



# Áreas de interés y sinergias REOLTEC – PLATEA

Secretaría técnica de REOLTEC  
16-7-2021



## Contenido

<b>1. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Resumen de las líneas de actuación del sector del acero (PLATEA) .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Necesidades identificadas por los miembros de REOLTEC a través de los formularios de consulta.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Conclusiones.....</b>	<b>11</b>



## **1. Introducción**

Las Plataformas Tecnológicas de sector Eólico (REOLTEC) y del Acero (PLATEA) han establecido un marco de colaboración para analizar las necesidades del sector eólico en relación con los componentes que utilizan el acero como materia prima.

Para ello se distribuyeron unos formularios de consulta a los miembros de REOLTEC con el objetivo de identificar las prioridades del sector eólico respecto del acero, tanto en aplicaciones offshore como en onshore. Posteriormente se han organizado varias reuniones conjuntas PLATEA-REOLTEC para la puesta en común de líneas de trabajo, necesidades y puntos de interés entre empresas y organizaciones de ambos sectores.

En este documento se exponen las conclusiones más relevantes de este proceso.

## **2. Resumen de las líneas de actuación del sector del acero (PLATEA)**

El acero constituye una de las materias primas más importantes para la industria eólica. En las siguientes imágenes se indican los puntos críticos de los componentes de acero en aerogeneradores y estructuras que afectan tanto a la eólica terrestre como a la eólica marina.

