



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Facultad de Ciencias Experimentales

Energía eólica en Andalucía. Posibles alternativas

Alumno:

Bejarano Ballesteros, Ana

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la de Ana Bejarano Ballesteros, con una inicial muy estilizada.

Octubre, 2019



UNIVERSIDAD DE JAÉN



Universidad de Jaén

Facultad de Ciencias Experimentales

Grado en Ciencias Ambientales

Trabajo Fin de Grado

Energía eólica en Andalucía. Posibles alternativas

Ana Bejarano Ballesteros

ÍNDICE

1. Antecedentes y objetivos	4
2. Metodología.....	4
3. Energías renovables.....	5
4. Energía eólica.....	7
• ¿Qué es?.....	7
• ¿Cómo funciona?.....	7
-Partes de un aerogenerador.....	9
• Impactos.....	10
- Positivos.....	11
- Negativos.....	12
5. Energía eólica en la red eléctrica.....	12
• Situación en España.....	12
- Historia de la eólica en España.....	13
- Situación actual.....	14
• Situación en Andalucía.....	20
- Historia de la eólica en España.....	20
- Situación actual.....	21
- Transición energética.....	24
6. Alternativas.....	24
• Parques offshore.....	25
7. Análisis.....	31
8. Conclusiones.....	31
9. Bibliografía.....	32

RESUMEN

Este trabajo es una revisión bibliográfica acerca del desarrollo eólico en España, centrándonos especialmente en la comunidad autónoma andaluza; en el que se trata desde la base del funcionamiento de un parque eólico hasta los posibles impactos que estos podrían llegar a causar.

Se analizan las posibles alternativas de desarrollo que aún no se han implantado en Andalucía, y cómo mejorar el sector eólico en esta comunidad, planteando la instalación de parques eólicos offshore, concretamente en la zona del Estrecho de Gibraltar y comparándolos con dichos parques ya instalados en el extranjero.

PALABRAS CLAVE

Parque eólico, Andalucía, Parques offshore, Impactos, Desarrollo sostenible, Alternativas.

ABSTRACT

This work is a bibliographic review of wind development in Spain, focusing especially on the Community of Andalusia; in which is concerned from the base of the operation of a wind farm to the possible impacts that these could cause.

We analyze the possible development alternatives that have not yet been implemented in Andalusia, and how to improve the wind sector in this community, considering the installation of offshore wind farms, specifically in the area of the Strait of Gibraltar and compared with such parks already established abroad.

KEY WORDS

Eolico Park, Andalusia, Parks on the high seas, Impacts, Sustainable development, Alternatives.

1. Antecedentes y objetivos

La energía eólica es una de las energías renovables en las que más se está innovando y desarrollando en los últimos años. Es una fuente que se utiliza para generar energía eléctrica de manera limpia, a través de parques eólicos conformados por aerogeneradores.

Este tipo de fuente de electricidad limpia, nos ayuda a avanzar hacia un sector energético sostenible, ya que es una fuente que no genera emisiones contaminantes, como CO₂, NO_x, SO_x, etc.

A continuación conoceremos cómo ha avanzado este sector en España y Andalucía, y las posibles alternativas de desarrollo en esta última comunidad mencionada para conseguir el máximo provecho de esta fuente de energía.

2. Metodología

Se trata de un trabajo de carácter bibliográfico, por lo que la primera parte corresponde al marco teórico, en el que se expondrán estudios así como demás información sacada de la red y de libros especializados.

Nos basaremos en la localización de la bibliografía que hayamos creído oportuna para el desarrollo del trabajo.

Tras el estudio de los conceptos básicos sobre el sector de la energía eólica que ya han estudiado expertos, continuaremos con el análisis del trabajo que se basará en una comparativa, en la que se propone una alternativa utilizada en otros países y que ahora podría llegar a ser empleada en zonas de Andalucía.

3. Energías renovables.

Según afirma Fernández (2009): “Hasta la aparición de la máquina de vapor en el s.XIX, la única energía de origen no animal para la realización del trabajo mecánico era la proveniente del agua o del viento.”

Las energías renovables son fuentes de energía inagotable y limpia, caracterizadas los últimos años por ser crecientemente competitivas. Podemos diferenciarlas de los combustibles fósiles en primer lugar por su abundancia, diversidad y posible aprovechamiento en cualquier lugar del planeta.

Pero lo primordial es que no generan gases de efecto invernadero ni emisiones contaminantes, que son los principales causantes del cambio climático.

Según las estadísticas aportadas en 2015 por la Agencia Internacional de la Energía (AIE), el crecimiento de las energías renovables es imparable, ya que representan alrededor de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en el año 2014, siendo la segunda fuente global de electricidad, superada solo por el carbón.

A parte de esto, sus costes están evolucionando a la baja de manera sostenida, mientras que los costes de combustibles fósiles son los opuestos, están subiendo.

Las energías renovables están respaldadas por la comunidad internacional a través del *Acuerdo de París* suscrito en la Cumbre Mundial del Clima que se celebró en diciembre de 2015 en París.

Este acuerdo entrará en vigor en el año 2020, y establece un objetivo global, por el cual los países firmantes se comprometen a reducir sus emisiones, de modo que este siglo acabe aumentando menos de 2 °C la temperatura global, e intentando llegar a los 1,5 °C. (Acciona, 2019)

Esta transición a un sistema energético cuya base son las energías limpias también tendrá efectos económicos positivos.

Según IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables), alcanzar un 36% de la cuota de energías renovables a nivel mundial antes del 2030 supondría un crecimiento a nivel global del 1,1% ese año, un incremento del

bienestar del 3,7% y el aumento del empleo en el sector hasta más de 24 millones de personas, frente a los 9,2 millones actuales.

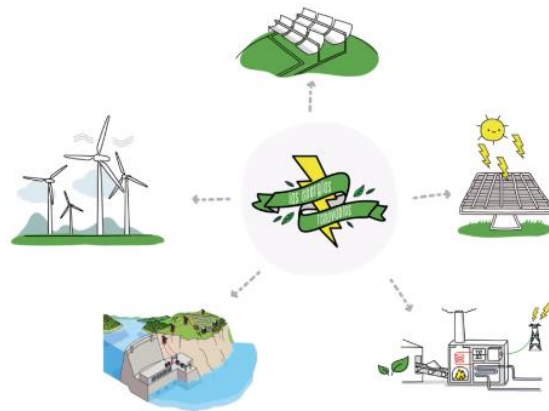


Figura 1: Representación gráfica de 5 de las energías renovables

Fuente: Acciona

Entre las energías renovables, encontramos:

- **Energía eólica:** se obtiene del viento, es la que desarrollaremos a continuación.
- **Energía solar:** la que se obtiene del sol. Principales tecnologías dentro de esta son: la solar fotovoltaica (aprovecha la luz del sol) y la solar térmica (aprovecha el calor del sol)
- **Energía hidráulica:** se obtiene de las corrientes de agua dulce
- **Biomasa y biogás:** se extrae de materia orgánica
- **Energía geotérmica:** contenida en el interior de la Tierra
- **Energía mareomotriz:** se obtiene de las mareas
- **Energía undimotriz:** se obtiene de las olas
- **Bioetanol:** se logra mediante procesos de fermentación de productos vegetales
- **Biodiésel:** combustible orgánico para automoción. (Factor energía, 2018)

4. Energía eólica.

- **¿Qué es la energía eólica?**

La energía eólica es la obtenida por el viento. Es una de las fuentes de energía más antiguas explotadas por el hombre y actualmente la más madura y eficiente del conjunto de energías renovables.

La energía eólica se ha utilizado desde la antigüedad, por ejemplo para mover los barcos utilizando las velas para impulsarlos, o haciendo funcionar maquinaria a través del movimiento de las aspas de un molino. Y desde comienzos del siglo XX, produce la energía a partir de aerogeneradores.

Según González (2009): “Los vientos son movimientos del aire, o corrientes convectivas, que se originan por el calentamiento diferencial producido en distintos puntos geográficos que reciben cantidades diferentes de radiación solar”. (p.288)

Por lo que el aire que ha recibido mayor radiación solar se expande y su densidad disminuye y asciende, dejando un vacío que es reemplazado por las masas de aire frío con mayor densidad, produciendo así flujos de aire.

Cuanto mayor sea la diferencia de las presiones, más viento obtendremos, debido a la mayor velocidad de las corrientes de aire.

