

INNOVACIÓN EN EL SECTOR EÓLICO

Informe 2000-2020

Contenido

1. Objetivo e Introducción.....	3
2. Esquema del estudio	3
3. Metodología	3
4. Clasificación Internacional de Patentes	5
5. Complejidad para clasificar una patente.....	6
6. Análisis de patentes	8
6.1 F03D 3/06 – Rotores.....	8
6.1.1 Evolución histórica global.....	8
6.1.2 Influencia de los fabricantes	9
6.1.3 Tendencia histórica	10
6.2 F03D 7 Control de los motores de viento.	13
6.2.2 Influencia de los fabricantes	14
6.2.3 Tendencia histórica.....	15
6.2.4 Análisis.....	16
6.3 F03D 15 Transmisión de energía mecánica.....	17
6.3.1 Evolución histórica global	18
6.3.2 Influencia de los fabricantes	19
6.3.3 Tendencia histórica.....	20
6.3.4 Análisis.....	21
6.4 F03D 17 Monitorización	22
6.4.1 Evolución histórica global	23
6.4.2 Influencia de los fabricantes	24
6.4.3 Tendencia histórica.....	25
6.4.4 Análisis.....	26
6.5 H02J 3/18 Electrónica de potencia (control de tensión).....	27
6.5.1 Evolución histórica global	28
6.5.2 Influencia de los fabricantes	29
6.5.3 Tendencia histórica.....	30
6.5.4 Análisis.....	31
6.6 H02P 9 Disposiciones para el control de los generadores eléctricos y la electrónica de potencia para cumplir con los códigos de red	32
6.6.1 Evolución histórica global	33
6.6.2 Influencia de los fabricantes	34

6.6.3 Tendencia histórica.....	35
6.6.4 Análisis.....	36
7. Tendencias de mercado	37
7.1 Mercado actual	37
7.2 Zonas de interés	39
7.3 Turbinas comercializadas actualmente.....	39
7.4 Evolución del mercado eólico	41
8. Conclusiones.....	44
9. Referencias.....	45



1. Objetivo e Introducción

Se podría enunciar que las patentes son la forma tangible de analizar la innovación desarrollada por un centro de investigación, una universidad, una empresa, y por extensión, de un sector.

Esta afirmación no es del todo cierta, puesto que no toda la innovación que se genera en diferentes estudios se patenta: se pueden desarrollar artículos científicos o divulgativos, se pueden generar códigos o “recetas” que son protegidas mediante secreto industrial, o bien, se pueden almacenar bajo llave las conclusiones generadas.

No obstante, una patente es un derecho adquirido por la persona (delegado a una empresa normalmente, cuando esta se desarrolla en el ámbito laboral) que ha realizado una invención, el derecho a la explotación comercial de ésta durante 20 años, con el objetivo de que esta ventaja competitiva sirva para que la persona (o empresa) recupere la inversión realizada en el desarrollo del producto.

Es por ello, que, en un entorno puramente industrial como el Sector Eólico, donde el objetivo es capturar la mayor cantidad de energía al menor coste, toda innovación que suponga una ventaja para una empresa, y, a la vez, un obstáculo para la competencia al tener la exclusividad de esta invención, va a ser patentada.

En base a esta justificación, se plantea el estudio de las patentes del sector eólico como mecanismo de análisis del potencial innovador de los participantes en el mismo.

2. Esquema del estudio

Tras la información recopilada en el análisis de la innovación en los años 2018-2019, esta segunda fase del estudio se ha centrado en analizar las patentes vigentes desde el año 2000 en cuatro campos principales:

- Multiplicadora y elementos de transmisión de energía mecánica
- Palas
- Control de turbina y de parque
- Electrónica de potencia

El estudio se ha centrado en estos cuatro elementos porque son los que han permitido un aumento en la potencia de las turbinas, su adecuación a los requerimientos de la red eléctrica, y, con ello, el crecimiento del sector eólico hasta convertirse en la principal fuente de energía renovable del mix eléctrico español.

3. Metodología

Este estudio se ha desarrollado atendiendo a los siguientes puntos:

- Herramienta: la herramienta que se ha utilizado para la búsqueda de patentes ha sido Total Patent One.
- Parámetros de búsqueda:

- Estado: se han buscado las patentes que se encuentran “concedidas” o “Granted”. Se ha considerado este estado por dos motivos:
 - Es el único estado donde la patente debe ser pública, puesto que, si la patente se encuentra en estudio, archivada (bien por renuncia de los autores o porque la patente no ha sido aprobada), no hay acceso libre a la información.
 - Este estado es el que proporciona el derecho de explotación comercial a los inventores. Por ello, las patentes con mayor relevancia técnica y con importancia industrial se encuentran en este estado.
- Fecha: el estudio se ha desarrollado en las fechas comprendidas entre el 1 de enero de 2000 el 15 de julio de 2020, con el objetivo de reflejar los datos de reciente publicación.
- Clasificación Internacional de Patentes o CIP (IPC en inglés): se han buscado patentes en las siguientes categorías de la CIP:
 - F03D 1/06 Motores de viento con el eje de rotación dispuesto sustancialmente paralelo al flujo de aire que entra al rotor - Rotores (sistema que engloba las palas).
 - F03D 7 Control de los motores de viento.
 - F03D 7/02 Control de motores de viento en motores de eje paralelo al flujo de viento.
 - F03D 15 Transmisión de energía mecánica (sistema que engloba la multiplicadora).
 - F03D 17 Monitorización y ensayos de motores de viento (parte relacionada con el control).
 - H02J 3/18 Disposiciones para ajustar, eliminar o compensar la potencia reactiva en las redes (electrónica de potencia).
 - H02P 9 Disposiciones para el control de los generadores eléctricos con el propósito de obtener las características deseadas en la salida (electrónica de potencia).

Estos dos últimos apartados, aunque no están clasificados dentro de la clase de “motores de viento”, hacen referencia a instalaciones y mecanismos utilizados en la energía eólica, así como en otras tecnologías de generación de electricidad, por este motivo se han incluido en el estudio.

Con el objetivo de comprender mejor la Clasificación Internacional de Patentes, en el siguiente apartado se desarrolla una breve explicación de estos aspectos.

- Empresas analizadas: se ha realizado una búsqueda exhaustiva de las empresas autoras y/o propietarias de las invenciones. Este análisis permite:
 - Conocer la evolución de patentes histórica de los fabricantes de turbinas y componentes.
 - Conocer los campos en los que cada empresa ha desarrollado una mayor actividad inventiva.
 - Modelo de negocio y mercados en función de la tendencia de las patentes.

Las empresas analizadas son:

- General Electric

- LM, aunque actualmente pertenece a General Electric, se considera independiente debido a que continúa comercializando y patentado bajo esta marca.
- Alstom, como en el caso anterior, pertenece a General Electric, pero se analiza por separado debido a la trayectoria histórica de la compañía y la proximidad en el tiempo de la compra.
- Wobben Enercon
- Siemens Gamesa, se han unido en este estudio las invenciones anteriores a la fusión bajo la compañía comercial actual.
- Vestas
- Mitsubishi
- Senvion
- Goldwind
- Nordex Acciona, se han unido en este estudio las invenciones anteriores a la fusión bajo la compañía comercial actual.

Como norma general, vamos a encontrar en todas las clases analizadas en el presente estudio una tendencia al alza en el número de patentes en los últimos años, pero esto no significa que se estén presentando una mayor cantidad de invenciones actualmente. Se trata de una tendencia natural, solamente aquellas patentes que son explotadas comercialmente, y que reportan beneficios a sus inventores o bloquean el acceso a una tecnología muy concreta a la competencia, se mantienen en el tiempo hasta los 20 años. La realidad es que una patente, en la mayoría de los casos, se conserva bajo protección los primeros años, y bien se deja de proteger al perder interés comercial la invención, o el propio desarrollo tecnológico acaba en una patente más extensa, creando una familia de patentes basadas en la primera, pero, al acotar mejor el entorno de protección que se desea conservar en las patentes sucesivas, es frecuente encontrar documentos que no son renovados más allá de los cinco años, puesto que una de las obligaciones de una patente hacia el inventor de ésta es que, para conseguir la protección de su invención, el producto tiene que ser comercial en un plazo de cuatro años desde la presentación de la solicitud.

4. Clasificación Internacional de Patentes

La clasificación internacional de patentes entró en vigor en el año 1975, con motivo del Arreglo de Estrasburgo, que nació con el objetivo de unificar las clasificaciones de patentes en función de las tecnologías, agrupándolas en 8 grupos (<http://cip.oepm.es/>)

En líneas generales, toda patente relacionada con el sector y la tecnología eólica se encontrará englobada en la categoría F: mecánica, iluminación, calefacción, armamento y voladura. Dentro de este, en la subclase F03, correspondiente a máquinas o motores de líquidos; motores de viento, de resortes o de pesos; producción de energía mecánica o de empuje propulsivo o por reacción no prevista en otro lugar. Y dentro de esta subclase, en el apartado F03D, motores de viento.

Esto significa que una patente en cuyo título, descripción, o reivindicaciones se indique una clara relación o campo de aplicación en turbinas eólicas, llevará consignada esta categoría, dentro de cada uno de los temas en los que se deriva la clase F03D.

La particularidad de esta clasificación radica en que es el examinador de la patente quien clasifica la invención, pudiendo hacerlo en una o varias categorías si considera, bajo juicio técnico, que la invención aplica a varios campos. Por ello, según la patente va creciendo en cuanto a países en los que se encuentra protegida, puede ir engrosándose la cantidad de clases a las que hace referencia, tanto dentro de la que comprende a la energía eólica, como otras familias.

Por ejemplo, una patente que trate sobre el sistema de control de giro de una turbina de eje horizontal, clasificada inicialmente con la clase F03D 7/02, puede ser clasificada por otro examinador en la clase F03D 7/06 si, bajo su criterio, este sistema puede ser utilizado también en turbinas de eje vertical, o, incluso, si considera que se trata de una invención que no es exclusiva de la energía eólica, sino que es un sistema que puede ser empleado en cualquier mecanismo de giro, puede asignarle una categoría de la clase F03B, la cual hace referencia a máquinas y motores de líquidos (motores térmicos, turbinas de gas, turbinas hidráulicas).

Este último aspecto es un punto de partida a tener en cuenta, puesto que es posible, a través de una búsqueda en patentes de otros sectores y que no han sido clasificadas ni relacionadas con la energía eólica, desarrollar innovación a través de la importación de soluciones desarrolladas para otros sectores. Además, al tratarse la tecnología eólica de una materia tan completa, facilita la transversalidad de muchas soluciones que pueden aplicarse en turbinas eólicas: elementos mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos.

Este tipo de estudios, pueden ser útiles para los siguientes fines:

- Conocimiento y alcance de la protección comercial en un campo concreto con el objetivo de proteger una invención propia.
- Identificación de las prioridades actuales de innovación dentro de un sector.
- Análisis histórico de la relación entre las patentes y el crecimiento tecnológico de un sector.
- Importancia de sistemas, componentes o subcomponentes y su ratio de investigación/inversión en una tecnología.
- Comparación del origen, destino y uso de las patentes como mecanismo para determinar mercados potenciales para una expansión. Vinculación del modelo de innovación con el modelo de negocio.
- Importación de soluciones técnicas e invenciones de otras tecnologías y su adaptación en mercados no contemplados inicialmente por el inventor.

5. Complejidad para clasificar una patente

Para explicar la complejidad de la clasificación de una patente se va a utilizar como ejemplo la clase F03D 7/00, correspondiente al control de los motores de viento. Esta clase se divide en tres subclases:

- F03D 7/02, cita literalmente “teniendo a los motores de viento el eje de rotación dispuesto sustancialmente paralelo al flujo de aire que entra al rotor”, por lo que esta referencia se refiere a aquellas tecnologías aplicables directamente a los aerogeneradores de eje horizontal.

- F03D 7/04 hace referencia al control automático y la regulación, independientemente del eje de rotación.
- F03D 7/06, cita “teniendo los motores de viento el eje de rotación dispuesto sustancialmente perpendicular al flujo de aire que entra en el rotor”, considerando, por lo tanto, aquellas invenciones aplicables a tecnología de eje vertical.

Además, debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las patentes comprendidas en una subclase están así mismo incluidas en todas las clases anteriores, esto quiere decir que todas las patentes incluidas en la subclase F03D 7/02, 7/04 y 7/06 están incluidas en las patentes F03D 7/00.
- La clase F03D 7/00, así como sus subclases, fue creada en la modificación de la clasificación ICP correspondiente al año 2006. A pesar de ello, las patentes con anterioridad a esta fecha que hayan sido clasificadas de nuevo al buscar protección en un nuevo país o que hayan sido tenidas en cuenta como referencia en protecciones posteriores han sido clasificadas en estas clases en función de su temática.

En lo que corresponde a la clase F03D 7/00, en el periodo del presente estudio se han encontrado un total de 20.289 invenciones. En el siguiente gráfico se exponen la cantidad de patentes que se han encontrado para cada una de las subclases.

Comparación clase y subclases F03D 7

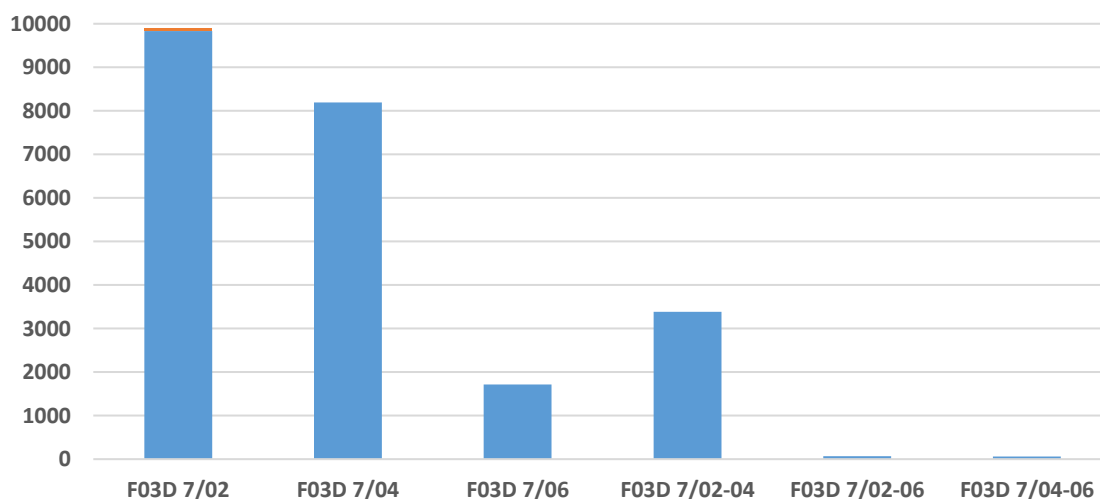


Gráfico 1. Comparación de la cantidad de patentes para la clase F03D 7 y subclases del grupo
Fuente: Eolion Energía

Como datos principales:

- 9.835 patentes han sido asignadas a la clase F03D 7/02.
- 8.194 patentes han sido asignadas a la clase F03D 7/04.
- 3.383 patentes han sido asignadas a la clase F03D 7/06.
- 3.383 patentes asignadas a las clases F03D 7/02 y F03D 7/04 (tecnología horizontal y control).

- 69 patentes asignadas a las clases F03D 7/02 y F03D 7/06 (tecnología horizontal y vertical).
- 62 patentes asignadas a las clases F03D 7/04 y F03D 7/06 (control y tecnología vertical).

Considerando aquellas patentes recogidas en dos categorías, el número total de patentes que se han clasificado en una de estas subclases es de 16.227, por lo que existen 4.062 patentes que no se han clasificado en una subclase inferior.

Como conclusión de este apartado se extrae que, para analizar la innovación en el campo del control, teniendo en cuenta la Clasificación Internacional de Patentes, lo más correcto habría sido seleccionar directamente la categoría F03D 7/02, referente a las turbinas de eje horizontal. El problema es que, al seleccionar esta categoría, se habría perdido la información de más de 4.000 documentos. Por ello, se determina que para cada una de las clases se analizará la profundidad del estudio, con el objetivo de obtener la mejor calidad de datos.

6. Análisis de patentes

6.1 F03D 3/06 – Rotores

Esta clase, dedicada a los rotores, engloba la innovación e invención relacionada con las palas. Se han encontrado un total de 5.091 patentes que cumplen los requisitos de búsqueda.

6.1.1 Evolución histórica global

En el siguiente gráfico se observa la cantidad de patentes global en comparación con los fabricantes de referencia del sector.

