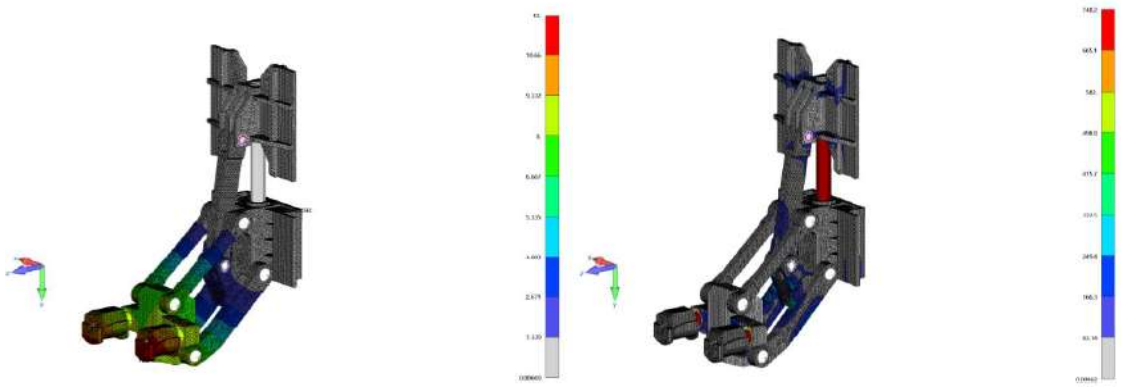


Figura 16 Ejemplo resultados FEM del climber superior

Tras obtener y estudiar todos los casos analizados, se han **validado los resultados y los diseños** creados.

3. Diseño mecánico

Elementos integrados

HWS ha mantenido la postura de ofrecer al mercado una **solución sencilla y viable**. Esta sencillez se ha conseguido basando el diseño de la AirCRANE con **componentes comerciales estándares**. Esto quiere decir que, la AirCRANE no dispone de elementos especiales, lo que supondría diseños customizados, grandes plazos de entrega y precios desorbitados.

Los componentes principales que la componen son: cadenas, motorreductores, piñones, husillos...

Diseño de fabricación

Una vez diseñada la AirCRANE, analizado el comportamiento operativo y dimensionado los componentes que dan movimiento al sistema, se han elaborado los **planos de fabricación**. Estos planos han sido necesarios y exigidos por la empresa encargada de realizar la fabricación de la AiRCRANE.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

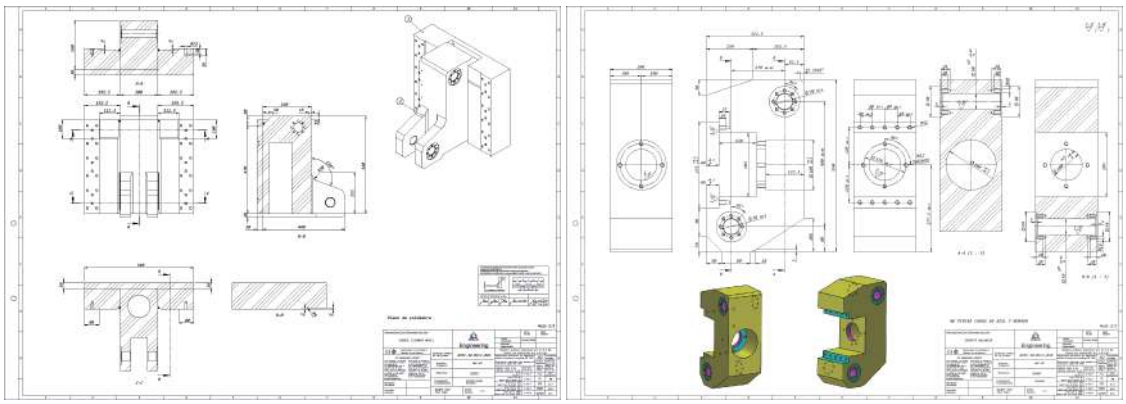


Figura 17 Planos de fabricación de la AirCRANE 30 t

4. Condiciones ambientales

La AirCRANE está diseñada para trabajar en el exterior bajo **condiciones ambientales extremas** (nieve, lluvia, ...) y debe ser operativa en un rango de temperaturas entre -20º y 50º C.