Este flujo de aire, provoca energía cinética que puede ser transformada en electricidad a través de la energía eólica. Lo que produce que esta fuente de energía sea limpia e inagotable, y nos ayude tanto a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero como a proteger el medioambiente.(Gonzalez, 2009)

- **¿Cómo funciona?**

La energía eólica se basa en transformar la energía producida por el movimiento de las palas de un aerogenerador impulsadas por el viento en energía eléctrica.

Un aerogenerador es el dispositivo encargado de convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica.

Los aerogeneradores normalmente están agrupados en concentraciones denominadas parques eólicos, para conseguir un mejor aprovechamiento de la energía, reduciendo así el impacto ambiental. (Iberdrola)



Figura 2: Parque eólico de Serra do Burgo (Orense, España)

Fuente: Iberdrola

Los aerogeneradores actualmente tienen una vida superior a los 25 años, de media, debido a la rápida evolución de la tecnología del viento.

El aerogenerador automáticamente se orienta aprovechando al máximo la energía cinética del viento, a partir de los datos registrados por la veleta y anemómetro que se sitúan en la parte superior.

El viento gira las palas, que comienzan a moverse a unos 3,5 m/s y alcanzan su máxima potencia con unos 11 m/s. Cuando los vientos son muy fuertes las palas se colocan en bandera y el aerogenerador se frena para evitar tensiones excesivas.

El rotor gira un eje lento conectado al multiplicador que aumenta la velocidad de giro hasta 1.500 revoluciones por minuto.

El multiplicador, a través del eje rápido, transfiere su energía al generador acoplado, que produce electricidad.

Los parques eólicos llevan la electricidad producida desde su centro de transformación mediante una línea eléctrica hasta una subestación de distribución, a la que se le suministra la energía producida, que esta hace llegar hasta el usuario final (vivienda, fábricas...).(Agenda Andaluza de la Energía)

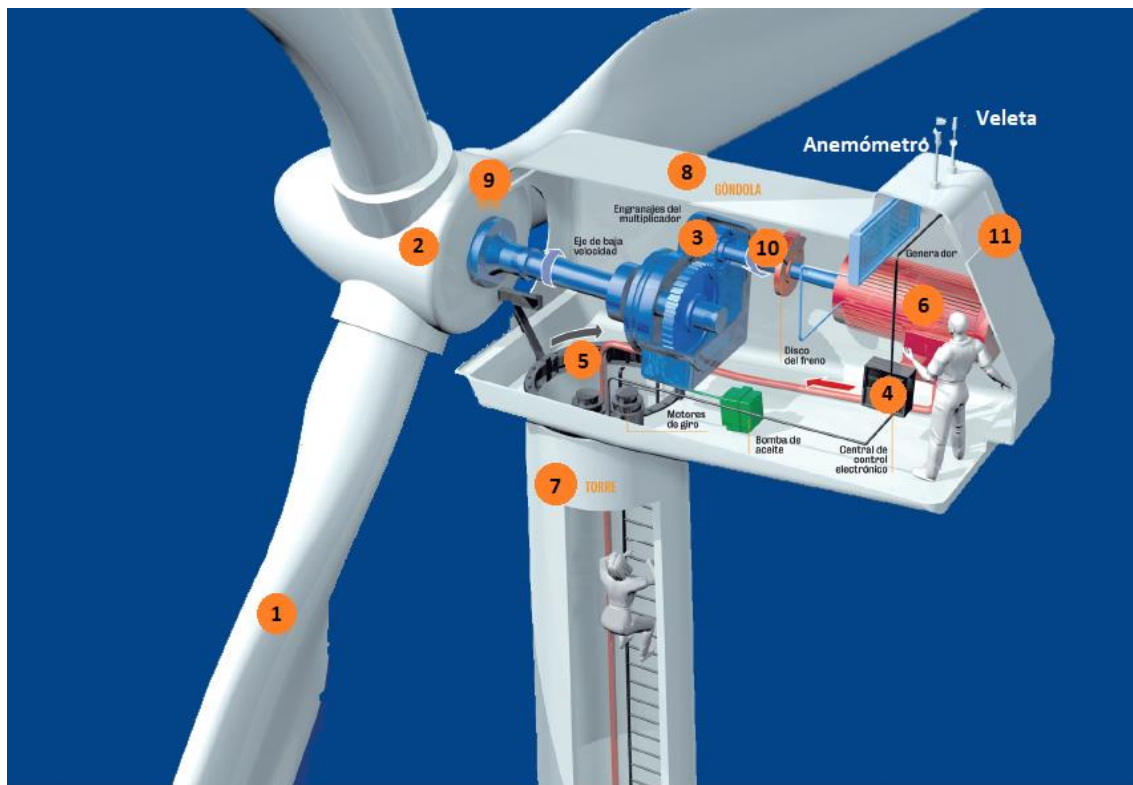


Figura 3: Esquema interno del aerogenerador y dibujo de un parque eólico.

Fuente: Elaboración propia a partir de infografía de la Agencia Andaluza de la Energía

Según la Agenda Andaluza de la Energía (2008), las partes de un aerogenerador son:

- 1. Palas:** En los aerogeneradores actuales están fabricados con un compuesto de poliéster y fibra de vidrio. Un diseño parecido al de un ala de avión.
- 2. Rotor:** Al ponerse las palas en movimiento debido al viento hacen girar el rotor. Transformando así la energía cinética del viento en energía mecánica de giro. La velocidad de giro suele oscilar entre 10 y 30 vueltas por minuto.

3. Multiplicador: Un eje de baja velocidad mueve un sistema de discos engranados entre sí que multiplica por cincuenta el número de vueltas, llegando hasta las 1500 revoluciones por minuto.

4. Control: Una serie de sensores que controlan la velocidad, dirección de viento, controladores de potencia... reúnen y envían los datos a través de una línea de comunicaciones. En el centro de control se registran los datos pudiendo así controlar y ordenar al aerogenerador de forma remota.

5. Orientación: Controla el giro de la góndola para orientarla eficientemente en la dirección contraria al viento.

6. Generador: El multiplicador se une con el generador eléctrico por un eje de alta velocidad. La función del generador es convertir la energía mecánica en energía eléctrica. Esta pasa por un transformador y es transmitida a la red. Para evitar el calentamiento durante el proceso, se utilizan refrigeradores por aire o por agua. Si se necesita parar el trabajo del generador, un freno bloquea el giro del eje de alta velocidad.

7. Torre: sustenta a la góndola y al rotor, y está formada por varias secciones de acero o de hormigón, unidas por medio de bridas atornilladas. Está sostenida por una base de hormigón.

8. Góndola: Carcasa protectora de las partes interiores.

9. Buje: une las palas del rotor con el eje de baja velocidad

10. Eje de alta velocidad: conecta el buje al multiplicador y gira unas 25 rpm.

11. Unidad de refrigeración: contiene un ventilador que enfría el generador eléctrico.

- **Impacto ambiental**

Como afirma González (2009): “No existe un solo método de transformación de energía que no ejerza un impacto sobre el medio ambiente”.

Impacto Positivo:

Es una fuente de energía renovable, lo que quiere decir que es inagotable, a diferencia de las fuentes tradicionales como el gas, petróleo, carbón o la energía nuclear, que cuentan con unas reservas finitas. Las energías renovables se adaptan a los ciclos naturales y cuentan con la idéntica disponibilidad que el sol de donde surge su origen.

Esta energía es un elemento fundamental en un sistema energético sostenible, para poder permitir el desarrollo de las generaciones actuales sin condicionar las futuras.

Entre sus impactos positivos están:

- No emiten CO₂, no contribuyendo al efecto invernadero, un parque eólico de 25 MW equivale al consumo doméstico de 18000 hogares, evitando la emisión de 21.850 toneladas de CO₂ a la atmósfera al año.
- No emiten SO_x, ni NO_x, por lo que tampoco contribuye con la generación de lluvia ácida.
- No emiten cenizas, humos, partículas sólidas en suspensión, evitando así la producción de enfermedades respiratorias.
- No producen desechos radioactivos
- No se explotan acuíferos
- Reduce la dependencia de combustibles fósiles.

Un factor a destacar de la energía eólica es que es autóctona, se dispone de ella en prácticamente la totalidad del planeta, reduciendo así el problema de dependencia energética y reduciendo las importaciones, lo que crea empleo y riqueza de manera local.