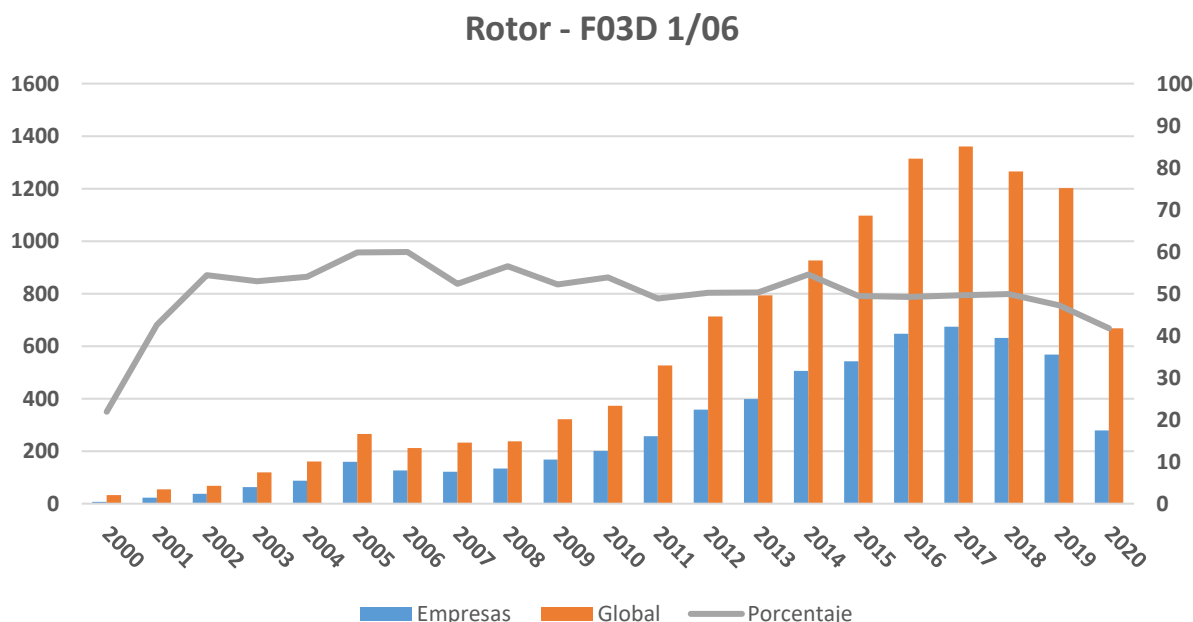


Gráfico 2. Evolución histórica del número de patentes publicadas en el ámbito del rotor en global y asignadas a empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

Para analizar esta gráfica hay que tener en cuenta el párrafo correspondiente a la tendencia al alza en el histórico del estudio de las patentes, debido a que no todas las patentes agotan el plazo de 20 años de protección, por lo que esta gráfica puede inducir a error, puesto que, a simple vista, se puede intuir un incremento en las patentes publicadas, lo cual no es posible determinar debido a los filtros del presente estudio, ya que solamente se analizan las patentes que siguen vigentes, y, por lo tanto, las que tienen interés comercial al continuar bajo protección.

En esta gráfica se relacionan el número de patentes publicadas de forma global (barras naranjas) las publicadas a título de las empresas más representativas del sector eólico (barras azules) y el porcentaje que éstas representan sobre el global (línea gris, indicada al eje secundario).

Del análisis del gráfico se obtiene que:

- Desde el año 2000 se aprecia un incremento en la acción inventiva, destacando el crecimiento comprendido de 2008 a 2016, pasando de 200 patentes al año a llegar casi a 1.400 patentes en 2017. Este incremento en el número de patentes coincide con el aumento del tamaño de rotor que se lleva desarrollando dentro del mercado eólico desde que se superó la plataforma de 2MW de potencia nominal.
- En este gráfico se observa la gran importancia de esta temática para las principales empresas del sector, ya que como se puede visualizar, prácticamente la mitad de las patentes que se llevan desarrollando desde el año 2000 pertenecen a los fabricantes de turbinas o componentes que se estudian en este informe.
- En los años 2018 y 2019 se aprecia un ligero descenso en la cantidad de patentes que reúnen los requisitos del estudio. De igual manera, en 2019, se reduce ligeramente el porcentaje de patentes a nombre de las principales compañías del sector. Esta cuestión se resolverá en los siguientes apartados del estudio.
- Hay que destacar que, en esta clase de patentes se incluyen rotores especiales, así como nuevos conceptos de turbinas eólicas, por lo que en esta clase se encuentran todas aquellas invenciones realizadas por particulares que plantean sistemas nuevos de aprovechamiento de la energía del viento, siempre que se trate de equipos cuyo eje de giro sea paralelo a la entrada de viento en el rotor, equipos de eje horizontal.

6.1.2 Influencia de los fabricantes

En el siguiente gráfico, se puede observar la cantidad de patentes históricas en el ámbito de los rotores de los fabricantes de aerogeneradores y de componentes identificados como más relevantes en el estudio de la actividad innovadora.

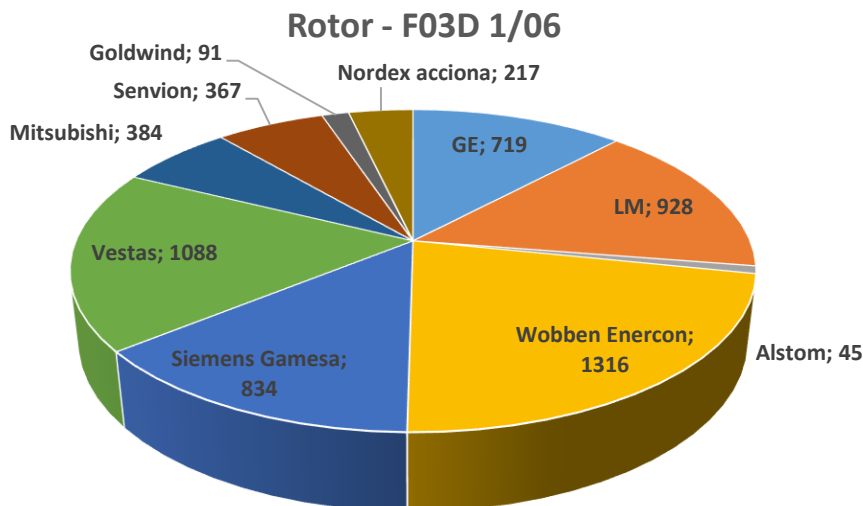


Gráfico 3. Reparto de las patentes relacionadas con el rotor de las empresas representativas del sector eólico.
Fuente: Eolion Energía

De esta gráfica destaca:

- Posición claramente diferenciada de Enercon, posicionándose como la empresa de referencia en lo que concierne a patentes en este campo.
- Vestas, Siemens Gamesa y General Electric se encuentran en una posición de ventaja respecto al resto de competidores del mercado eólico, pero un paso por detrás de Enercon.
- Senvion y Nordex Acciona se posicionan en un tercer escalón en lo que concierne a número de patentes en el periodo 2000-2020.
- El fabricante chino Goldwind tiene una posición rezagada respecto a las invenciones en este ámbito.
- La posición de Alstom, con 45 patentes, contrasta con su evolución en el mercado, a pesar de que la empresa fue adquirida por General Electric en el año 2014, se trata de una compañía con turbinas en tres plataformas: 2MW, 3MW y 6MW con el modelo Haliade 150. Esta diferencia se justifica debido a la compra de las palas por parte de Alstom a proveedores externos, como la fabricante de componentes LMWind Power, fabricante de las palas del modelo Haliade 150 y de algunos otros de la marca francesa.
- Entre los fabricantes de componentes, destaca la posición de LMWind Power, con una cantidad de patentes al nivel de los grandes fabricantes. Esta posición de fortaleza es lógica debido a su posición en el mercado como empresa independiente líder en el suministro de palas a varios fabricantes de turbinas. Por su parte, Mitsubishi cuenta con una cantidad relevante de patentes, a la altura de fabricantes de la talla de Senvion y Nordex Acciona, por lo que se refuerza su posición como suministrador universal de componentes.

6.1.3 Tendencia histórica

En este apartado, se observa la evolución de los principales fabricantes de turbinas y componentes del sector eólico desde el año 2000 hasta la actualidad. Para ello, se han representado a través de un gráfico circular concéntrico, en valores de porcentaje anual de cada uno de los fabricantes. El círculo interno se corresponde con el año 2000, aumentando un año

por cada círculo hasta llegar al externo, correspondiente al año 2020 (estructura de anillos de edad de un árbol).

El objetivo de este gráfico es exponer de forma rápida y clara como ha sido la evolución de los diferentes protagonistas del sector eólico en los últimos 20 años, exponiendo la cuota de patentes para una clase determinada, en este caso, el rotor.

Rotor - F03D 1/06

- GE
- LM
- Alstom
- Wobben Enercon
- Siemens Gamesa
- Vestas
- Mitsubishi
- Senvion
- Goldwind
- Nordex acciona

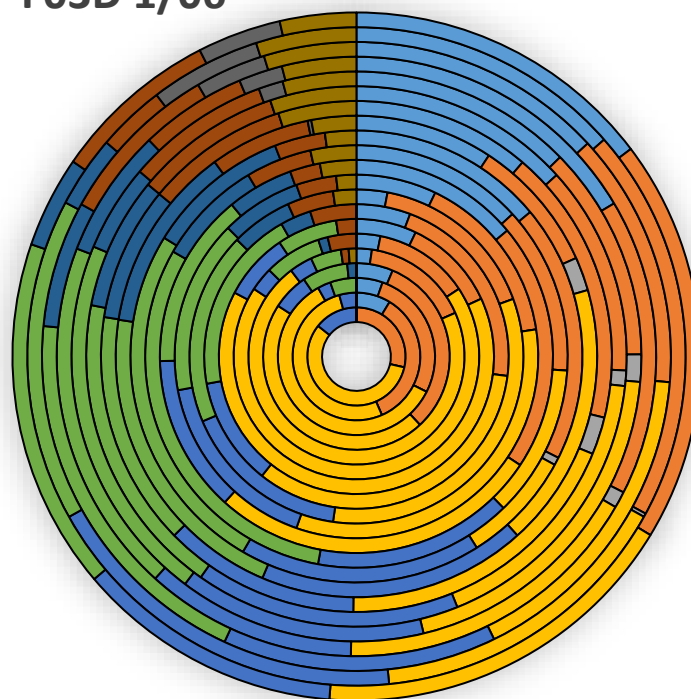


Gráfico 4. Participación anual de las empresas representativas del sector eólico en la publicación de patentes referentes al rotor. Fuente: Eolion Energía

Como se ha expuesto en el apartado anterior:

- La relevancia de los cuatro fabricantes es más que visible: Enercon, Vestas, Siemens Gamesa y General Electric, sumándose a ellos en naranja LM Wind Power, proveedor de componentes especializado en este campo.
- Los primeros años (siete) destaca la posición de Enercon, copando casi la totalidad de la innovación en este campo. Tras este periodo de dominio, cobran más importancia en el mercado los otros tres fabricantes (Vestas, Siemens Gamesa y General Electric) acompañados de LM, la cual alterna periodos de elevada actividad con algún año de menor cantidad de solicitudes. Estas cinco empresas, actualmente, representan más del 75% de las patentes en este gráfico. Considerando que el 50% de las patentes son propiedad de las 10 empresas analizadas en este estudio, se concluye que más del 30% de las patentes a nivel global en esta clase pertenecen a una de estas cinco empresas.
- En cuanto al 25% restante, se puede ver en una posición ligeramente ascendente en los fabricantes Senvion y Nordex Acciona, en detrimento de Mitsubishi, que ha perdido fuerza en los últimos años en este campo.

- En cuanto a Goldwind, hay que destacar que la primera patente en esta materia corresponde al año 2013, patentando otras 9 invenciones en el año 2016. Desde ese año, la cantidad de invenciones ha ido aumentando progresivamente, hasta las 31 del año 2019, tomando un rumbo claramente ascendente en un corto periodo de tiempo, posicionándose a la altura de fabricantes con más experiencia como Nordex Acciona y Senvion.

6.1.4 Análisis

Sobre las 11.943 patentes que cumplen con los criterios de búsqueda en esta categoría, se ha realizado un análisis taxonómico de los principales campos de innovación dentro de esta área.

Las principales temáticas identificadas entre las invenciones son:

- Perfil (*foil*): desarrollo de nuevos perfiles en las palas – 744 patentes.
- Perfiles de viento (*airfoil*): perfiles específicos de viento, desarrollos no válidos para otros fluidos – 643 patentes.
- Generador de vórtices (*vortex generator*): accesorios y rugosidades incorporados a las palas para retrasar el desprendimiento de la capa límite y optimizar su rendimiento aerodinámico – 405 patentes.
- Pala (*blade*): aspectos estructurales y aerodinámicos como la torsión, componentes internos y compuestos de fabricación – 204 patentes.
- Fibra de carbono (*carbon fiber*): material de fabricación – 127 patentes.
- Fibra de vidrio (*glass fiber*): material de fabricación – 67 patentes.
- Pala por partes (*segmented blade*): fabricación de las palas en diferentes segmentos para facilitar el transporte – 66 patentes.
- Dispositivo de punta de la pala (*winglet*): dispositivo ubicado en la punta de la pala con el objetivo de aumentar la eficiencia aerodinámica – 59 patentes.

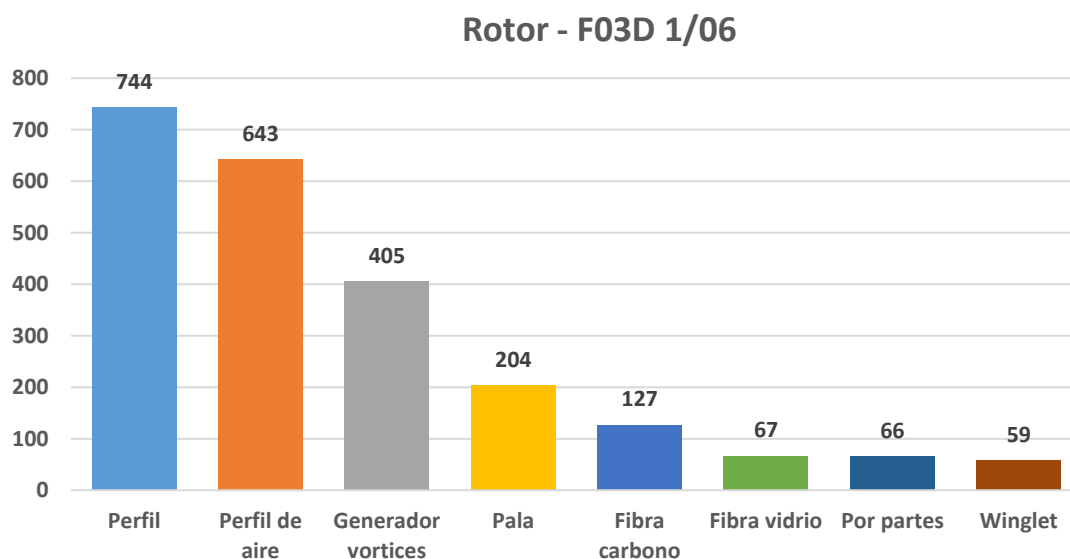


Gráfico 5. Principales campos de innovación en el área del rotor.
Fuente: Eolion Energía

Teniendo en cuenta los datos expuestos, se puede determinar que los aspectos que rodean al rotor, y con ello a las palas de los aerogeneradores de eje horizontal, son un campo ampliamente desarrollado dentro de la tecnología eólica, siendo ese el principal motivo de que el número de patentes en los últimos años descienda, puesto que ya se han dado los saltos tecnológicos más grandes, considerándolo un campo de estudio maduro.

No obstante, hay que señalar los aspectos que se están estudiando actualmente, orientados a reducir las cargas en la palas y mejorar la captura de energía, como son los generadores de vórtices y los *winglets*, así como la construcción de la pala por segmentos, de cara a facilitar el transporte hasta el emplazamiento del parque eólico, una problemática asociada al incremento del tamaño de rotor, siendo, en algunas ocasiones, la disponibilidad de una infraestructura de transporte el factor limitante para la potencia de una máquina.

6.2 F03D 7 Control de los motores de viento.

En el apartado 5 del presente estudio se ha utilizado esta clase de patentes como ejemplo para explicar la dificultad de clasificar una invención. Tal y como se ha argumentado, escoger la subclase cuyo nombre encaja mejor con el patrón de búsqueda es lo ideal para un estudio ágil, pero se corre el riesgo de perder una cantidad y calidad de información importante. Por ello, se ha optado por estudiar la clase completa F03D 7, para analizar las patentes en el ámbito del control de turbinas eólicas.

6.2.1 Evolución histórica global

En el siguiente gráfico, se observa la cantidad de patentes global en comparación con los fabricantes de referencia del sector.