Actualmente, las grúas tradicionales están **limitadas a los 8-10 m/s** dependiendo de la operativa que se realice. Esto hace que las grúas deban estar **fuera de servicio** durante horas y el coste que ello conlleva.

En este aspecto, el diseño de la AirCRANE permite **vientos de hasta 12,5 m/s (45 km/h)**, lo que supone una mejora sustancial, ya que aumenta considerablemente el **rendimiento** de la máquina.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

6. Primera unidad de la AirCRANE

HWS Concrete Towers S.L. ha desarrollado una grúa auto-trepante finalizando su proyecto en el último trimestre de 2020. Este proyecto ha recibido financiación del **"Horizon 2020 research and innovation" de la Comisión Europea** bajo el acuerdo de subvención **Nº 804858 "H2020-SME Instrument Phase 2" (**https://cordis.europa.eu/project/id/804858**).**

Por las características del proyecto, HWS ha fabricado la primera unidad de su grúa auto-trepante **AirCRANE 30 t**, para el **cambio de palas y el mantenimiento** de las turbinas eólicas.

La primera unidad de la AirCRANE ha sido diseñada para la trepa en **torres de hormigón**, por las características del sistema de anclaje, y HWS se encuentra en fase de desarrollo de la solución para **torres de acero**.

1. Fabricación

Estructuras metálicas

La primera unidad fabricada se ha llamado **AirCRANE 30 t**. Esta se ha fabricado en colaboración con el **Grupo Amondarain** (amond-group.com). El proceso puramente de calderería comenzó en Mayo de 2020 y tuvo lugar en Zizurkil (Guipúzcoa), con una duración aproximada de 4 meses para la totalidad de las piezas.

Figura 18 Estructuras mecano-soldadas en fase inicial

La AirCRANE está diseñada para **trabajar al aire libre** en cualquier condición meteorológica, por lo que es un **ambiente húmedo y corrosivo**. Las piezas fabricadas llevan diferentes **tratamientos**: térmicos, superficiales, procesos de soldadura, etc.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Figura 19 Piezas de la AirCRANE con procesos de soldadura y tratamientos superficiales

Figura 20 AirCRANE con procesos de pintura

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Figura 21 Componentes de la AirCRANE bajo tratamiento de rectificado y térmicos

Elementos comerciales

La AirCRANE, además de lo puramente estructural, también incluye algunos elementos comerciales, encargados de dar **movimiento a la máquina**. Estos elementos han sido suministrados por: **DEXIS-Tecnomeca** (http://www.dexis-tecnomeca.com/), **Laucirica** (https://lauciricatransmisiones.es/) y **VSL** (https://www.vsl.com/).

Dexis Tecnomeca ha suministrado los **motorreductores principales**, de la firma **Chiaravalli**. Por su parte, Laucirica ha sido el suministrador de los **motorreductores secundarios Bonfiglioli**. Y VSL se ha hecho cargo de los **tendones** que se han colocado en la pluma de la grúa.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

2. Integración

Una vez fabricado y recepcionado todo el material, se ha realizado la **integración completa** de la AirCRANE. **Keytech** (https://www.keytech.es/home), empresa especializada en proyectos integrados del Grupo Amondarain, ha sido la encargada de realizar el **montaje y puesta a punto** en sus instalaciones de Lekumberri, Navarra.

A continuación, una recopilación de imágenes de lo que ha sido el proceso de integración.