La tecnología eólica está reduciendo radicalmente sus costes, de manera que son competitivas con las tecnologías energéticas convencionales en el número de emplazamientos.

Por todo esto, la obtención de electricidad a través de energía eólica y su uso de forma eficiente contribuyen al desarrollo sostenible.

Impacto negativo:

Podemos dividir los impactos negativos de la energía eólica en el visual, sonoro y electromagnético.

- Visual: Los parques eólicos se suelen localizar en zonas montañosas y cumbres, zonas poco visitadas, pero a su vez normalmente bien conservadas y con valor paisajístico.

“La intrusión visual en el paisaje es la objeción más frecuentemente hecha contra los aerogeneradores y es el principal factor que determina las actitudes públicas contra la aplicación de energía eólica, por ello es un problema que no puede ser ignorado.” (Fernández, 2009)

- Interferencias electromagnéticas: La turbina eólica está situada entre o emisoras de televisión, radio o microondas y pueden generarse reflexión de estas ondas en la turbina, pudiéndose distorsionarse así la señal recibida.

- Sonoro: Hay dos fuentes de ruido, la generada por los equipos mecánicos de la turbina y la más difícil de evitar, el ruido aerodinámico que se produce.

Dentro de estos tres bloques de impactos negativos podríamos añadir el impacto producido en la fauna voladora debido al choque de especies, generalmente migratorias, con las turbinas. (González, 2009).

5. Energía eólica en la red eléctrica

Según Escudero (2008): *“Se llama infraestructura eléctrica a la instalación cuya finalidad es la transmisión o transporte de la energía eléctrica obtenida en los centros de generación”.* (p.287)

Red Eléctrica Española es la empresa experta en el transporte de energía eléctrica, se hace cargo de la operación del sistema eléctrico y gestiona la red de transporte.

La energía eléctrica no es almacenable, por lo que debe de igualarse en todo momento a su consumo de forma instantánea y precisa.

La energía eólica en la actualidad suministra más del 3% del consumo mundial de electricidad y se espera que para 2020 se supere el 5%. A más largo plazo (2040), la Agencia Internacional de la Energía prevé que la energía del viento pueda cubrir el 9% de la demanda eléctrica mundial y más del 20% en Europa. (Acciona, 2019)

Historia de la Energía eólica en España:

Con la crisis energética de 1973, lo que provocó el encarecimiento del petróleo, se produjo el impulso para aprovechar el viento como fuente energética.

Fue el punto de inflexión para utilizar esta tecnología que era capaz de generar electricidad a precios competitivos y a través de una fuente tradicional, renovable, natural y no contaminante.

Tal y como se recoge en el Manual de Energía Eólica del Ministerio de Industria y Energía el primer programa de investigación destinado al aprovechamiento de la energía eólica se puso en marcha en 1979.

En el año 1980 se publicó la Ley de Conservación de la Energía, lo que dio lugar al desarrollo de maquinaria de pequeña y mediana potencia durante los años 1981 y 1986.

Tras esta primera toma de contacto con las energías eólicas en España, se puso en marcha el Programa Energético UNESA-INI, lo que dio lugar al avance tecnológico de los aerogeneradores españoles con baja potencia (5, 14 y kW) y otros de potencia mayor (150, 300 y 1250 kW).

Esto dio lugar a la creación de 5 máquinas con una potencia de 20 kW en Ampurdán, que conformaron el primer parque eólico español.

Durante los años 1986, 1987 y 1988, se inició por parte de la Administración Española un programa de pequeños parques eólicos, conformados por máquinas de unos 30 kW, por toda la geografía española.

En los años 90 se implantaron las primeras instalaciones de gran potencia, y en el año 1991 se aprobó el Plan Energético Nacional, cuyo objetivo era incrementar la producción de energía de carácter renovable, y con la propuesta de instalar 168 MW antes del año 2000.

En el año 1993 fueron instaladas las primeras unidades con 250 y 300 kW, y en 1994 se crearon parques eólicos de mayor tamaño.

El impulso definitivo para la energía eólica fue el Libro Blanco de la UE, ya que estableció un plan de acción y una estrategia comunitarias con el resto de energías renovables.

(La Energía eólica en España y Andalucía: Situación y perspectivas.)

- **Actualidad de la Energía eólica en España:**

España fue uno de los primeros países en aprovechar el viento para producir electricidad. Hace más de 30 años que se instaló el primer aerogenerador y en 2013 consiguió ser el primer país del mundo cuya fuente de generación eléctrica principal fuese la energía eólica, con el 20,9% de la producción total, situando así a España como un país avanzado en las soluciones tecnológicas que permiten su integración en red.

- **DEMANDA ELÉCTRICA**

La energía eléctrica demandada en España continúa creciendo desde el año 2015, sigue situándose por debajo de los niveles máximos alcanzados en el año 2008, pero ha remontado las caídas que se generaron durante el periodo de tiempo del año 2010 al 2014. Concretamente en el pasado año 2018 creció 0,4% en comparación con el año 2017.

Evolución de la demanda eléctrica peninsular en los últimos 10 años (TWh)

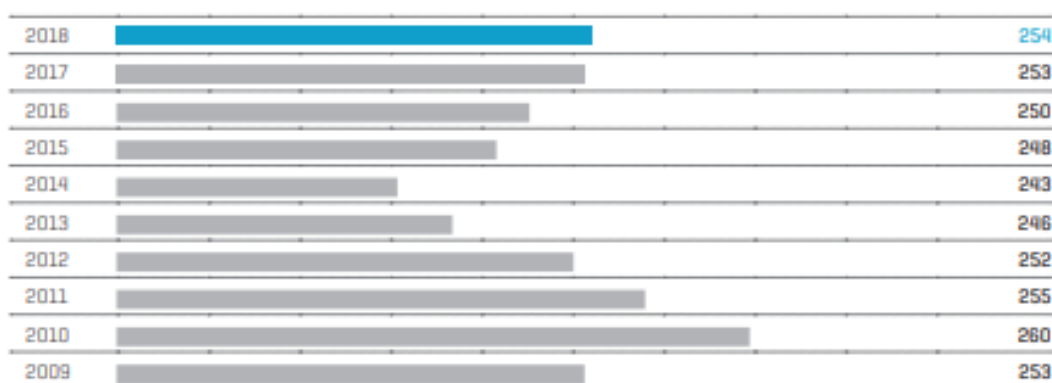


Figura 4: Evolución de la demanda eléctrica peninsular últimos 10 años

Fuente: REE

Si dividimos el país en áreas geográficas podemos observar que la demanda eléctrica en la mayoría de las comunidades autónomas creció, resaltando unos grandes incrementos con respecto al año anterior en Ceuta, y Castilla la Mancha y Castilla y León. (Red Eléctrica de España, 2009)