Del análisis del gráfico se extraen los siguientes aspectos:

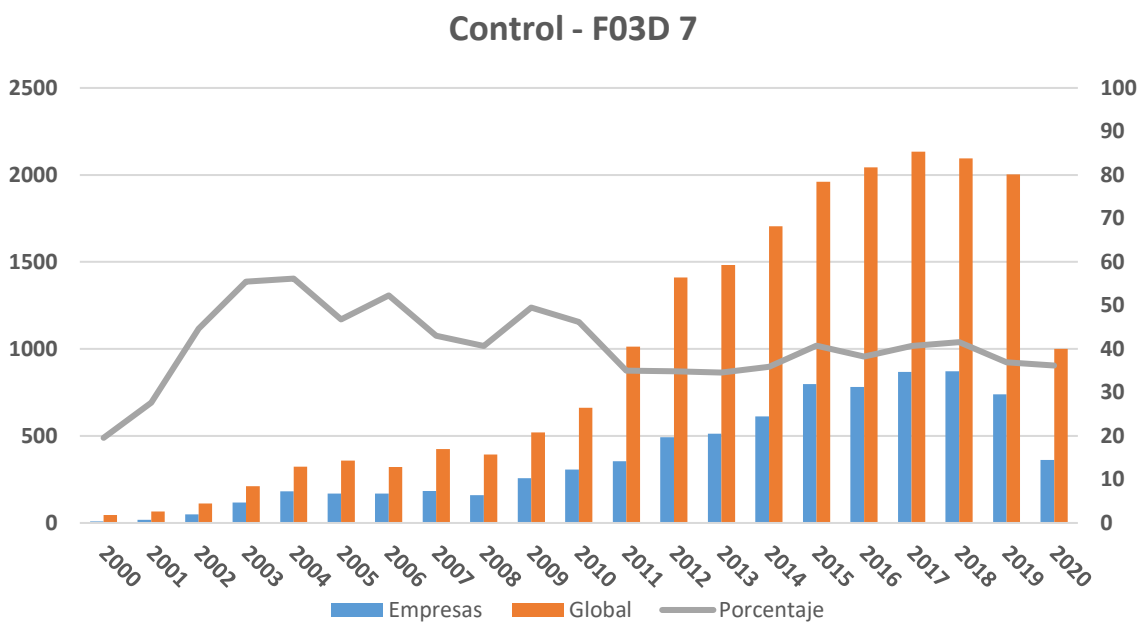


Gráfico 6. Evolución histórica del número de patentes publicadas en el ámbito del control en global y asignadas a empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

- Se observan tres periodos: hasta 2008, un periodo de baja actividad en este campo; de 2008 a 2015, un periodo de aumento anual de la actividad innovadora, pasando de 500 a 2.000 patentes al año en un periodo de tiempo muy corto (7 años); y, por último, una fase de alta intensidad innovadora, pero estabilizándose en torno a las 2.000 invenciones al año.
- El periodo dos, de crecimiento en el número de invenciones, coincide con el desarrollo de las plataformas a partir de 3MW, puesto que esta plataforma apareció en el mercado en torno al año 2012, por lo que se puede relacionar este periodo de aumento de la innovación con el prototipado y labores de ingeniería de las turbinas con mayor tamaño de rotor, así como la aparición de saltos tecnológicos como el control individual de paso.
- A pesar de la estabilización en los últimos años, existe un alto nivel innovador en el campo del control. Prueba de ello es que es el campo de investigación con mayor actividad actualmente dentro de la industria eólica, en comparación con el resto de las prioridades de innovación analizadas en el presente estudio.

6.2.2 Influencia de los fabricantes

En el siguiente gráfico, se puede observar el histórico de patentes de las empresas de referencia del sector eólico:

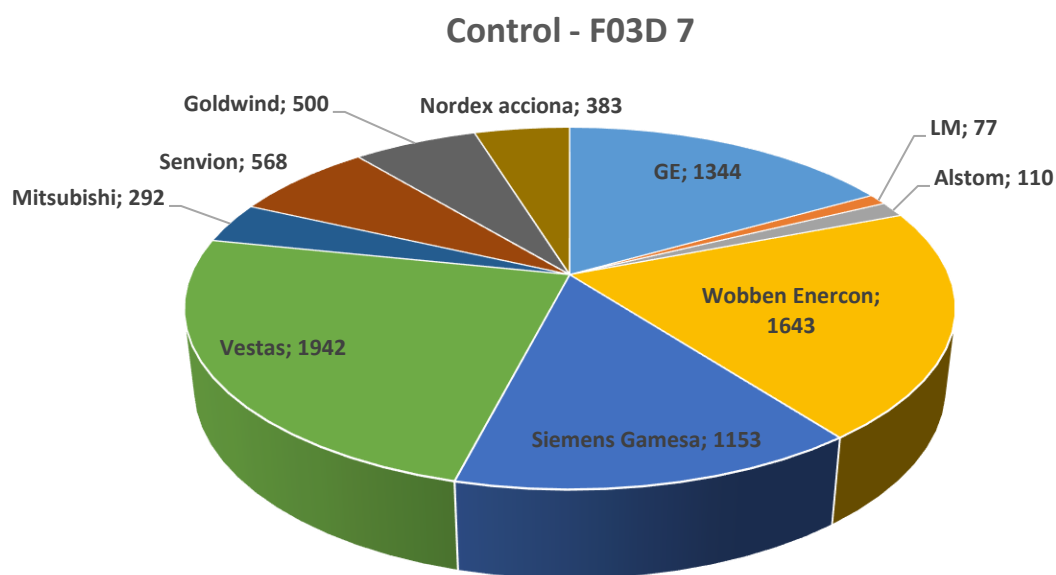


Gráfico 7. Reparto de las patentes relacionadas con el control de las empresas representativas del sector eólico.
Fuente: Eolion Energía

Del análisis del gráfico se extraen los siguientes datos:

- Vestas es el líder en número de patentes referentes al control, seguido de Enercon, General Electric y Siemens Gamesa, copando los cuatro fabricantes la mayor parte de las patentes en esta clase.
- Senvion y Nordex Acciona ocupan una posición más rezagada, destacando la evolución de Goldwind, que ha alcanzado a estas dos, a pesar de ser una empresa mucho más joven.

La posición de los proveedores de componentes en esta temática es mucho más rezagada, siendo propietarios de una cantidad de patentes casi testimonial, en comparación con los fabricantes. Esto es debido a la importancia que tiene el control en la tecnología eólica, puesto que, para una misma infraestructura y emplazamiento, un control más fino de la máquina se traduce en una mayor producción y menos cargas sobre la estructura.

6.2.3 Tendencia histórica

En el siguiente gráfico, se observa la evolución del número de patentes anuales de las compañías protagonistas del sector, correspondiendo el anillo interior al año 2000 y el exterior al año 2020.

Control - F03D 7

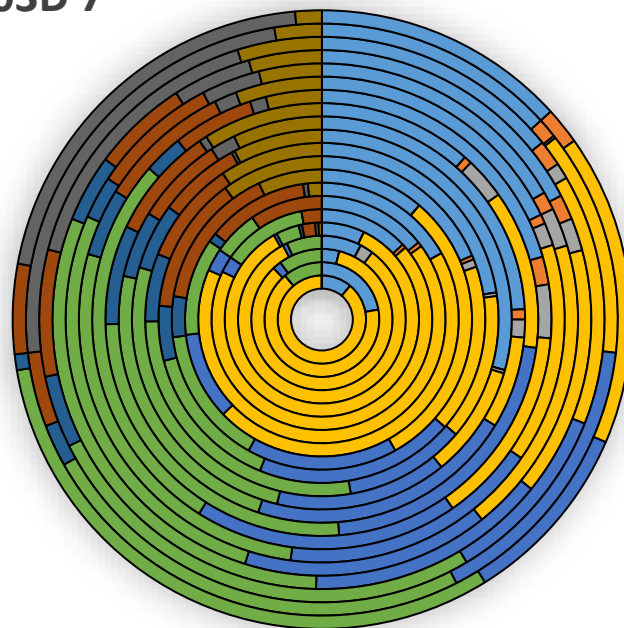
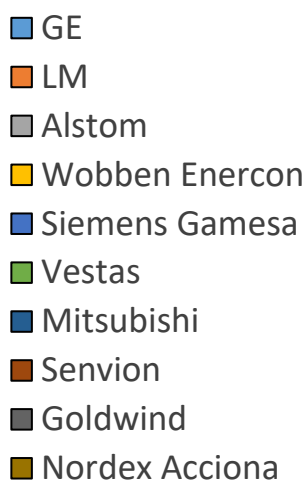


Gráfico 8. Participación anual de las empresas representativas del sector eólico en la publicación de patentes referentes al control. Fuente: Eolion Energía.

Del análisis de este gráfico se extrae:

- En la primera década, Enercon¹ acapara la actividad innovadora en lo que concierne al control, destacando innovaciones como el control de paso individual de las palas de la turbina. Por lo tanto, en estos años la referencia en el mercado eólico fue Enercon.
- En la segunda década, se observa la aparición del resto de fabricantes, destacando General Electric, Siemens Gamesa y Vestas, siendo esta última quien predomina en cantidad de patentes en los últimos años y, por lo tanto, liderando el histórico del periodo 2000 – 2020.
- Senvion presenta una actividad innovadora constante en el tiempo, mientras que Nordex Acciona presenta un descenso en los últimos años, en comparación con la innovación en los años posteriores a 2010.

¹ Las barreras para entrar en el mercado americano a principios del 2000 por la histórica patente de aerogeneradores de velocidad variable, impulsó la actividad patentadora de esta empresa.

- La presencia de las compañías suministradoras de componentes queda muy difusa en comparación con los fabricantes.
- Si en el campo correspondiente a rotores destacáramos la presencia de Goldwind, en este gráfico, es más que notable la evolución exponencial del fabricante chino, el cual en seis años ha desarrollado tal cantidad de patentes que ha superado a fabricantes históricos como Nordex Acciona o Senvion.

6.2.4 Análisis

Se ha realizado una búsqueda taxonómica de las áreas más relevantes en el control de una turbina eólica en las 20.289 patentes que cumplen los requisitos de búsqueda del estudio.

Los resultados más relevantes son:

- Sistema de paso (*pitch*): elementos relacionados con el sistema de regulación de paso del aerogenerador – 4.154 patentes.
- Sistema de orientación (*yaw*): elementos relacionados con el sistema de orientación de la turbina – 1.542 patentes.
- Parque eólico (*wind farm*): innovaciones que comprenden el ámbito de control del conjunto del parque eólico – 943 patentes.
- Detección (*detection*): aspectos innovadores en el ámbito de los sensores y equipos de detección de irregularidades en el comportamiento o lógica de control – 707 patentes.
- Vibración (*vibration*): innovación en el control de cara a reducir las vibraciones y ruido generado por la máquina – 640 patentes.
- Tiempo real (*real time*): medidas, actuaciones y control de la turbina en tiempo real – 314 patentes.
- Remoto (*remote*): aspectos relacionados con el control remoto, como la gestión de alarmas o cambio de parámetros de operación – 248 patentes.
- Alarma (*alarm*): implementación y gestión de alarmas, nuevos protocolos de rearmada de la turbina tras alarmas – 154 patentes.
- Láser (*laser*): aspectos relacionados con la implementación de tecnología láser para el control de la turbina (mejora de conocimiento de recurso eólico) – 82 patentes.
- LIDAR (*lidar*): tecnología LIDAR para la monitorización de recurso y mejorar el control de la turbina – 76 patentes.
- Cámara (*camera*): sistemas de recogida de datos visual en diferentes espectros (visible e infrarrojo) para conocer la temperatura de funcionamiento de la máquina o detectar vibraciones – 39 patentes.
- Tacómetro (*tachometer*): sistemas de medición de las revoluciones de las partes móviles del tren de potencia – 7 patentes.

Control - F03D 7

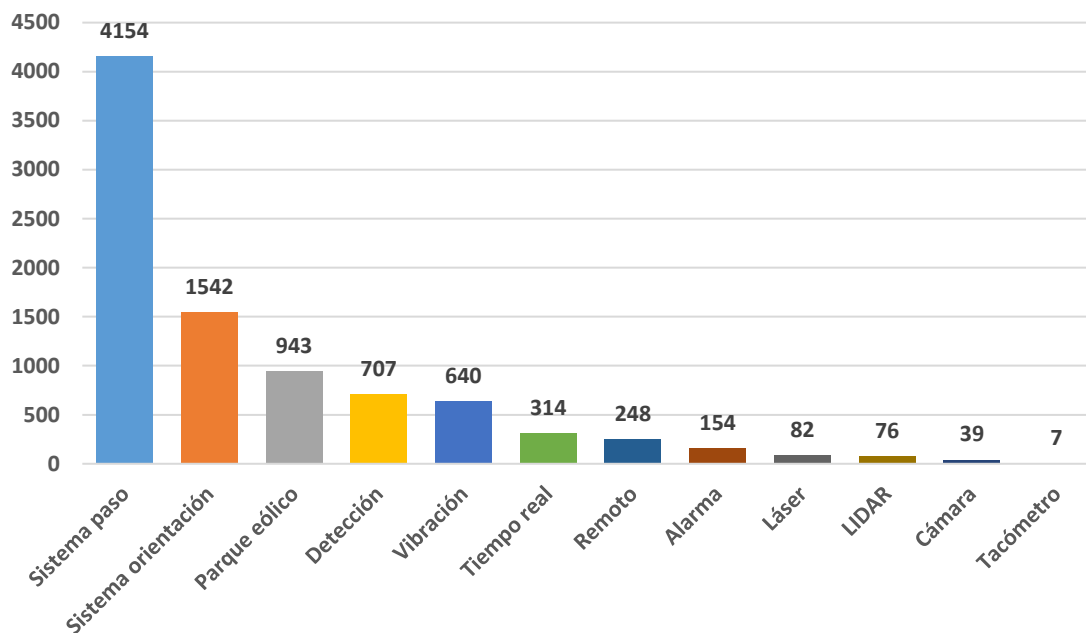


Gráfico 9. Principales campos de innovación en el área del control
Fuente: Eolion Energía

Este campo es relevante para el crecimiento de la energía eólica porque busca lograr mejores estrategias de control fino, de manera que la turbina pueda ajustarse en mayor medida al recurso eólico. La importancia de este campo radica en:

- Aumento en la captura de energía en la zona 2 de la curva de potencia, comprendida entre la velocidad de arranque de la máquina y la velocidad a la que alcanza la potencia nominal.
- Reducción del nivel de cargas de la estructura (alargamiento de vida).
- Optimización de horas de recurso frente a horas útiles de la máquina de cara a alcanzar la ventana de mantenimiento sin riesgos de avería.
- Control autónomo de instalaciones, con especial hincapié en instalaciones *offshore*.
- Traslado de reinicio de alarmas locales a remoto.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos, se puede concluir que el control es un campo de estudio actual en la energía eólica, sumando valor la aparición de empresas de servicios que ofrecen nuevas estrategias y algoritmos de control y quitando poder a los fabricantes, algo que enriquece enormemente la investigación de esta área, que va a continuar en aumento debido a la búsqueda de una mayor calidad y cantidad de prestaciones de las turbinas y parques eólicos, convirtiéndose en uno de los campos a vigilar, debido a la gran competencia que va a aparecer.

6.3 F03D 15 Transmisión de energía mecánica

En lo que concierne a la transmisión de energía mecánica, en esta categoría de patentes se encuentra uno de los elementos principales de un aerogenerador, la multiplicadora.

6.3.1 Evolución histórica global

En el siguiente gráfico, se aprecia la evolución global anual, así como el número de patentes de las empresas y porcentaje de éstas sobre la totalidad del mercado en el área de la transmisión mecánica.

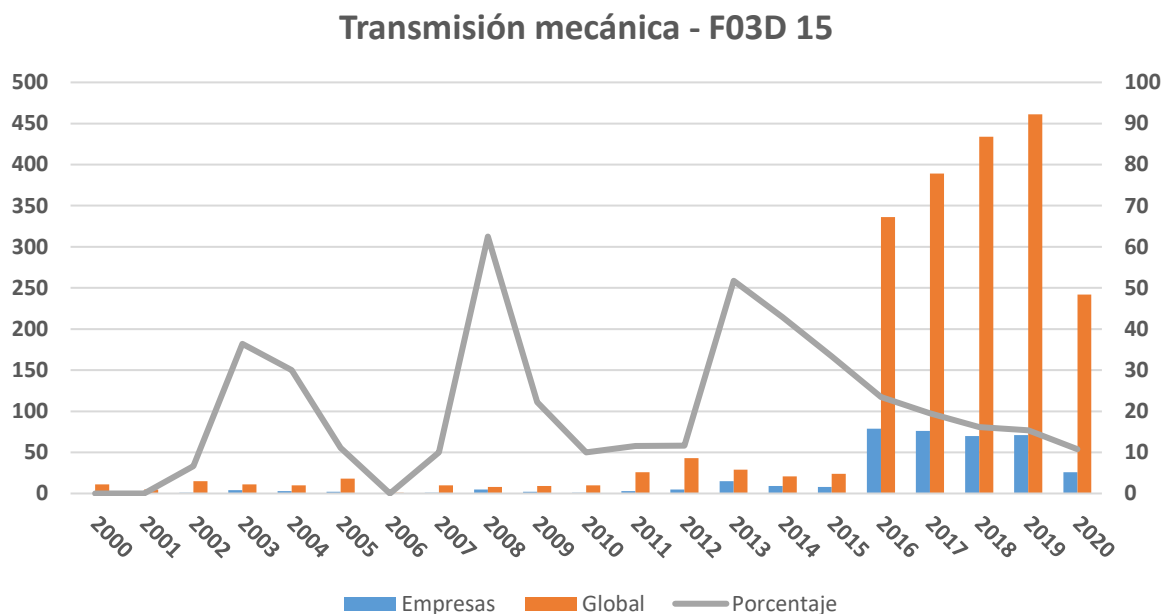


Gráfico 10. Evolución histórica del número de patentes publicadas en el ámbito de la transmisión mecánica en global y asignadas a empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

Del análisis del gráfico se extrae que:

- La producción de patentes en este campo es muy baja hasta el año 2016, cuando se incrementa bruscamente la producción anual de innovación pasando de 20 patentes al año a cerca de 350, superando en el año 2019 las 450 patentes.
- En lo que concierne a la importancia de las empresas más relevantes del sector consideradas en este estudio, se aprecia un gran desnivel en el porcentaje anual respecto al global, apreciándose tres picos:
 - Año 2003, con cerca del 40% de la producción total de patentes, relacionado con la segunda generación de la plataforma de 2MW, y con el desarrollo de rotores más grandes para una misma potencia nominal, reduciendo la velocidad de viento media necesaria del rotor (clase II de viento).
 - Año 2008, superando el 60% de la producción total de patentes, relacionando esta etapa con la tercera generación de la plataforma de 2MW, con rotores más grandes en comparación con sus predecesoras (clase III y especial de viento), así como punto de partida para evolucionar a la plataforma de 3MW.
 - Año 2013, superando el 50% de la producción total de patentes, con una caída más progresiva los años posteriores, muestra del desarrollo de la plataforma de 6MW, así como de la amplia variedad de plataformas y prototipos de potencia nominal superior que se están desarrollando estos últimos años.