## Onshore Wind Farms

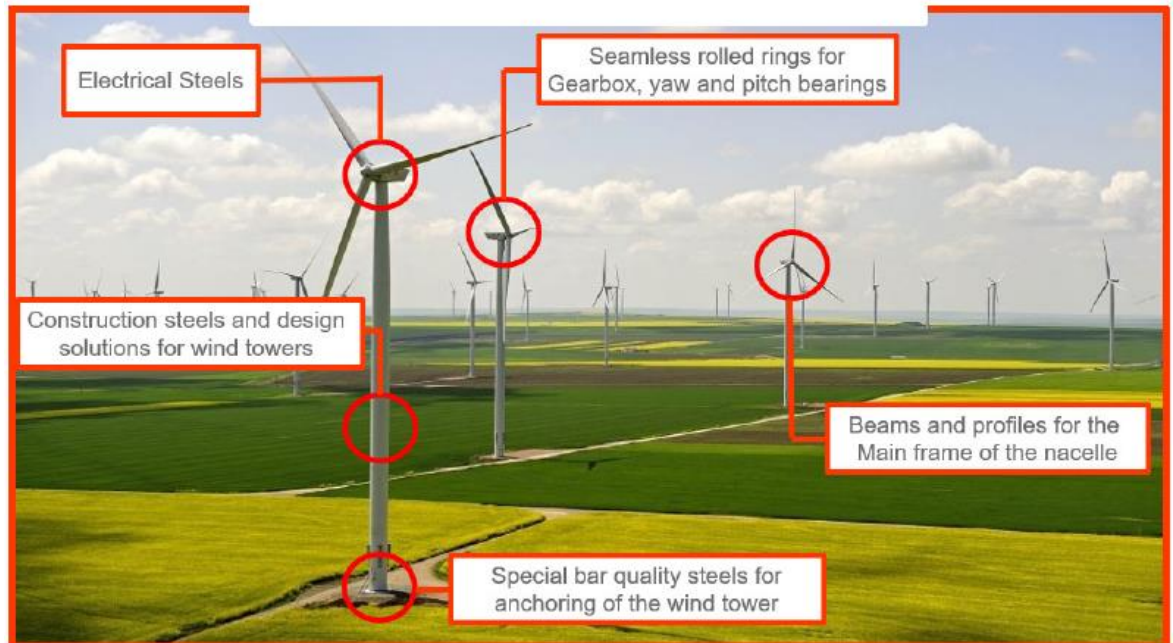


Imagen 1. Puntos críticos para Onshore

## Offshore Wind Farms

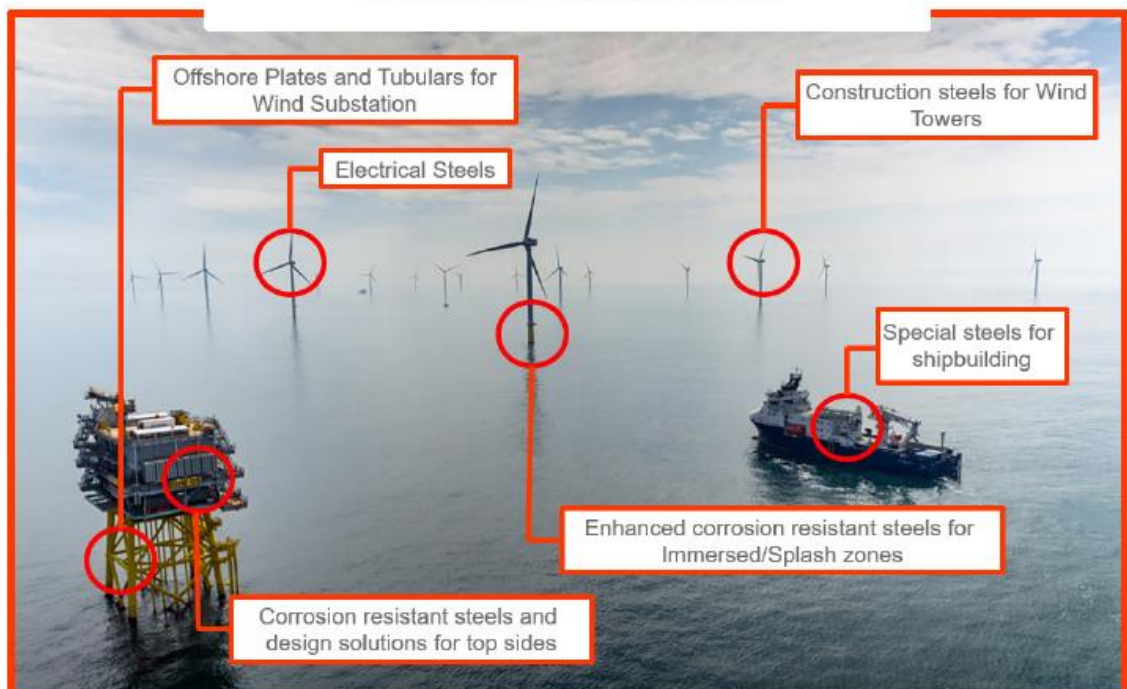


Imagen 2. Puntos críticos para Offshore



En las reuniones PLATEA – REOLTEC, por parte del sector del acero han participado las siguientes empresas:

- **ArcelorMittal**, compañía siderúrgica mundial.
- **Sidenor**, empresa española dedicada a la industria siderúrgica.
- **Tubacex**, grupo industrial español especializado en la producción de tubos sin soldadura, de acero inoxidable y altas aleaciones de níquel.
- **Celsa Group**, multinacional europea líder en productos largos de acero.

Todas ellas están desarrollando diferentes líneas de trabajo relacionadas con el sector eólico. A continuación, se resumen las más relevantes:

1. Mejora de las propiedades de los componentes, en cuanto a resistencia a la fatiga, corrosión, soldaduras, etc:

- Aceros de alta resistencia para el montaje de cimentaciones y conexiones de torres de aerogeneradores.
- Obtención de aleaciones más económicas y métricas más grandes, en aceros con destino a grandes componentes.
- Incorporación de metales del grupo de las tierras raras, que permitan controlar el tamaño de grano manteniendo las características mecánicas y mejorando la difusividad del carbono durante el proceso de carburación.
- Aceros corrugados para las zapatas de los aerogeneradores.
- Desarrollo de nuevos productos como por ejemplo aceros al carbono recubiertos por ambos lados con una aleación de cinc-aluminio-magnesio que sean muy resistentes a la corrosión a la vez que se reducen los costes con respecto a los aceros galvanizados en discontinuo.