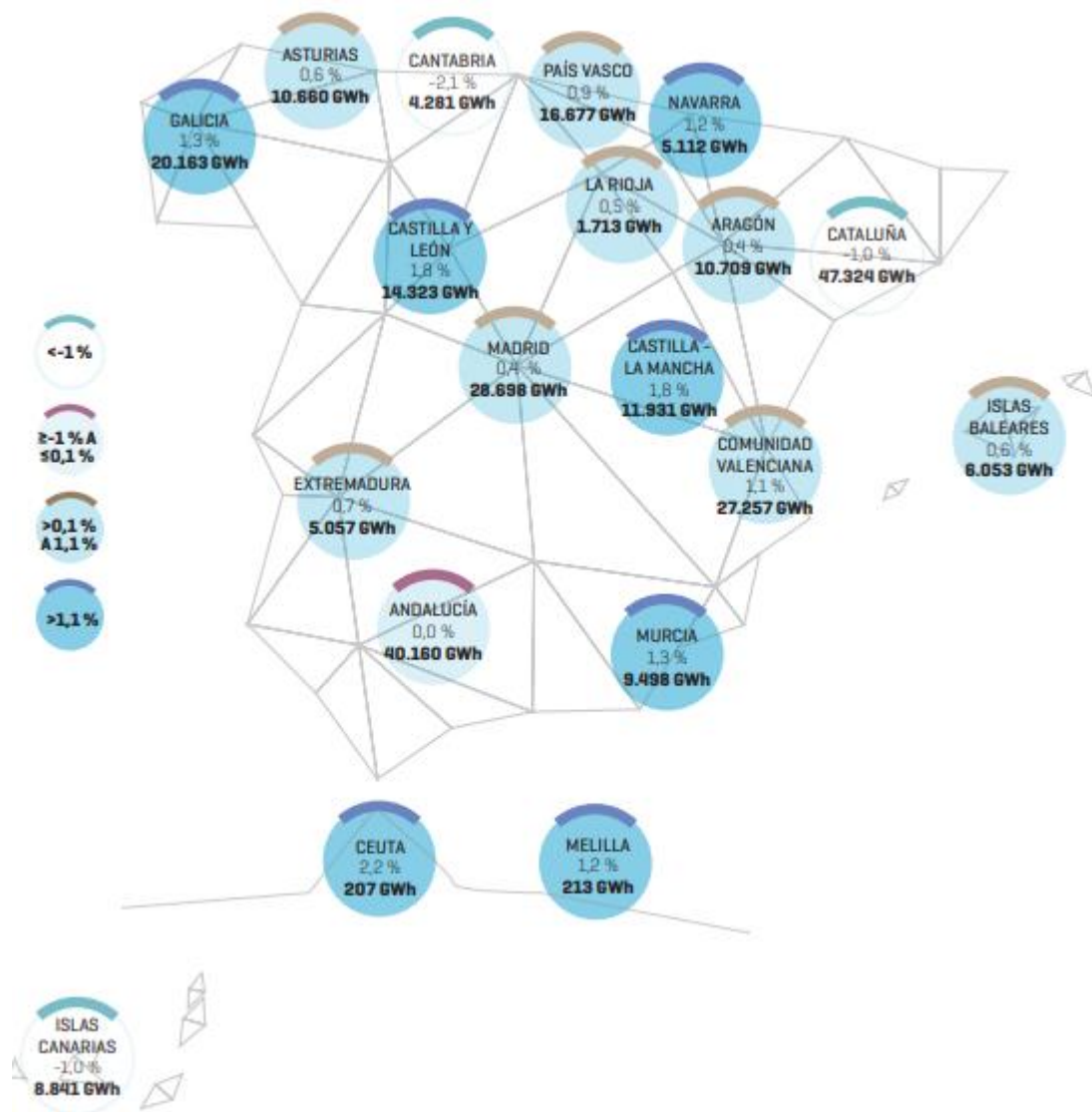


Figura 5: Demanda eléctrica por comunidades autónomas y variación respecto al año anterior (GWh y %)

Fuente: REE

COBERTURA DE LA DEMANDA ELÉCTRICA POR EÓLICA POR CCAA 2018 (EN %)

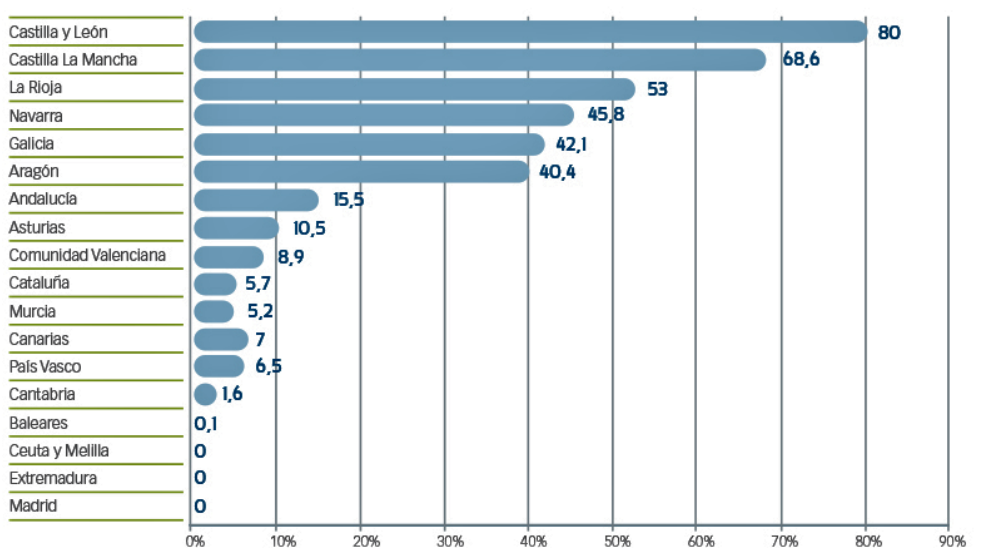


Figura 6: Cobertura de la demanda eléctrica por eólica por CCAA en 2018

Fuente: AEE

- POTENCIA INSTALADA:

Del total de la potencia instalada a nivel nacional, el 46,7 % corresponde a instalaciones de energía renovable y 53,3 % a tecnologías no renovables.

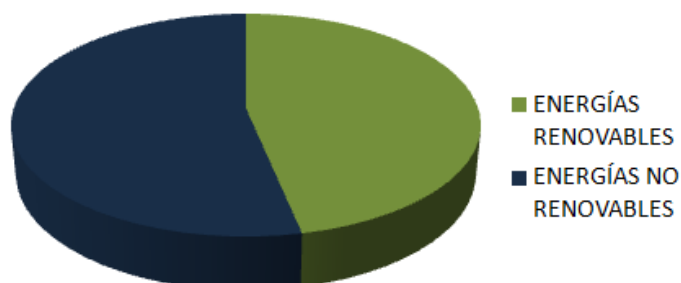


Figura 7: Gráfico diseñado de manera propia con datos obtenidos de REE

Fuente: REE

Con 23.484 MW de potencia acumulada, en el año 2018 la energía eólica fue la segunda fuente de generación eléctrica en España, siendo este el quinto país del mundo por potencia eólica instalada, después de China, Estados Unidos, Alemania e India. (Global Wind Energy Council, 2018)

	2018
China	211.392
Estados Unidos	96.665
Alemania	59.311
India	35.039
España	23.484
Reino Unido	20.970
Francia	15.309
Canadá	12.805
Brasil	14.702
Italia	9.958
Resto del mundo	90.788

Figura 8: Ranking de países por potencia instalada MW acumulada 2018

Fuente: GWEC

Estos 23.484 MW eólicos que hay en España se reparten en 1.123 parques eólicos de 807 municipios, siendo en muchos casos el motor de las comunidades rurales donde se instala. En el sector de la energía eólica solo en España trabajan 22.578 personas.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Potencia instalada en 2018	Acumulado a 31/12/2018	Porcentaje sobre el total	Nº de parques
Castilla y León		5.595	23,82%	244
Castilla-La Mancha	10,37	3.817	16,26%	144
Galicia	68	3.422	14,57%	161
Andalucía	30	3.331	14,18%	154
Aragón	90,9	2.002	8,52%	93
Cataluña	2,35	1.271	5,41%	47
Comunidad Valenciana		1.189	5,06%	38
Navarra		1.004	4,27%	49
Asturias		518	2,21%	23
La Rioja		447	1,90%	14
Murcia		262	1,12%	14
Canarias	190,165	431	1,84%	85
País Vasco		153	0,65%	7
Cantabria		38	0,16%	4
Baleares		4	0,02%	46
TOTAL	392	23.484		1.123

Figura 9: Potencia eólica instalada por comunidades autónomas en 2018

Fuente: AEE

La energía eólica es fuente de energía autóctona e inagotable que en 2018 abasteció de electricidad al 19% de España. Lo que equivale al ahorro de alrededor de 1.506 millones de euros anuales en importaciones de combustibles fósiles.

Según el Informe del Sistema Eléctrico Español 2018 la eólica vuelve a ser la segunda fuente de generación eléctrica por tercer año consecutivo.

CUOTA DE MERCADO POR GENERACIÓN EN 2018 (%)

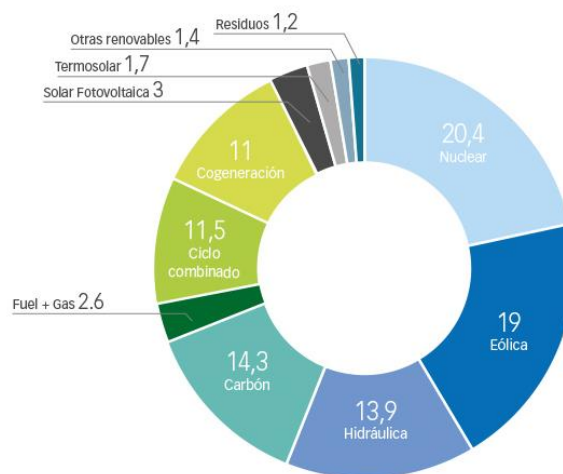


Figura 10: Cuota de mercado por generación en 2018

Fuente: AEE

Estos progresos son claves para cumplir el objetivo europeo de un 32% del consumo de energía procedente de fuentes renovables en 2030. (Asociación Empresarial Eólica, 2018)

- **PRODUCCIÓN**

La producción de energía renovable en la península en el 2018 creció un 18,5 % respecto al anterior año, situándose en 99.127 GWh, valor similar al del año 2016. Este crecimiento se produjo durante la primera mitad del 2018, destacando marzo, cuando la generación renovable fue un 51,1% mayor a la misma fecha del año anterior, registrándose el pico máximo de la historia de generación renovable mensual con 13.204 GWh, produciéndose también record histórico diario en producción de energía renovable el día 20 del mismo mes, siendo el 63% del total de la generación peninsular ese día.