La variabilidad en la tendencia de innovación en este campo se analizará en los siguientes apartados, estudiando la tendencia de las empresas.

6.3.2 Influencia de los fabricantes

En el siguiente gráfico, se expone la cantidad de patentes desde el año 2000 por parte de las empresas más representativas del sector.

Transmisión mecánica - F03D 15

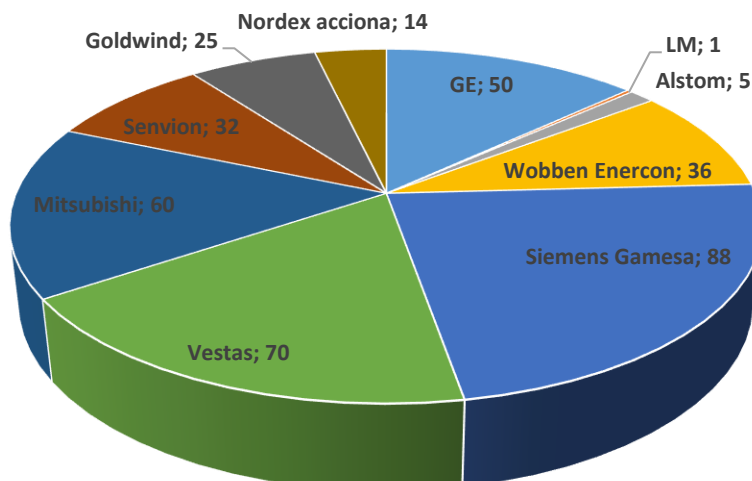


Gráfico 11. Reparto de las patentes relacionadas con elementos de transmisión mecánica de las empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

En el gráfico podemos ver que:

- Siemens Gamesa es la empresa de referencia en el campo de los elementos de transmisión mecánica, seguida de Vestas y General Electric.
- Enercon ocupa una posición más retrasada en este campo, debido a la estrategia tecnológica de la compañía de prescindir de elementos mecánicos como la multiplicadora en sus turbinas.
- Senvion lidera el grupo de las compañías perseguidoras, por encima de Goldwind y Nordex Acciona.
- Destaca la posición de Mitsubishi, con una posición muy fuerte a la altura de los grandes fabricantes. Este dato reafirma la posición del fabricante de componentes japonés como la referencia en el campo de los elementos de transmisión mecánica.

Se ha buscado la relevancia de otras compañías especializadas en elementos mecánicos y multiplicadoras, como Winergy², cuya presencia en el mercado está muy extendida. Solamente se han identificado 9 patentes en propiedad que cumplan los requisitos de

² Winergy es el nombre comercial del histórico fabricante de multiplicadoras Flender una vez fue adquirida por Siemens a mediados de la década del 2000, por lo que algunas patentes han podido ser registradas por esta última.

búsqueda del estudio, lo que refuerza en mayor medida la actividad innovadora realizada por Mitsubishi en este campo.

6.3.3 Tendencia histórica

En el siguiente gráfico, se expone la evolución anual de las principales empresas del sector eólico consideradas en este estudio, correspondiéndose el anillo interno en este caso con el año 2002, primer año que se publica una patente sobre elementos mecánicos de turbinas eólicas.

Transmisión mecánica - F03D 15

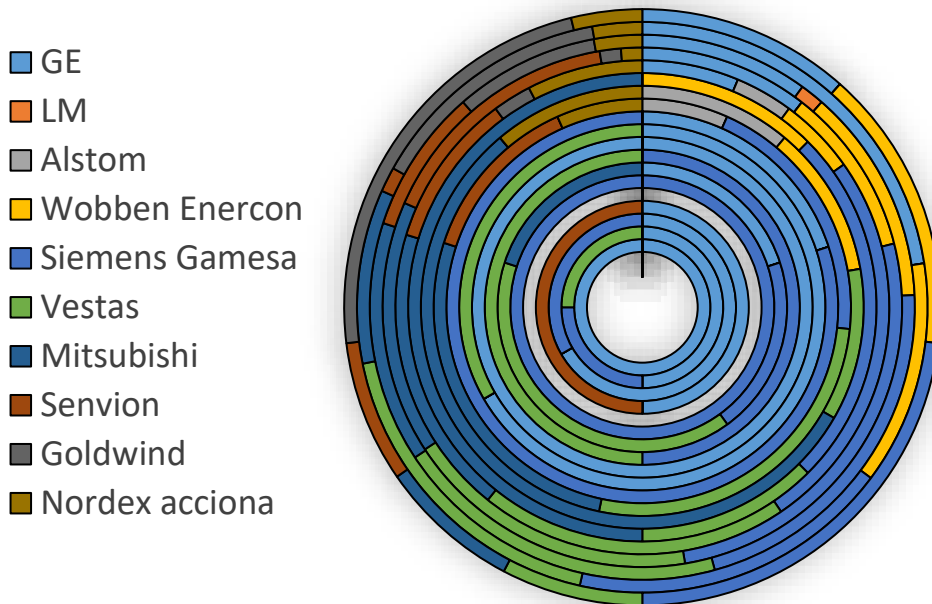


Gráfico 12. Participación anual de las empresas representativas del sector eólico en la publicación de patentes referentes a la transmisión mecánica. Fuente: Eolion Energía

Del análisis del gráfico se extrae:

- Es complicado identificar la posición de los fabricantes en este gráfico debido a las fluctuaciones que se apreciaban en la imagen el apartado 6.3.1, trasladándose esa irregularidad a este gráfico en el que se aprecia que, en los años 2000, 2001 y 2006 no se publicó ninguna patente.
- En los primeros años, a pesar de la irregularidad, se observa la fortaleza de General Electric, con una presencia menor de fabricantes como Siemens Gamesa, Vestas o Senvion.
- En la segunda década, se observa una mayor actividad por parte de Siemens Gamesa y Vestas, apreciándose también una mayor actividad innovadora del fabricante de componentes Mitsubishi.
- Es necesario destacar la posición de Enercon, la cual, a pesar de no contar con multiplicadora en sus aerogeneradores, en los últimos años ha desarrollado una intensa labor innovadora en este campo a través de patentes relacionadas con otros elementos de transmisión mecánica como el eje principal de turbina o acoplamientos.
- Senvion y Nordex Acciona ocupan una posición relevante en este campo, alternando periodos de alta innovación con otros de participación menor.

- En lo que respecta a Goldwind, cabe destacar, una vez más, su rápido crecimiento, puesto que su primera patente en este campo data de hace tan solo 5 años, copando en 2019 el 14% del total de patentes en este ámbito, y casi el 23% de la totalidad de las patentes publicadas de la parte analizada del año 2020.

6.3.4 Análisis

Se ha realizado una búsqueda taxonómica entre las 2.113 patentes publicadas en lo que concierne a la transmisión mecánica. Los resultados de las principales áreas de innovación son:

- Transmisión directa (*direct transmission*): mecanismos desarrollados con las etapas del tren de potencia en las cuales no se desarrolla un cambio de número de revoluciones, así como sistemas que omiten equipo multiplicador utilizando generadores eléctricos del tipo *direct drive* – 595 patentes.
- Engranaje solar (*sun gearing*): innovación centrada en el rodamiento central o principal de la multiplicadora – 519 patentes.
- Etapa (*stage*): cambios en el modelo, estructura o tipo de etapa – 236 patentes.
- Multiplicadora planetaria (*planetary gearbox*): innovación desarrollada en el campo de esta clase de multiplicadoras – 195 patentes.
- Acoplamiento (*coupling*): nuevos diseños del elemento del tren de potencia encargado de trasladar el movimiento de la multiplicadora al generador eléctrico – 191 patentes.
- Imanes (*magnets*): uso de imanes en los diferentes componentes implicados en la transmisión mecánica de potencia, incluyendo los relacionados con el generador – 134 patentes.
- Rodamiento de rodillos (*roller gearing*): desarrollo de rodamientos en cuyo interior se utilizan rodillos en lugar de esferas – 129 patentes.
- Rodamiento deslizante (*sliding gearing*): rodamientos con deslizamiento sobre su eje longitudinal – 80 patentes.
- Rodamiento helicoidal (*helical gearing*): rodamiento torsionado que garantice una mayor resistencia a al movimiento de rotación propio de la multiplicadora – 28 patentes.
- Multietapa (*multistage*): innovaciones relacionadas con multiplicadoras con más de una etapa para la conversión del número de revoluciones – 10 patentes.

Transmisión mecánica - F03D15

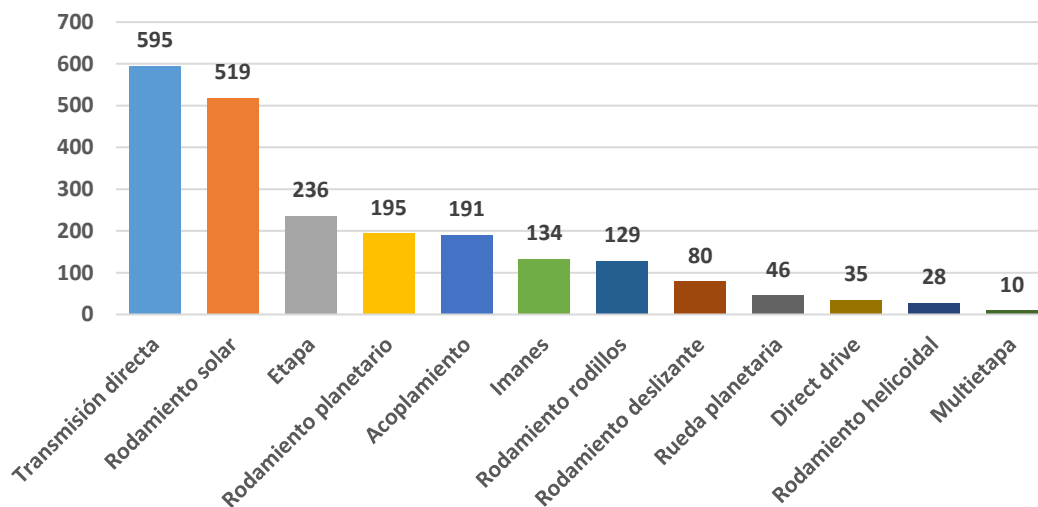


Gráfico 13. Principales campos de innovación en el área de la transmisión mecánica.
Fuente: Eolion Energía

Tal y como puede verse, las tendencias de innovación en el campo de la transmisión mecánica van en ascenso, debido a la búsqueda de sistemas que provoquen menos pérdidas mecánicas y que soporten mayores cargas, puesto que la evolución en el tamaño del rotor se traduce en mayores esfuerzos mecánicos en el eje principal de la turbina y los elementos mecánicos asociados a éste.

Hay que destacar la importancia de las empresas de componentes, a través de nuevos desarrollos que pueden agilizar el crecimiento en potencia y tamaño de las turbinas, permitiendo a los fabricantes centrarse en el desarrollo de otras partes de la turbina.

6.4 F03D 17 Monitorización

En esta clase de patentes, se recogen los aspectos relacionados con la monitorización y ensayo de turbinas eólicas. Este campo de innovación es imprescindible para aspectos como el control o la electrónica de potencia.

6.4.1 Evolución histórica global

En el siguiente gráfico, se recoge la evolución temporal de las patentes a nivel global, así como segmentado por las principales empresas del sector.

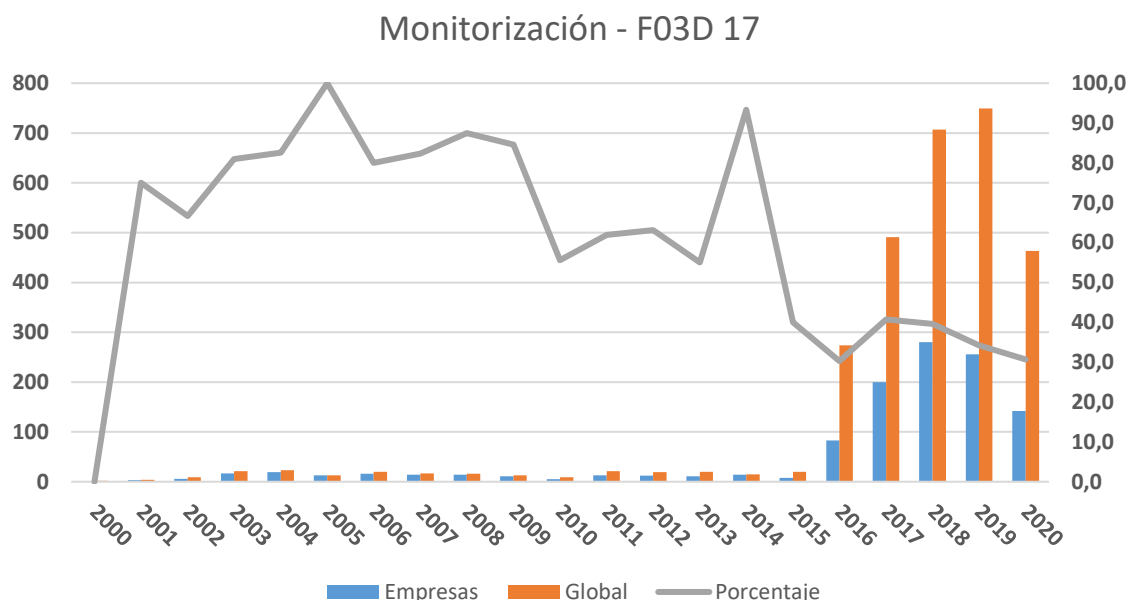


Gráfico 14. Evolución histórica del número de patentes publicadas en el ámbito de la monitorización en global y asignadas a empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

Es necesario destacar en el análisis que esta clase de patente, F03D 17, comenzó a utilizarse en el año 2016. Esta cuestión afecta inequívocamente al número de patentes anteriores a este año, puesto que solamente se han reclasificado aquellas que se han utilizado como referencia para patentes nuevas. A pesar de esta circunstancia, la evolución de esta área de innovación, que se analizará a continuación, es muy clara, incluso duplicando el número de invenciones del año 2016 al 2017 y posteriores.

Del análisis del gráfico se extraen los siguientes aspectos a tener en cuenta:

- La producción de patentes hasta el año 2015 es mínima, alrededor de 20 invenciones al año, pero destaca el porcentaje de estas patentes que son propiedad de las empresas relevantes del sector, siempre por encima del 60% llegando al 100% en algunos años. Esto indica que se trata de una temática que hasta el año 2015 ha sido exclusiva de los fabricantes, de aquí se obtienen dos razonamientos:
 - Los fabricantes no contemplaban otras opciones de monitorización que no fuesen de desarrollo propio.
 - No existía interés por parte de las empresas de soporte y servicios del sector eólico en el desarrollo de herramientas en el campo de la monitorización.
- A partir del año 2016, se observa una revolución en este campo, pasando de 20 patentes anuales a 750 en 2019. Además, se observa una reducción del porcentaje de patentes que pertenecen a las empresas relevantes del sector. Esto indica:
 - La monitorización es una tendencia de innovación actualmente en el sector eólico, puesto que comprender mejor el recurso y la estructura permite obtener

más energía y conocer mejor el desgaste de la turbina (optimizar energía y costes).

- El aumento del número de patentes publicadas en este campo de innovación indica que las empresas referentes del sector son conscientes de la importancia de la monitorización en la actualidad, e indica inequívocamente una ruta hacia la digitalización de la industria.
- La apertura de la innovación en este campo ha permitido que empresas de ingeniería y servicios del sector puedan desarrollar sus propias herramientas, ofertándolas a los propietarios de parques más allá de los mecanismos propios de los fabricantes.

6.4.2 Influencia de los fabricantes

En el siguiente gráfico, se expone la cantidad de patentes de las empresas más representativas del sector desde el año 2000.

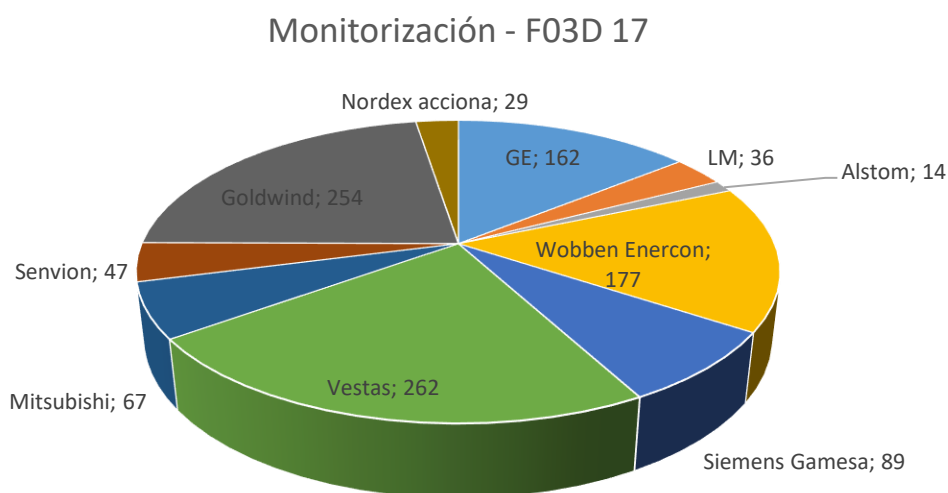


Gráfico 15. Reparto de las patentes relacionadas con la monitorización de las empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

En el análisis del gráfico se observa que:

- Hay dos empresas líderes en este campo de innovación: Vestas y Goldwind. Destaca la presencia del fabricante chino como líder en esta área, aunque su posición es lógica considerando que se trata de una clase de patente creada en el año 2016, coincidiendo temporalmente con la mayor actividad de este fabricante.
- Tras estos dos fabricantes, aparecen Enercon y General Electric, seguidos de Siemens Gamesa a una mayor distancia.
- En cuanto a los suministradores de componentes, tanto LM Wind Power como Mitsubishi presentan una notable cantidad de invenciones.
- En un último grupo, se encuentra Nordex Acciona y Senvion, siempre presentes con una pequeña pero constante cuota de innovación.

6.4.3 Tendencia histórica

A continuación, se expone la evolución anual de las empresas más relevantes del sector eólico en cuanto a patentes sobre monitorización.

Monitorización - F03D 17

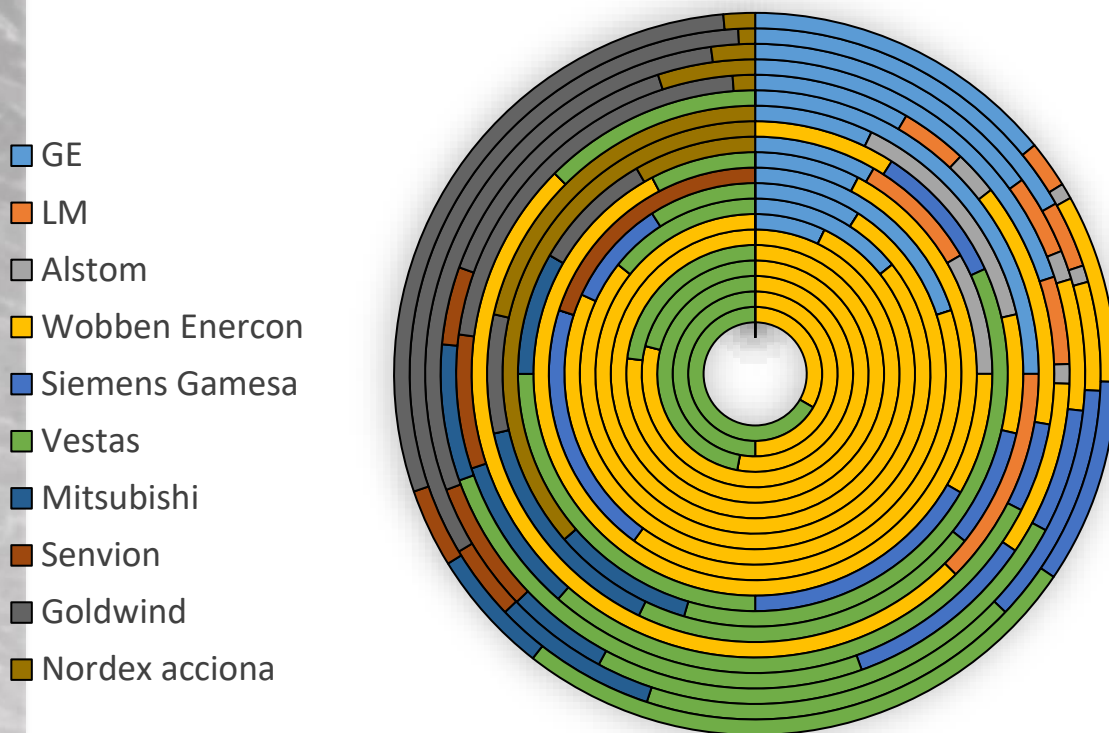


Gráfico 16. Participación anual de las empresas representativas del sector eólico en la publicación de patentes referentes a la monitorización. Fuente: Eolion Energía

Del gráfico se extraen las siguientes conclusiones:

- Los primeros años (2000 - 2007) están marcados por la gran presencia de Enercon, así como la participación de Vestas. Los dos fabricantes monopolizan los primeros años en el desarrollo de innovaciones en cuanto a la monitorización de las turbinas eólicas.
- En los años posteriores, se suman otros fabricantes como General Electric, Siemens Gamesa, Senvion y Nordex Acciona.
- En los últimos años, se observa el conjunto más heterogéneo de las categorías analizadas, puesto que todos los fabricantes cuentan con patentes publicadas.
- En esta ocasión es más visible la participación e importancia de Goldwind. El liderazgo del fabricante chino es debido a la gran labor de innovación que está desarrollando los últimos años en todos los campos, notándose, en mayor medida, su aportación en esta clase por dos motivos:
 - Reciente creación de la clase en 2016, situación que provoca que las patentes anteriores no hayan sido reclasificadas en su totalidad.
 - Campo de innovación muy reciente, puesto que se trata de un tema que no ha sido desarrollado con la anterioridad de los aspectos técnicos más tradicionales.

6.4.4 Análisis

En el conjunto de las 2.926 patentes identificadas en la categoría de monitorización, se ha desarrollado una búsqueda taxonómica de los elementos más relevantes para identificar las mayores áreas de interés. Los resultados son:

- Tiempo real (*real time*): desarrollos de sistemas de monitorización y control de la turbina en tiempo real – 148 patentes.
- Inalámbrico (*Wireless*): transmisión de datos desarrollada de forma remota – 104 patentes.
- Cable (*cable*): innovaciones en la transmisión de datos mediante el uso de sistemas de cableado – 88 patentes.
- Fibra (*fiber*): transmisión de datos mediante el uso de cable de fibra – 48 patentes.
- WiFi (*wifi*): protocolos de comunicación de la turbina que utilizan una red WiFi para la transmisión de datos – 13 patentes.
- GPS (*gps*): invenciones que utilizan sistemas de geoposicionamiento para la monitorización de la estructura – 9 patentes.

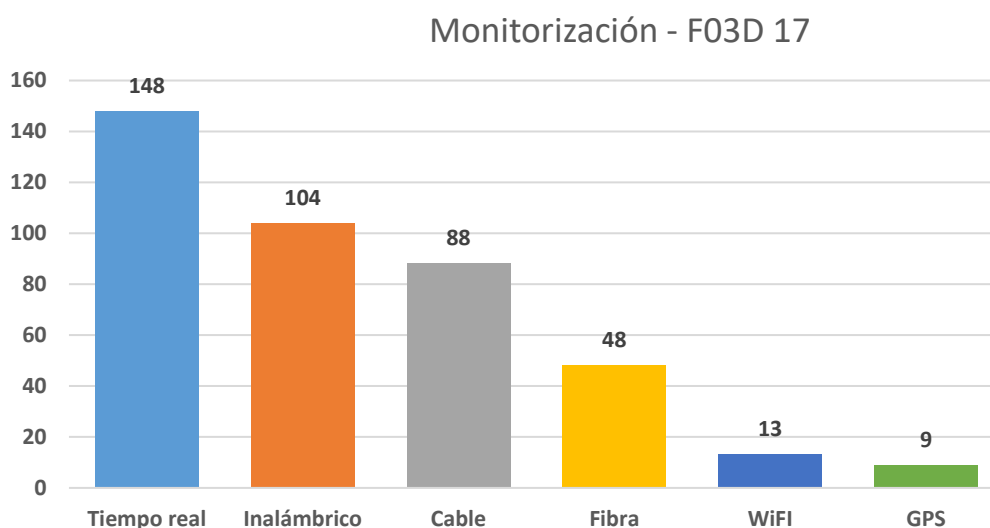


Gráfico 17. Principales campos de innovación en el área de la monitorización.
Fuente: Eolion Energía

Como se puede apreciar a través de los datos expuestos, el área de innovación relacionada con la monitorización de turbinas y parques eólicos presenta un claro crecimiento. Entre los aspectos analizados, este es el campo de mayor innovación en el presente y futuro de la tecnología en torno a dos desafíos:

- Conocer con exactitud el recurso eólico en tres zonas:
 - Previsión del recurso y reducción de las incertidumbres para incrementar la producción y facilitar la participación en los mercados eléctricos, mayorista y de ajuste.
 - Inmediatamente anterior a la turbina, de cara a conocer las potenciales cargas que va a sufrir el aerogenerador y adaptar el control.

- A su paso por el rotor, para poder medir las cargas reales a las que se ve sometida la estructura, así como mejorar la captura de energía.
- Mayor conocimiento del estado y funcionamiento de la máquina a través de sensores que permitan conocer en tiempo real el estado de la máquina y optimizar las horas de operación, así como los periodos de mantenimiento.

Hay que destacar que en este campo se está desarrollando una cierta controversia entre fabricantes y propietarios de parques eólicos con motivo de los datos generados por las turbinas y su propiedad. La importancia de los datos es vital para el desarrollo de la tecnología, ya que estos datos pueden ser utilizados para:

- Aumentar la captura de energía a través de estudios estadísticos que permiten definir patrones repetitivos de viento.
- Reducir las cargas soportadas por la máquina bajo algunas condiciones de operación.
- Determinar las ventanas operativas y espacios de mantenimiento basado en la estadística de operación de la turbina para el emplazamiento concreto.

El peligro que suponen ceder estos datos para un fabricante es la posibilidad de que un agente externo pueda reproducir, a través de ingeniería inversa, los modelos de control que operan la turbina, así como desarrollar algoritmos alternativos que optimicen la turbina en determinadas zonas de la curva de potencia, eliminando la exclusividad de estas labores de ingeniería a los fabricantes y, por lo tanto, perdiendo una posición predominante en el mercado. En cualquier caso, todo apunta a que esta va a ser la tendencia en el mercado, sobre todo ante la perspectiva del alargamiento de vida de los parques.

6.5 H02J 3/18 Electrónica de potencia (control de tensión)

La clase H de la Clasificación Internacional de Patentes trata sobre Electricidad, en concreto, la clase H02 que se va a analizar en los siguientes apartados hace referencia a producción, conversión o distribución de la energía eléctrica.

Como se ha expuesto en el capítulo 4, correspondiente a la Clasificación Internacional de Patentes, queda a criterio del examinador otorgar una categoría adicional u otra a la invención en función de su conocimiento del estado del arte en la materia y experiencia.

El interés en esta categoría, H02, es debido a que las partes relacionadas con el generador eléctrico, transformador y distribución, al ser elementos más comunes en todas las tecnologías de generación eléctrica, se clasifican en esta categoría en lugar de otorgarles una propia dentro de la clase F03D, de Motores de Viento.

A pesar de estudiar las clases H02J 3/18 y H02P 9 por separado, debido a los elementos en común que comparten, la búsqueda de elementos clave y temáticas va a ser muy similar, incluyendo los dos apartados bajo el nombre de “Electrónica de potencia”.

6.5.1 Evolución histórica global

En el siguiente gráfico, se expone la evolución de las patentes a nivel global, así como la participación de las empresas más relevantes del sector eólico.

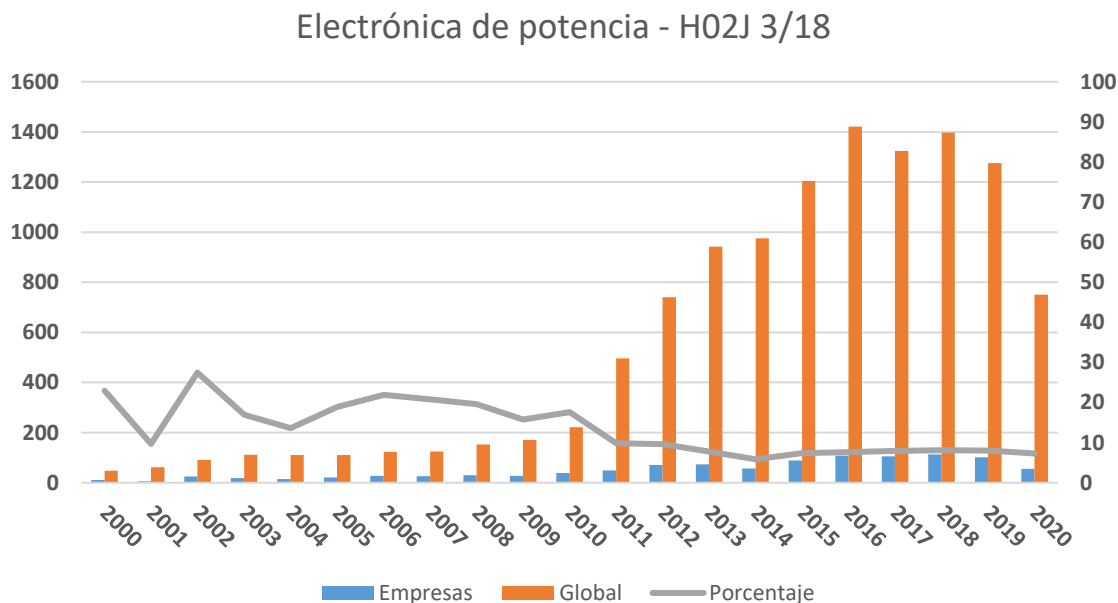


Gráfico 18. Evolución histórica del número de patentes publicadas en el ámbito de la electrónica de potencia en global y asignadas a empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

Del análisis del gráfico se extraen los siguientes aspectos:

- La clase H02J 3/18 se creó en el año 2006. Como en casos anteriores, las patentes anteriores a esa fecha han sido reclasificadas a medida que han sido tenidas en cuenta como referencia o evolución en las nuevas invenciones. Como se puede apreciar, la calidad de los datos es buena, puesto que se aprecia una continuidad incluso en las fechas anteriores a 2006.
- La innovación en este campo aumenta a partir del año 2011, en el que se duplican las patentes publicadas en el año anterior. Este crecimiento continúa hasta el año 2016, estabilizándose en torno a las 1.400 patentes al año.
- La presencia de las empresas de referencia del sector eólico en este estudio es menor que en otros campos de innovación, debido a que esta clase es compartida por todas las soluciones que tratan sobre generación, conversión y distribución eléctrica. No obstante, se aprecia un cambio de tendencia en la participación de las empresas del sector, ya que antes del crecimiento de la innovación, en 2010, la participación de estas empresas representa cerca del 20% anual de las patentes, mientras que, a partir de 2010, este porcentaje se reduce a menos de un 10%. Esto es debido al desarrollo en otras tecnologías de generación menos maduras que la tecnología eólica.

6.5.2 Influencia de los fabricantes

En el siguiente gráfico, se expone la participación de las empresas representativas del sector eólico.

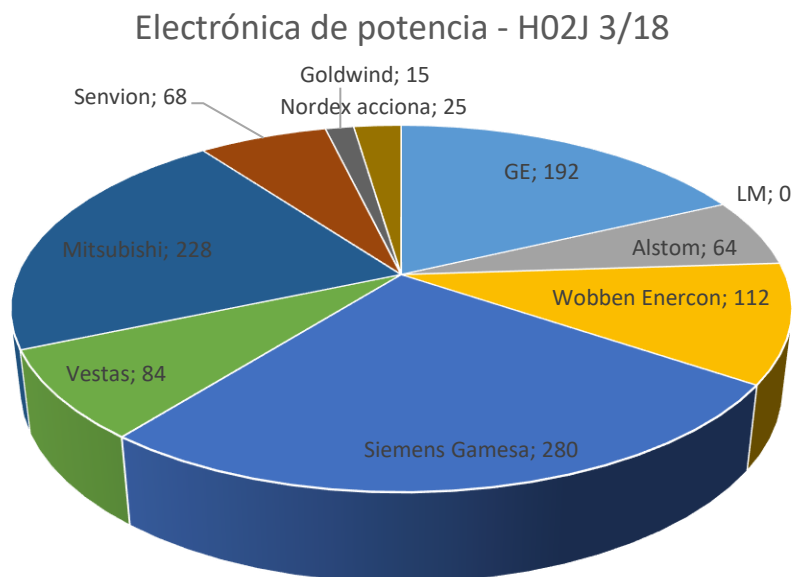


Gráfico 19. Reparto de las patentes relacionadas con la electrónica de potencia de las empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

Se extraen las siguientes apreciaciones del gráfico anterior:

- Siemens Gamesa ocupa la primera posición de innovación en lo que concierne a innovación en materia de generación, transformación y distribución eléctrica. Los perseguidores en esta materia son Mitsubishi y General Electric. La posición de liderazgo de estos tres fabricantes es algo lógico, puesto que tanto General Electric, como Siemens, diversifican su cartera de negocio con otros productos de generación de electricidad, mientras que Mitsubishi es uno de los proveedores de referencia en este tipo de tecnología.
- En cuanto a los fabricantes que centran su producto únicamente en el sector eólico, ocupan una posición muy similar en el reparto de invenciones, liderando este grupo Enercon, seguido de Vestas, Senvion, y, con menor cantidad de patentes, Nordex Acciona y Goldwind.
- Merece especial atención la posición de Alstom, más destacada en esta clase que en las anteriores, ya que, al igual que Siemens, Mitsubishi o General Electric, entre su gama de productos se encuentran más tecnologías que la eólica.

6.5.3 Tendencia histórica

En el siguiente gráfico, se expone la evolución anual de las principales empresas del sector eólico analizadas en este estudio, correspondiendo el anillo interior al año 2000 y el exterior al 2020.

Tal y como se puede observar en el gráfico:

Electrónica de potencia - H02J 3/18

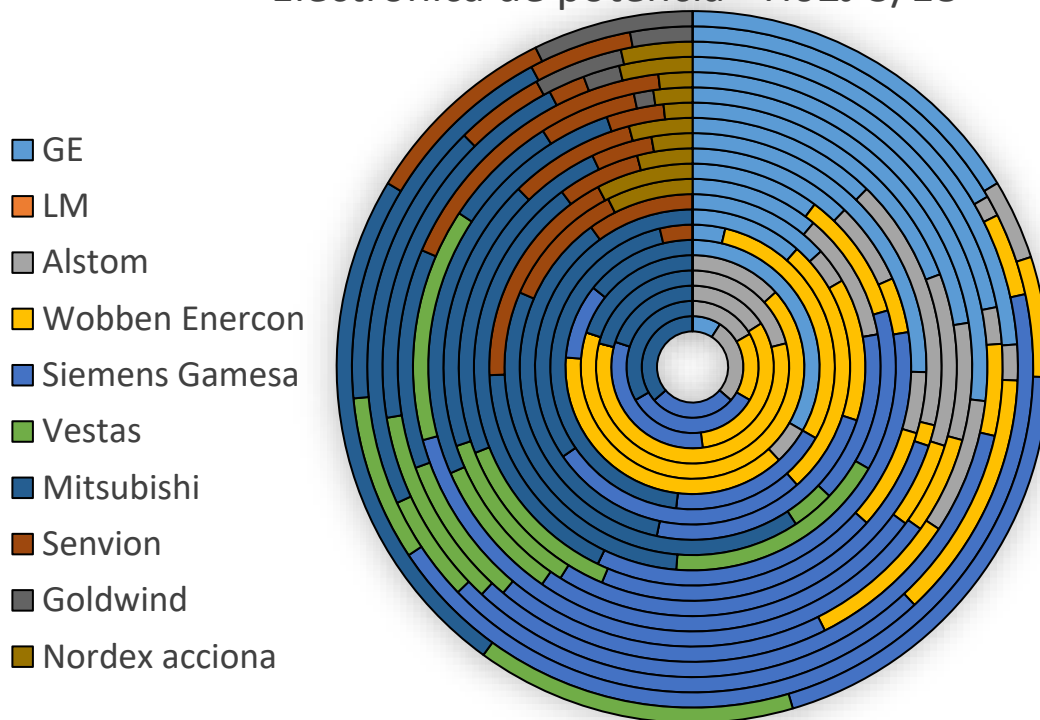


Gráfico 20. Participación anual de las empresas representativas del sector eólico en la publicación de patentes referentes a la electrónica de potencia. Fuente: Eolion Energía

- Los primeros años de evolución tecnológica están dominados por la presencia de Enercon, Mitsubishi, Siemens Gamesa y Alstom.
- En un periodo intermedio, se suman el resto de los fabricantes: General Electric, Senvion, Vestas y Nordex Acciona, continuando hasta la actualidad un escenario heterogéneo de evolución e innovación, con mayor presencia de Mitsubishi, Siemens Gamesa y General Electric, en los últimos años.
- Entre los aspectos particulares a destacar:
 - Alstom, a diferencia de clases anteriores, tiene mayor presencia en este caso, como se ha comentado anteriormente. Esta participación es debida al desarrollo de otras tecnologías de transformación y distribución de electricidad, puesto que la parte correspondiente a generación eléctrica fue vendida a General Electric en el año 2014.
 - El crecimiento de Goldwind en esta clase es menor que en otras temáticas analizadas, debido a la existencia de más productos en el mercado que pueden adaptar a sus aerogeneradores, siendo económicamente más rentable desarrollar una alianza estratégica que una línea de investigación en una temática tan compleja.

- La participación de Nordex Acciona en esta clase se ha visto reducida progresivamente, hasta el punto de que, en los dos últimos años, no se ha publicado ninguna patente a su nombre.

6.5.4 Análisis

En cuanto a la búsqueda taxonómica entre las 11.854 invenciones identificadas, se ha desarrollado un análisis, centrando en esta ocasión la búsqueda en aquellos que tienen mayor influencia en el control de los generadores, con el objetivo de proporcionar la mejor estabilidad de red posible.

Los resultados obtenidos son:

- Tensión (*voltage*): aspectos relacionados con la capacidad de los aerogeneradores y parques para contribuir al control de tensión – 7.007 patentes.
- Condensador (*capacitor*): sistemas de almacenamiento y descarga rápida de energía, generalmente utilizados para controlar reactiva y responder a los huecos de generación – 3.237 patentes.
- Red (*grid*): mejora de calidad y pérdidas eléctricas en las conexiones a red – 2.694 patentes.
- Transformador (*transformer*): nuevos diseños en equipos de transformación de baja a media y alta tensión – 2.659 patentes.
- Generador (*generator*): nuevos diseños de generador eléctrico, o modificaciones de otros elementos que implican a su vez una reforma de este sistema – 1.198 patentes.
- Hueco de tensión (*tension hole*): innovaciones específicas dirigidas a soportar los huecos de tensión propios de la generación eólica y contribuir a la recuperación de los valores nominales del mismo – 751 patentes.
- Almacenamiento (*storage*): tecnologías de almacenamiento alternativas a las baterías, principalmente hidrógeno, y equipos de compresión de aire, con el objetivo de almacenar la energía eléctrica generada en instalaciones eólicas – 691 patentes.
- Corriente continua (*direct current*): se aprecia un importante incremento de la innovación en generación, transformación y transporte de la electricidad en forma de corriente continua, planteándose como tecnología del futuro la Corriente Continua de Alta Tensión para minimizar las pérdidas en el transporte, además de su aplicación a la transmisión de los grandes parques eólicos marinos – 664 patentes.
- Batería (*battery*): desarrollo de dispositivos de almacenamiento de energía en instalaciones eólicas – 243 patentes.
- Parque eólico (*wind farm*): publicaciones relacionadas directamente con cualquier aspecto de electrónica de potencia que involucre a más de una turbina – 192 patentes.

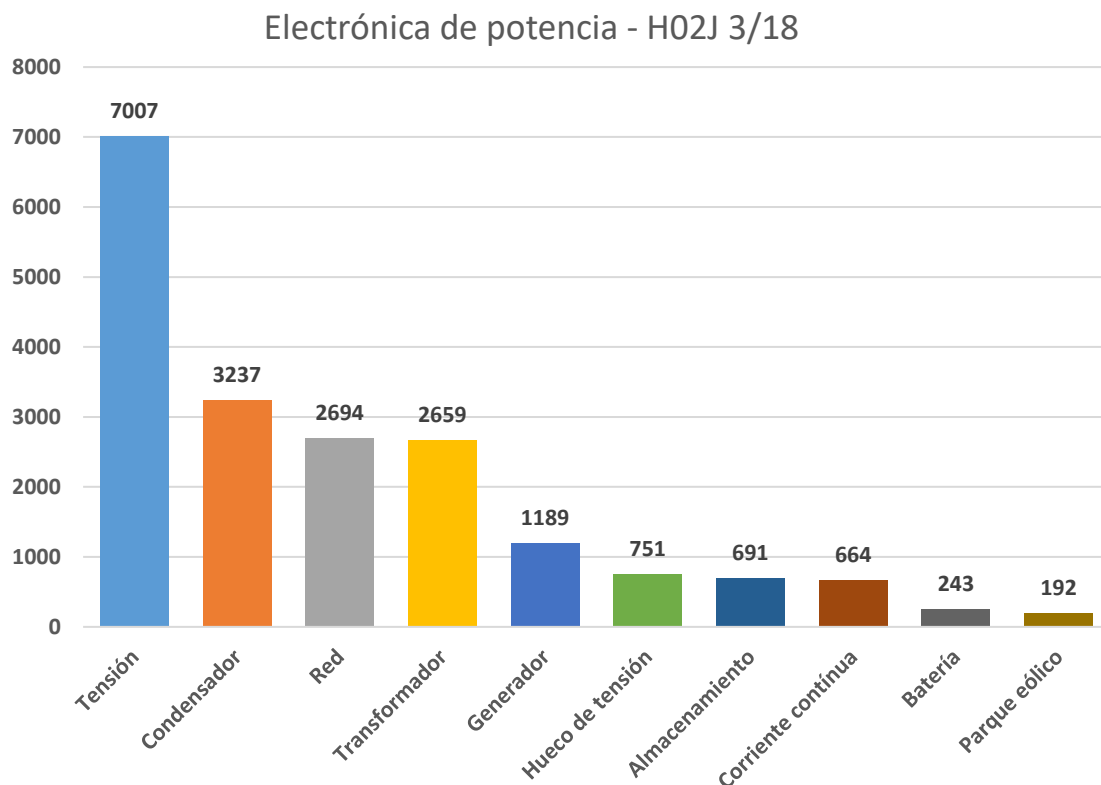


Gráfico 21. Principales campos de innovación en el área de la electrónica de potencia.
Fuente: Eolion Energía

6.6 H02P 9 Disposiciones para el control de los generadores eléctricos y la electrónica de potencia para cumplir con los códigos de red

En este apartado, se analiza la clase H02P 9 referente al control de los generadores eléctricos de cara a adaptar la producción a las necesidades de la red, temática contenida en la electrónica de potencia del sector eólico, complementaria a la anterior que estaba más orientada al control de tensión.

Al igual que en el apartado anterior, esta clase no es exclusiva de la energía eólica, ya que se trata de una categoría compartida por todas las tecnologías de generación eléctrica.

La clase H02P 9 fue creada con la modificación de la CIP del año 2006, por lo que las patentes de fecha anterior han sido reclasificadas a medida que han sido utilizadas como referencia para invenciones posteriores. A tenor de la calidad de los datos que se exponen a continuación, se podría considerar que toda la información disponible ha sido clasificada.

6.6.1 Evolución histórica global

En el siguiente gráfico, se expone la evolución temporal del global de patentes relacionado con el porcentaje de estas invenciones propiedad de las empresas de referencia del sector eólico consideradas en el presente estudio.

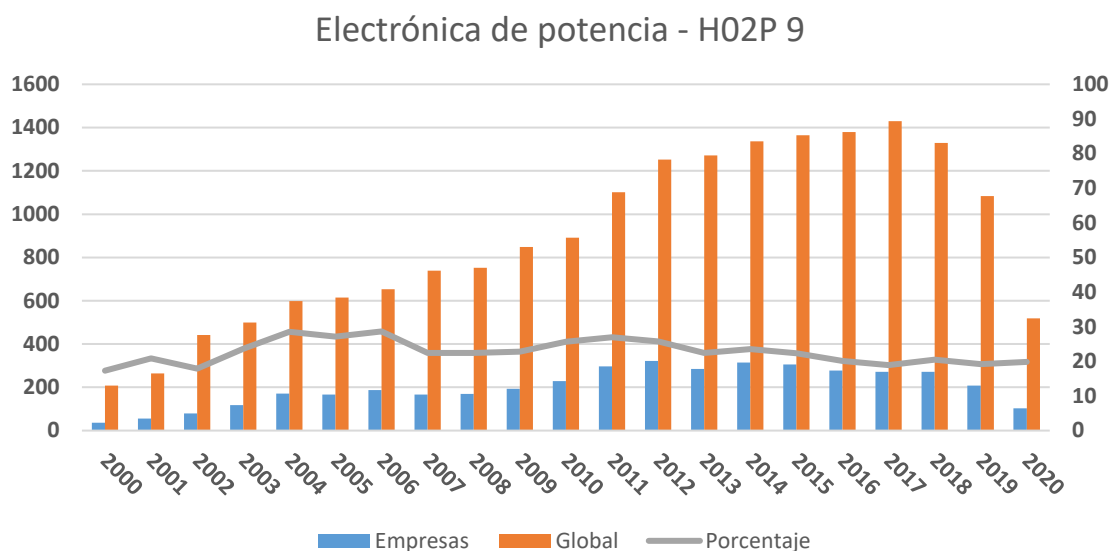


Gráfico 22. Evolución histórica del número de patentes publicadas en el ámbito de la electrónica de potencia en global y asignadas a empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

Como se puede observar en el gráfico:

- Se trata de un área de innovación que ha sufrido un ascenso lineal en cuanto a la publicación de patentes hasta el año 2012, momento en el que se estabiliza.
- En los últimos años, se aprecia un descenso en las patentes publicadas, pero la trazabilidad no es suficiente para distinguir entre un aspecto puntual, o si existe una pérdida de interés por parte de la industria en este aspecto.
- En cuanto a las empresas más relevantes del sector, se aprecia una tendencia muy estable, acompañando ese ascenso en el número de solicitudes, y manteniendo un porcentaje sobre el global comprendido entre el 20% y 30%.

6.6.2 Influencia de los fabricantes

A continuación, se expone la participación de las empresas más representativas del sector eólico en este campo de innovación.

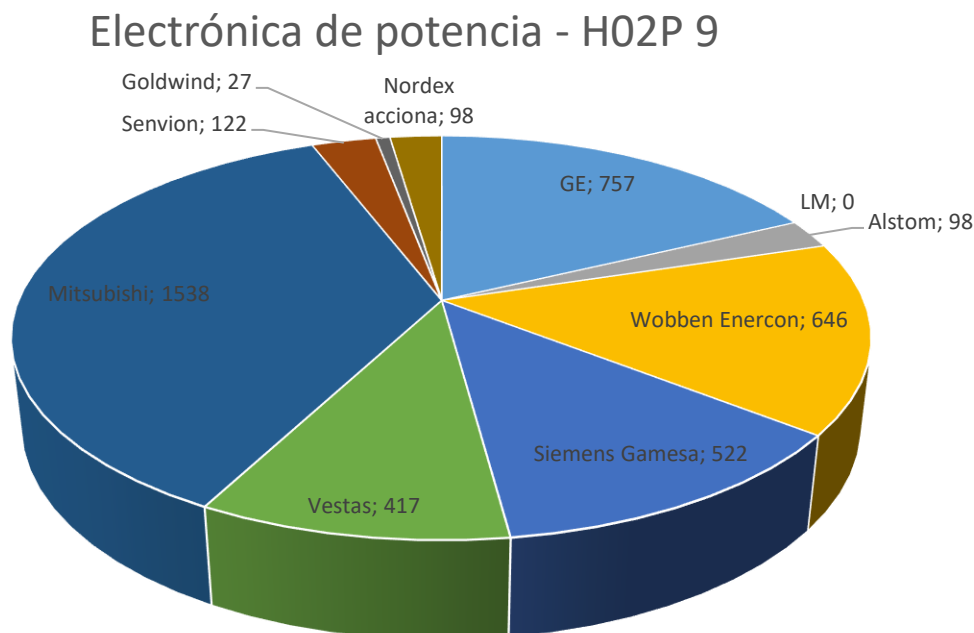


Gráfico 23. Reparto de las patentes relacionadas con la electrónica de potencia de las empresas representativas del sector eólico. Fuente: Eolion Energía

Como se puede observar en el gráfico:

- Mitsubishi es la empresa de referencia con un elevado número de patentes en esta área de innovación, como suministradora de componentes que concierne a la electrónica de potencia en todo el sector de generación de electricidad.
- En esta ocasión, no se aprecian mayores diferencias entre fabricantes con exclusividad en el sector eólico, como Enercon y Vestas, y los que incluyen diferentes líneas de negocio de equipos de generación eléctrica como Siemens Gamesa o General Electric. De esta afirmación, se puede llegar a la conclusión de que, en este campo concreto del control de los generadores eléctricos, no hay diferencias significativas entre los equipos diseñados específicamente para la tecnología eólica y los que pudieran tener un carácter más universal.

6.6.3 Tendencia histórica

En el siguiente gráfico, se observa la evolución anual de las empresas de referencia del sector eólico en el presente estudio, representando el año 2000 en el anillo interno y el año 2020, en el anillo externo.