- Recubrimientos cerámicos que sean resistentes a la corrosión en diferentes medios y condiciones térmicas, alta resistencia a la abrasión, propiedades anti-adherentes y antiincrustantes

## 2. Eólica marina:

- Diseño de nuevas soluciones de amarre (mooring) para plataformas flotantes, basadas en sistemas de tendones sin soldadura ya utilizados en los sectores del oil & gas, y que mejoran la resistencia a la fatiga y la corrosión.
- Aceros resistentes a la corrosión para plataformas de las turbinas, como por ejemplo la optimización de recubrimientos superficiales resistentes a la corrosión.
- Desarrollo y fabricación de aceros avanzados más sostenibles para cables marinos, así como elementos de fijación/conexión en instalaciones eólicas offshore/onshore a través de tecnologías de inteligencia artificial y procesos de baja huella de carbono, por ejemplo, a través de la monitorización en tiempo real del estado tensional del material.
- Análisis de la aplicabilidad de acero inoxidable para aplicaciones de eólica marina.

## 3. Colaboración activa con la cadena de suministro completa y desarrollo de productos sostenibles:

- A través de innovadores sistemas de certificación de acero ecológico, con el fin de que se reduzcan el número de emisiones de CO2 perjudiciales para el medio ambiente
- desarrollar materiales avanzados capaces de mejorar significativamente la eficiencia energética y, por lo tanto, reducir las emisiones de CO2.

## 4. Innovación:



- Desarrollo de “aceros inteligentes”, capaces de proporcionar información en tiempo real sobre el estado de los componentes.
- Desarrollo de acero personalizados, “aceros a la carta” bajo demanda, con el objetivo de incrementar la resistencia al impacto y mejorar las propiedades físicas del producto dependiendo de su utilización

### **3. Necesidades identificadas por los miembros de REOLTEC a través de los formularios de consulta**

A continuación, se resumen las principales necesidades identificadas dentro del sector eólico en relación con el acero, recopiladas a través de las respuestas a los formularios distribuidos a los miembros de REOLTEC y en las reuniones conjuntas PLATEA-REOLTEC.

Las entidades participantes por parte del sector eólico (Reoltec) han sido:

- **Tecnalia**, centro de investigación y desarrollo tecnológico de España
- **Tekniker**, centro tecnológico especializado en tecnologías de Fabricación Avanzada, Ingeniería de Superficies, Ingeniería de Producto y TICs y en su transferencia a la empresa.
- **Firovi SA**, sociedad holding inversora en nuevas tecnologías, disruptivas y sostenibles.
- **W'wave**, empresa de tecnología limpia que diseña y suministra sistemas de energía eólica concentrada.
- **Naturgy**: empresa española que opera en los sectores eléctrico y gasístico.
- **Universidad de Castilla la Mancha**: La Universidad de Castilla-La Mancha es una universidad pública española en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha con campus en Albacete, Cuenca, Ciudad Real y Toledo.



La tendencia actual en el sector eólico es aumentar la potencia individual por aerogenerador, lo que se consigue aumentando la longitud de las palas y, por tanto, la altura y tamaño de las torres. Para mantener la rigidez de estas ha de aumentar también el diámetro y el espesor de los diferentes cuerpos de la torre. Sin embargo, cuanto mayor es la sección o espesor de las chapas o piezas, mayor es la pérdida de las propiedades mecánicas al enfriarse éstas de manera más lenta tras su conformado en caliente.

Una de las propiedades mecánicas más afectada es la tenacidad<sup>1</sup>, cuyos valores pueden caer de forma muy relevante, especialmente a bajas temperaturas, llegando a provocar el colapso de la torre si las condiciones de viento son extremas. Por tanto, desde las empresas y centros tecnológicos se indica la importancia de asegurar los valores de tenacidad de los aceros estructurales tipo S355, pensando que en las estructuras off-shore la combinación de bajas temperaturas y fuertes rachas de viento puede no ser inusual en determinadas localizaciones (Atlántico norte, por ejemplo). Por ello, es importante que los fabricantes proporcionen información sobre la tenacidad del acero a diferentes temperaturas para que se puedan dimensionar correctamente los componentes de la torre. Señalan también la importancia de disponer de un análisis preliminar de diversas propiedades del acero, como por ejemplo la resistencia al desgaste, curvas de fatiga, etc.

En general todas las respuestas recibidas coinciden en que necesitan aceros que ayuden a aligerar el peso, más resistentes al desgaste y a entornos de alta humedad, con mejores propiedades mecánicas, alta resistencia a la fatiga, de fácil reparación y que contribuyan a reducir costes. También se menciona la necesidad de que sean compatibles con recubrimientos de barrera anticorrosión, anti-desgaste, difusión de H<sub>2</sub> para componentes mecánicos y recubrimientos anticorrosión y anti fouling para componentes estructurales.