RENOVABLES

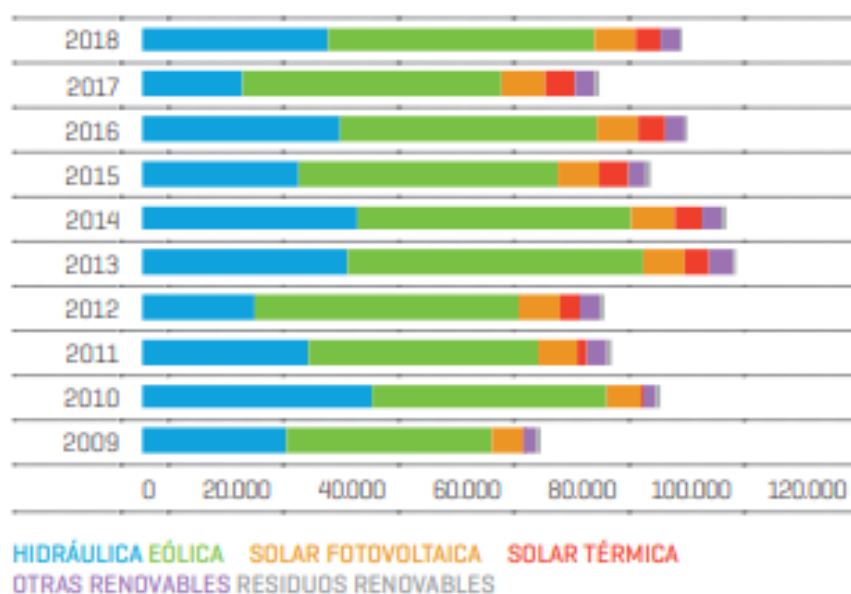


Figura 11: Evolución de la producción de energía eléctrica renovable peninsular (GWh)

Fuente: REE

La producción eólica en la península durante el 2018 se situó en 48.946 GWh, un 3,0 % superior al año anterior. La eólica es la tecnología renovable con mayor relevancia en la península, ya que supuso en 2018 casi la mitad del conjunto de renovables. (Red Eléctrica Española, 2018)

Estructura de la generación anual de energía eléctrica renovable peninsular 2018 (%)

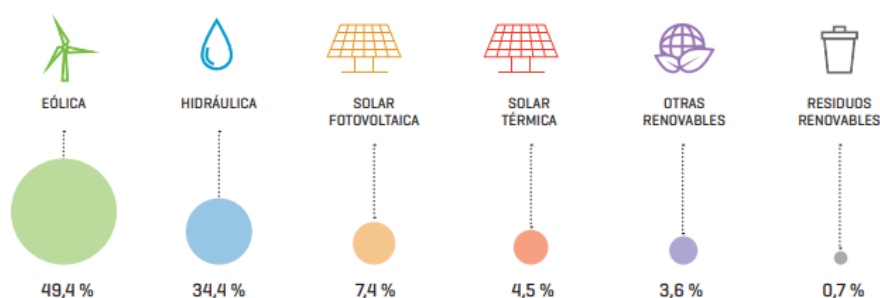


Figura 12: Estructura de la generación anual de energía eléctrica renovable peninsular 2018

Fuente: REE

- **EMISIONES:**

Como mencionamos anteriormente las energías limpias, en concreto la que estamos tratando, la eólica, ayuda a reducir las emisiones de CO₂ derivadas de la generación eléctrica, que evita la emisión de 25 millones de toneladas de CO₂ cada año.

Las emisiones de CO₂ producidas por la generación de electricidad en España han descendido, gracias al aumento de energías renovables, aproximándose que en 2018 un total de 64,2 millones de toneladas menos que en el registro del año 2017. Este aumento de renovables ha permitido la generación de electricidad sin emitir CO₂.

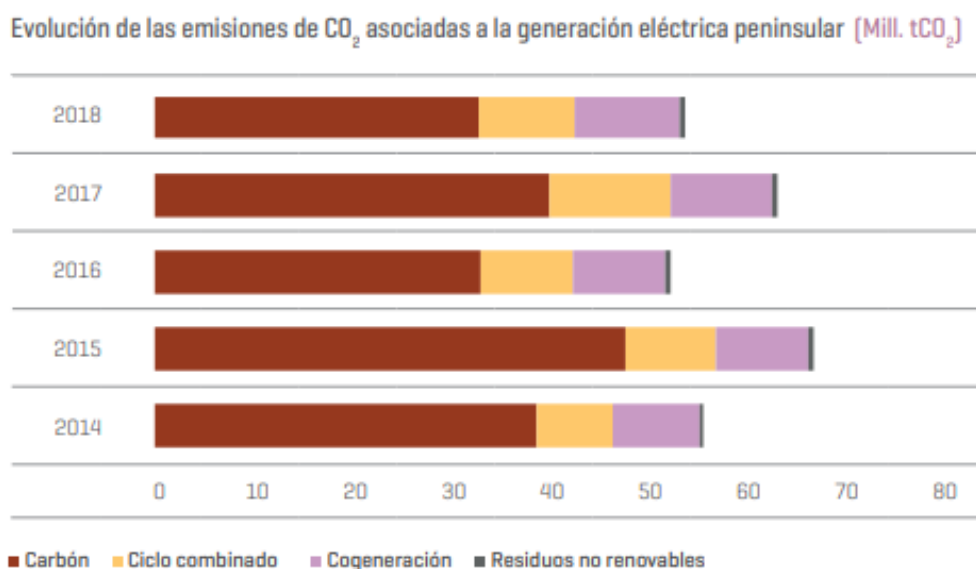


Figura 13: Evolución de las emisiones de CO₂ asociadas a la generación eléctrica peninsular

Fuente: REE

- **Historia de la Energía eólica en Andalucía:**

El primer Plan Energético de Andalucía se aprobó en el año 1995, y estuvo en activo hasta el 2000.

Con el Protocolo de Kioto en 2002 se aprueba la estrategia contra el cambio climático, a partir de nuevo del Plan Energético del año 1995.

En ese año 2002 y con el objetivo de continuar por el camino del desarrollo sostenible en el sector de la energía eólica en esta comunidad, se aprueba otro plan Energético de Andalucía 2003-2006.

Con el objetivo de conseguir un sistema en consonancia con las directrices de la Unión Europea y respetuoso con el medio ambiente.



Figura 14: Mapa de vientos en Andalucía

Fuente: IDAE

El primer generador de Andalucía y España, fue diseñado para girar a 48 revoluciones por minuto y situado en el Cerro del Cabrito, Tarifa, debido a sus buenas condiciones eólicas.

A raíz de estos Planes Energéticos, en los últimos 15 años Andalucía a avanzado considerablemente en el desarrollo de energías renovables. (García, 2017)

El parque eólico anteriormente mencionado, El Cabrito, actualmente ha sustituido sus 90 aerogeneradores que ya estaban obsoletos por 12 de tecnologías actuales. Aumentando un 16 % su producción energética.

"Al reducirse en 7,5 veces el número de turbinas, se ha disminuido sustancialmente el impacto visual del parque, y el nivel de sonoridad, favorecido además por la mejor tecnología de las turbinas", afirma Acciona.

Estos son algunos de los avances que se están haciendo actualmente.

- **Actualidad de la Energía eólica en Andalucía:**

Andalucía ha apostado en los últimos años por desarrollar un sistema energético sostenible, implementando políticas activas de eficiencia energética y ahorro, apostando de manera incondicional por las energías renovables. Su potencia instalada es el 14,18% del total nacional, según los datos difundidos por la Asociación Empresarial Eólica (AEE)

Estos objetivos se ven reflejados en la Estrategia Energética de Andalucía 2020, enfocada a lograr un modelo energético bajo en carbono para esta comunidad, siendo consonante con los objetivos de las políticas energéticas europeas.