Figura 22 Proceso de montaje de los climbers móviles

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

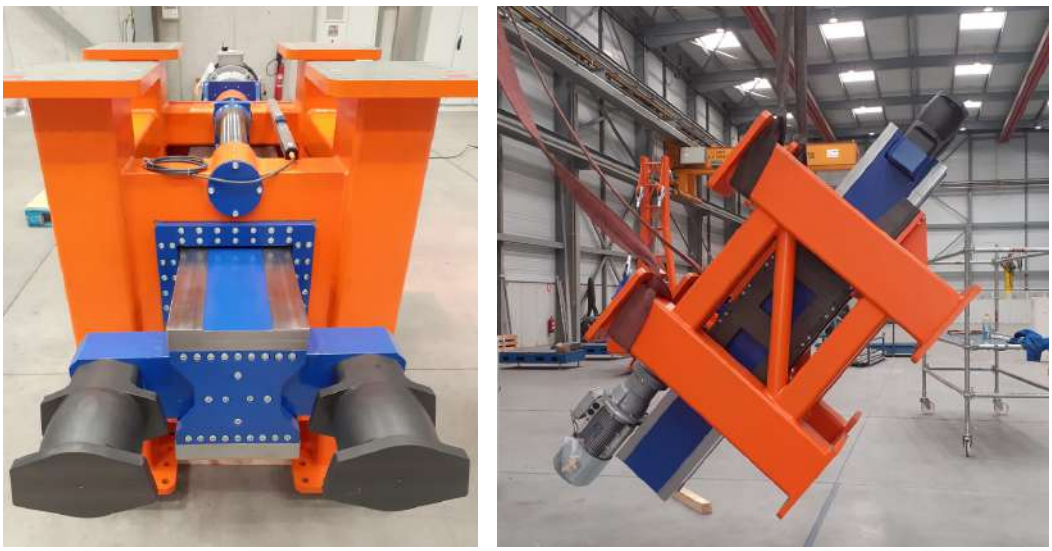


Figura 23 Proceso de montaje del climber fijo

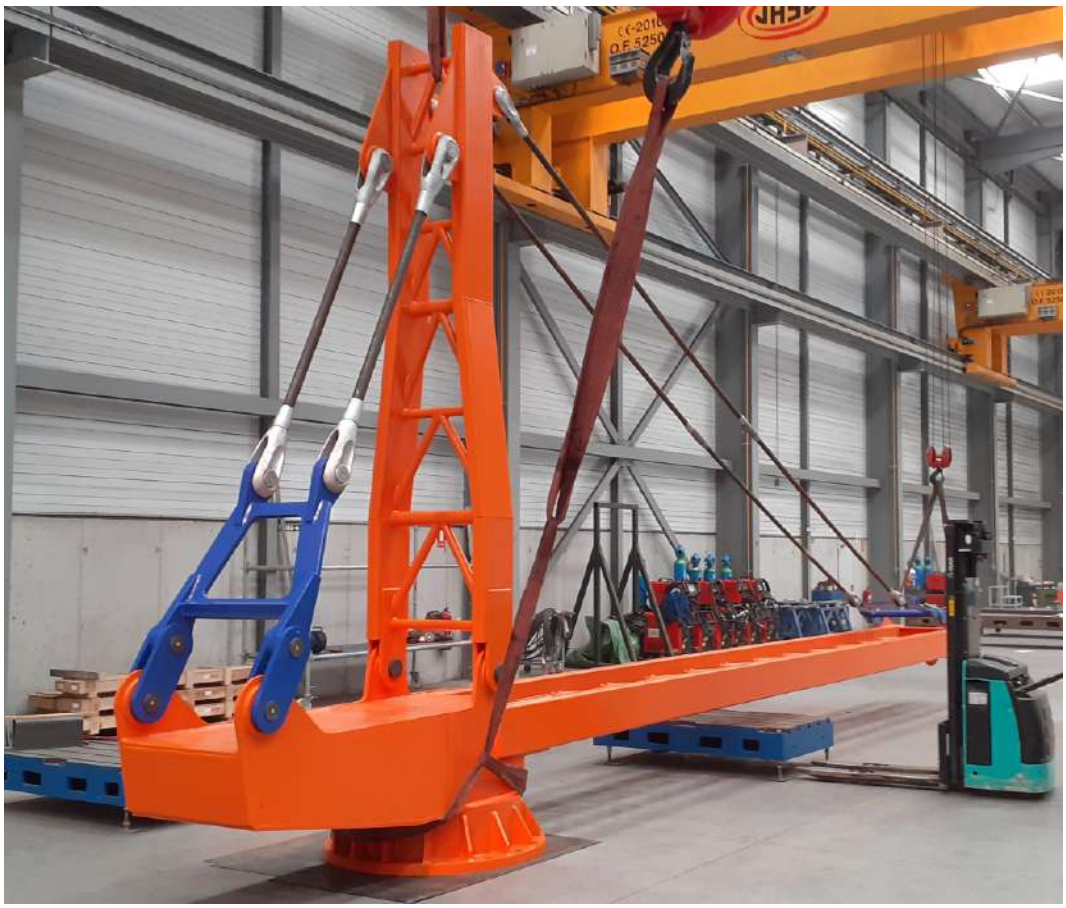


Figura 24 Proceso de montaje de la parte de grúa

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Figura 25 Primera unidad AirCRANE 30 t finalizada

Figura 26 Visión general de la AirCRANE 30 t

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Figura 27 Visión general de la AirCRANE 30 t

Durante la integración se ha realizado una **inspección interna** para **verificar y validar** que el producto final se ajusta a los **criterios de diseño**. Posteriormente, se ha realizado una inspección con un experto para su **certificación oficial**.

3. Certificación / Marca-CE

El **'Marcado CE'** es un **marcado europeo** obligatorio para maquinaria y equipos que demuestra que el fabricante ha evaluado el producto y se considera que este cumple los **requisitos** de **seguridad, sanidad y protección del medio ambiente** exigidos por la **Unión Europea**. El marcado CE es obligatorio para los productos fabricados en cualquier lugar del mundo que vayan a **comercializarse en la UE**.

Sin embargo, los **prototipos no requieren del marcado CE**, ya que estos no pueden comercializarse ni utilizarse en el mercado. A pesar de que la AirCRANE 30 t no necesitaba de este marcado, **HWS ha decidido realizar el trabajo requerido para obtener el marcado de la máquina**.

Hay que agradecer la colaboración de **TÜV-Rheinland** (https://www.tuv.com/spain/es/), empresa de certificación de conocido prestigio a nivel mundial, que ha sido la encargada de **evaluar la conformidad de la AirCRANE**. El procedimiento para evaluar la AirCRANE se ha realizado en base a la **'Declaración de Conformidad'** según el Anexo VII de la **Directiva de Máquinas 2006/42/CE**.

El procedimiento de evaluación de conformidad de la máquina recoge la revisión del **Expediente Técnico** y los **tests de funcionamiento** de la AirCRANE 30 t.

Además de TÜV-Rheinland como evaluador de la máquina, **INVEMA** (https://www.afm.es/es/empresas/partners/invema) y **GEMINYS** (https://geminys.com/) han colaborado como **asesores** en la preparación de la documentación del 'Expediente Técnico' para la certificación.

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

Expediente Técnico

El 'Expediente Técnico' recoge lo necesario para **verificar** que el producto ha sido **diseñado según las directrices y regulaciones de la UE**. Entre otra documentación, incluye los planos de seguridades, la Evaluación de riesgos, el Manual de instrucciones y la Declaración CE de productos incorporados en la AirCRANE (motores, equipo eléctrico, ...).

Tests de validación

Cualquier producto comercial debe ser **testeado y validado** antes de obtener el correspondiente marcado CE. Al tratarse de una nueva tecnología, no hay estándares que especifiquen las pruebas que se deben llevar a cabo.

En este aspecto, HWS ha definido un **protocolo de pruebas** para la AirCRANE 30 t para comprobar la **funcionalidad** de la AirCRANE, y TÜV-Rheinland ha estado presente durante las pruebas realizadas.

Evaluación de TÜV-Rheinland

Tras revisar toda la documentación arriba mencionada y asistir al testing de la AirCRANE en la fábrica, TÜV-Rheinland ha emitido el **certificado de 'Evaluación de Conformidad según el Anexo VII de la Directiva 2006/42/CE'.**

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

TÜVRheinland®

Document Nº.: DM.ARA.20-00014233

CERTIFICATE

Conformity Assessment
according to Annex VII to Directive 2006/42/EC
Evaluación de Conformidad
según el Anexo VII de la Directiva 2006/42/CE

TUV Rheinland Ibérica Inspection, Certification and Testing, S.A. certifies that the review documentation of above equipment meets the requirements provided for in Annex VII, A. Technical file for machinery of the European Directive cited above.
TÜV Rheinland Ibérica Inspection, Certification and Testing, S.A. certifica que la documentación revisada del equipo mencionado satisface los requisitos dispuestos en el Anexo VII, apartado A. Expediente técnico de la máquina de la Directiva anteriormente citada.

Certificate Owner:
Propietario del Certificado:
HWS CONCRETE TOWERS, S.L.
Portuebxe 31, 2nd floor, office 8
20018 San Sebastian (Gipuzkoa – Spain)

Manufacturer:
Fabricante:
HWS CONCRETE TOWERS, S.L.
Portuebxe 31, 2nd floor, office 8
20018 San Sebastian (Gipuzkoa – Spain)

Description:
Descripción:
AirCRANE 30 t

Report Number and Date:
Número de informe y fecha:
DM.ARA.20-00014233, 18.12.2020

This machine is not listed in Annex IV of Directive 2006/42/EC
Esta máquina no figura en el Anexo IV de la Directiva 2006/42/CE

This certificate shall become invalid due to design changes, procedural changes in the law or regulations. The manufacturer must inform TÜV Rheinland Ibérica Inspection, Certification & Testing, SA any design changes planned.
Este certificado perderá su validez debido a cambios de diseño, procedimiento, cambios en la legislación o en la normativa aplicable. El fabricante deberá poner en conocimiento de TÜV Rheinland Ibérica Inspection, Certification & Testing, S.A. cualquier cambio de diseño previsto.

Zaragoza, 18.12.2020

TÜV Rheinland Ibérica Inspection, Certification & Testing, S.A.
Parc de Negocis Mas Blau - Ed. Oceano c/ Garrotxa, 10-12
E-08820 El Prat de Llobregat - España
+34 934 781 131
+34 934 780 788
e-mail: info@tuv.es

8-F2.005.07 1/1 Rev.: 0 22.11.2011

Figura 28 Certificado de evaluación de conformidad de la AirCRANE 30 t emitido por TÜV-Rheinland

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

7. Conclusión

En el presente informe se han recogido los puntos más relevantes de la solución AirCRANE desarrollada por HWS como una grúa auto-trepante destinada al montaje y mantenimiento de turbinas eólicas.

Se han presentado los problemas actuales del mercado eólico, la necesidad de nuevos productos, así como los competidores tanto actuales como los que, al igual que HWS, desarrolla nuevas soluciones.

Se ha hecho hincapié en las fortalezas que presenta el sistema AirCRANE y las ventajas competitivas que ofrece. Además, se han mencionado tanto las alianzas creadas como los potenciales clientes que pueda atraer esta solución. También se ha mostrado el mercado actual y el mercado objetivo en el que ha entrado la AiRCRANE.

Por último, se ha resumido el proceso de diseño y la fabricación de la primera unidad a escala real, concluyendo con la certificación oficial de la AirCRANE 30 t.

Durante este proceso, se han aprendido muchos aspectos que serán considerados en futuros desarrollos de HWS.

Como conclusión, la AirCRANE es una solución innovadora con un claro potencial para contribuir al desarrollo del sector eólico. El mercado, como se ha visto, es muy amplio, y tiene perspectiva de aplicación a corto plazo.

HWS Let's Build Smarter aircrane

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only

8. Vídeo comercial

La siguiente imagen es la primera visión del video donde se muestra el sistema de trepa y la primera unidad en fábrica. Link: http://www.hwstowers.com/aircrane/

9. Referencias

- **HWS Concrete Towers S.L., San Sebastián, Spain**
  www.hwstowers.com

- **IRENA – International Renewable Energy Agency, Octubre 2019.**
  Future of Wind – A Global Energy Transformation paper

- **Ryan Wiser, Mark Bolinger and Erik J. Lantz. 14 Junio de 2019.**
  Assessing Wind Power Operating Costs in the United States: Results from a Survey of Wind Industry Experts (osti.gov)

- **REN21 Secretariat, Paris. Mayo de 2020.**
  RENEWABLES 2020 – Global Status Report

CONFIDENTIAL ©HWS. For authorized use only