Asimismo, se identifican las siguientes vías de mejora en base a las principales averías detectadas relacionadas con el acero en aerogeneradores:

---

<sup>1</sup> capacidad de oponer resistencia a romperse o deformarse





- **Torre del acero:** defectos en la soldadura de unión del último tramo de la torre con la corona de orientación. Se requieren aceros con alto límite elástico, ligeros y con buenas propiedades de soldadura y conformabilidad.
- **Bastidores de la Nacelle:** fisuras en los cordones de soldadura de estas piezas.
- Fisuras en el **eje lento** en la zona de trabajo del rodamiento.
- La multiplicadora sufre grandes esfuerzos, llegando a gripar rodamientos y engranajes. En algunos casos se puede llegar a dañar la carcasa, que suele ser de fundición.

Consideran que la información que debe ofrecer un acero en tiempo real, así como durante su tiempo de servicio, afecta al nivel de corrosión, de desgaste y presencia de grietas. En componentes mecánicos destacan la monitorización de la temperatura en contacto contra material, vibraciones, etc. Por ello, insisten en que sería ideal contar con una monitorización continua y autonomía prolongada en el tiempo.

En cuanto a “nuevos ambientes”, como el entorno marino, los principales factores de degradación adicionales a los contemplados en eólica terrestre son la **corrosión** y el **bio-fouling**.

En el caso de la **corrosión**, la principal característica es el medio en el que se instalan las estructuras off-shore, ya que el agua es elemento corrosivo más relevante que existe en la naturaleza. Además, la corrosión afecta a toda la estructura construida en acero, aunque de forma diferente según su exposición al medio marino. La forma habitual de minimizar o retardar los efectos de la corrosión es mediante la aplicación de recubrimientos protectores y el sobredimensionamiento de los espesores. En el campo de los recubrimientos se vienen haciendo múltiples desarrollos, pero no hay mucha información sobre estudios destinados a la mejora de la resistencia a la corrosión del propio acero base sobre el que se aplican los recubrimientos. Estos se van degradando con el tiempo y llega un momento en que la corrosión ataca directamente al acero,



por lo que una mejora de su capacidad resistiva frente a la corrosión permitiría alargar la vida útil de la estructura.

En el caso del **bio-fouling**, a diferencia de lo que ocurre en estructuras dinámicas como son los barcos, la flora y fauna marina se asientan sobre estructuras fijas en el mar, por lo que sería necesario actuar en dos vías para eliminarlo o minimizarlo: por un lado, en sistemas vibratorios que hagan desprenderse al biofouling ya adherido a la estructura y, por otro lado, en métodos que inhiban el crecimiento de organismos vivos. Una potencial línea de trabajo sería la introducción de elementos inhibidores dentro del propio acero mediante la introducción de aleantes incompatibles con la vida marina.

En resumen, los principales requisitos esperados por el sector eólico afectan al aligeramiento de peso, a la mayor resistencia al desgaste, corrosión y fatiga, mejores propiedades mecánicas, fácil reparabilidad / soldabilidad y reducción de costes.

Por último, se adjunta a continuación el Roadmap, elaborado por EMIRI (Energy Materials Industrial Research Initiative), que muestra los retos de los materiales para la eólica offshore:

Grupo de Trabajo	Retos propuestos en EMIRI
<b>1. Materiales avanzados para reducir peso en las turbinas</b>	Nuevos materiales o multi-materiales que permitan incrementar el tamaño de las palas garantizando sus propiedades mecánicas y estructurales y su durabilidad. Optimización de tecnologías de unión para facilitar el uso de componentes de gran tamaño
<b>2. Materiales avanzados para reducir erosión y corrosión en partes estructurales</b>	Desarrollo de nuevos esquemas de protección que aumenten la durabilidad y la resistencia a la corrosión reduciendo el espesor de los mismos. Mejora de la resistencia a la abrasión y a la erosión. Desarrollo de nuevos procedimientos de ensayo acelerados
<b>3. Materiales avanzados para reducir el contenido de materiales críticos en los componentes del drivetrain</b>	Nuevos materiales que sustituyan los llamados Critical Row Materials (CRM)
<b>4. Materiales avanzados para mejorar la durabilidad de las palas</b>	Alargar la durabilidad de las palas es un factor crítico para reducir costes de mantenimiento. Para ello se plantea el desarrollo de recubrimientos resistentes a la erosión, a la radiación UV, anti hielo, auto reparables, anti erosión, etc. Desarrollo de modelos predictivos
<b>5. Materiales avanzados para mejorar la durabilidad de los componentes del drivetrain</b>	Mejora del comportamiento de componentes mecánicos críticos reduciendo fallos convencionales: pitting, scuffing, WEC, fragilización por hidrógeno, etc. Desarrollo de lubricantes medioambientalmente aceptables y no tóxicos
<b>6. Materiales avanzados para mejorar la durabilidad de las cimentaciones</b>	Selección de materiales adecuados para diferentes tipos de localizaciones geográficas, resistencia a altas cargas, a fatiga, a la corrosión, al fouling. Empleo de materiales reciclables. Optimización de conectores y zonas soldadas
<b>7. Materiales avanzados para mejorar la durabilidad de los cables y sistemas de fondeo</b>	Reducir sobredimensionamiento mediante el desarrollo de nuevas calidades de acero y recubrimientos que aumenten la vida a fatiga de las líneas de fondeo, el desgaste y el deterioro por corrosión o adhesión de fouling
<b>8. Desarrollos para mejorar la reciclabilidad de materiales de la turbina</b>	Reciclabilidad de materiales. Uso de sensórica embebida.
<b>9. Desarrollos para mejorar la reciclabilidad de los componentes del drivetrain</b>	Optimización de los diseños desde la fase inicial para tener en cuenta el uso adecuado de materiales

Tabla 1. Roadmap, retos para los materiales de eólica offshore



#### 4. Conclusiones

A partir de la información sacada de las respuestas de los formularios y de la reunión win-win entre los socios de PLATEA y REOLTEC hemos obtenido las siguientes conclusiones:

1. El acero de buena calidad y competitivo en costos es fundamental para el éxito de la fabricación de la industria de energía eólica en Europa.
2. Las empresas del sector del acero están trabajando en mejorar la lucha contra la corrosión, así como mejorar el comportamiento del acero a fatiga y soldadura a través de nuevos productos. Esta son necesidades claras que se han mencionado desde el sector eólico.
3. También se está trabajando en aumentar la resistencia de los materiales para así poder hacer frente a la tendencia actual del sector eólico de aumentar la longitud de las palas y el tamaño de las torres. Se buscan aceros que aligeren el peso y resistentes a entornos de alta humedad.
4. Un nicho de mercado puede ser el del acero inoxidable, sobre todo en eólica offshore, pero todavía está en fase de análisis, donde el principal inconveniente que ven desde el sector eólico es el coste.
5. Desde el sector del acero están apostando por productos innovadores y sostenibles que reduzcan la emisión de CO<sub>2</sub>
6. Se están desarrollando aceros de alta resistencia para el montaje de cimentaciones y conexiones de torres de aerogeneradores.
7. Trabajan en líneas enfocadas a aleaciones más económicas y métricas más grandes y en aceros con tierras raras que permitan controlar el tamaño de grano manteniendo las características mecánicas
8. Recubrimientos cerámicos que sean resistentes a la corrosión en diferentes medios y condiciones térmicas, alta resistencia a la abrasión, propiedades anti-adherentes y antiincrustantes...



9. La eólica marina constituye un sector de elevado potencial para el desarrollo de nuevas aplicaciones y soluciones de acero que mejoren las prestaciones de resistencia a la fatiga y a la corrosión, relacionadas, entre otros componentes, con las plataformas flotantes, los sistemas de amarre y anclaje (mooring), y cableados submarinos.
10. Las empresas y centros tecnológicos del sector eólico indican que sería importante asegurar los valores de tenacidad de los aceros estructurales, sobre todo en aplicaciones off-shore.
11. Las empresas del sector del acero también están trabajando en la monitorización del material. Desde el sector eólico necesitan que informen en tiempo real, así como durante su tiempo de servicio, en relación con el nivel de corrosión, de desgaste y presencia de grietas