Las infraestructuras más importantes desarrolladas en los últimos años han sido:

- Instauración de ciclos combinados.
- Crecimiento y expansión de redes eléctricas de distribución y transporte.
- Construcción de gasoductos.
- Crecimiento de instalaciones de energías renovables.
- Implantación de fábricas de producción de biocarburantes y fabricación de pélets.

Del total de potencia instalada en Andalucía el 39 % corresponde a la generada por fuentes renovables actualmente. (Informe de infraestructuras energéticas Andalucía, 2019)

Potencia total, distribuida en: 39% energías renovables, 38% en ciclos combinados de gas, 13% térmicas de carbón, un 6% de cogeneración y residuos y un 4% de centrales de bombeo.

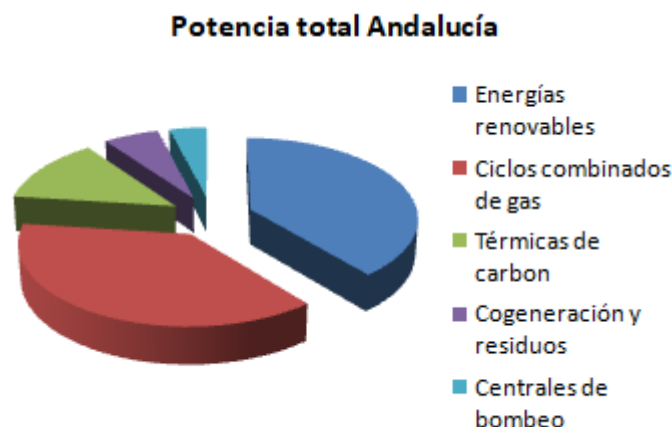


Figura 15: Distribución total de la potencia total andaluza.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del Informe de infraestructuras energéticas Andalucía

La última década ha estado marcada por el aumento de la potencia instalada, destacando las instalaciones térmicas y solares fotovoltaicas y los parques eólicos.

Andalucía	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Eólica	2.807,80	3.008,96	3.054,96	3.250,66	3.323,78	3.323,79	3.324,30	3.324,31	3.324,31	3.324,61

Figura 16: Evolución anual potencia eléctrica renovable en Andalucía (MW)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la Agenda Andaluza de la Energía

La generación de energía térmica también ha tenido un importante crecimiento en Andalucía. En la actualidad somos la comunidad autónoma con más superficie solar. En cuanto a los usos térmicos con biomasa, Andalucía ha mantenido su liderazgo en instalaciones de biomasa térmica, ampliándose los usos residenciales y del sector servicios. Por su parte, los aprovechamientos geotérmicos se están convirtiendo en una realidad en estos últimos años.

Tecnología	Andalucía
Biogás Generación Eléctrica (*)	32,33
Biomasa Generación Eléctrica	227,98
Eólica (*)	3.324,61
Fotovoltaica (*)	899,72
Hidroeléctrica (*)	620,81
Termosolar	997,40
Otras tecnologías renovables	4,50
Total	6.107,35

Figura 17: Datos generales potencia eléctrica renovable (MW) 2019

Fuente: AEE

Actualmente esta comunidad autónoma tiene una potencia total de 3.324,61 MW, 3.324,34 MW correspondientes a la potencia de 147 parques eólicos, 0,01 MW correspondiente a dos aerogeneradores conectados a red para autoconsumo e instalaciones minieólicas que aportan una potencia total de 0,26 MW, que a pleno rendimiento generarían la electricidad que consumen 1.590.000 viviendas durante un año.

Provincias	Nº Parques	Potencia instalada (MW)
ALMERIA	19	511,25
CADIZ	67	1309,11
GRANADA	20	399,8
HUELVA	12	383,8
JAEN	1	15,18
MALAGA	23	569,7
SEVILLA	5	135,5
Total	147	3324,34

Figura 18: Tabla con la potencia instalada y número de parques en las diferentes provincias andaluzas

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agenda Andaluza de Energía



Figura 19: Mapa de eólico de Andalucía

Fuente: AEE

- **Transición energética**

En el año 2018 se continuó con la potenciación de la red de transporte con instalaciones de energía renovable, de manera que se garantizara la seguridad del suministro, su calidad en el servicio y poder así continuar con la transición energética.

Se pusieron 144 posiciones de subestación en servicio, situando la red nacional en 44.207 km.

Por parte de Andalucía se continúan los trabajos de aumento de capacidad por parte de la red 220kV, lo que permitirá la reducción de sobrecargas. (Asociación empresarial eólica)

6. Alternativas a la energía eólica en Andalucía.

Tras conocer todos los datos anteriormente mostrados podemos asegurar que la energía eólica en Andalucía está creciendo, siendo la cuarta comunidad

autónoma con mayor potencia eólica instalada después de Castilla León, Castilla La Mancha y Galicia, como podemos ver en la Figura 9.

Pero aún siendo un buen puesto en lo que a potencia instalada se refiere con respecto al resto de país, a continuación propondremos algunos cambios que se podría realizar para mejorar esta energía en la comunidad andaluza.

Mi alternativa personal para continuar con el desarrollo y avanzar en innovación en el sector son, los parques eólicos.

- **Parques marinos (offshore)**

La energía eólica marina es aquella que al igual que la terrestre aprovecha la fuerza del viento, pero esta vez la producida en alta mar, donde la velocidad que se alcanza más constante y mayor gracias a la falta de barreras.

Según Fernández (2008) “Dado que generalmente la producción de los aerogeneradores marinos es un 50 por ciento mayor que la de sus vecinos en tierra, el emplazar los aerogeneradores en el mar puede ser bastante atractivo”.



Figura 20: Eólica marina,

Fuente: Efe verde

Los emplazamientos terrestres empiezan a verse muy ocupados y se produce escasez de terreno donde existan condiciones de viento mínimas y en los que no se produzca un gran impacto ambiental o visual.

Las velocidades del viento en el mar son sustancialmente más elevadas, se estima una diferencia de un 20%.

Según Fernández (2009)“Los recursos eólicos en los mares de la Unión Europea son enormes. Los recursos eólicos presentes en mares de profundidad hasta 50m son notablemente mayores que el consumo eléctrico total.” Por lo que habría posibilidad de rentabilidad en los mares que bañan las costas andaluzas.

En Europa encontramos zonas en las que hay recurso eólico y una batimetría suficiente para instalar parques eólicos marinos.



Figura 21: Mapa de zonas con recurso eólico marino

Fuente: AAE

En la comunidad de Andalucía contamos con un gran recurso eólico marino, en las zonas de Huelva y Cádiz, como podemos observar en la Figura 20.

El factor que hace rentable a un parque eólico marino es, entre otras, la medida de la batimetría, profundidad del mar, en el lugar donde se vaya a realizar el parque. Ya que cuanto menor sea la profundidad menor será el coste.

Un parque eólico marino resulta rentable con la tecnología que está desarrollada en la actualidad a profundidades inferiores a 50 m.

Y por lo tanto en Andalucía, estas profundidades solo se encuentran en el litoral Atlántico, alejados más de 8 km de la costa, que es la distancia a la que no se produce un impacto visual tan grande.



Figura 22: Aerogenerador típico marino de 3 MW con una altura total de 150 m

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía

Estimándose en este litoral un potencial total 6.600 MW que repartida entre el litoral de Huelva y Cádiz con 3.900 MW y 2.700 MW respectivamente.

En la actualidad la mayor parte de estos parques offshore se encuentran en el Mar del Norte.