Electrónica de potencia - H02P 9

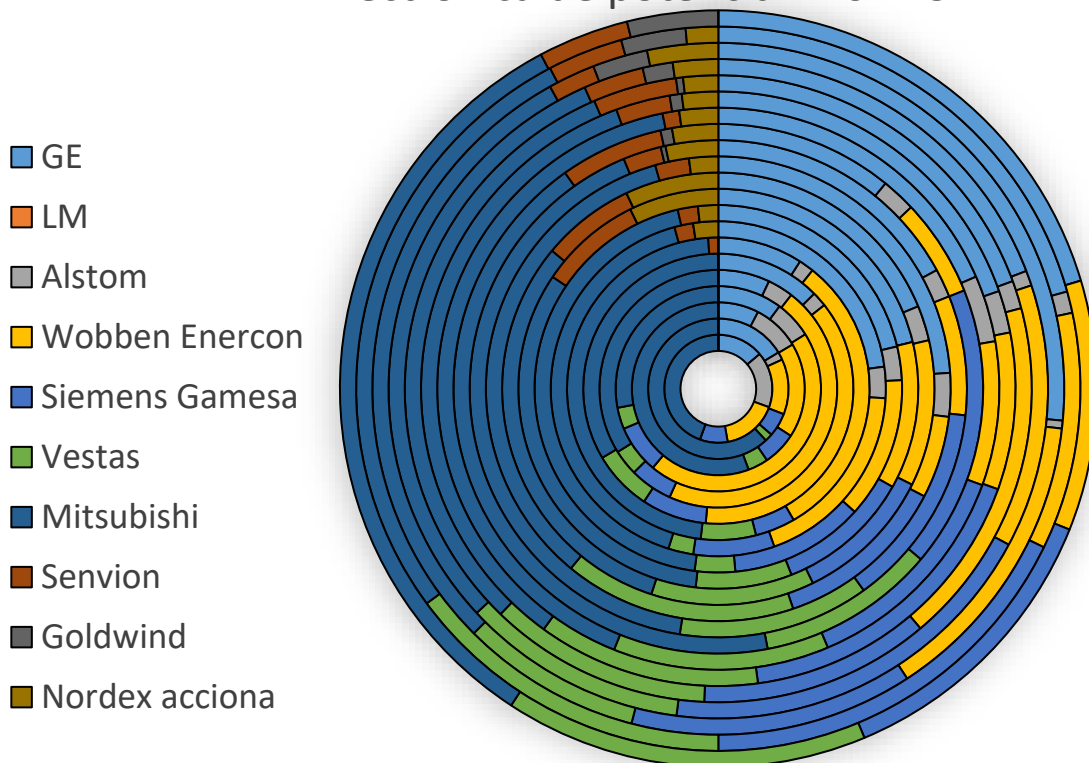


Gráfico 24. Participación anual de las empresas representativas del sector eólico en la publicación de patentes referentes a la electrónica de potencia. Fuente: Eolion Energía

Del análisis del gráfico se obtiene que:

- Mitsubishi, además de liderar esta área de innovación históricamente, lo ha hecho anualmente desde el año 2000.
- El reparto entre los fabricantes eólicos General Electric, Enercon, Vestas y Siemens Gamesa es muy equitativo, repartiéndose algunos años de mayor innovación con otros de menor actividad, destacando una mayor cantidad de patentes publicadas por parte de General Electric en los últimos 5 años en comparación con el resto de los fabricantes.
- Se aprecia la evolución de Alstom, con una participación relevante hasta su compra por parte de General Electric, quedando diluida su actividad los últimos años, coincidiendo con el crecimiento de General Electric. Es por ello por lo que parte de este incremento en la actividad innovadora de General Electric en este campo es debido al personal que se unió a la compañía estadounidense en la fusión.
- Nordex Acciona y Senvion reciben sus primeras patentes en este campo de innovación en el año 2007. Desde ese momento, su actividad ha sido irregular a largo de los siguientes años, destacando que, como ocurría en el apartado anterior, Nordex Acciona no tiene ninguna patente publicada a su nombre en el año en curso, 2020, por lo que habrá que observar la tendencia en los años posteriores para determinar si la compañía

ha perdido interés en esta rama tecnológica o si ha desarrollado algún acuerdo comercial o técnico con proveedores externos de la tecnología.

- Goldwind presenta una posición de crecimiento desde el año 2015. A diferencia de la clase analizada anteriormente, en la tecnología relacionada con el control del generador eléctrico sí se aprecia un esfuerzo de innovación por parte del fabricante chino.

6.6.4 Análisis

Se ha desarrollado una búsqueda taxonómica entre las 18.575 patentes analizadas para identificar las principales áreas de innovación dentro del campo de la electrónica de potencia. Además, con el objetivo de comparar esta clase de patentes con la anterior, H02J 3/18, se han incluido las áreas analizadas anteriormente.

Los resultados son:

- Generador (*generator*): nuevos diseños de generador eléctrico, o modificaciones de otros elementos que implican a su vez una reforma de este sistema – 11.978 patentes.
- Tensión (*voltage*): aspectos relacionados con la modificación de la tensión en el interior y salida de la turbina – 7.705 patentes.
- Red (*grid*): mejora de calidad y pérdidas eléctricas en las conexiones a red – 1.992 patentes.
- Batería (*battery*): desarrollo de dispositivos de almacenamiento de energía en instalaciones eólicas – 1.959 patentes.
- Almacenamiento (*storage*): tecnologías de almacenamiento alternativas a las baterías, principalmente hidrógeno y equipos de compresión de aire, con el objetivo de almacenar la energía eléctrica generada en instalaciones eólicas – 1.235 patentes.
- Transformador (*transformer*): nuevos diseños en equipos de transformación de baja a media y alta tensión – 1.031 patentes.
- Condensador (*capacitor*): sistemas de almacenamiento y descarga rápida de energía – 795 patentes.
- Corriente continua (*direct current*): se aprecia un importante incremento de la innovación en generación, transformación y transporte de la electricidad en forma de corriente continua, planteándose como tecnología del futuro la Corriente Continua de Alta Tensión para minimizar las pérdidas en el transporte – 749 patentes.
- Huevo de tensión (*tension hole*): innovaciones específicas dirigidas a responder a los huecos de tensión propios de la generación eólica – 279 patentes.
- Generador sin escobillas (*brushless generator*): desarrollo de nuevos diseños de generadores eléctricos sin partes en contacto – 262 patentes.
- Parque eólico (*wind farm*): publicaciones relacionadas directamente con cualquier aspecto de electrónica de potencia que involucre a más de una turbina – 239 patentes.
- Inercia (*inertia*): sistemas de conservación inercial para mantener temporalmente el par motor de la turbina en oscilaciones bruscas de la velocidad de viento – 141 patentes.
- Estabilidad de red (*grid stability*): desarrollo de sistemas relacionados con la calidad de la entrega de energía a red – 18 patentes.
- Red neuronal (*neural network*): comunicación inteligente iterativa entre las turbinas eólicas de un parque para adecuar la producción eólica a la demanda – 14 patentes.

- Generador multipolo (*multipole generator*): diseños específicos de generadores eléctricos multipolo – 7 patentes.

Electrónica de potencia - H02P 9

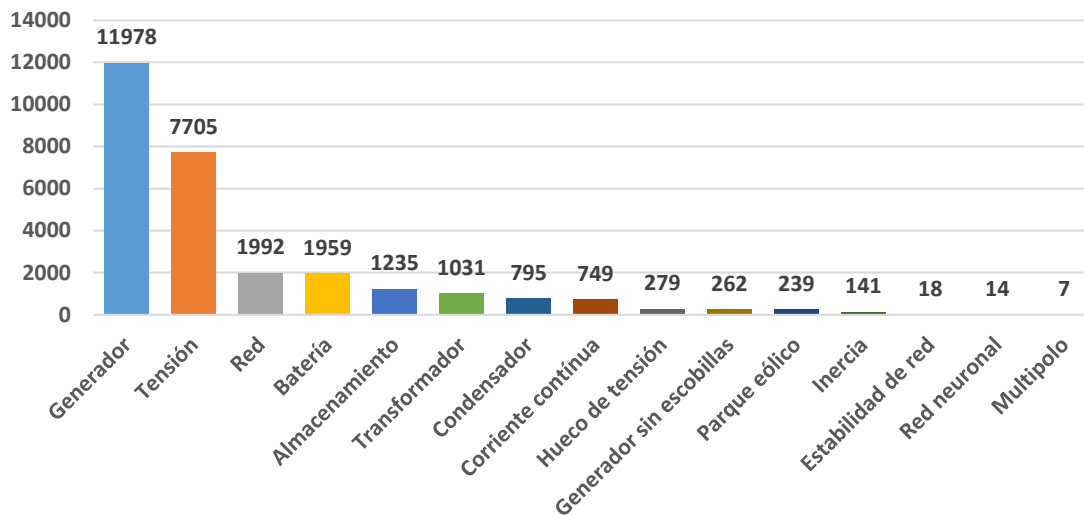


Gráfico 25. Principales campos de innovación en el área de la electrónica de potencia.
Fuente: Eolion Energía

Comparando ambas clases, se aprecia que:

- La clase H02P 9 contiene patentes más relacionadas con el elemento principal del sistema eléctrico, el generador.
- La clase H02J 3/18 recoge las patentes relacionadas con los equipos complementarios al generador en el sistema eléctrico.

7. Tendencias de mercado

El análisis de las patentes, además de permitir conocer las tendencias de innovación en las áreas más importantes del sector, proporciona información estrechamente relacionada con la trayectoria que siguen algunas empresas en un aspecto que engloba a su negocio.

7.1 Mercado actual

En el siguiente gráfico, se representa la distribución entre los principales fabricantes de turbinas a nivel global.

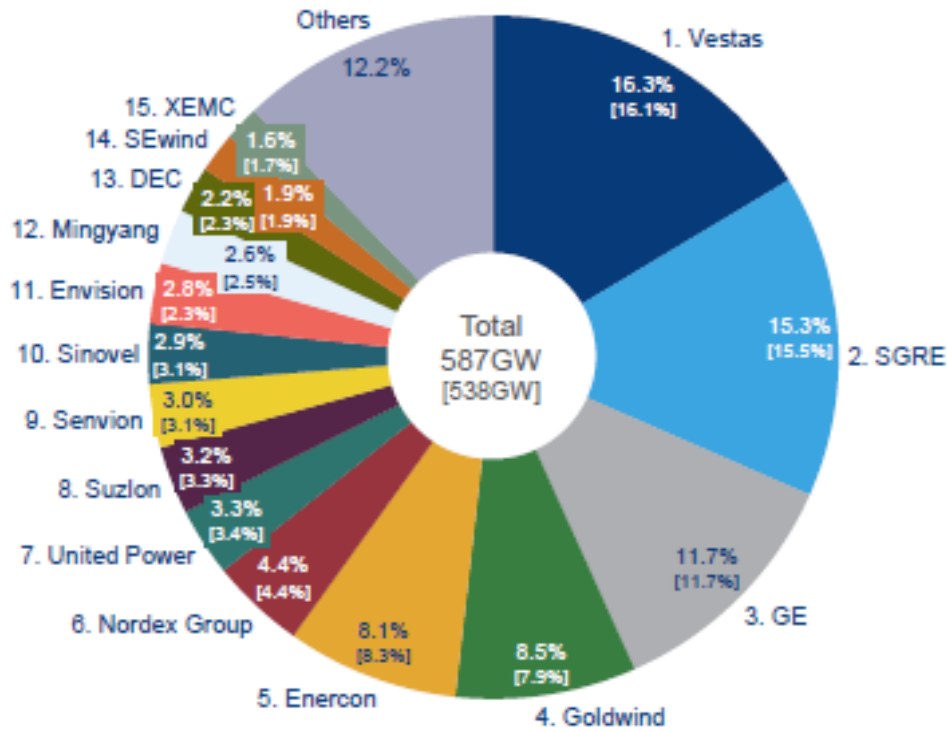


Gráfico 26. Acumulado de potencia instalada con relación a fabricantes de turbinas eólicas a nivel global. Fuente: WindEurope

Como se puede observar en el Gráfico 26, el mercado eólico global está dominado por Vestas, Siemens Gamesa y General Electric. A pesar de la juventud de la compañía, Goldwind se encuentra en cuarta posición, un claro indicativo de la velocidad a la que está creciendo, superando a fabricantes europeos de referencia como Enercon, Nordex Acciona o Senvion.

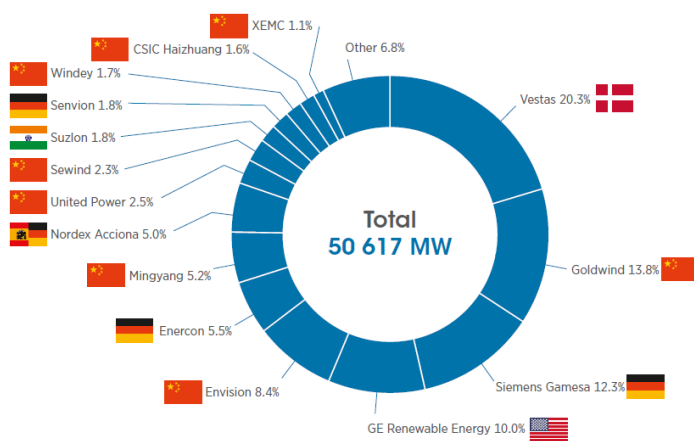


Gráfico 27. Potencia instalada a nivel global por fabricante de turbinas eólicas en el año 2018.

Fuente: Informe IRENA 2019

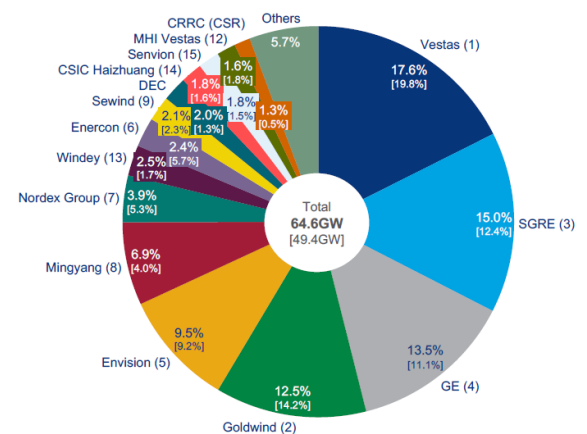


Gráfico 28. Potencia instalada a nivel global por fabricante de turbinas eólicas en el año 2018.

Fuente: WindEurope

Como se puede observar en la evolución de la potencia instalada en los últimos años, Vestas es el fabricante más instalado de manera destacada, con Siemens Gamesa, General Electric y Goldwind justo detrás. Entre los cuatro fabricantes se reparte más de la mitad de la potencia instalada en ambos años, por lo que estas cuatro compañías ejercen actualmente el dominio del mercado.

7.2 Zonas de interés

Uno de los aspectos clave para comprender las tendencias actuales de crecimiento de los fabricantes eólicos es la localización geopolítica de los emplazamientos que se encuentran desarrollados y los que tienen mayor potencial.

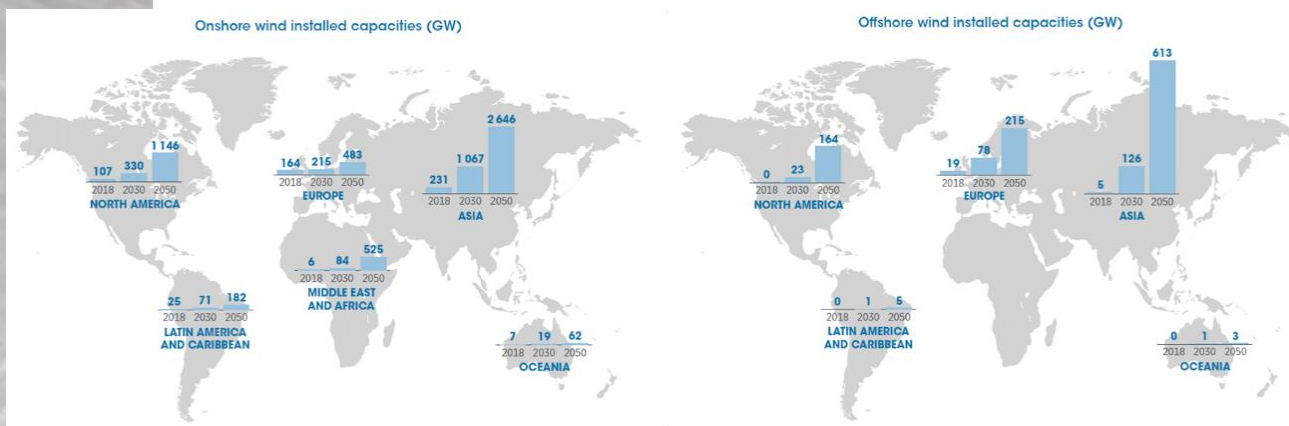


Gráfico 9. Capacidades de potencia instalada en 2018 y estimaciones para los años 2030 y 2050 a nivel continental. Fuente: IRENA "Future of Wind" 2019

Como se puede observar, en el caso de la capacidad en tierra (*onshore*) existen regiones con alto grado de potencia instalada, como sucede con Europa, siendo la región junto con América del Sur y Oceanía que menos margen de crecimiento presentan. Por contrapartida, Norteamérica, Asia y África junto con Oriente Medio se presentan como los entornos con mayor potencial de crecimiento, multiplicándose por 10 como mínimo la potencia instalada en el año 2050, teniendo como referencia la actual.

En cuanto a la tecnología marina (*offshore*) Sudamérica, Oceanía y África presentan un potencial bajo para esta tecnología, mientras que Norteamérica, Asia y, en este caso, Europa presentan un gran margen de potencia a instalar.

Comparando tamaño de mercados, la potencia a instalar en el continente asiático supera a la suma del resto de continentes, este es el mercado objetivo para la mayoría de los fabricantes de turbinas eólicas actualmente a través de la tecnología *onshore*.

Por lo tanto, se observa que, a nivel de mercado, los fabricantes asiáticos están avanzando a gran velocidad, coincidiendo que el mercado de mayor interés es su continente.

7.3 Turbinas comercializadas actualmente

El siguiente paso en el análisis de mercado es conocer la gama de productos que cada uno de los fabricantes está comercializando actualmente.

Para ello, se ha obtenido información de las páginas web de cada uno de los fabricantes, y se han consultado y analizado bases de datos especializadas en turbinas eólicas.

En el siguiente gráfico, se puede observar la relación de turbinas comercializadas actualmente por los 15 mayores fabricantes de aerogeneradores.

OEM	IEC Ia	IEC Ib	IEC IIa	IEC IIb	IEC IIIa	IEC IIIb	IEC S
Vestas	105-112	135	90-136	100-126	90-110	150	120-162
GAMESA	114-132	154-167	145	145	114-122		114-167
GE	117	150	83-117	130	103-130	137-158	87-116
GoldWind				82-155		155	
Envision		130	120		140		93-141
Enercon	44-136		48-147		103-160		53-70
Mingyang	70	155-158	77-117		82-87	89-135	89-180
Nordex Acciona			117	131		131	149-155
Senvion	82	118-126	104-114	122-144	122-144		130-148
Suzlon					111-120		111-128
United Power	100-136		77-100	77	100-120	82-86	97-103
Sewind		130-154	62	87	94-116	70-122	105-167
Windey	103		107-139		107-115		121
CSIC HZ Windpower				82-87	56-103		111
XEMC		115	140	140	93-128		

Gráfico 30. Relación de turbinas fabricadas por las 15 empresas más grandes del sector eólico clasificadas en función de la norma IEC 61400-2. Fuente Eolion Energía

Para analizar el gráfico se definen los siguientes aspectos:

- Los números comprendidos en las celdas hacen referencia al tamaño de rotor de la turbina para fabricante y clase de viento según la IEC 61400-2 determinada. En aquellos que aparecen dos números, se trata del intervalo de tamaño de rotor para la certificación determinada, recogiendo el más pequeño y el más grande.
- Las celdas en blanco indican que no hay ninguna turbina comercializada para ese fabricante en la clase determinada.
- Las celdas en verde indican la existencia de turbinas *onshore* comercializadas por el fabricante en la clase correspondiente.
- Las celdas en azul indican que, en esa categoría, además de existir turbinas *onshore*, existen modelos *offshore*.

Las conclusiones que se extraen son:

- Solamente dos fabricantes, Vestas y General Electric, presentan productos en toda la gama de clases que cubre la IEC 61400-2.
- Son muy pocos los fabricantes que tienen al menos un producto en todas las clases principales de la IEC 61400-2 (teniendo en cuenta solamente la clase principal, omitiendo en esta afirmación la distinción debida a la turbulencia del emplazamiento).
- Las clases con más equipos en el mercado actualmente son la clase IIIa y clase S, correspondiéndose con las clases de menores vientos medios según la IEC 61400-2. A

menor velocidad media de emplazamiento, menor densidad de energía, lo que provoca el uso de rotores más grandes. La gran ventaja del uso de estos equipos son las bajas cargas a las que está sometido el aerogenerador en su fase de operación, lo que implica un menor grado de dureza de los materiales y de estrategias de control y desarrollo para la fabricación de estas máquinas, por lo tanto, equipos más baratos a través de un desarrollo más económico.

- Goldwind es el exponente de la estrategia de desarrollar equipos con bajos requerimientos técnicos y, por lo tanto, bajo coste, trabajando solamente con equipos en dos clases (IEC Clase IIb y IIIb) y consiguiendo una posición de mercado más que relevante, alcanzando la cuarta posición en el acumulado histórico.
- La estrategia desarrollada por Goldwind es apreciable en algunos fabricantes europeos, como Nordex Acciona, la cual no comercializa turbinas de la clase más exigente, IEC I; así como en otros fabricantes asiáticos como Suzlon. Se trata de una estrategia claramente dirigida a optimizar económica y técnicamente una gama de productos de instalación en la mayoría de los emplazamientos eólicos disponibles actualmente (zonas de vientos medios y bajos).
- La amplia mayoría de turbinas eólicas comercializadas actualmente son turbinas *onshore*..

7.4 Evolución del mercado eólico

En cuanto a la evolución que ha sufrido el mercado eólico desde el año 2000, se compara, a continuación, la evolución anual en el número de patentes en los campos analizados en el presente estudio con la evolución en tamaño y potencia que se ha desarrollado en la industria.

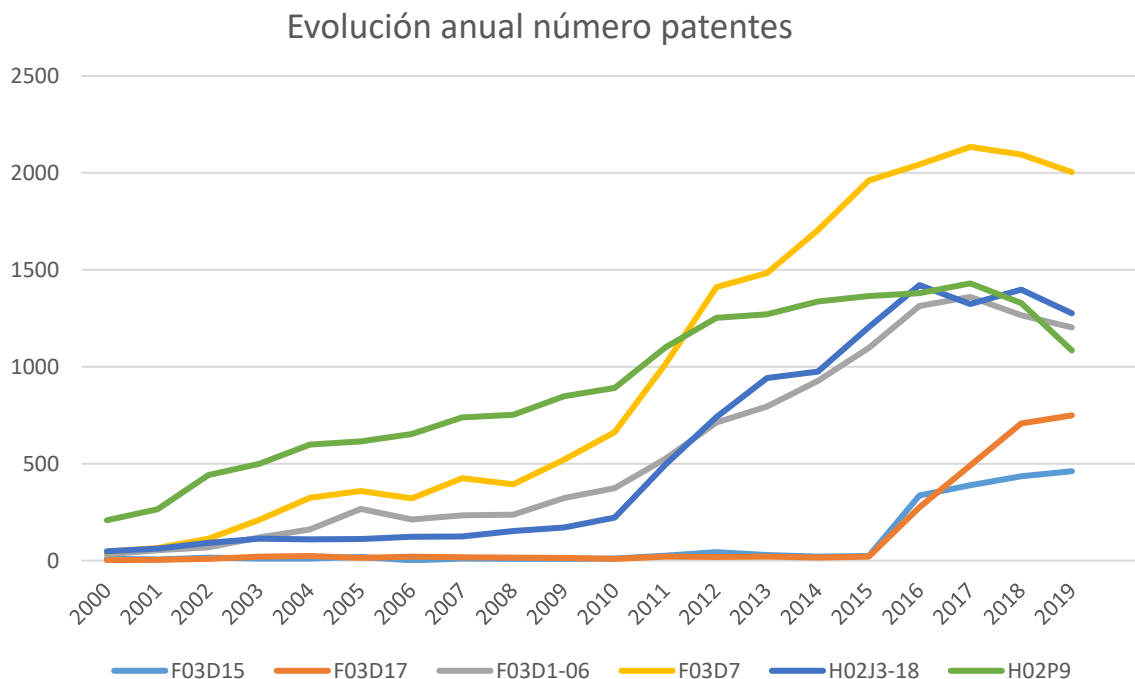


Gráfico 1. Evolución de los últimos 20 años de las áreas de innovación analizadas en el presente estudio. Fuente: Eolion Energía

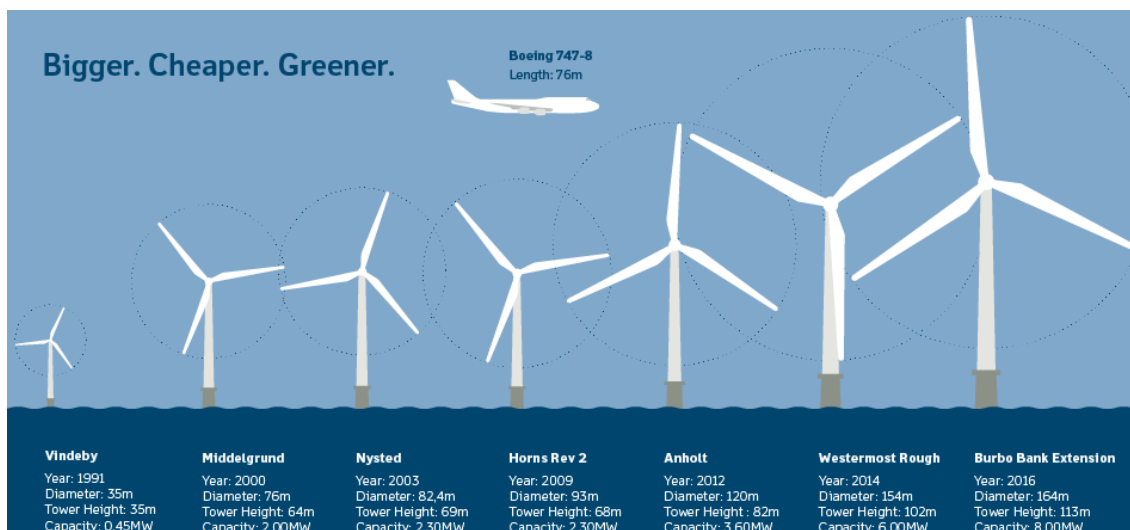


Gráfico 2. Evolución del tamaño y potencia de las turbinas eólicas.

Fuente: DONG Energy, 2018

Analizando ambos gráficos se observa que:

- En la evolución de las patentes se observa un incremento exponencial en la mayoría de las clases analizadas entre los años 2009 y 2012. En el año 2009, la turbina de referencia tiene una potencia de 2.3MW, mientras que en 2012 se lanza al mercado la plataforma de 3.6MW. En base a esto, se identifica una vinculación directa entre el incremento de la innovación y el salto tecnológico en cuanto al tamaño de los aerogeneradores.
- A partir de 2012, el número de patentes continúa creciendo a menos velocidad, alcanzándose un pico de innovación en la mayoría de las áreas en el año 2017. Comparando esta tendencia con la evolución tecnológica, en el año 2014 y 2016 se lanzan al mercado las plataformas de 6.0 MW y 8.0 MW. Las innovaciones desarrolladas en las diferentes áreas, destacando el control, son las responsables de los dos saltos evolutivos.
- En los años 2018 y 2019, se observa una caída en la mayoría de las áreas de desarrollo. Este efecto es relacionado con la madurez actual de la tecnología. En cuanto al mercado, se puede observar una batalla tecnológica entre algunos fabricantes por construir el aerogenerador más grande: General Electric con el Haliade X de 12MW, y Siemens Gamesa con la SG-14-222 DD de 15MW. Mientras, otros fabricantes como Enercon o Vestas, han reducido su cartera de productos, retirando de la venta actual sus turbinas más grandes y centrándose en los productos que tienen mejor acceso al mercado. Estos movimientos en el mercado provocan directamente que la innovación en el caso de las empresas que no desarrollan producto nuevo sea menor.

En cuanto a realizar previsiones del futuro del mercado eólico y la evolución de las patentes, se recogen a continuación las previsiones más significativas:

- En cuanto a la innovación, es complicado realizar una apreciación concreta, ya que los departamentos de I+D de las empresas guardan con celo los proyectos en los que trabajan, y no es hasta la publicación de las invenciones cuando se conocen los resultados de este proceso. A pesar de ello, la innovación del conjunto del sector

continuará al alza gracias al impulso de dos áreas principales: la transmisión mecánica y la monitorización.

- Se observa una estabilización en la mayoría de los fabricantes en las plataformas de 3.0MW, 3.0MW y 4.0MW, esto va a provocar que las principales líneas de innovación se centren en reducir costes y aumentar la eficiencia de estos equipos y las plataformas cercanas (6.0MW), pero a un ritmo inferior que en el desarrollo de nuevas turbinas.

OEM	1MW	2MW	3MW	4MW	5MW	6MW	7MW	8MW
Vestas								
Gamesa								
GE								
GoldWind								
Envision								
Enercon								
Mingyang								
Nordex Acciona								
Senvion								
Suzlon								
United Power								
Sewind								
Windey								
CSIC HZ Windpower								
XEMC								

Gráfico 3. Principales fabricantes y plataformas de potencia en las que comercializan actualmente aerogeneradores (se han eliminado los equipos en desarrollo, prototipos y modelos antiguos que ya no se encuentran en venta)

En cuanto a la evolución de las empresas del mercado eólico, se dan tres condicionantes principales:

- Asia es el mercado principal.
- Los fabricantes asiáticos están emergiendo con fuerza.
- Las plataformas más comercializadas actualmente son las más desarrolladas (2.0MW y 3.0MW), las que menos recursos de desarrollo necesitan y mejor coste de energía presentan.

En base a ello, se obtienen las siguientes apreciaciones:

- Los fabricantes asiáticos emergentes están fabricando y desarrollando equipos para velocidades medias y bajas de viento, productos que pueden colocar en la mayoría de los emplazamientos a un coste muy competitivo, debido a las menores exigencias de la normativa para esta clase de viento.
- Debido a los tres condicionantes analizados anteriormente, la tendencia natural es que los fabricantes asiáticos se centren en su continente, al representar el mayor mercado potencial y a las menores exigencias normativas, compitiendo con productos de bajo coste de fabricación y de venta.

- Como excepción a la tendencia observada en los fabricantes asiáticos, con bajo nivel de innovación, se encuentra la compañía china Goldwind³
- Los fabricantes europeos y estadounidenses han reducido su cartera de productos en venta, centrándose en los equipos con más margen de beneficio en las plataformas de potencia con un grado de desarrollo y fiabilidad elevado: plataformas de 2MW a 5MW.
- En los próximos años, la reducción de costes va a ser más significativa, impulsada por la competencia de otras tecnologías, fundamentalmente la fotovoltaica, por lo que es previsible que algunos proyectos de innovación se paralicen o incluso no comiencen, sino suponen una reducción del LCOE.
- Aunque, claramente, el futuro de la energía eólica se dirige al entorno marino, la realidad es que los fabricantes se están centrando en obtener la máxima rentabilidad posible de los productos *onshore*.

En resumen, el escenario que se plantea en los próximos años, tras el análisis del mercado y de las tendencias de innovación, consiste en una optimización técnica de los equipos que económicamente son más rentables para los fabricantes en plataformas que ya han demostrado su fiabilidad, mientras que en el aspecto geográfico, los fabricantes asiáticos dominarán su continente, siendo una amenaza para los fabricantes europeos y estadounidenses en el momento que alcancen una evolución tecnológica que les permita competir en cualquier clase de la IEC 61400-2.

8. Conclusiones

- El estudio y análisis de las patentes permite conocer de primera mano los proyectos de innovación que están desarrollando las empresas, y alinearlos con la tendencia individual de cada una de ellas, así como la tendencia de mercado del sector.
- Las siguientes áreas de innovación deberán ser analizadas en los próximos meses, ya que en su evolución anticipará el próximo salto tecnológico, más en calidad y aumento de producción de energía que en tamaño de rotor:
 - F03D 17 – Monitorización.
 - F03D 15 – Transmisión mecánica.
 - F03D 7 – Control.
- En las siguientes áreas de innovación se puede observar una tendencia en descenso en cuanto a la producción de patentes, debido a que han alcanzado un alto grado de madurez tecnológica, lo que implicará que la innovación en los próximos años puede ser menor, no siendo así en el mercado eólico, puesto que un avance significativo en una de estas áreas puede representar un gran salto tecnológico:
 - F03D 1/06 – Rotores.
 - H02P 9 – Electrónica de potencia: generador eléctrico.
 - H02J 3/18 – Electrónica de potencia: equipos auxiliares a la producción.
- Un aspecto diferencial para el desarrollo del sector eólico es observar las tendencias de innovación de otras tecnologías con las que comparte diferentes áreas y servidumbres,

³ Goldwind es una empresa pública china que adquirió las patentes de la empresa alemana Vensys que desarrolló el concepto de generador multipolo de imanes permanentes frente al rotor devanado de Enercon.

de manera que se puedan importar y adaptar evoluciones tecnológicas no planteadas en el momento de su invención para su aplicación en el entorno eólico.

- En cuanto a los fabricantes asiáticos, exceptuando Suzlon (con mayor trayectoria) y Goldwind (debido a la velocidad en lo que a crecimiento de la innovación se refiere), se aprecia una tendencia a quedarse en Asia, por lo tanto, no representan una amenaza para el resto de fabricantes en otros continentes, salvo en proyectos puntuales.
- Los fabricantes europeos y estadounidenses, según la tendencia observada, seguirán dominando el resto de los continentes, con una fuerte barrera de entrada al continente asiático, con motivo de la fuerte presencia de los fabricantes autóctonos.

9. Referencias

- Informe *International Renewable Energy Agency* - IRENA “*Future of wind*” 2019
- The wind power – base de datos – www.thewindpower.net
- Wind turbine models – base de datos – <https://es.wind-turbine-models.com>
- Informe de Tecnologías de Mitigación del Cambio Climático - Oficina Española de Patentes y Marcas, 2019.
- Clasificación Internacional de Patentes (CIP) – Oficina Española de patentes y Marcas - <http://cip.oepm.es/>