A finales de 2011 en Europa había una potencia eólica offshore instalada de 3.812,6 MW. (Agencia Andaluza de la Energía)

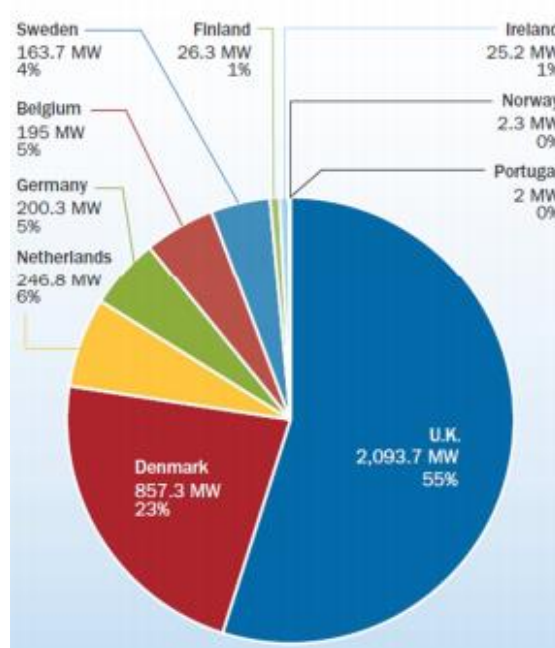


Figura 23: Capacidad offshore instalada hasta 2011

Fuente: EWEA

Factores que marcan el avance de la implantación de esta tecnología en Andalucía:

- **Regulación nacional** que es la encargada de establecer las zonas que son viables para la construcción de parques offshore, sin afectar al medio ambiente.
- **Costes asociados a tecnologías emergentes o desarrolladas**
- **Desarrollo adecuado de las infraestructuras**, industria que permita la ejecución de proyectos de gran envergadura.

A priori parecería que las zonas marcadas de Huelva y Cádiz podrían ser el emplazamiento perfecto para desarrollar esta tecnología novedosa en España, pero encontramos dificultades.

Nos encontramos con un proyecto fallido, llamado Mar de Trafalgar, consistía en un Parque eólico marino situado a unos 18 km del cabo de Trafalgar. Emplazamiento que se encuentra dentro de nuestra zona de estudio.

El proyecto tuvo apoyo por parte de algunos grupos ecologistas como Greenpeace. En contraposición otras organizaciones, también ecologistas, reclamaron una solución al impacto ambiental que se podría generar sobre rutas de aves migratorias y los problemas que podrían afectar a los caladeros cercanos.

Tras este, surgió otro problema, referente a la pesca que se efectuaba en esa zona y que podría verse afectada.

Estos inconvenientes, juntos al impacto visual que iba a generarse y los continuos cambios de legislación hicieron que el proyecto finalmente no saliera adelante.

7. Análisis

Tras realizar este trabajo he comprendido la dificultad de innovar en un sector tan complejo como este, ya que hay muchos factores que se escapan del alcance de las empresas productoras de energía.

Tampoco creía que uno de los principales problemas a la hora de ejecutar uno de estos proyectos de creación de parque eólico podría ser el aspecto social, causado por el impacto visual que genera.

De manera personal, y siguiendo con la alternativa de Parques offshore, me parecería lo más inteligente estudiar la forma de poder realizarlo, minimizando al máximo los impactos que se puedan causar a través de un estudio de impacto ambiental, y apostando por el desarrollo y la innovación en esta comunidad. Para estar a la altura o poder competir con sistemas tan desarrollados como los de Reino Unido.

8. Conclusión

Con el problema ambiental en el que nos encontramos inmersos y la necesidad de generar electricidad a partir de fuentes de energía limpias, es el momento de invertir en desarrollo e innovación de energías renovables en España, y concretamente en Andalucía.

La eólica es una de las más maduras ya que en España contamos con las condiciones idóneas, pero necesitamos mejorar a partir de estudios, que ayuden a generar mejoras en cuanto a los posibles impactos que se puedan generar con estas energías limpias.

9. BIBLIOGRAFÍA:

- ACCIONA; Infraestructuras Sostenibles y Energías Renovables “Energía eólica” disponible en: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/>
- AEE; Asociación Empresarial Eólica, “Eólica 2018, La voz del sector” disponible en: <https://www.aeeolica.org/anuario/2018/#p=1>
- AEE; Asociación Empresarial Eólica, “Mapa eólico: Andalucía”, disponible en: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-espana/mapa-eolico/andalucia>
- AEE; Asociación Empresarial Eólica, “Potencia instalada y generación”, disponible en: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-espana/potencia-instalada-y-generacion>
- AAE; Agencia Andaluza de la Energía, “Energía eólica marina”, disponible en: https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/energia_eolica_marina.pdf
- AAE; Agencia Andaluza de la Energía, “Informe de infraestructuras energéticas Andalucía”, disponible en: https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/informe_andaluz_miea_2019_06_30.pdf
- GWEC; Global Wind Energy Council, “Global Wind Report 2018”, disponible en: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf>
- REE; Red Eléctrica de España, “Comprometidos con la energía inteligente”, disponible en: https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/Informe

[esSistemaElectrico/2018/inf_sis_elec_ree_2018.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/ree_informe_sostenibilidad_resumen_2018.pdf)

- REE; Red Eléctrica de España, “Informe de Sostenibilidad”, disponible en:
https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/ree_informe_sostenibilidad_resumen_2018.pdf
- DiarioRenovables; Energía renovable, “La tendencia energética renovable es una realidad”, disponible en:
<https://www.diariorenovables.com/2019/06/la-tendencia-energetica-renovable-es-una-realidad.html>
- DiarioRenovables; Energía renovable, “Generación eléctrica en España 2018: recuperación renovable y descenso en las emisiones”, disponible en: https://www.diariorenovables.com/2019/01/generacion-electrica-en-espana-2018_17.html
- Iberdrola, “¿Sabes cómo funcionan los parques eólicos marinos?”, disponible en: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/como-funciona-la-energia-eolica-marina>
- Junta de Andalucía, “La energía eólica en España y Andalucía: Situación y perspectivas”, disponible en:
<http://www.juntadeandalucia.es/educacion/vscripts/wbi/w/rec/4135.pdf>
- IDEA, Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía, “Manual de energías renovables”, disponible en:
http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_eolica_A2006.pdf
- EFEverde, “Romeo, un proyecto que reducirá los costes de los parques eólicos marinos”, disponible en: <https://www.efeverde.com/noticias/romeo-proyecto-reducira-los-costes-los-parque-eolicos-marinos/>
- Xataka, “El primer aerogenerador marino de España se llama Elisa, y usa una tecnología pionera en el mundo”, disponible en:
<https://www.xataka.com/energia/primer-aerogenerador-marino-espana-se-llama-elisa-usa-tecnologia-pionera-mundo>

- García Torres, Rocío “Energía eólica en Andalucía posibles alternativas de desarrollo a medio plazo” (2017), disponible en: http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/6340/1/TFG_Rocio_Garcia_Torres.pdf
- EFEverde, “El parque eólico más antiguo de Cádiz sustituye 90 aerogeneradores por doce”, disponible en: <https://www.efe.com/efe/andalucia/cadiz/el-parque-eolico-mas-antiguo-de-cadiz-sustituye-90-aerogeneradores-por-doce/50001124-3870486#>
- INSTALACIONES, M. (2019). Manual De Energía Eólica - Pdf – Salvador Cucó Pardillos – disponible en: https://www.imosver.com/es/ebook/manual-de-energia-eolica_E0002628093
- Jaime González Velasco. (2009). *Energías renovables*. Editorial Reverté.
- José María Escudero López. (2008). Manual de energía eólica. Editorial Mundi Prensa.
- José María Fernández Salgado. (2009). Tecnologías de las energías renovables.

ANEXOS

Agencia andaluza de la energía

INFORME DE INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS ANDALUCÍA

PARQUE EÓLICO	MUNICIPIO	PROVINCIA	POTENCIA (MW)
Carrascal I (EI)	Serón	Almería	49,50
Carrascal II (EI)	Serón	Almería	28,00
Cerradilla I (La)	Serón	Almería	49,50
Cerradilla II (La)	Serón	Almería	22,00
Colmenar II (EI)	Abrucena	Almería	28,00
Enix	Enix	Almería	13,20
Jarales (Los)	Abla	Almería	16,50
Loma de Ayala	Alboloduy	Almería	19,50
Lomillas (Las)	Abrucena	Almería	12,00
Nacimiento	Nacimiento	Almería	23,80
Noguera	Turrillas	Almería	28,90
Perdices (Las)	Nacimiento	Almería	0,85
Sª Mª de Nieva I	Vélez Rubio	Almería	14,00
Sª Mª de Nieva II	Vélez Rubio	Almería	34,50
Serón I	Serón	Almería	49,50
Serón II	Serón	Almería	10,00
Tacica de Plata	Abla	Almería	26,00
Tijola	Tijola	Almería	36,00
Tres Villas (Las)	Tres Villas (Las)	Almería	49,50
Alburejos (Los)	Medina-Sidonia	Cádiz	10,00
Alijar	Jerez de la Frontera	Cádiz	24,00
Almendarache	Tarifa	Cádiz	21,00
Almeriques	Medina-Sidonia	Cádiz	27,52
Bancal (EI)	Tarifa	Cádiz	21,00
Bolaños (Los)	Jerez de la Frontera	Cádiz	24,00
Buenavista (TA-13)	Barbate	Cádiz	7,80
Castellana	Puerto Real	Cádiz	33,52
Castellana (2ª fase)	Puerto Real	Cádiz	12,00
Cerro del Conilete	Vejer de la Fra.	Cádiz	9,00
Chorreaderos Altos	Jerez de la Frontera y San José del Valle	Cádiz	20,59
Chorreaderos Bajos	Jerez de la Frontera	Cádiz	30,00
Cortijo de Guerra I	Puerto Real	Cádiz	40,80
Cortijo de Guerra I (2ª Fase)	Puerto Real	Cádiz	1,20
Cortijo de Guerra II	Puerto Real	Cádiz	28,00
Cortijo Iruelas	Tarifa	Cádiz	13,60
Doña Benita Cuéllar	Jerez de la Frontera	Cádiz	32,00
Gallego (EI)	Tarifa	Cádiz	24,00
Granujales (Los)	Vejer de la Frontera	Cádiz	24,00
Herrería (La)	Tarifa	Cádiz	44,80
Hinojal I	Tarifa	Cádiz	14,00

PARQUE EÓLICO	MUNICIPIO	PROVINCIA	POTENCIA (MW)
Hinojal II	Tarifa	Cádiz	8,00
Isletes (Los) Iberdrola	Jerez de la Frontera	Cádiz	9,94
Isletes (Los) Urbaenergía	Jerez de la Frontera	Cádiz	25,30
Jerez	Jerez de la Frontera	Cádiz	42,50
kW_Tarifa	Tarifa	Cádiz	30,00
Lances S.E.L.L. (Los)	Tarifa	Cádiz	10,68
Locustura (La)	Tarifa	Cádiz	1,65
Loma de Almendarache	Tarifa	Cádiz	12,00
Loma de las Peñuelas	Vejer de la Fra.	Cádiz	9,00
Loma de Lázaro	Alcalá de los Gazules	Cádiz	16,00
Loma de los Aviadores	Tarifa	Cádiz	6,00
Loma del Suyal	Vejer de la Fra.	Cádiz	8,00
Manga (La)	Tarifa	Cádiz	12,00
Monjas (Las)	Medina-Sidonia	Cádiz	26,00
Monjas (Las) (2ª Fase)	Medina-Sidonia	Cádiz	8,00
Monteahumada	Tarifa	Cádiz	2,95
Mostaza	Vejer de la Frontera	Cádiz	18,00
Olivillo (El)	Jerez de la Frontera	Cádiz	25,50
Pandero (El)	Tarifa	Cádiz	20,00
Pasada de Tejeda	Tarifa	Cádiz	9,60
Pedregoso A	Tarifa	Cádiz	14,85
Pedregoso B	Tarifa	Cádiz	14,85
Pedregoso D	Tarifa	Cádiz	14,85
Pee.sa	Tarifa	Cádiz	6,00
Pino (El)	Barrios (Los)	Cádiz	24,60
Puerto Facinas	Tarifa	Cádiz	12,00
Rabia (La)	Jerez de La Frontera	Cádiz	21,71
Rancho Viejo	Medina-Sidonia	Cádiz	14,40
SEASA_EEE (repotenciado)	Tarifa	Cádiz	32,00
SEASA_PESUR (repotenciado)	Tarifa	Cádiz	42,00
Río Almodóvar	Tarifa	Cádiz	12,80
Risa (La)	Tarifa	Cádiz	12,00
Roalabota	Jerez de la Frontera	Cádiz	28,05
Ruedo (El)	Tarifa	Cádiz	15,84
Siglos (Los)	Tarifa	Cádiz	18,00
Tahivilla (TA-1)	Tarifa	Cádiz	30,00
Tahuna (La)	Tarifa	Cádiz	20,00
Tejonero	Vejer de la Frontera	Cádiz	32,00
Torre I (La)	Tarifa	Cádiz	16,00
Vegas (Las)	Medina-Sidonia	Cádiz	22,00
Venzo (El)	Medina-Sidonia	Cádiz	8,00
Victoria (La)	Chiclana de la Frontera	Cádiz	23,21

PARQUE EÓLICO	MUNICIPIO	PROVINCIA	POTENCIA (MW)
Viento de Alcalá	Alcalá de los Gazules	Cádiz	42,00
Zarzuela II	Tarifa	Cádiz	16,00
Zorreras	Medina Sidonia	Cádiz	32,00
Zorreras (Las)	Tarifa	Cádiz	20,00
Conjuro (El)	Gualchos	Granada	13,60
Conjuro (El)	Lujar	Granada	17,00
Cueva Dorada	Loja	Granada	19,55
Dólar 1	Dólar	Granada	49,50
Dólar 3	Dólar	Granada	49,50
Ferreira 2	La Calahorra	Granada	49,50
Huéneja 3	Huéneja	Granada	49,50
Jaufil	Zújar	Granada	4,00
Lecrín	Lecrín y Nigüelas	Granada	11,30
Lecrín	Lecrín y Nigüelas	Granada	0,70
Loma del Capón	Albuñuelas	Granada	30,00
Lomas (Las) Seaproject	Lanjarón	Granada	2,00
Lomas (Las) Uniwindet	Lanjarón	Granada	15,00
Lomas de Manteca	Nigüelas	Granada	4,00
Morrones (Los)	Zújar	Granada	30,00
Padul	Padul	Granada	18,00
San José (Experimental)	Huéneja	Granada	1,50
Cerros Pelaos (Experimental)	Padul	Granada	3,00
Sillones (Los)	Loja	Granada	16,15
Valcaire	Padul	Granada	16,00
Cabezas (Las)	Puebla de Guzmán	Huelva	17,40
Centenar (El)	Puebla de Guzmán	Huelva	40,00
Granado (El)	Granado (El)	Huelva	14,45
LiRÍOs (Los)	San Silvestre	Huelva	48,00
Majal Alto	Puebla de Guzmán	Huelva	50,00
Montegordo	Ayamonte	Huelva	48,00
Retuerta (La)	Almendro (El)	Huelva	38,00
Sardón (El)	Granado (El)	Huelva	25,50
Saucito (El)	Alosno	Huelva	30,20
Tallisca (La)	Almendro (El)	Huelva	40,00
Tharsis	Alosno	Huelva	4,25
Valdefuentes	Almendro (El)	Huelva	28,00
Sierra del Trigo	Noalejo	Jaén	15,18
Álamo (El)	Campillos	Málaga	36,00
Altamira	Almargen	Málaga	49,30
Ampliación de los Llanos	Casares	Málaga	13,60
Ampliación Puerto de Málaga	Ardales	Málaga	12,85
Angosturas (Las)	Teba	Málaga	36,00
Barrancos (Los)	Campillos	Málaga	20,00

PARQUE EÓLICO	MUNICIPIO	PROVINCIA	POTENCIA (MW)
Cámara (La)	Ardales	Málaga	18,00
Cerro de la Higuera	Teba	Málaga	44,00
Cerro Gavira	Campillos	Málaga	41,65
Cortijo la Linera	Campillos	Málaga	28,00
Cuesta (La)	Campillos	Málaga	27,20
Escalereta (La)	Cañete la Real	Málaga	5,80
Ignacio Molina	Casares	Málaga	5,60
Llano del Espino	Teba	Málaga	38,00
Llanos (Los)	Casares	Málaga	19,80
Madroñales (Los)	Almargen	Málaga	34,00
Menaute	Campillos	Málaga	37,40
Nava (La)	Cañete La Real	Málaga	27,20
Puerto Málaga	Ardales	Málaga	12,00
Puntal (El)	Sierra de Yeguas	Málaga	26,40
Sierra Aguas	Álora	Málaga	13,20
Sierra de Aguas	Álora	Málaga	1,70
Sierra de Arcas	Vva. de Algaidas	Málaga	22,00
Cantalejos	Osuna	Sevilla	14,00
Cerro Durán	Corrales (Los)	Sevilla	45,00
Gomera	Osuna	Sevilla	18,00
Palomarejo	Écija	Sevilla	30,00
Valdivia (La)	Osuna	Sevilla	28,5
TOTAL			3.324,34

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía