

 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021



## PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO

Fecha: 25/03/2021

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021



## C O N T R O L   D E   R E V I S I O N E S

<u>REV.</u>	<u>FECHA</u>	<u>MOTIVO</u>	<u>HOJAS REVISADAS</u>
00	23/03/2021	Emisión inicial	NA
01	25/03/2021	Correcciones	NA



		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## ÍNDICE

1.	OBJETO	5
2.	ALCANCE	5
3.	ABREVIATURAS	5
4.	NORMATIVA APLICABLE	6
5.	DESCRIPCIÓN DEL PLAN Y DATOS DE PARTIDA	7
5.1.	DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y SU ENTORNO	7
5.1.1.	CRITERIOS DE ELECCIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS	7
5.1.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS	8
5.1.3.	LOCALIZACIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS	10
5.2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	10
5.2.1.	OBRA CIVIL	11
5.2.2.	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA	12
5.2.3.	AEROGENERADORES	12
6.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INVERSIONES A REALIZAR	13
6.1.	COSTES DE INVERSIÓN	13
6.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS COSTES DE INVERSIÓN	14
6.2.1.	INGENIERÍA	14
6.2.2.	TRATAMIENTO DE VEGETACIÓN EXISTENTE	14
6.2.3.	OBRA CIVIL	15
6.2.4.	AEROGENERADORES	17
6.2.5.	SISTEMA COLECTOR Y COMUNICACIONES	18
6.2.6.	CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y CONTROL	18
6.2.7.	GESTIÓN DE RESIDUOS	19
6.2.8.	RESTAURACIÓN	20
6.2.9.	GASTOS DE CONSTITUCIÓN	20
6.3.	ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN	21
7.	ESTRATEGIA DE COMPRAS Y DE CONTRATACIÓN	23
8.	ESTIMACIÓN DE EMPLEO DIRECTO E INDIRECTO CREADO EN FASE DE CONSTRUCCIÓN	24
9.	OPORTUNIDADES PARA LA CADENA DE VALOR INDUSTRIAL.	30
9.1.	ANÁLISIS DE VALOR DEL PROYECTO	34
10.	ESTRATEGIA DE ECONOMÍA CIRCULAR EN RELACIÓN CON EL TRATAMIENTO DE LOS EQUIPOS AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL	40
10.1.	ECONOMÍA CIRCULAR DENTRO DE LA ENERGÍA EÓLICA	42
10.2.	GESTIÓN DE RESIDUOS AL FINAL DE LA VIDA ÚTIL	45
10.3.	PROCESOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA ENERGÍA EÓLICA	48
10.4.	PRESENTE Y FUTURO	51

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

11.	ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS EQUIPOS	54
11.1.	LA HUELLA DE CARBONO EN LA ENERGÍA EÓLICA	56
11.2.	ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO	58
11.3.	IMPACTO DEL SECTOR EÓLICO EN TÉRMINOS ENERGÉTICOS Y MEDIOAMBIENTALES	64
12.	CONCLUSIONES	67

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 1. Objeto

---

El objeto del presente documento es elaborar un estudio socio-económico de los impactos en la creación de un parque eólico en la Comunidad Autónoma de Galicia, en base al artículo 4 del RD 960/2020 de 3 de noviembre, donde se aprueba la orden ministerial TED/1161/2020 de 4 de diciembre, por la que se regula el primer mecanismo de subasta para el otorgamiento del régimen económico de energías renovables y se establece el calendario indicativo para el periodo 2020-2025.

## 2. Alcance

---

El alcance del documento comprende el impacto socio-económico dentro de una región en concreto, en este caso la Comunidad Autónoma de Galicia, que produce la construcción de un parque eólico en cuanto a creación de empleo, activación de la economía y de reducción de impactos ambientales en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> se refiere y siguiendo las directrices marcadas en la Agenda 2030.

## 3. Abreviaturas

---

Las abreviaturas y acrónimos utilizados en este documento son:

RCDs: Residuos de Construcción y Demolición

AEE: Asociación Empresarial Eólica

PPAs: Power Purchase Agreement (Contrato de compraventa de energía)

TEP: Tonelada Equivalente de Petróleo

PIB: Producto Interior Bruto



EGA: Asociación Eólica de Galicia

IRENA: Agencia Internacional de las Energías Renovables

UE: Unión Europea

GEI: Gases de Efecto Invernadero

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

NO<sub>x</sub>: Óxidos de Nitrógeno



PM: Partículas en suspensión

SO<sub>2</sub>: Dióxido de Azufre

#### 4. Normativa aplicable

---

- Orden TED/1161/2020, de 4 de diciembre, por la que se regula el primer mecanismo de subasta para el otorgamiento del régimen económico de energías renovables y se establece el calendario indicativo para el periodo 2020-2025.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 5. Descripción del plan y datos de partida

---

### 5.1. Descripción del emplazamiento y su entorno

---



El primer paso a la hora de la construcción de un parque eólico es determinar el emplazamiento en el que se va a situar, por lo que en este apartado se va a definir la localización del proyecto que se va a llevar a cabo.

#### 5.1.1. Criterios de elección de los emplazamientos

---

La elección del emplazamiento se fundamenta en una serie de criterios que tienen en cuenta la viabilidad técnica, la presencia de infraestructura eléctrica existente y el medio ambiente. El empleo de estos criterios resultará en la elección de un emplazamiento que aprovechará de manera óptima el recurso eólico disponible, empleará aerogeneradores de última tecnología, transportará la energía eléctrica generada de manera eficiente y será respetuoso en la mayor medida posible con su entorno y el medio ambiente. Los criterios de selección son los que se detallan a continuación:

- **Recurso eólico.** La cantidad de giros que da un aerogenerador depende del caudal de aire que pasa perpendicularmente a sus palas, y que este depende de la velocidad del viento, cuanto mayor es la velocidad del viento más energía va a producir el aerogenerador. La velocidad del viento es, por tanto, el criterio más importante a la hora de proyectar un parque eólico.
- **Cercanía de la zona de consumo de la energía producida.** En España que existen grandes variaciones de demanda de energía eléctrica entre las distintas comunidades autónomas. Estas variaciones son debidas a las diferencias entre la densidad de población y la industria principalmente.
- **Existencia de zonas protegidas.** Es primordial a la hora de realizar cualquier proyecto de ingeniería civil que se respete al máximo el medio ambiente y, por tanto, los espacios naturales que se encuentran en el territorio.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

### 5.1.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS

Se plantea hacer la construcción de parques eólicos en la Comunidad Autónoma de Galicia. Siguiendo los criterios detallados se describen las localizaciones del proyecto y se justifica su elección.

#### RECURSO EÓLICO

Como podemos observar en el *Mapa de la distribución de velocidad en España*, la zona de la Comunidad Autónoma de Galicia donde estarán situados los parques es una ubicación con potencial eólico disponible.

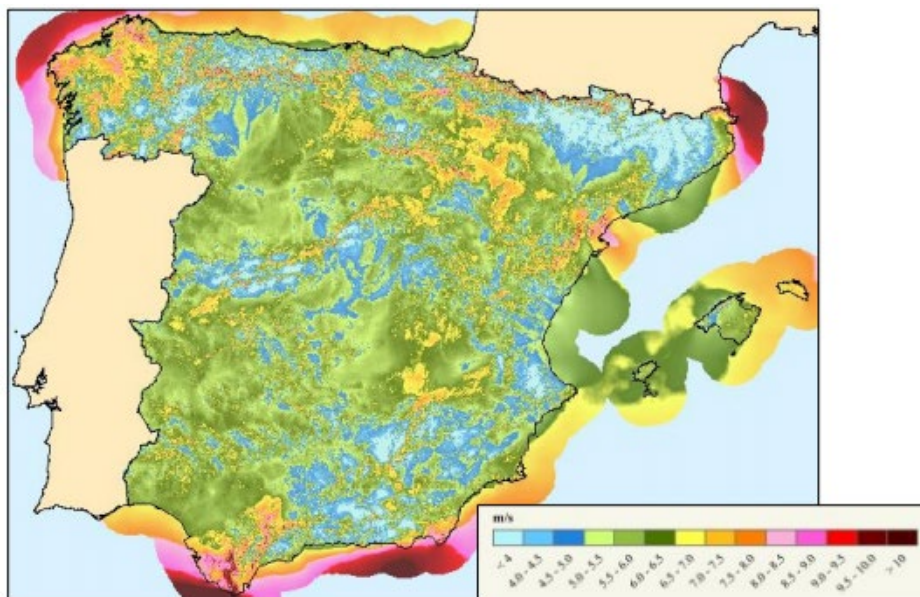




Figura 1. Mapa de la distribución de velocidad a una altura de 80m.

FUENTE: *Meteosim Truewind*



		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## CERCANÍA DE ZONA DE CONSUMO DE LA ENERGÍA PRODUCIDA

La comunidad de Galicia es una de las comunidades autónomas que consumen mayor energía en España.

Nº	Comunidad Autónoma	Consumo neto (GWh)
1	Cataluña	44.569
2	Andalucía	35.456
3	Comunidad de Madrid	28.925
4	Comunidad Valenciana	24.368
5	Galicia	18.570
6	País Vasco	16.483
7	Castilla y León	12.940



Figura 2. Comunidades autónomas españolas más consumidoras de energía eléctrica

*FUENTE: Escuela de Organización Industrial, 2013*

El consumo neto de la comunidad de Galicia es aproximadamente de 18,5 GWh. El emplazamiento del proyecto ayudaría a atender la demanda de energía eléctrica en esta comunidad.

## EXISTENCIA DE ZONAS PROTEGIDAS

La proyección del proyecto en estudio situado en la Comunidad Autónoma de Galicia no tendría un impacto medioambiental grave, esta zona respeta los espacios naturales, las zonas protegidas y de especial interés en el territorio.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

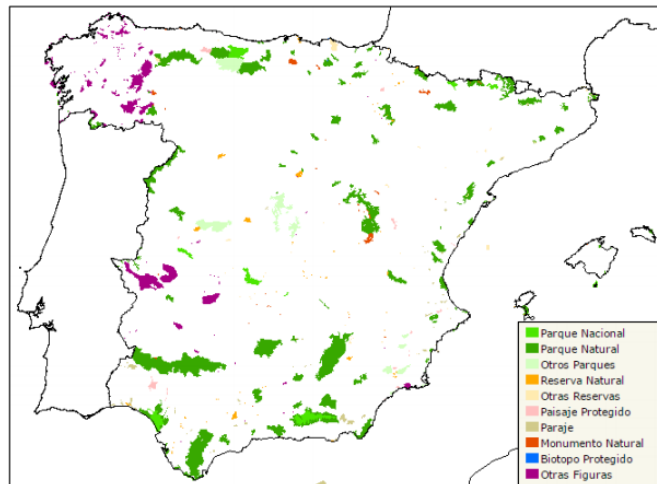


Figura 3. Mapa de espacios naturales

FUENTE: Nature Spain

### 5.1.3. LOCALIZACIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS



Los emplazamientos estarán distribuidos en distintas ubicaciones dentro de las áreas de desarrollo eólico en la Comunidad Autónoma de Galicia, incluidas dentro del plan sectorial eólico de Galicia. La superficie total prevista para los emplazamientos es de aproximadamente 11600 ha.

## 5.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La preocupación por la degradación ambiental, la conveniencia de disminuir la dependencia energética exterior, y la búsqueda de nuevas y mejores soluciones técnico-económicas al problema del suministro energético, son factores que influyen decididamente sobre las políticas en este campo a la hora de fomentar la investigación, desarrollo y aplicaciones de las energías renovables.

Dentro de las posibilidades de las distintas energías renovables, la eólica, por su grado de desarrollo, sus costes y su carácter limpio e inagotable, tiene un alto potencial de aplicación, como recurso energético endógeno, en aquellas áreas que cuentan con el viento necesario para permitir su aplicación.

Con objeto de obtener energía eléctrica para verterla a la red de distribución en la Comunidad Autónoma de Galicia, el proyecto comprende la construcción y montaje de distintos parques eólicos con un número específico de aerogeneradores para cada

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

parque dispuestos de tal forma que aprovechen al máximo los vientos dominantes. La ubicación de los aerogeneradores se ha realizado atendiendo a criterios de producción de energía. A continuación, se detallan las características generales para las construcciones del proyecto.

La potencia instalada será de 135 MW, utilizando aerogeneradores de uno de los principales tecnólogos a nivel mundial: *Vestas, Siemens Gamesa, Nordex SE, GE o Enercon* instalando en total 31 aerogeneradores de potencia máxima de 5 MW.

La construcción del proyecto en general comprende los siguientes elementos:

- Obra civil
- Infraestructura eléctrica
- Aerogeneradores

### 5.2.1. Obra civil

---

#### ACCESOS Y VIALES



Para la construcción y montaje de la infraestructura proyectada, así como para el mantenimiento posterior de las instalaciones, será necesario adecuar el viario interior a cada parque, en unos casos acondicionando las pistas existentes y en otros, realizando caminos nuevos.

#### Caminos

Para construirlos, será necesario realizar un desbroce previo, procurando un trazado que ocasione el mínimo daño posible a la vegetación. Con un vibro-apisonador se compactará el terreno natural hasta conseguir un proctor del 95% y se añadirán las capas de zahorra natural y gravacemento, con igual espesor y características de compactado que para los caminos existentes.

#### Plataformas

Adyacentes a los puntos de emplazamiento de los aerogeneradores, se realizarán pequeñas explanaciones que permitan mejorar el acceso para la realización de las obras de excavación de las zapatas y el estacionamiento de la grúa de montaje de los aerogeneradores.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

### **CIMENTACIÓN DE LOS AEROGENERADORES**

Para la cimentación de los aerogeneradores, se prevé la construcción de una zapata de hormigón armado. Las excavaciones se realizarán con medio mecánicos, retirando primero el suelo vegetal y acopiándolo, con la finalidad de cubrir toda la zapata hasta un nivel específico, con objeto de permitir la regeneración del matorral. Las tierras sobrantes serán enviadas a vertedero.

### **EDIFICIOS AUXILIARES**

Para realizar las labores de control, mantenimiento y reparación del parque eólico, se construirá un edificio de control. El emplazamiento, será elegido teniendo presente reducir al máximo posible su impacto visual. Este edificio albergará el centro de control, una pequeña oficina, el taller y almacén de recambios y vestuarios.

### **ZANJAS PARA CABLEADO INTERNO**

Para la evacuación de la energía producida, se construye una red de zanjas, que albergarán los cables de media tensión y los cables de telecomunicaciones.

#### **5.2.2. INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA**



---

Se considera infraestructura eléctrica a todos los componentes que posibilitan la conexión a la red, transportando y adecuando la energía generada por los aerogeneradores. La infraestructura se clasifica en: sistema de transporte de energía eléctrica, transformadores de tensión y sistema eléctrico general y de control.

#### **5.2.3. AEROGENERADORES**

---

Los aerogeneradores, serán de uno de los principales tecnólogos (*Vestas, Siemens Gamesa, Nordex SE, GE o Enercon*). En general, cada aerogenerador consta de un rotor que capta la energía del viento y un sistema de conversión de energía, que mediante un multiplicador y un generador transforman la energía mecánica en eléctrica. El conjunto se completa con un bastidor y una carcasa, que alberga los mecanismos, así como una torre sobre la que va montado todo el sistema y los correspondientes subsistemas hidráulicos, electrónicos de control e infraestructura eléctrica. La orientación de frente al viento, se realiza de forma automática, según la información recibida de las veletas instaladas en la parte superior de cada máquina.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 6. Descripción general de las inversiones a realizar

Son muchos los factores que influyen en la rentabilidad de un parque eólico, entre los más importantes se encuentran la inversión inicial, los costes de explotación, los costes financieros, el número equivalente de horas de viento que haya en el emplazamiento y el precio de venta de la electricidad inyectada a la red.



En este punto vamos a centrarnos en la inversión. Para la construcción de un parque eólico hay que realizar un desembolso o inversión inicial. Entre dichos desembolsos se encuentran la compra de turbinas y equipos, la mano de obra para la construcción del parque y por supuesto todos los conceptos relacionados con la parte burocrática y legal.

El año 0 se corresponde con el período de realización de la inversión. A continuación, se van a describir las inversiones a realizar en un proyecto tipo de parque eólico.

### 6.1. Costes de inversión

Los costes de inversión son aquellos gastos en los que se incurre a la hora de llevar a cabo la construcción de un proyecto. Dentro del proyecto de cada parque eólico, destacamos los siguientes costes principales en orden de realización.

- Ingeniería. Se incluyen los gastos en unidad de ingeniería y el plan de vigilancia.
- Tratamiento de vegetación existente. Costes de roza y limpieza del terreno.
- Obra civil. Conforman los costes de obra civil en los aerogeneradores, viales y plataformas y zanjas.
- Torres meteorológicas. Instalación de las torres meteorológicas.
- Aerogeneradores. Se incluyen los costes de suministro de las turbinas eólicas, los trabajos necesarios para la instalación, el transporte de estas hasta el emplazamiento, o el montaje de los componentes de la máquina. Los costes totales de inversión se encuentran condicionados en gran parte por el elevado coste de los aerogeneradores, que suponen la partida principal en los cálculos de costes de inversión.
- Sistema colector y comunicaciones. Costes en cableado necesario para la conexión de Media Tensión, el cableado de fibra óptica de comunicaciones, así como los elementos de conexión.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

- Centro de seccionamiento y control. Costes en las operaciones y los equipos que forman parte de la adaptación eléctrica necesaria a la red, como subestación, transformadores u otros componentes de conexión.
- Gestión de residuos. Costes de la gestión de los residuos, que aparece principalmente determinado por los costes de la valorización y deposición de los residuos.
- Restauración. Gastos en el proyecto de restauración.
- Gastos de constitución y primer establecimiento

## 6.2. Descripción de los costes de inversión

---

### 6.2.1. Ingeniería

---



- Unidad de Ingeniería: Incluyen los estudios de viabilidad, impacto ambiental, estudio geotécnico, topografía, estudio geoelectrico de la zona de construcción, e ingeniería básica y de detalles de los sistemas que constituyen el parque eólico.
- Plan de vigilancia: Incluye los trabajos realizados durante los siguientes periodos: fase de ejecución del parque, primer año de explotación del parque, fase de desmantelamiento del parque y restauración.

Los gastos de ingeniería comprenden aproximadamente un 1% de los costes de inversión.

### 6.2.2. Tratamiento de vegetación existente

---

- Tala de árboles: Trabajos de tala de árboles en la zona.
- Roza de monte bajo: Roza y limpieza superficial de terreno de monte bajo. Incluye el apeo de arbolado de pequeñas dimensiones y matorral, preparación de residuos, recogida y amontonamiento de éstos en cordones longitudinales para su posterior recogida.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021



(b) Talado de árboles



(a) Limpieza del terreno



Los gastos de tratamiento de vegetación existente comprenden aproximadamente un 0,2% de los costes de inversión.

### 6.2.3. Obra civil

- Obra civil en aerogenerador
  - Movimiento de tierras: Trabajos de retirada de tierras con medios mecánicos, excavación en pozo y de relleno con tierras propias por medios mecánicos.
  - Cimentaciones y soleras: Hormigonado, encofrado y desencofrado de muros y lechada de cemento.
  - Varios: Montaje de anillo de los generadores y componentes de la zapata de cimentación del aerogenerador.

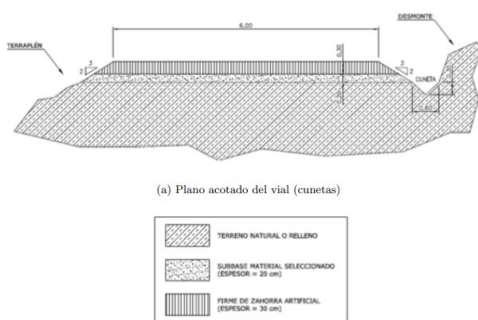


(a) Zapata de la estructura

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

▪ Obra civil en viales y plataformas

- Movimiento de tierras: Trabajos de retirada de tierras con medios mecánicos, excavación en desmante, terraplenado con tierras propias y excavación de cunetas.
- Drenajes: Colocación de caños y arquetas
- Firmes.





▪ Obra civil en zanjas

- Movimiento de tierras: Trabajos de retirada de tierras con medios mecánicos, excavación en zanja, perforación horizontal en paso de arroyo mediante hincas de acero.
- Canalizaciones: Construcción de zanjas y arquetas para registro de canalización.
- Varios: Hito de señalización de conducción eléctrica de hormigón.





		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

- Obra civil en torres meteorológicas
  - Instalación de torre meteorológica: Suministro, instalación y montaje de la torre meteorológica.





(a) Instalación de torre meteorológica

Los gastos de obra civil comprenden aproximadamente entre el 10-15% de los costes de inversión.

#### 6.2.4. Aerogeneradores

---

- Aerogenerador: Coste del generador
- Sistema de telecontrol: Sistema de telecontrol SCADA, suministro puesto de control de la central, conexión y pruebas del sistema de telecontrol, suministro puesto de control en oficina del cliente, conexión y pruebas del sistema de telecontrol en la oficina del cliente.
- Transporte y grúas: Transporte desde fábrica a parque, alquiler de grúas y equipo auxiliar para montaje del aerogenerador.
- Instalación y puesta en marcha: Equipo de trabajo, supervisión del montaje y puesta en marcha de los aerogeneradores.
- Suministro e instalación del transformador dentro de la góndola del aerogenerador.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021



(a) Transporte de palas



(b) Montaje del aerogenerador

Los gastos de aerogeneradores comprenden aproximadamente el 70-75% de los costes de inversión.

#### 6.2.5. Sistema colector y comunicaciones

---



- Líneas subterráneas: Línea eléctrica trifásica de Media Tensión, terminaciones de cables, así como el suministro y montaje del conjunto.
- Puesta a tierra: Costes de conductores de cobre y picas de puesta a tierra y la soldadura aluminotérmica.
- Comunicaciones: Suministro, tendido y conexionado de cable de fibra óptica.

Los gastos del sistema colector y comunicaciones comprenden aproximadamente entre el 2-7% de los costes de inversión.

#### 6.2.6. Centro de seccionamiento y control

---

- Obra civil
  - Movimiento de tierras: Trabajos de retirada de tierras con medios mecánicos, excavación de pozos en terreno compacto y suministro y montaje sobre excavación de caseta monobloque con centro colector.
  - Excavaciones: Excavación de pozos en terreno compacto.
  - Centro colector monobloque tipo caseta: Suministro y montaje sobre excavación de caseta monobloque para centro colector.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

- **Aparamenta**

- Aparamenta eléctrica de la instalación y sus respectivas celdas de protección.
- Circuitos de mando, control y protecciones.
- Equipos de control.
- Equipos de medida, teledisparo.
- Equipos de seguridad y contra incendios.





(a) Subestación del colector de un Parque Eólico

### 6.2.7. Gestión de residuos

---

- Coste tratamientos.
- Elaboración de estudio de gestión y selección de gestor autorizado.
- Sensibilización del personal de obra para adecuada gestión RCD's.
- Señalización en obra de la situación de los contenedores.
- Porte y entrega de los contenedores de obra homologados.
- Alquiler de los contenedores de obra homologados.
- Vigilancia y control del sistema de los RCD's.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021



(a) Contenedores de obra homologados

Los gastos de la gestión de residuos comprenden un porcentaje muy bajo de los costes de inversión.

### 6.2.8. Restauración

---

- Proyecto de restauración de la obra: Costes de operación necesarias en el restablecimiento de unas condiciones que muestren la mínima afección al medio físico, procurando reproducir el estado inicial del entorno afectado, tras la finalización de la vida útil de la instalación.



Los gastos de restauración comprenden aproximadamente entre un 0,5-1% de los costes de inversión.

### 6.2.9. Gastos de constitución

---

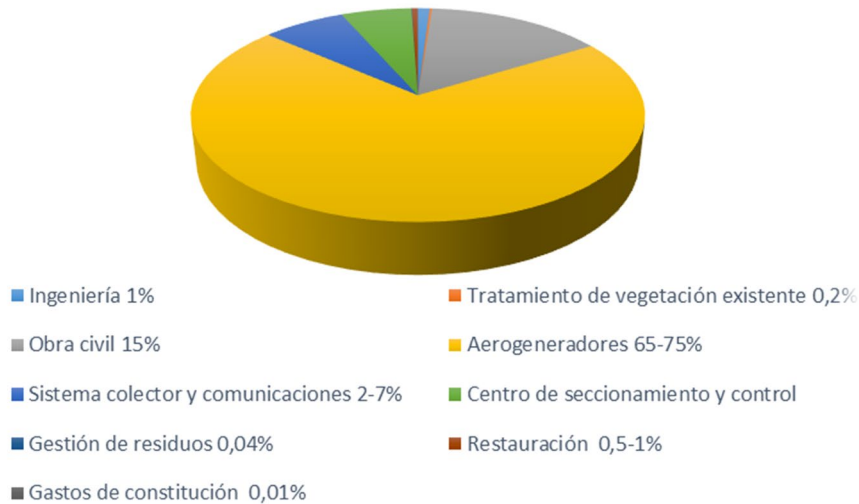
- Gastos de constitución y primer establecimiento: Gastos necesarios para la constitución, inicio de la actividad o ampliación de la actividad de la empresa. Se incluyen los gastos de notaría, costes de permisos, proyectos, etc.

Los gastos de constitución comprenden un porcentaje muy bajo de los costes de inversión.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Estos valores tienen diferente peso en la inversión inicial total, así pues, según los datos suministrados por la Asociación Empresarial Eólica, el peso de cada coste serían aproximadamente los citados a continuación.



### Costes de inversión "Parque Eólico"



### 6.3. Análisis de la inversión

---



Un punto fundamental en el estudio de la viabilidad económica de un parque eólico es el cálculo de la inversión. El cálculo de la inversión consiste en la obtención del coste total de la instalación.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

INVERSIÓN INICIAL	
DESCRIPCIÓN	COSTE (€)
Ingeniería	988.170,00
Tratamientos de vegetación existente	298.114,61
Obra civil aerogeneradores	9.717.761,34
Obra civil viales y plataformas	3.312.162,66
Obra civil zanjas	655.889,95
Torres meteorológicas	480.000,00
Aerogeneradores	79.700.000,00
Sistemas colectores y comunicaciones	3.619.257,84
Centros de seccionamiento y control	738.362,62
Subestaciones	6.493.347,13
Gestión de residuos	37.470,77
Restauración	564.984,00
Constitución	75.000,00
<b>TOTAL INVERSION INICIAL (€)</b>	<b>106.680.520,92</b>
<b>I.V.A</b>	<b>22.402.909,39</b>
<b>TOTAL INVERSION + I.V.A</b>	<b>129.083.430,31</b>

El coste medio de un parque eólico en la Unión Europea es de 1.300 € por kW de potencia instalada, mientras que en los proyectos desarrollados en España este valor es inferior y encontrándose alrededor de los 1.000 € por kW de potencia instalada.

El coste total asciende a los 129.083.430,31 €. Teniendo en cuenta la potencia instalada total de 135 MW, el ratio del proyecto sería de 956.173,8 € /MW instalado.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 7. Estrategia de compras y de contratación

En el proceso de compras y contratación de un parque eólico es importante fijar la estrategia que se utilizará antes de empezar. Qué parámetros hay que tener en cuenta para definirla. Esto afecta a la contratación de los distintos bienes y servicios que son necesarios en la construcción del proyecto en desarrollo.

Dentro de los costes de inversión asociados a cada parque, aproximadamente el 70% corresponde a los costes de fabricación de equipos y componentes de un aerogenerador.



El proyecto en desarrollo utiliza aerogeneradores de los tecnólogos más importantes a nivel mundial. La empresa *Vestas* dispone de sucursales por toda España y en concreto en Galicia, lo que supone una estrategia de compra y contratación con un impacto positivo en la comunidad autónoma de acuerdo con los siguientes factores:

- Fomenta la riqueza y la generación de empleo local
- Reducción de los costes de transporte a planta de los equipos y componentes
- Aumento del PIB en la comunidad
- Crecimiento económico en la comunidad

Empresas como *Siemens Gamesa*, *Nordex SE*, *GE* o *Enercon* tienen sucursales en España. Lo que supone contrataciones a nivel nacional para las fábricas de Madrid, Bilbao, Pamplona, etc.

Para el resto de las actividades de un parque eólico se llevará a cabo una estrategia de compra y contratación a nivel regional, ya que España y en concreto la comunidad de Galicia cuentan con numerosas empresas locales que se encargan de las demás fases de desarrollo del proyecto:

- Diseño del proyecto y evaluación del recurso eólico
- Transporte
- Construcción del parque
- Conexión a red y puesta en marcha
- Operación y mantenimiento
- Desmantelamiento

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 8. Estimación de empleo directo e indirecto creado en fase de construcción

En este punto se va a estudiar la creación de empleo, tanto directo como indirecto generado en los parques eólicos que son objeto del estudio. La estimación de empleo generado en la cadena de valor de un parque eólico terrestre queda dividida en las siguientes actividades:

- Diseño del proyecto y evaluación del recurso eólico
- Fabricación de equipos y componentes
- Transporte y construcción del parque
- Conexión a red y puesta en marcha
- Operación y mantenimiento
- Desmantelamiento



Las tareas que suponen una mayor generación de empleo son las relacionadas con la fase de construcción del parque y la fabricación de equipos y componentes. A continuación, se muestra la desagregación de empleo generado en cada actividad y tarea de la cadena de valor para un parque eólico de 50 MW en días hombre necesarios, indicando las oportunidades a nivel local, regional, nacional e internacional.

### DISEÑO DEL PROYECTO Y EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO

Cualificación de los recursos humanos	Selección de un lugar para instalar el parque	Estudios de factibilidad, de recurso eólico, impacto ambiental	Desarrollo de proyecto: licencias, obtención de PPAs, financiación	Diseño de ingeniería	Total
Expertos en regulación energética y expertos fiscales y en mercados inmobiliarios	140	60	720	100	1020
Analistas financieros	0	30	700	0	730
Expertos en logísticas	0	0	360	0	290
Ingenieros de energía, eléctricos, civiles y mecánicos	50	90	0	150	80
Expertos medioambientales	50	30	0	0	50
Expertos en seguridad y salud en el trabajo	0	0	0	50	50
Geotécnicos	50	0	0	0	50
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>210</b>	<b>1780</b>	<b>300</b>	<b>2580</b>

Tabla 1. Número de días hombre en Diseño del Proyecto para un parque 50 MW. FUENTE: AEE



		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Esta actividad no supone un porcentaje muy alto, la mayoría de empleo generado en esta actividad se desemplea en la fase de desarrollo del proyecto (aproximadamente un 70%).



Todas las contrataciones que se realizan en esta actividad del proyecto significan oportunidades a nivel local, regional y nacional.

### FABRICACIÓN DE EQUIPOS Y COMPONENTES

Cualificación de los recursos humanos	Fabricación del nacelle	Fabricación de las palas	Fabricación de la torre	Fabricación de los equipos de control y monitorización	Total
Trabajadores de fábrica	5890	3400	2850	300	12440
Expertos en seguridad y salud	620	125	300	30	1075
Expertos en logísticas	620	125	300	15	1060
Expertos en control de calidad	620	125	300	15	1060
Expertos en ventas y marketing	480	290	230	45	1045
Ingenieros industriales	480	277	232	15	1004
Personales administrativos	480	113	230	45	868
Directivos	185	110	90	0	385
Ingenieros de telecomunicaciones e informáticos	0	0	0	15	15
Expertos en regulación y estandarización	0	0	0	15	15
<b>Total</b>	<b>9375</b>	<b>4565</b>	<b>4532</b>	<b>495</b>	<b>18967</b>

Tabla 2. Número de días hombre en Fabricación de equipos y componentes para un parque 50 MW.

FUENTE: AEE

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

La fabricación de la nacelle supone un 50 % de la cantidad de empleos generados en esta fase, por otro lado, las otras partes del aerogenerador suponen un 25 % cada una, salvo los equipos de control y monitorización que generan el porcentaje más bajo de empleo en esta actividad.

Las oportunidades de empleo de esta actividad dependen principalmente de los fabricantes de los aerogeneradores (*Vestas, Siemens Gamesa, Nordex SE, GE o Enercon*). Dependiendo del fabricante supone creación de empleos a nivel regional o nacional, ya que España y en concreto Galicia cuentan con muchas sucursales de estas grandes empresas.



## TRANSPORTE

Cualificación de los recursos humanos	Transporte
Conductores de camión y operadores de grúa	621
Personal administrativo	123
Expertos en logística	53
Expertos en regulación	53
Personal técnico para supervisar la carga y descarga	26
<b>Total</b>	<b>875</b>

Tabla 3. Número de días hombre en transporte necesario para un parque 50 MW.

FUENTE: AEE

De la misma forma, los componentes de los aerogeneradores del fabricante *Vestas* supondrían una oportunidad mayor de empleo a nivel regional para el transporte de los componentes desde la fábrica hasta la planta. Mientras que otros fabricantes como *Siemens Gamesa, Nordex SE, GE o Enercon* suponen una menor creación de empleo a nivel regional y mayor a nivel nacional.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021



## CONSTRUCCIÓN

Cualificación de los recursos humanos	Preparación del terreno y obra civil	Instalación de turbinas y torres	Total
Trabajadores de la construcción y personal técnico	13600	6000	19600
Conductores de camiones y operadores de grúa	0	3000	3000
Ingenieros y capataces	1320	600	1920
Expertos en logística	720	600	1320
Expertos medioambientales	720	0	720
Expertos en seguridad y salud en el trabajo	240	0	240
<b>Total</b>	<b>16600</b>	<b>10200</b>	<b>26800</b>

Tabla 4. Número de días hombre en Construcción y montaje de un parque 50 MW.

FUENTE: AEE

Es la fase de más peso, suponiendo casi tres cuartas partes del empleo generado. La construcción e instalación genera un empleo de 26800 días hombre y puede conllevar entre 12 y 20 meses. La construcción del proyecto supone una creación importante de empleo a nivel local, regional y nacional.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## CONEXIÓN A RED Y PUESTA EN MARCHA

Cualificación de los recursos humanos	Conexión a red	Puesta en marcha	Total
Trabajadores de la construcción y personal técnico	6000	1000	7000
Expertos en seguridad y salud	100	100	200
Ingenieros eléctricos y mecánicos	180	200	380
Expertos en control y calidad	100	0	100
<b>Total</b>	<b>6380</b>	<b>1300</b>	<b>7680</b>

Tabla 5. Número de días hombre en `Conexión a red y puesta en marcha` para un parque 50 MW.

FUENTE: AEE



## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Cualificación de los recursos humanos	Operación	Mantenimiento	Total
Operadores	1100	0	1100
Ingenieros de telecomunicaciones	220	150	370
Ingenieros industriales	125	225	350
Trabajadores de la construcción y personal técnico	0	370	370
Expertos en seguridad y salud	0	150	150
Personal administrativo y de contabilidad	125	0	125
Abogados y expertos en regulación de energía	80	0	80
Expertos medioambientales	80	0	80
Directivos	40	0	40
<b>Total</b>	<b>1170</b>	<b>895</b>	<b>2665</b>

Tabla 6. Número de días hombre en Operación y mantenimiento para un parque 50 MW.

FUENTE: AEE

El empleo generado en la fase de operación y mantenimiento se tendrá en cuenta para una vida útil del parque de 20-25 años. Se requieren de 2700 días hombre cada año. Una oportunidad de empleo a nivel regional para todo el ciclo de vida del proyecto.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## DESMANTELAMIENTO

Cualificación de los recursos humanos	Selección de un lugar para instalar el parque	Estudios de factibilidad, de recurso eólico, impacto ambiental	Desarrollo de proyecto: licencias, obtención de PPAs, financiación	Diseño de ingeniería	Total
Trabajadores de la construcción y personal técnico	0	3700	800	1000	5500
Conductores de camiones y operadores de grúa	0	1800	0	0	1800
Ingenieros mecánicos, industriales y eléctricos	30	360	0	40	430
Expertos medioambientales	25	180	40	90	335
Expertos en seguridad y salud	0	180	40	90	310
Expertos en logística	25	0	20	0	45
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>6220</b>	<b>900</b>	<b>1220</b>	<b>8420</b>

Tabla 7. Número de días hombre en Fabricación de equipos y componentes para un parque 50 MW.

FUENTE: AEE

La tarea de desmontaje de equipos es la que más personal requiere (alrededor de un 75% del total). También es importante el personal que se encarga de la restauración del terreno y del reciclaje o envío de los residuos al vertedero.

En la siguiente gráfica podemos observar los porcentajes de estimación de empleo para un parque eólico de 50 MW

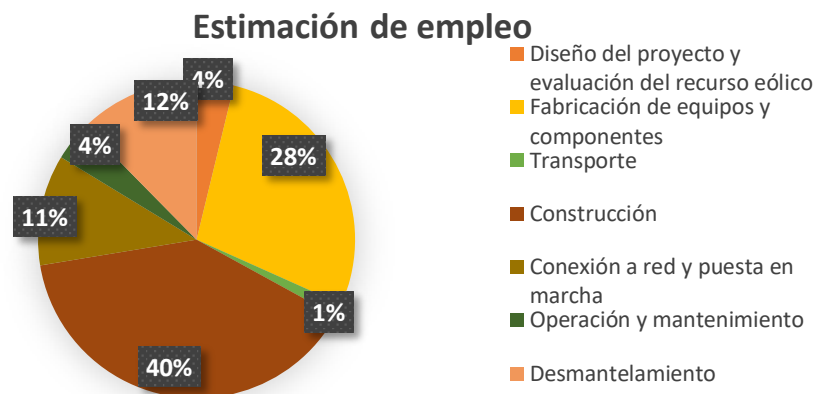




Figura 4. Estimación de empleo para un parque de 50 MW (%)

De acuerdo con la potencia instalada, en la siguiente gráfica se muestra una estimación del empleo para el proyecto en estudio.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

ESTIMACIÓN DE EMPLEO (días.hombre)							
Actividad	Diseño del proyecto y evaluación del recurso eólico	Fabricación de equipos y componentes	Transporte	Construcción	Conexión a red y puesta en marcha	Operación y mantenimiento	Desmantelamiento
Potencia instalada 135 MW	6.966,0	51.210,9	2.362,5	72.360,0	20.736,0	7.195,5	22.734,0

Tabla 8. Estimación de empleo (días hombre)

Se prevé una estimación de unos 180.000 días hombre para el proyecto, las fases de fabricación y construcción son las más importantes, con una creación de empleo de 120.000 días hombre.

## 9. Oportunidades para la cadena de valor industrial.

Como se ha descrito anteriormente, la cadena de valor dentro del sector eólico supone un conjunto de actividades y tareas que se desarrollan a lo largo de la vida útil en un parque eólico, para transformar los insumos primarios en producto y servicio final. En la siguiente figura podemos observar toda la cadena de valor que compone un parque eólico.

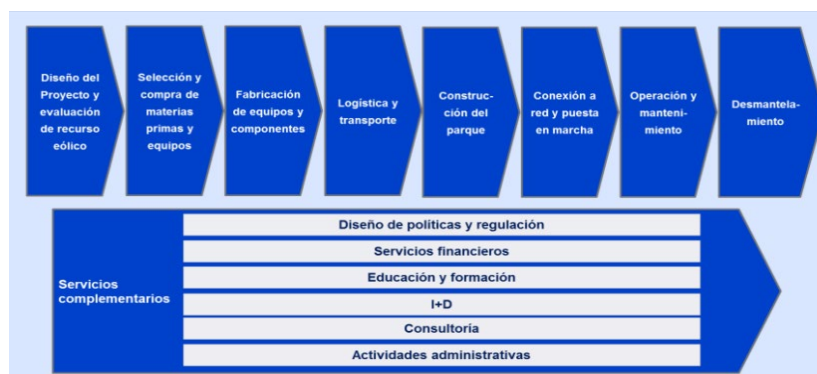




Figura 5. Cadena de valor del sector eólico. FUENTE: AEE

El sector de la energía eólica tiene importantes sinergias con otras industrias (aeronáutica, astilleros, digitalización, obra civil, electrointensiva, etc. La demanda de bienes y servicios por parte de la industria eólica respecto a otros sectores ha aumentado con el paso del tiempo, teniendo una gran importancia en la creación de valor y empleo.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Desde 2009 ha participado de forma relevante en todas las actividades de la cadena de valor: promoción/producción de energía, fabricación de aerogeneradores y componentes, y prestación de servicios adaptados a la necesidad de la industria. Esto ha influido notablemente en las oportunidades para la cadena de valor a nivel local, regional, nacional y comunitario.

A continuación, se señalan las principales características del sector eólico en la cadena de valor de la energía eólica en España.

- En 2019 ha cubierto aproximadamente un 21% de la demanda eléctrica, evitando de esta forma la importación de combustibles fósiles de varios millones de TEP (Toneladas Equivalentes de Petróleo) y dejando de emitir millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

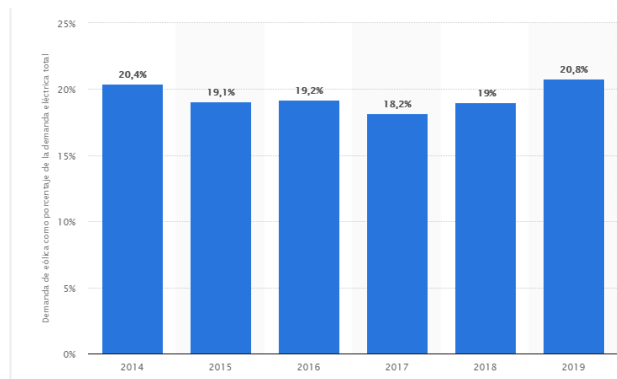




Figura 6. Cobertura eólica de la demanda en España. FUENTE: Statista

La potencia instalada total en España en 2020 subió hasta los 26.284 MW a nivel nacional, y en Julio de 2020, la eólica alcanzó el primer puesto en cuanto a potencia instalada en España, superando a los ciclos combinados de gas.

- La contribución total al Producto Interior Bruto alcanzó su máximo, sumando directa e indirectamente los 4.073 millones de euros. De esta cantidad 2580 millones corresponden al PIB directo y los restantes al PIB indirecto. En total suponen un 0,35 % del PIB en España en 2019.

En la siguiente gráfica se muestran unas gráficas desde el año 2005 al 2018.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

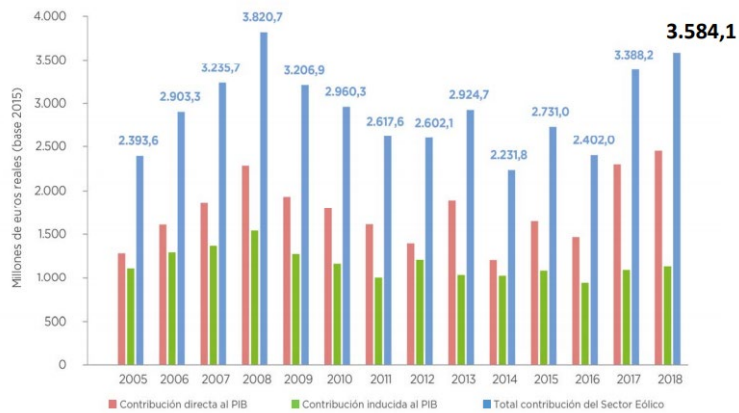


Figura 7. Contribución total al PIB nacional. FUENTE: AEE



Dividido en subsectores, las contribuciones serían las siguientes:

Subsector	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Millones de euros reales (base 2015)							
Promotor-Productor	435,9	547,9	552,2	685,5	647,1	759,0	802,3
Fabricantes de equipos y componentes	574,7	762,2	965,7	1.139,6	928,4	709,9	558,6
Empresas de servicios complementarios	272,6	299,1	348,5	456,1	357,5	328,6	252,3
<b>Total</b>	<b>1.283,2</b>	<b>1.609,2</b>	<b>1.866,4</b>	<b>2.281,3</b>	<b>1.932,9</b>	<b>1.797,6</b>	<b>1.613,1</b>
Subsector	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Millones de euros reales (base 2015)							
Promotor-Productor	1.229,3	1.332,6	489,3	913,5	691,3	1.440,9	1.543,9
Fabricantes de equipos y componentes	75,2	394,4	472,1	484,9	509,3	515,6	558,2
Empresas de servicios complementarios	88,7	164,1	245,4	221,6	228,7	304,0	320,4
Estructuras offshore				28,0	35,8	35,9	27,5
<b>Total</b>	<b>1.393,3</b>	<b>1.891,1</b>	<b>1.206,8</b>	<b>1.647,9</b>	<b>1.465,1</b>	<b>2.296,4</b>	<b>2.450,1</b>

Figura 8. División en subsectores de contribuciones al PIB. FUENTE: AEE

- El empleo total derivado por la actividad del sector eólico en España ascendió a 29.935 personas con un aumento del 18% con respecto a 2018 como podemos observar en la gráfica (2005-2018). 15.966 de estos empleos fueron directos y 13.970 indirectos.



		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

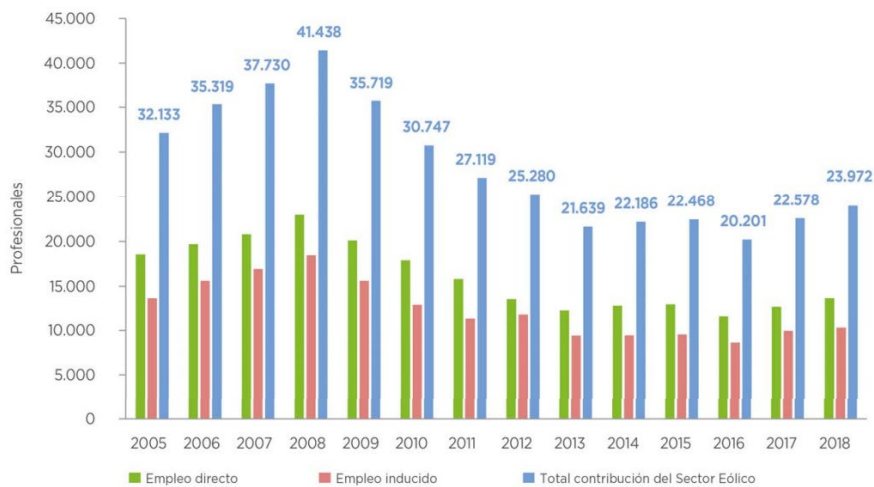


Figura 9. Creación de empleo en España en el sector eólico. FUENTE: AEE

- Reducción de la dependencia energética y en los gastos en importaciones de combustibles fósiles. En 2019 se ahorró en la importación de 10,5 millones de TEPs (Toneladas equivalentes de petróleo), con un valor de 1819 millones de euros. Y hasta 2018 evitó las siguientes importaciones:

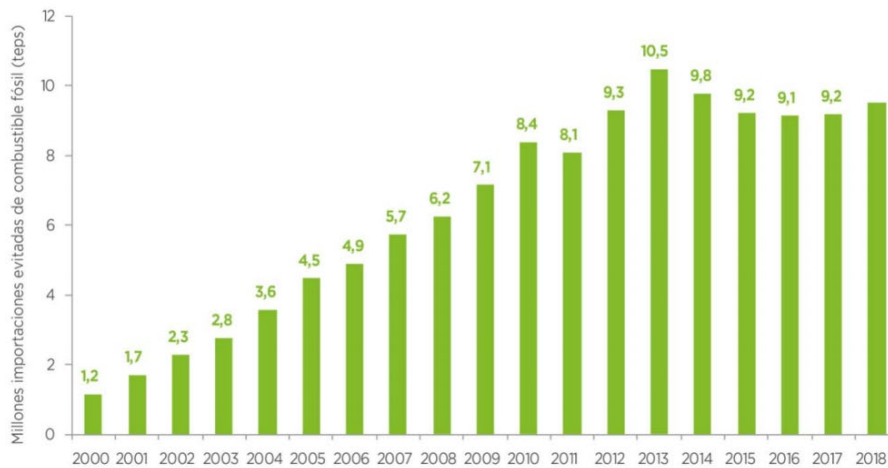


Figura 10. Emisiones evitadas de combustibles fósiles en España (TEPs). FUENTE: AEE

- Se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, en el año 2019 se evitaban 29 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Y desde el 2000 hasta el 2018 se evitaban 353 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.



		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021





Figura 11. Emisiones de gases de efectos invernaderos (Mton). *FUENTE: AEE*

- Efecto reductor de la eólica en los precios del mercado eléctrico: el uso de la eólica ha supuesto ahorros con valor de 25.035 millones de euros en el periodo de 2012 a 2019. A lo largo de 109 la reducción el precio del mercado ha sido de 6 euros/MWh.
- A efecto de I+D el esfuerzo realizado en el sector eólico está por encima de la media y también de los objetivos nacionales y europeos.

Todos estos valores suponen un caso de éxito para la cadena de valor a nivel nacional.

### 9.1. Análisis de valor del proyecto

Analizando el desarrollo del proyecto para la Comunidad Autónoma de Galicia, se prevén los siguientes impactos para la cadena de valor. El impacto potencial de la construcción de nuevos parques eólicos ha estado estancado en los últimos años para la comunidad de Galicia. La construcción de nueva potencia constituye un motor económico en términos de generación de empleo y de PIB. Además, la instalación de nueva potencia lleva asociado el desembolso de importantes inversiones en la comunidad, cifrándose en torno a 1 millón de euros por cada MW instalado, incluyendo la adquisición de aerogeneradores e ingeniería, obra civil, infraestructuras de evacuación y tramitaciones y siendo susceptibles de economía de escala.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## DEMANDA ELÉCTRICA

La potencia instalada del proyecto es de 135 MW, supone un 0,5% respecto a los datos de potencia instalada en 2020. La potencia instalada en Galicia a finales de 2019 era de 3773 MW, la contribución a la comunidad de esta potencia instalada es del 3,6 %

En la siguiente gráfica podemos observar la generación eólica para la comunidad de Galicia con la potencia instalada y la generación eólica anual.

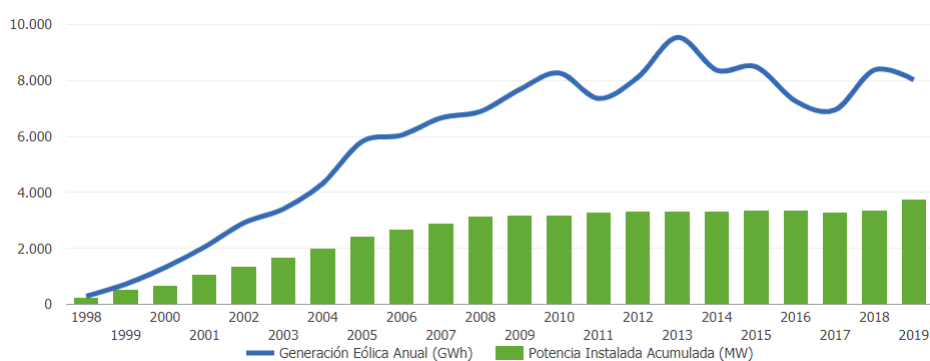


Figura 12. Potencia instalada y Generación Eólica Anual en Galicia. FUENTE EGA

La generación eólica en Galicia para el último año se situó en los 8698 GWh/añal, y se estima una producción anual para el proyecto de 440 GWh/ anual. Suponiendo un 5% de la producción anual en Galicia.

La generación eólica procedentes de los parques eólicos instalados en Galicia tienen la siguiente distribución provincial:

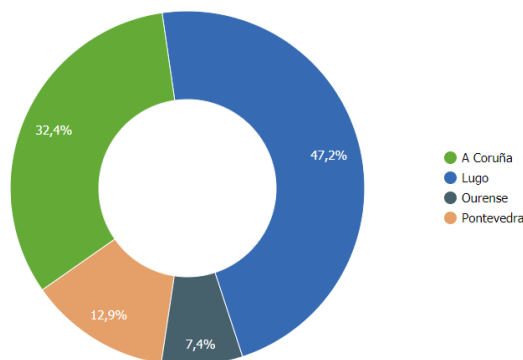




Figura 13. Distribución provincial de energía eólica en la comunidad de Galicia. FUENTE: EGA

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

De acuerdo con los datos de consumo energético en Galicia que podemos observar en la siguiente figura, se obtiene un promedio de consumo energético anual para analizar la cobertura equivalente del proyecto.

Año	Generación Eléctrica (GWh)	Consumo Energético Anual (GWh)
2011	7.930	71.198
2012	8.117	72.058
2013	9.541	65.151
2014	8.368	64.884
2015	8.492	69.186
2016	7.261	66.721
2017	6.947	72.558
2018	8.379	68.023
<b>Promedio 2011/18</b>	<b>8.165</b>	<b>67.754</b>

Figura 14. Generación eléctrica y consumo energético anual en Galicia. FUENTE: EGA

La producción anual para el proyecto en estudio es de 440 GWh/anuales, suponiendo una cobertura equivalente del consumo energético del 0,65 %.



### IMPACTO ECONÓMICO

En 2019, el sector eólico gallego contribuyó al PIB de la comunidad autónoma de 581,4 millones de euros (representando un 0,9% del PIB total).

Los principales subsectores en el sector eólico de la región son: Promotores/Explotadores, Fabricantes de equipos y componentes, Servicios complementarios y Estructuras offshore. La actividad de estos subsectores permitió una contribución directa al PIB de 388,6 millones de euros en el 2019. De la misma forma el sector eólico demanda productos y servicios de otros sectores económicos, generando un impacto indirecto al PIB de 192,8 millones de euros.

En este sentido la construcción de nuevos parques eólicos, dando como resultado el incremento de 135 MW, contribuirá al PIB gallego principalmente a través de las actividades relacionadas con fabricación de componentes y servicios complementarios demandados, alcanzando un impacto estimado de unos 38 millones de euros para los aerogeneradores del fabricante *Vestas* y también para los fabricantes con sucursales en España como *Siemens Gamesa*, *Nordex SE*, *GE* o *Enercon*.

La contribución directa se reparte entre los subsectores de Promotores/explotadores (50%) y el de la industria eólica (50%). Se prevé que la contribución directa al PIB derivada del sector eólico disminuya debido a la reducción de ingresos por parte de los

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

promotores por la reducción del precio del pool eléctrico. Pero se destaca la aportación del tejido industrial, debido al desarrollo de nueva potencia eólica dentro de la región de Galicia.

Por otro lado, la contribución indirecta es importante también, ya que las actividades realizadas por el sector eólico demandan bienes y servicios de otras ramas de economía. El mayor impacto indirecto se produce en el sector metalúrgico y la fabricación de productos metálicos, para la fabricación de componentes, equipos y estructuras. También es importante la contribución en la rama de reparación de maquinaria y equipamiento, junto con el servicio de instalación.

Teniendo en cuenta que la inversión en la comunidad se cifra en torno a 1 millón de euros por MW instalado, para los 135 MW instalados con el proyecto se prevé una inversión en la comunidad de 135 millones de euros.

### CREACIÓN DE EMPLEO

Para 2019, el sector eólico empleó directamente a 4.886 profesionales, y a su vez una generación de 2.136 empleos indirectos. En la siguiente gráfica se muestra una evolución del número de profesionales empleados para la comunidad de Galicia.

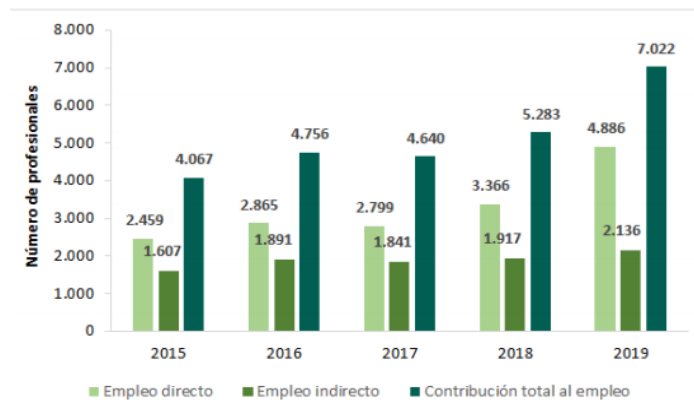




Figura 15. Creación de empleo en la comunidad de Galicia: FUENTE EGA

La construcción del proyecto supone una gran oportunidad para la creación de empleos a nivel comunitario, en especial para los parques formados por los Aerogeneradores *Vestas* y que se van a llevar a cabo en la fábrica situada en Galicia. Así como la creación de empleo a nivel nacional para los aerogeneradores fabricados en empresas como *Siemens Gamesa*, *Nordex SE*, *GE* o *Enercon*.

Analizando la generación de empleo en los diferentes subsectores, cabe destacar que, aunque el subsector de Promotores/Explotadores es el que presenta mayor contribución

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

al PIB gallego, en términos de generación de empleo representa un 10%. La mayor parte de la generación de empleo está ligado a las actividades industriales, representando el 90% del total de empleo directo generado.

Tomando el año 2019 como referencia, se estima que para cada MW instalado en la comunidad se crean en torno a 3,7 de acuerdo con los datos de EGA (Asociación Eólica de Galicia) y de 5 puestos de trabajo con los datos de IRENA (Agencia Internacional de las Energías Renovables), pero esta fuente tiene en cuenta también los puestos de trabajo creados fuera de la región.



De acuerdo con estos datos y la potencia instalada de 135 MW para el proyecto, supondría una creación de 500 puestos en la comunidad de Galicia y de 175 puestos fuera de la región.

Además del empleo generado en la fase de construcción, también se prevé un impacto positivo en la creación de puestos en los trabajos de operación y mantenimiento. De acuerdo con los datos presentados de 2019 para 422 MW permitió la creación de 84 puestos de trabajo, que se mantendrían toda la vida útil de la instalación. Para la potencia instalada de 135 MW se crearían unos 25 puestos de trabajo permanentes durante la vida útil de la planta.

#### **IMPACTOS EN TÉRMINOS DE DEPENDENCIA ENERGÉTICA Y BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES**



Además del recorte en la huella de carbono y en la sustitución de energías contaminantes por fuentes renovables. Hay que destacar por otro lado la producción de electricidad mediante energía eólica, permite evitar costes externos que no se consideran dentro de los costes de producción, y que si están presentes en la generación mediante combustibles. La mayoría de dichos combustibles se exportan del exterior, suponiendo una alta dependencia energética del exterior y el pago elevado de importes. La energía eólica en Galicia y la creación de estos nuevos parques ayuda a:

- Reducir la dependencia a nivel y estatal de la importación de combustibles y el impacto derivado en los precios y políticas de los países exportadores.
- Cumplimiento de las políticas energéticas de la Unión Europea
- Cumplimiento a nivel regional de las directrices energéticas 2020 y la estrategia de cambio climático.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

La producción de 440 GWh anuales permite reducir esa cantidad de producción procedentes de los combustibles fósiles. Teniendo en cuenta los datos de 2019, para 422 MW instalados se ahorraron 1,8 TEPs. Para 135 MW, esto supone un ahorro de 0,57 TEPs, con un valor aproximado de 80 millones de euros.

En términos económicos, la energía eólica generada por los parques que conforman el proyecto, considerando un precio de derecho de emisión de 24,84 euros/tonelada, y teniendo en cuenta el análisis de la huella de carbono que se ha realizado en este documento (6600 toneladas de CO<sub>2</sub> aproximadamente), se prevén unos costes de unos 164.000 mil euros anuales. Lo que supone un ahorro de entre 50 y 100 veces mayor a las centrales de gas natural y un ahorro entre 100 y 200 veces mayor a las centrales de carbón natural.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 10. Estrategia de economía circular en relación con el tratamiento de los equipos al final de su vida útil

En la actualidad predominan los modelos económicos y de producción lineales (Producir, Usar y Tirar). Este tipo de modelo se encuentra próximo al agotamiento físico, empezando a vislumbrar la escasez de determinados recursos y combustibles fósiles.

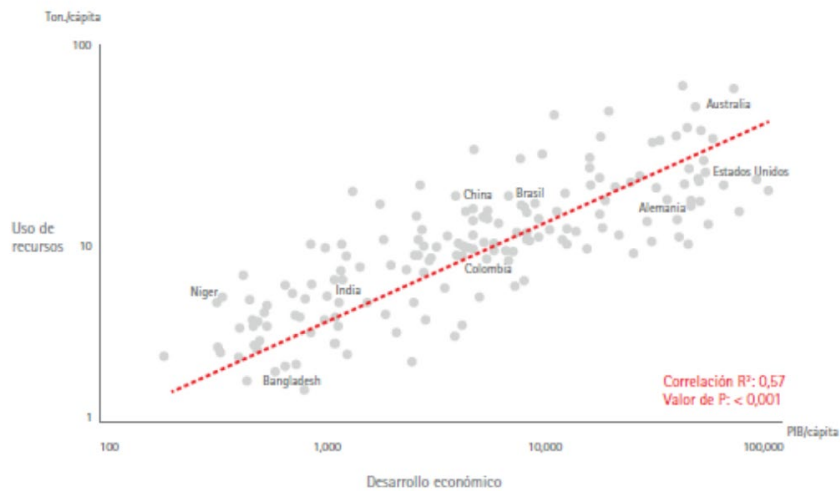


Figura 16. Representación logarítmica de usos de recursos y desarrollo económico. *FUENTE: Accenture*

Como podemos observar en el gráfico, el aumento del desarrollo económico en la mayoría de los países ha significado un aumento considerable del uso de los recursos. Unos recursos que pueden parecer infinitos, pero que no lo son y esto se ve reflejado en la siguiente gráfica, donde podemos observar un aumento del precio de las materias primas con el paso del tiempo.

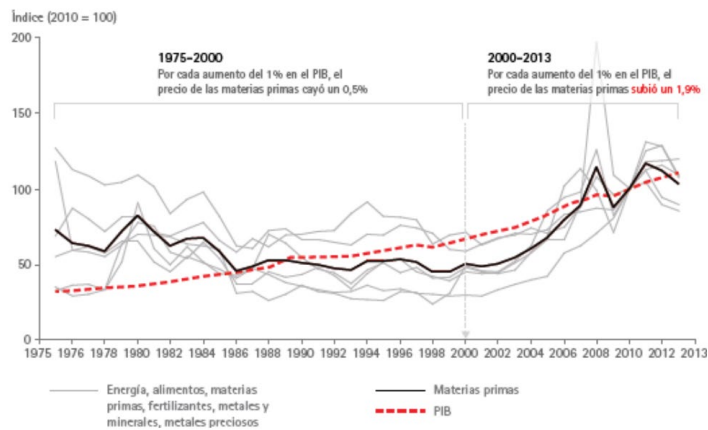



Figura 17. Precio de materias primas y PIB (1975-2013). *FUENTE: Accenture*



		<b>greenalia</b> The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Dentro de este contexto de problemática a la hora de conseguir una sociedad sostenible, surge el concepto de economía circular, una filosofía relativamente reciente donde el valor de los productos y los materiales se mantiene durante el mayor tiempo posible.

El modelo de economía circular que debemos agradecer a la Fundación Ellen MacArthur describe la fusión de un nuevo modelo económico basado en la integración del ciclo de vida natural (biológico) donde los recursos son limitados y los materiales tienen un uso que se reincorpora en los procesos productivos de forma circular (tecnológico).

**FIGURA 3: DIAGRAMA DEL SISTEMA DE ECONOMÍA CIRCULAR**

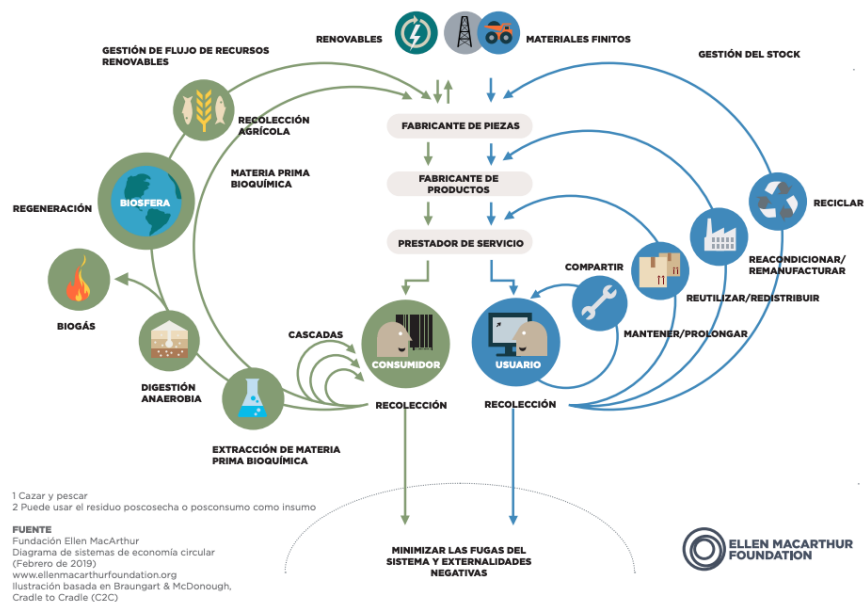




Figura 18. Esquema de una economía circular. *FUENTE: Ellen Macarthur Foundation.*

Nos encontramos pues, ante un modelo basado en la gestión del flujo de energías renovables como medio de gestión de bienes y productos. De forma simplificada, estamos ante el aprovechamiento de energías renovables y tecnologías limpias, para extraer recursos de la biosfera, que posteriormente serán transformados para satisfacer las necesidades de los consumidores. Esto convierte a los consumidores en el estamento primordial, pues son estos quienes en última instancia van a determinar la vida útil de un producto, mediante la capacidad de cambio para compartir y mantener todos los productos provenientes de una compra anterior. De esta manera, se crea un ciclo cerrado, donde estos productos, ya sin valor para el consumidor, regresan a los fabricantes de piezas para ser reciclados y renovados, a los fabricantes de productos para ser redistribuidos y reutilizados y a los vendedores para prolongar su vida útil.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Este planteamiento en bucle cerrado es el que permite a la economía circular minimizar las externalidades negativas y las pérdidas sistémicas, al convertir el comportamiento actual de los vertederos como sumideros de materiales finitos, en fuentes de riqueza.

De acuerdo con el estudio de McWinsey & Company (“Growth Within: A circular economy vision for a competitive europe), se pierde el 95% de los materiales y de las energías frente al recurso original, por tanto, Europa utiliza los materiales una sola vez. Es necesario un impulso a nivel regional estatal y europeo.

Dentro de la Agenda 2030, se presentan las siguientes acciones clave:

- Incluir objetivos de desarrollo sostenible en las políticas e iniciativas de la UE.
- Presentar informes periódicos de los avances de la UE a partir de 2017
- Impulsar la agenda 2030 junto con los gobiernos de la UE., el parlamento europeo, las demás instituciones europeas internacionales y la sociedad civil.
- Poner en marcha una plataforma multilateral de alto nivel que apoye el intercambio de las mejores prácticas entre los distintos sectores a escala nacional y de la UE.



### **10.1. Economía circular dentro de la Energía eólica**

---

El fin de la vida útil de las primeras generaciones de aerogeneradores ha traído consigo las primeras imágenes de vertederos cubiertos de palas eólicas esperando a ser enterradas. Esto ha ensombrecido en los últimos años los beneficios que produce un sector fundamental para el futuro de nuestro planeta. Y aunque en términos relativos los desechos eólicos no son comparables a otras industrias como el automóvil o la aeronáutica, el problema existe.

La energía eólica, como tecnología limpia, renovable y de bajo impacto medioambiental, es parte de la solución de la economía circular, entendida como el flujo circular recurso-producto-recursos reciclado, con el objetivo de reducir tanto el uso de materiales como la generación de residuos.

En la actualidad aproximadamente el 80% de los equipos que forman parte de los parques eólicos son reciclables, al tratarse mayoritariamente de metales.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## Materiales al final de la vida útil de un aerogenerador

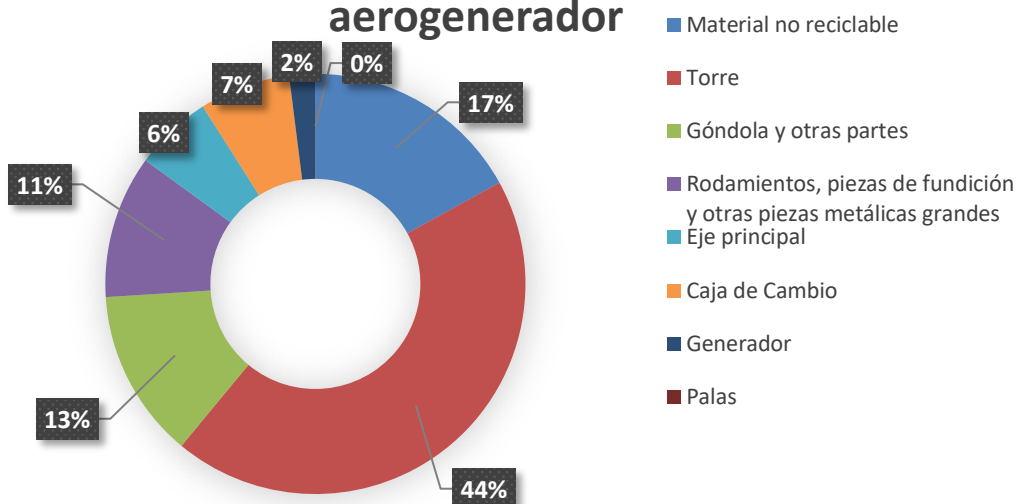


Figura 19. Materiales al final de la vida de un aerogenerador. *FUENTE: Vestas*

Sin embargo, las palas que están formadas por composites presentan mayores problemas para su reciclaje y estas suponen aproximadamente un 75% del material no reciclable de los elementos utilizados en un parque eólico. Dentro de los materiales no reciclables nos encontramos los siguientes porcentajes:

## No reciclables

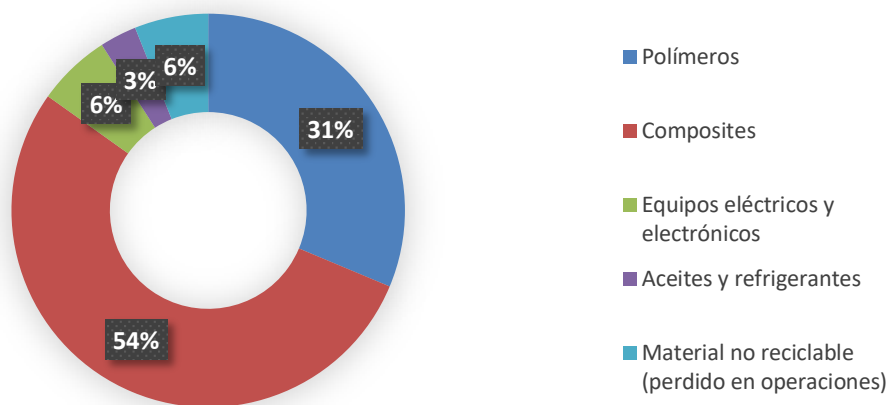




Figura 20. Materiales no reciclables en un aerogenerador. *FUENTE: Vestas*



Analizando las gráficas anteriormente expuestas, el principal problema en la sostenibilidad de los parques eólicos es la reciclabilidad de las palas de las turbinas.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

La energía eólica, tanto en tierra como en alta mar, juega un papel fundamental en la transición del mundo hacia fuentes de energía libres de carbono. Con una vida útil del producto de 30 años y una tasa de reciclado de turbinas eólicas del 85% al 90%, la industria de la energía eólica ahora busca cerrar la brecha restante diseñando y fabricando la primera pala de turbina eólica 100% reciclable.

Dentro de estos objetivos surgen distintos proyectos para crear soluciones ante este conflicto.

- El proyecto ZEBRA (Zero WastE Blade ReseArch), impulsado por el centro de investigación francés IRT Jules Verne, reúne a empresas industriales y centros técnicos para demostrar a gran escala la relevancia técnica, económica y medioambiental de las palas de aerogeneradores termoplásticos, con un ecodiseño enfoque para facilitar el reciclaje. El proyecto se ha lanzado por un período de 42 meses con un presupuesto de 18,5 millones de euros (21,8 millones de dólares).
- El proyecto Dreamwind es un proyecto de investigación sobre el desarrollo de nuevos materiales compuestos en una estrecha colaboración entre la Universidad de Aarhus, Vestas y el Instituto Tecnológico Danés. Hoy en día, los materiales compuestos de alta tecnología utilizados en las palas de las turbinas eólicas representan la barrera más importante para la realización de toda una producción de turbinas eólicas reciclables. Por ello, el proyecto Dreamwind trabaja en el desarrollo de nuevos materiales para composites de alta resistencia para uso futuro en palas de aerogeneradores, permitiendo desmontar las palas y reutilizar los componentes. Claramente, esto aumentará aún más la sostenibilidad de las turbinas eólicas.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 10.2. Gestión de residuos al final de la vida útil

Las energías renovables son cada vez más importantes dentro de la economía global gracias a la contribución para garantizar la seguridad energética y mitigar el impacto en el cambio climático. La energía eólica dentro de este sector posee un potencial como motor en las industrias locales, la inversión y la creación de empleo.

El ciclo de vida de un proyecto de este estilo abarca las siguientes etapas:



- Investigación y desarrollo
- Desarrollo del proyecto
- Ingeniería
- Fabricación de componentes
- Adquisiciones

La financiación, tecnología y consultoría son tres factores importantes en cada una de las etapas descritas anteriormente. Representan oportunidades para la cadena de valor.

Si analizamos en concreto la etapa de fabricación de componentes en energía eólica, las turbinas requieren de un trabajo y desarrollo industrial de alta calidad, y esto a su vez ofrece oportunidades donde aprovechar y poder crear valor en esta etapa. En concreto nos centramos en el fin de la vida útil de un parque.

A continuación, se muestra una tabla con las opciones de valorización al final de la vida útil de un parque eólico (ordenadas de menor a mayor)

1. Ampliación de la vida útil de los equipos	Ampliación de la vida útil de los equipos usando la infraestructura actual.
2. Reutilización de los equipos en infraestructura existente	-Maximizar la reutilización de la infraestructura existente, incluida la replantación de turbinas sobre bases existentes. Aprovechando de esta forma el uso de vías, plataformas de grúa y zanjas de cables existentes.  -Maximizar la recuperación de materiales de las turbinas retiradas y tratar lo más alto posible en la jerarquía de residuos.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

3. Repotenciación	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Nuevas bases de turbina ubicadas para minimizar el impacto en el medio ambiente y emisiones de carbono y para maximizar la reutilización de infraestructura existente.</li> <li>-Maximizar la reutilización de la infraestructura de apoyo.</li> <li>- Optimizar la restauración del hábitat de las áreas afectadas por la eliminación de infraestructura.</li> <li>-Maximizar la recuperación de materiales de las turbinas retiradas y tratar lo más alto posible en la jerarquía de residuos.</li> </ul>
4. Desmantelamiento del parque	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Eliminar la infraestructura a menos que los posibles riesgos ambientales planteados por la eliminación (por ejemplo, pérdida de carbono, impactos en el agua medio ambiente) superara los beneficios.</li> <li>-Maximizar la recuperación de materiales de las turbinas retiradas y tratar lo más alto posible en la jerarquía de residuos.</li> <li>-Optimizar la restauración del hábitat de las áreas afectadas por la eliminación de infraestructura.</li> <li>-Establecer un programa de cuidados posteriores a largo plazo para administrar cualquier riesgo medioambiental potencial a largo plazo.</li> </ul>



Tabla 8 . Opciones de valorización al final de la vida útil de un parque eólico.

*FUENTE: sepa guidance regarding life extension and decommissioning of onshore windfarms*

El desmantelamiento de un parque eólico al final de su vida útil supone la opción de mayor impacto ambiental. En general para las tres últimas opciones, una oportunidad importante para mejorar la valorización de un proyecto en energía eólica es la gestión de los residuos en un parque eólico al final de su vida útil y la recuperación de materiales retirados.



Figura 21. Desmantelamiento de un aerogenerador

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

En concreto en este punto nos vamos a centrar en la gestión de los residuos de los equipos y elementos en un parque eólico.

El objetivo principal es desarrollar un enfoque común para el desmantelamiento y planes de restauración para parques eólicos terrestres. Desmantelamiento significa la eliminación de turbinas y otra infraestructura e incluye la restauración del lugar.

Esto también se aplica para parques eólicos que implican el reemplazo de turbinas más antiguas con tecnología de próxima generación.



### **LEGISLACIÓN**

Cuando las actividades del proyecto se realicen dentro de un entorno natural se requerirá la consideración de los requisitos de las Regulaciones de Hábitats. Esto debe hacerse en la etapa de aplicación.

Se deben considerar todos los aspectos de desarrollo (construcción, operación y desmantelamiento) y ver si es probable que tenga un impacto ambiental en el entorno. Si es así, se debe realizar una evaluación adecuada, utilizando los objetivos de conservación para el entorno, con la finalidad de determinar si no habrá ningún efecto adverso en la integridad del sitio, de acuerdo con lo definido por el reglamento.

### **GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE EQUIPOS Y OBRA CIVIL AL FINAL DE LA VIDA ÚTIL**

En la siguiente tabla podemos observar el proceso de desmantelamiento en los equipos de un parque eólico al final de su vida útil.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

ELEMENTOS	PARTES	CONSTITUYENTES REUTILIZADOS
Base de la turbina	Relleno	Roca granulada utilizado en otros rellenos
	Bases de hormigón	Hormigón y refuerzo de acero
	Pilas de hormigón	Hormigón, refuerzo de acero y carcasas
Transformador	Transformador	Recuperación de piezas eléctricas y cableado
	Base de hormigón	Hormigón y refuerzo de acero
Plataforma grúa	Plataformas	Material granulado utilizado en otras aplicaciones
	Suelos	Arenas utilizadas en otras aplicaciones
Vías	Caminos forestales	Roca granulada
	Caminos asfaltados	Recuperación del asfalto y utilización en otras mezclas
Edificios	Edificios de control	Madera/ladrillos/cristales, metales, hormigones reciclados
Subestación	Apararata y cableado	Recuperación de piezas eléctricas y cableado
	Plataformas	Material granulado utilizado en otras aplicaciones
Conductores	Cables	Cobre, Aluminio, Fibra Óptica, plásticos y aisladores reciclados
Turbinas	Palas	Resinas y fibras de vidrio
	Buje y el cono de nariz	Hierro fundido, resina y fibras de vidrio
	Góndola y caja de cambios	Metal, acero, cobre
	Torre	Acero fundido reutilizado en otras aplicaciones



Figura 22. Gestión de residuos al final de la vida útil de un parque eólico

### 10.3. Procesos de la Economía circular en la Energía eólica

En todos los equipos y obra civil de los aerogeneradores existe un proceso de economía circular donde el desmantelamiento de los elementos hace que estos elementos reciclados se incluyan de nuevo en la cadena de valor de la construcción de nuevos parques eólicos o que se utilizan en otras industrias.

La problemática de estos procesos de reciclaje se da en los procedimientos de valorización de las palas, ya que suponen el porcentaje mayoritario de los materiales no reciclables en un aerogenerador.



		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

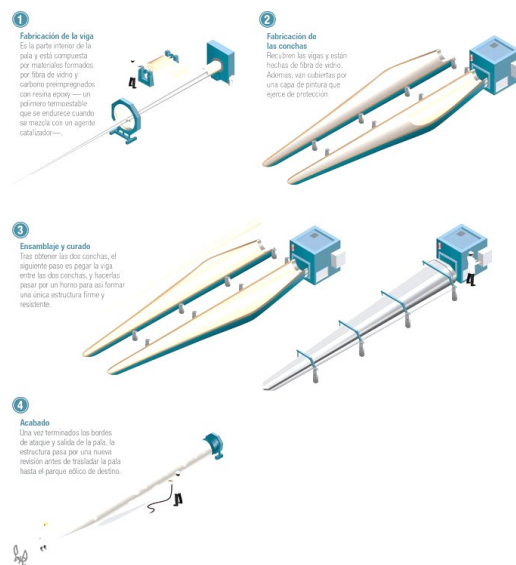



Figura 23. Proceso de fabricación de las palas de un aerogenerador. *FUENTE: Iberdrola*

Las palas de un aerogenerador son consideradas normalmente como residuo no peligroso. Una vez que se finaliza el proceso de fabricación de las palas, son productos inertes, no existe un proceso de transformación química de la materia al desecharlo.

Los materiales que componen las palas eólicas son normalmente compuestos de fibra de vidrio o carbono y resinas, que son difíciles de separar. Estos materiales son los mismos que se utilizan en la fabricación de barcos, aviones y otros tantos componentes de la vida diaria, materias primas que a largo plazo supondrán un precio cada vez mayor.

En este contexto es importante la estrategia de economía circular que se quiere llevar a cabo, donde los factores que importan son los siguientes:

- Definir una línea base en el desempeño en proceso de reciclaje de estos materiales.
- Evaluar nuevas materias primas vírgenes y no vírgenes.
- Estrategia de economía circular, que podemos observar en el siguiente gráfico.

		<b>greenalia</b> The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

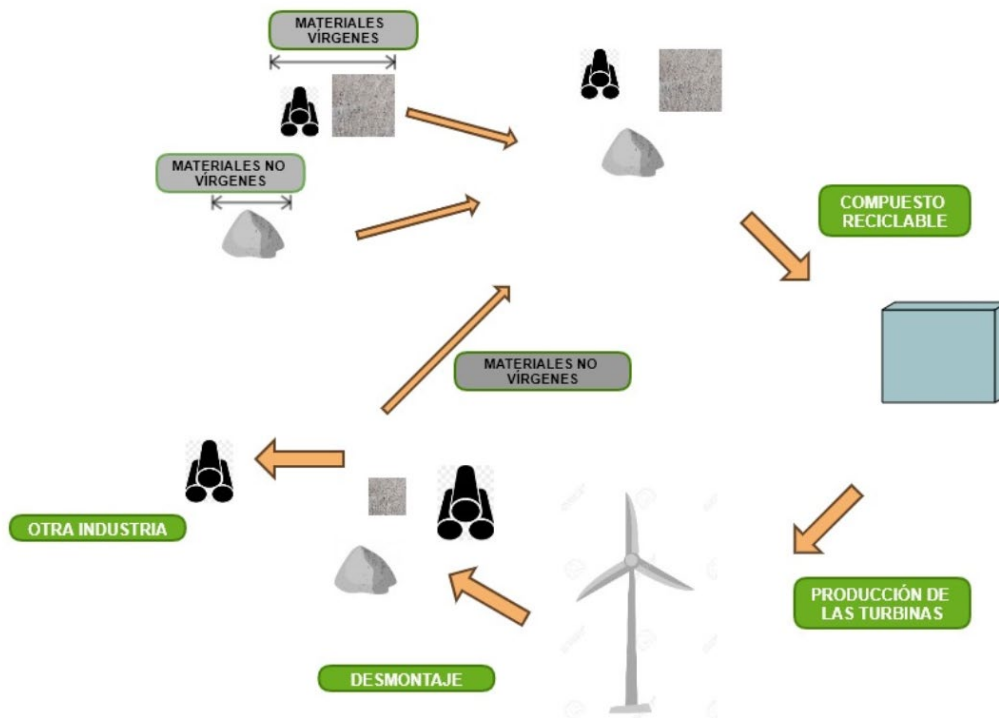




Figura 24. Estrategia de economía circular para las palas de un aerogenerador

En este modelo de economía circular para las palas del aerogenerador distinguimos los siguientes procesos:

- Proceso de fabricación de las palas mediante materias primas vírgenes y no vírgenes.
- Desmontaje de los aerogeneradores y corte de las palas en trozos más pequeños mediante medios mecánicos (tijeras hidráulicas).
- Trituración gruesa de los materiales troceados usando trituradoras pesadas.
- Proceso de concentración de material pretratado mediante molienda y técnicas de separación, separación por un lado de metales, reducción gradual del tamaño y segregación por cribado.
- Los materiales obtenidos pueden volver a la cadena de valor empleándolos de nuevo.
- Los materiales que no se usen en la cadena de valor, como las fibras inorgánicas separadas pueden emplearse en otras cadenas, como refuerzo de hormigón en piezas prefabricadas. El material de mezcla de la molienda se puede aplicar para la fabricación de materiales estructurales multicapa.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Adicionalmente, proyectos como los descritos anteriormente (ZEBRA, Dreamwind), tienen como iniciativa de I+D el desarrollo de nuevos compuestos en la fabricación de las palas, que puedan ser recicladas cuando los aerogeneradores alcancen el final de la vida útil. El proyecto Dreamwind está realizando pruebas con plásticos termoestables que puedan ser reciclados.

Aparte del desarrollo de materiales también se contempla incidir en aspectos de gestión que a su vez son importantes para la sostenibilidad. Junto con el desarrollo de nuevas metodologías en el reciclaje de la fibra de vidrio que compone las palas y la recuperación de piezas de plástico. También se busca implementar nuevos procesos de desmontaje de palas y de esta forma ayudar a los clientes a disminuir la cantidad de material de desecho que se envía al vertedero.

#### 10.4. Presente y futuro



---

##### **AEROGENERADORES CON CERO RESIDUOS PARA 2040**

Analizando las posibles consecuencias se han propuesto unos objetivos teniendo en cuenta la situación actual y el impacto a largo plazo. Las previsiones actuales calculan que la industria eólica crecerá a un ritmo del 3% actual hasta 2030. Según un estudio de la Universidad de Cambridge, si la tendencia se mantiene, se estima que los residuos procedentes de aerogeneradores alcancen los 43 millones de toneladas acumuladas en 2050.

Ante esta situación, fabricantes como Vestas se han propuesto fijar alcances de reciclaje y sostenibilidad a largo plazo, con el objetivo de la fabricación de aerogeneradores sin residuos para 2040. Este objetivo debe ir acompañado de los objetivos de las emisiones de carbono, ya que se busca que este proceso este totalmente descarbonizado para el año 2030.

Estos objetivos también afectan al producto final ya que implica la gestión de toda la cadena de valor sin generar materiales de desecho. Estas compañías buscarán poner en marcha una nueva estrategia de gestión de residuos que tenga un enfoque de economía circular aplicado a las diferentes fases de la cadena de valor: el diseño, la producción, el mantenimiento y el fin de la vida útil.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

El primer paso importante como se ha explicado anteriormente es mejorar la reciclabilidad de las palas, de modo que estos fabricantes han fijado objetivos a distintos plazos de reciclabilidad (un 50% en 2025, 55% en 2030 para la primera década y un desarrollo tecnológico más acelerado para alcanzar los objetivos completos en la segunda década.

### **FUTURO DE LOS AEROGENERADORES EN ESPAÑA**



España es una de las primeras potencias en energía eólica, y actualmente continua como quinto país del mundo con más potencia instalada con casi 21.000 aerogeneradores instalados.

La mayoría de la explotación en energía eólica en España comenzó hace 15 años, esto supone que la mitad de toda la flota de parques en España cumplirá a corto plazo un porcentaje muy alto de su ciclo esperado de vida. Es por eso por lo que los propietarios de estos parques deben pensar en las principales opciones, como son la extensión de la vida útil o la repotenciación de los parques (esto conlleva un desmontaje parcial o total de las máquinas y la sustitución por otros aerogeneradores).

De esta forma la estrategia que propone la economía circular puede tener un impacto visible dentro del desarrollo futuro de la energía eólica en España. La compañía Vestas, pioneras de las estrategias de sostenibilidad, tiene en España el 9% de su plantilla mundial, dos fábricas y cerca de los 5 GW de potencia instalada. Por lo que la estrategia que quiere llevar a cabo en los próximos años incluirá medidas para: electrificar medios de transporte, mejora de la sostenibilidad de las oficinas, optimizar la sostenibilidad de los procesos productivos, y promover una estrategia de economía circular en su fase de valorización.

Los compromisos a nivel nacional para la economía circular en la cadena de valor del sector eólico serán los siguientes:



- Avanzar en la reducción del uso de materias primas no renovables, reutilizando en los ciclos de producción los materiales obtenidos de los residuos como materias primas secundarias, siempre que esté garantizado la salud de las personas y la del medio ambiente.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

- Impulsar el análisis del ciclo de vida de los productos y la incorporación de criterios de ecodiseño, reduciendo así la utilización de sustancias nocivas en la fabricación y facilitando la reparación de los productos, prolongando su vida útil y posibilitando su valorización.
- Favorecer la aplicación efectiva del principio de jerarquía de residuos, promoviendo la prevención en la generación, fomentando la reutilización y fortaleciendo el reciclado.
- Promover pautas que incrementen la innovación y la eficiencia global en los procesos productivo, mediante la adopción de medidas como la implantación de sistemas de gestión ambiental.
- Promover formas innovadoras de consumo sostenible, que incluyan productos y servicios sostenibles, así como el uso de infraestructuras y servicios digitales.
- Promover la incorporación de indicadores de impacto social y ambiental derivados del funcionamiento de las empresas, para poder evaluar más allá de los beneficios económicos que se generen en las mismas, como consecuencia de su compromiso con la economía circular.

#### **OBJETIVO CERO EMISIONES PARA 2030**

Un aerogenerador suele producir de media 25 veces la energía que ha costado su instalación, aunque es ya muy alta la eficiencia energética que demuestra, se buscan nuevas tecnologías eléctricas que tengan objetivos más ambiciosos. Por eso fabricante como Vestas, tienen como objetivo a la vez que la reciclabilidad, conseguir que su actividad en este sector no genere emisiones de CO2 a partir de 2030. Y como objetivo más a corto plazo, prevén la reducción del 55% de las emisiones, con la electrificación de toda la flota de vehículos.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 11. Análisis de la huella de carbono durante el ciclo de vida de los equipos

La huella de carbono se entiende como la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto, por una organización, individuo o producto.

En este sentido, este documento se centra en el análisis de huella de carbono de un producto (sector energía eólica). Este análisis proporciona un dato que se puede usar como indicador ambiental global de la actividad que se desarrolla. Sirve como punto de referencia básico para las medidas de reducción efectivas y la utilización de materiales o recursos con mejor comportamiento ambiental.

### CLASIFICACIÓN DE LAS EMISIONES



Las emisiones asociadas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Emisiones directas de GEI. Emisiones liberadas en el lugar donde se produce la actividad y que están controladas por la organización.
- Emisiones indirectas de GEI. Emisiones consecuencia de las actividades que desempeña la organización, pero que son liberadas por otras fuentes controladas por otra organización.

### ALCANCE DE LAS EMISIONES

Una vez clasificadas las emisiones directas e indirectas, se definen tres alcances:

- Alcance 1: Cuantificación de las emisiones directas de GEI.
- Alcance 2: Emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico de la organización
- Alcance 3: Resto de emisiones indirectas, como la extracción y producción de materiales, transporte de materias primas y productos, actividades logísticas. En general actividades realizados por terceros, pero con objetivo final de la organización.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono se aproxima con la siguiente ecuación:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión} \quad (1)$$

Donde:



- Dato de actividad. Parámetro que define el grado o nivel de actividad generadora de las emisiones de GEI.
- Factor de emisión. Cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro del “dato de actividad”.

## VENTAJAS DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Un análisis de la huella de carbono tiene dos finalidades: reducir los costes que implica el consumo de energía y transporte y por otro lado contribuir a la reducción de las emisiones de GEI y una mayor concienciación medioambiental.

Las ventajas que ofrece el cálculo de la huella de carbono son las siguientes:

- Identificación de oportunidades para la reducción de emisiones de GEI. La mayor parte se deriva en reducción de consumos energéticos y por tanto la obtención de ahorros económicos.
- Formar parte de esquemas voluntarios nacionales, regionales o privados.
- Mejorar la reputación corporativa y el posicionamiento de la empresa. Obtener reconocimiento externo por el hecho de realizar acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.
- Identificar nuevas oportunidades de negocio, atraer inversionistas y clientes sensibilizados con el cambio climático y el medio ambiente.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

### 11.1. La huella de carbono en la energía eólica

La Huella de Carbono de las energías renovables no es nula, en este punto analizamos la Huella de Carbono en la generación de electricidad en un parque eólico terrestre.

La Huella de Carbono de la generación de electricidad en los parques eólicos la analizamos bajo el enfoque de Huella de Carbono de un producto. En la siguiente gráfica podemos observar los procesos que comprenden la Huella de Carbono de un producto.





Figura 25. Análisis de huella de carbono para un producto. FUENTE: Instituto superior de medioambiente

Si analizamos la huella de carbono en la energía eólica como un producto, requiere considerar el ciclo de vida completo del producto, que comprende:

- La extracción y procesado de las materias primas necesarias para la fabricación de los aerogeneradores y todos los materiales auxiliares necesarios para ello y su construcción.
- La fabricación de las partes de un aerogenerador, de toda su maquinaria y de los materiales (acero, cemento, etc.) necesarios para la construcción.
- La construcción y operación de los parques eólicos.
- El desmantelamiento y gestión de los materiales y los residuos al final de su vida útil.



		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

En la siguiente gráfica se muestra la contribución de cada una de las fases principales del ciclo de vida, a la Huella de Carbono de un parque eólico:

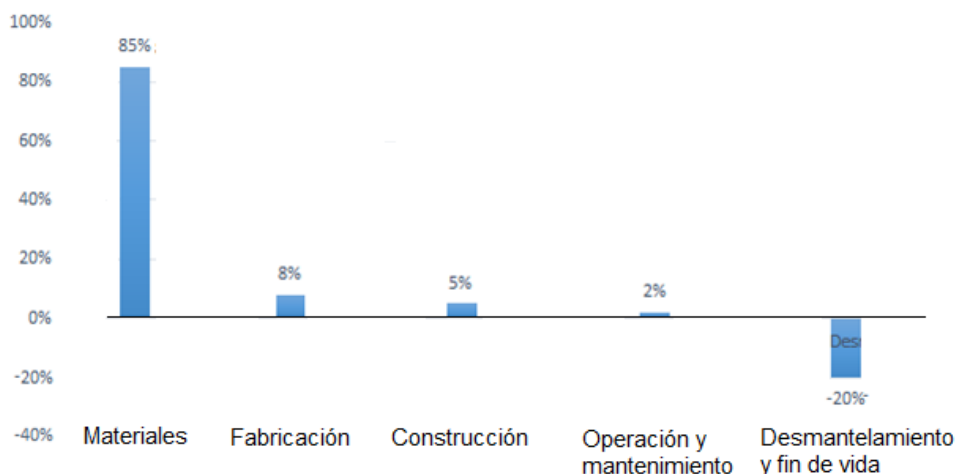


Figura 26. % de HC que produce cada fase del ciclo de vida de un parque eólico. *FUENTE: Comunidasim*



Como podemos observar la mayor contribución (85%) corresponde a la extracción y el procesamiento de los materiales necesarios para la fabricación de aerogeneradores y la construcción de los parques.

Después la segunda máxima contribución (8%) le corresponde a la fabricación de los aerogeneradores, un porcentaje algo menor (5%) para la construcción del parque y el porcentaje más bajo (2%) para la operación y el mantenimiento.

Pero una de las fases más importantes en el ciclo de vida de un parque eólico es la fase de desmantelamiento y fin de vida útil. Los valores negativos que se obtienen en la huella de carbono son debidos a que al final de su vida útil los parques eólicos se pueden desmontar y tratar de acuerdo con los diferentes sistemas de gestión de residuos.

Este reciclaje permite la recuperación de materiales y evita extraer nuevas materias primas, favoreciendo de esta forma la economía circular en la cadena de valor. Muchos de estos materiales se incinerarían para generar energía eléctrica o se gestionarían en un vertedero. Recuperarlos para otras actividades evita la emisión de gases de efecto invernadero y aplica una Huella de Carbono negativa.

Uno de los principales objetivos en el concepto de generación eléctrica eólica será promover esta huella de carbono negativa, tanto con el desmantelamiento y fin de vida del parque, como en la restauración del terreno mediante la reforestación de parcelas en el entorno de los parques para la absorción de CO<sub>2</sub>.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 11.2. Estudio de la Huella de Carbono

Para el cálculo aproximado del factor de emisión para la huella de carbono utilizaremos el software *CCaLC2*, que nos va a permitir calcular la cantidad de emisiones asociadas a las tecnologías usadas para la generación de energía eléctrica.

Vamos a dividir los resultados en procesos ascendente, central y descendente, refiriéndose así a la fabricación, construcción, funcionamiento y desmantelamiento del parque eólico.

### PROCESO ASCENDENTE

Representa la producción de materiales que son necesarios para la planta. Así como el transporte asociado a la movilización de estos suministros hasta los parques eólicos.



En la siguiente tabla recopilamos todos los datos correspondientes a las materias primas y los recursos energéticos utilizados, calculado por el software.

Raw material	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg raw material)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/kg raw material)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m² eq./f.u.)	Database section	Production stage
aluminium, production mix, at ...	1,34E-8	8,42	1,13E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
cast iron, at plant	3,95E-7	1,52	6,00E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
chromium, at regional storage	8,95E-9	26,6	2,38E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
clay plaster, at plant	5,05E-7	0,019	9,67E-9	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
copper, primary, at refinery, E...	1,28E-8	1,85	2,37E-8	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
fluorine, liquid, at plant	1,73E-10	11,3	1,96E-9	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
fluorspar, 97%, at plant	3,55E-9	0,139	4,95E-10	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
gravel, round, at mine	3,83E-6	2,41E-3	9,21E-9	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
industrial residual wood chop...	1,86E-7	0,011	2,04E-9	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
limestone, milled, loose, at plant	5,06E-7	0,013	6,67E-9	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
manganese, at regional storage	1,08E-9	2,60	2,80E-9	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
nickel, 99.5%, at plant	2,34E-8	10,9	2,55E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
sodium chlorate, powder, at p...	2,17E-9	3,21	6,96E-9	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
tap water, at user, CH	6,01E-7	1,68E-4	1,01E-10	1,00E-3	6,01E-10	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
titanium dioxide production, c...	2,31E-9	6,85	1,58E-8	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
zinc, primary, at regional stora...	4,44E-9	3,38	1,50E-8	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
<b>Total:</b>	<b>6,10E-6</b>	<b>Total:</b>	<b>1,30E-6</b>	<b>Total:</b>	<b>6,01E-10</b>	<b>0,00</b>		

Energy	Amount (kWh/f.u.)	CO2 eq. (kg/kWh energy)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/kWh energy)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m² eq./f.u.)	Database section
electricity, at cogen, biogas a...	8,69E-7	0,258	2,24E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, at wind power plan...	2,94E-7	0,011	3,34E-9	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, hard coal, at powe...	9,39E-6	1,10	1,03E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, hydropower, at po...	2,11E-6	6,72E-3	1,42E-8	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, lignite, at power pl...	7,08E-6	1,08	7,67E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, natural gas, at pow...	3,72E-5	0,513	1,91E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, nuclear, at power ...	1,64E-5	7,82E-3	1,28E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, oil, at power plant, ...	4,25E-4	0,971	4,13E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, production mix pho...	4,25E-9	0,051	2,15E-10	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
<b>Total:</b>	<b>4,98E-4</b>	<b>Total:</b>	<b>4,50E-4</b>	<b>Total:</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	

Tabla 9. Emisiones de la materia prima y recurso energético en el proceso ascendente

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

#### Carbon footprint for raw materials

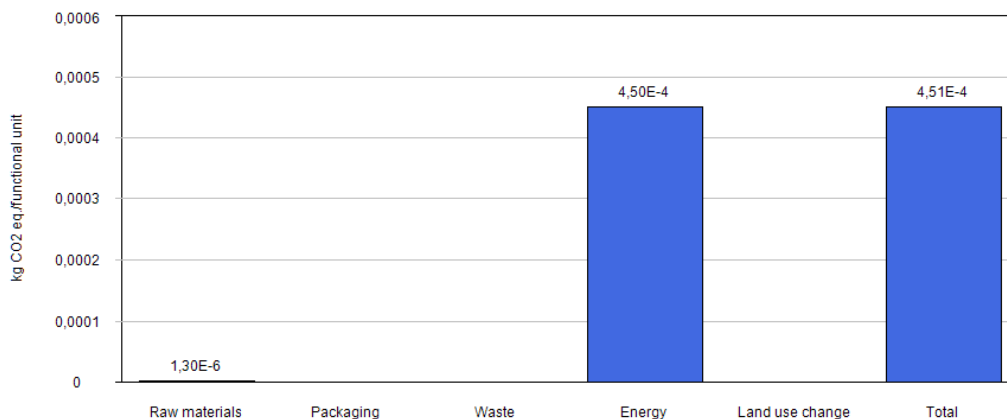


Figura 27. Huella de carbono total en el proceso Ascendente

### PROCESO CENTRAL

Hace referencia a la etapa de operación del proyecto, tanto de la planta de conversión de energía como la etapa de entrega de energía al sistema de distribución. Se ha tenido en cuenta la infraestructura central (construcción, reinversión y desmantelamiento de la planta).



En la siguiente tabla queda representada la información sobre los factores de emisión en materias primas necesarias para la construcción de un aerogenerador y los respectivos recursos energéticos utilizados en este proceso.

Raw material	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg raw material)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/kg raw material)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section	Production stage
cast iron, at plant	6,57E-4	1,52	9,96E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 2
cement, unspecified, at plant	4,14E-3	0,761	3,15E-3	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 2
copper, primary, at refinery, E...	3,73E-5	1,85	6,91E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 2
epoxy resin, liquid, at plant	1,35E-4	6,73	9,11E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 2
glass fibre reinforced plastic, ...	8,07E-5	4,88	3,94E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 2
reinforcing steel, at plant	1,76E-3	1,48	2,60E-3	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 2
silicon, electronic grade, at pl...	3,62E-6	86,2	3,12E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 2
<b>Total:</b>	<b>6,81E-3</b>	<b>Total:</b>	<b>8,44E-3</b>	<b>Total:</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		

Energy	Amount (kWh/f.u.)	CO2 eq. (kg/kWh energy)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/kWh energy)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section
electricity, at cogen 1MWe le...	4,53E-4	0,325	1,47E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, at cogen 1MWe le...	4,12E-4	3,96E-4	1,63E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, at wind power plan...	7,64E-4	0,011	8,66E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, digester sludge, at ...	4,69E-5	0,187	8,77E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, hard coal, at powe...	7,64E-5	1,10	8,42E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, hydropower, at po...	4,12E-4	6,72E-3	2,77E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, hydropower, at pu...	3,12E-5	0,739	2,30E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, nuclear, at power ...	8,31E-4	6,08E-3	5,05E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, oil, at power plant, ...	2,14E-4	0,971	2,08E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, production mix pho...	1,84E-4	0,051	9,32E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
<b>Total:</b>	<b>3,42E-3</b>	<b>Total:</b>	<b>4,97E-4</b>	<b>Total:</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	

Tabla 10. Emisiones en el proceso de fabricación de un aerogenerador

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Es necesario tener en cuenta también los valores de emisión correspondientes al transporte de los componentes de los aerogeneradores desde su punto de producción hasta la planta.

No se puede utilizar el software, ya que son necesarias todas las distancias y masas transportadas de cada componente. Se ha obtenido una aproximación correspondiente al transporte de otro parque:

$$Emisión_{Transporte Componentes} = 2 \times 10^{-12} \text{ kg } CO_2eq / kWh$$

La siguiente tabla recoge la información sobre los factores de emisión asociados a la fase de desmantelamiento de un parque eólico. Supone un porcentaje aproximado dependiendo de la gestión de residuos.



Waste	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg waste)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m <sup>3</sup> /kg waste)	Water usage (m <sup>3</sup> /f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m <sup>3</sup> eq./f.u.)	Database section
disposal, building, polyethylen...	3,41E-5	3,00	1,02E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/W...
disposal, building, reinforcem...	2,16E-3	0,058	1,24E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/W...
disposal, glass, 0% water, to i...	7,32E-5	7,13E-3	5,22E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/W...
disposal, industrial devices, to...	4,56E-6	0,293	1,34E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/W...
disposal, plastic plaster, 0% w...	7,32E-5	0,015	1,13E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/W...
treatment of scrap copper, m...	1,44E-3	0,015	2,10E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/W...
treatment of waste polypropyl...	9,76E-5	0,095	9,29E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/W...
Total:	3,88E-3	Total:	2,60E-4	Total:	0,00	0,00	

Tabla 11. Emisión asociada a la fase de desmantelamiento de un parque eólico

De la misma forma también se tendrán en cuenta los factores de emisión asociados a la fase de transporte de residuos. Al igual que anteriormente se ha cogido un valor aproximado

$$Emisión_{Transporte Componentes} = 8 \times 10^{-14} \text{ kg } CO_2eq / kWh$$

Por último, se tiene en cuenta la emisión asociada a los estados principales de operación de un aerogenerador, tanto como la materia prima utilizada como el recurso energético de este proceso.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Raw material	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg raw material)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/kg raw material)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section	Production stage
lubricating oil, at plant	1,00E-4	1,05	1,05E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 3
<b>Total:</b>	<b>1,00E-4</b>	<b>Total:</b>	<b>1,05E-4</b>	<b>Total:</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		

Energy	Amount (kWh/f.u.)	CO2 eq. (kg/kWh energy)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/kWh energy)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section
electricity, at wind power plan...	0,047	0,011	5,34E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
<b>Total:</b>	<b>0,047</b>	<b>Total:</b>	<b>5,34E-4</b>	<b>Total:</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	

Tabla 12. Emisión asociada al uso de un aerogenerador

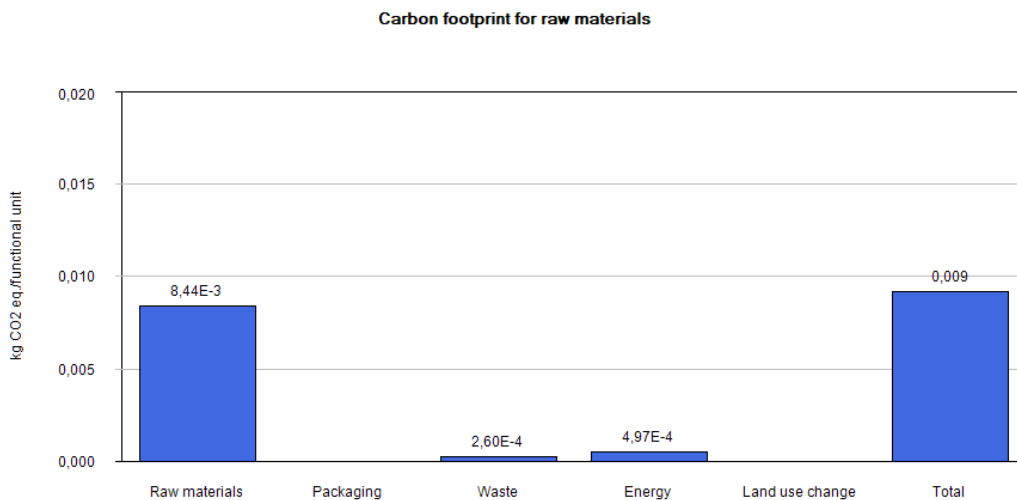




Figura 28. Huella de carbono total del proceso central

## PROCESO DESCENDENTE

El proceso descendente representa los impactos ambientales asociados a la construcción eléctrica y la distribución de energía eléctrica.

En la siguiente tabla se recopilan todos los datos correspondientes a las materias primas y los recursos energéticos utilizados en la distribución de energía eléctrica.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Raw material	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg raw material)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m <sup>3</sup> /kg raw material)	Water usage (m <sup>3</sup> /f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m <sup>3</sup> eq./f.u.)	Database section	Production stage
aluminium, production mix, at ...	2.24E-5	8,42	1,89E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
aluminium, secondary, from n...	6.09E-7	0,420	2,56E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
cast iron, at plant	4.65E-4	1,52	7,06E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
chromium, at regional storage	8.23E-6	26,6	2,19E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
clay plaster, at plant	2.20E-4	0,019	4,21E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
copper, primary, at refinery, E...	1.69E-4	1,85	3,14E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
copper, secondary, at refinery	3.08E-7	1,80	5,52E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
fluorine, liquid, at plant	4.50E-8	11,3	5,08E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
fluorspar, 97%, at plant	1.04E-6	0,139	1,44E-7	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
gravel, round, at mine	2.74E-3	2,41E-3	6,59E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
industrial residual wood chop...	1.79E-4	0,011	1,96E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
manganese, at regional storage	9.15E-7	2,60	2,37E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
nickel, 99.5%, at plant	2.01E-5	10,9	2,19E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
sodium chlorate, powder, at p...	5.79E-6	3,21	1,86E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
steel, low-alloyed, at plant	4.06E-5	1,76	7,13E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
tap water, at user, CH	3.63E-7	1,68E-4	6,07E-11	1,00E-3	3,63E-10	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
titanium dioxide production, c...	8.39E-7	6,85	5,74E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
zinc, primary, at regional stora...	4.44E-7	3,38	1,50E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/Ma...	Stage 1
<b>Total:</b>	<b>3.87E-3</b>	<b>Total:</b>	<b>1,76E-3</b>	<b>Total:</b>	<b>3,63E-10</b>	<b>0,00</b>		

Energy	Amount (kWh/f.u.)	CO2 eq. (kg/kWh energy)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m <sup>3</sup> /kWh energy)	Water usage (m <sup>3</sup> /f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m <sup>3</sup> eq./f.u.)	Database section
electricity, at cogen 200kWe ...	2.06E-3	0,415	8,55E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, at wind power plan...	2.56E-4	0,011	2,90E-6	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, biogas, allocation ...	4.08E-3	0,493	2,01E-3	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, hydropower, at po...	9.25E-6	6,72E-3	6,22E-8	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, industrial gas, at p...	1.53E-5	1,43	2,18E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, oil, at power plant, ...	3.97E-4	0,971	3,86E-4	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
electricity, production mix pho...	5.50E-4	0,051	2,79E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
treatment of municipal solid w...	2.86E-5	1,88	5,38E-5	0,00	0,00	0,00	Ecoinvent/En...
<b>Total:</b>	<b>7,40E-3</b>	<b>Total:</b>	<b>3,36E-3</b>	<b>Total:</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	

Tabla 13. Emisión asociada a la fase de construcción de la distribución de energía

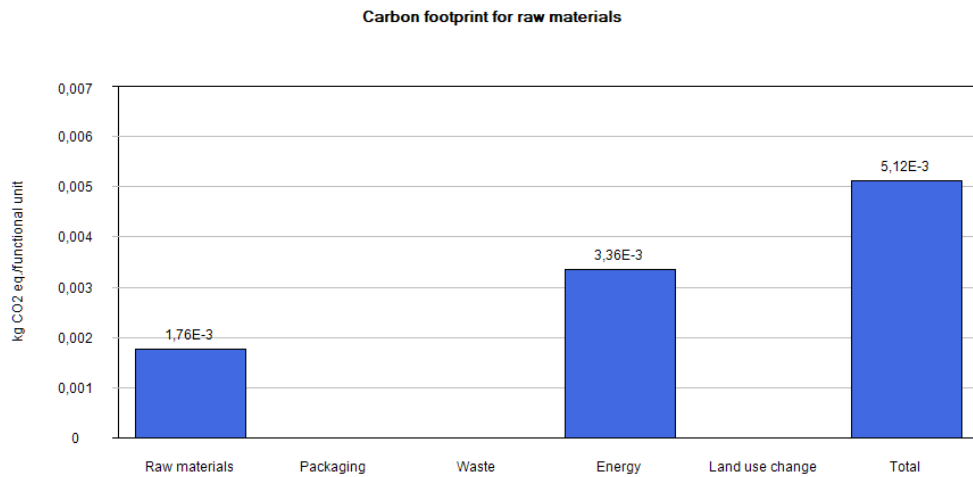




Figura 29. Huella de carbono total del proceso descendente

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## SÍNTESIS DE LOS PROCESOS

Considerando todos los cálculos realizados y juntando las tres fases, en la siguiente tabla se muestra la estimación aproximada de huella de carbono para un parque eólico.

PROCESO	CO <sub>2</sub> eq. (kg/f.u)	%
Ascendente	4,5x10 <sup>-4</sup>	2,9
Central	9,81x10 <sup>-3</sup>	63,8
Descendente	5.12x10 <sup>-3</sup>	33
<b>TOTAL</b>	0,015	

Tabla 14. Huella de carbono asociada a un parque eólico

En total, la estimación de la huella de carbono para un parque eólico es de unos 10-15 gCO<sub>2</sub>eq/kWh.



Analizando los datos anuales de generación:

EMISIONES TOTALES			
PARQUE EÓLICO	PRODUCCIÓN NETAL ANUAL ESTIMADA (MWh/Año)	FACTOR EMISIÓN CO <sub>2</sub> eq. (t/MWh)	HUELLA DE CARBONO (t/Año)
Proyecto parque eólico	440.000	0,015	<b>6.600</b>

Tabla 15. Estimación de la huella de carbono en el estudio en la Comunidad Autónoma de Galicia

En resumen, se prevé una emisión de 6600 toneladas de CO<sub>2</sub> al año para el proyecto. La huella de carbono de un MWh producido en un parque eólico es pequeña, del orden de 5 a 10 kgCO<sub>2</sub>e. Relacionado con otras fuentes de producción de energía supone:

- 5 y 10 veces menor que la electricidad producida a partir de biomasa.
- 50 y 100 veces menor que una central de gas natural.
- 100 y 200 veces menor que en una central de carbón convencional.

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

### 11.3. Impacto del sector eólico en términos energéticos y medioambientales

La energía eólica no solo tiene beneficios medioambientales, también permite evitar unas externalidades que no se consideran dentro de los costes de producción, y que si se tienen en cuenta en la generación de electricidad presentes en otros medios de producción por combustibles fósiles.

El uso de la energía eólica supone una gran ayuda para que España cumpla sus compromisos con la Unión Europea y con los objetivos del Acuerdo de París en la reducción de emisiones y la lucha contra el cambio climático.

No solo tiene un beneficio climático a la hora de evitar emisiones de gases contaminantes, también supone un beneficio económico ya que a nivel nacional no se dispone de reservas suficientes de combustibles fósiles, España solo dispone de reservas de carbón y las centrales térmicas que trabajan con este combustible están cerrando. Esto hace que todos los combustibles que se usan en la producción de energía eléctrica sean importados desde el extranjero, por lo que España se ve afectada económicamente al tener una alta dependencia energética del exterior empleando altos importes para la adquisición de estos combustibles.

En el siguiente gráfico podemos observar la producción de energía eólica que se ha sustituido en España en los últimos 20 años.

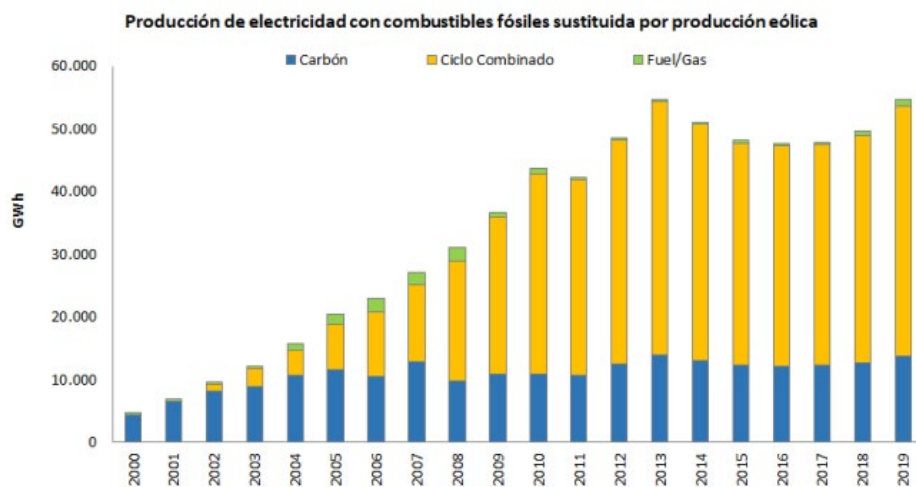




Figura 30. Producción de energía eólica que ha sustituido a la generada por energías más contaminantes (2000-2019). FUENTE: AEE



		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Por lo tanto, la energía eólica contribuye a que España logre los objetivos que se establecen en las políticas energéticas de la Unión Europea:

- Seguridad de suministro
- Competitividad y energía a precios asequibles
- Sostenibilidad ambiental

### EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EVITADAS POR LA ENERGÍA EÓLICA EN ESPAÑA

En el periodo entre 2000-2019 la energía eólica ha evitado la emisión de 382,1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Se puede observar de forma acumulativa en el siguiente gráfico.

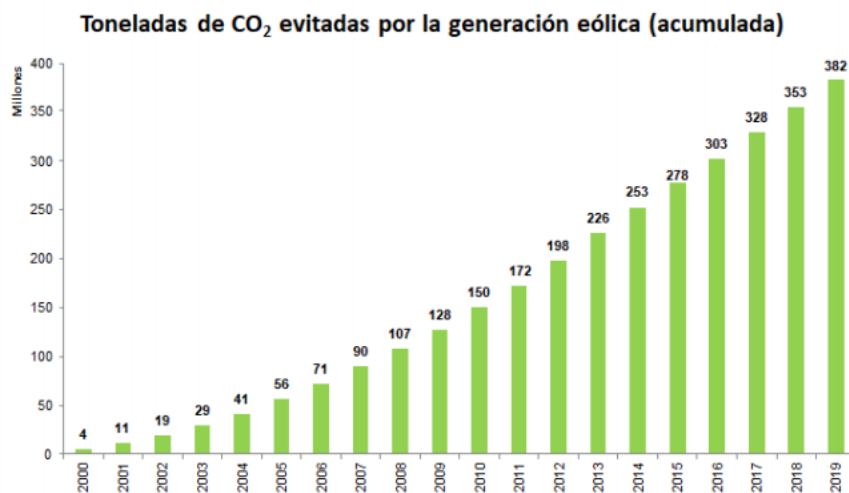




Tabla 16. Emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> acumuladas. FUENTE: AEE

### EMISIONES DE OTROS GASES CONTAMINANTES EVITADAS POR LA ENERGÍA EÓLICA EN ESPAÑA

No solo se evita la reducción de emisiones de dióxido de carbono, también permite evitar otros contaminantes que se producen al quemar combustibles fósiles.

- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Partículas en suspensión (PM)

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICA	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

Estos contaminantes se emiten en cantidades muy inferiores al dióxido de carbono, pero tienen consecuencias mucho más graves sobre la salud y el medio ambiente.

En el periodo entre 2000-2019 la energía eólica ha evitado la emisión de 5148 miles de toneladas de CO<sub>2</sub>. Se puede observar en los siguientes gráficos las toneladas de emisiones de gases contaminantes evitados por la energía eólica.

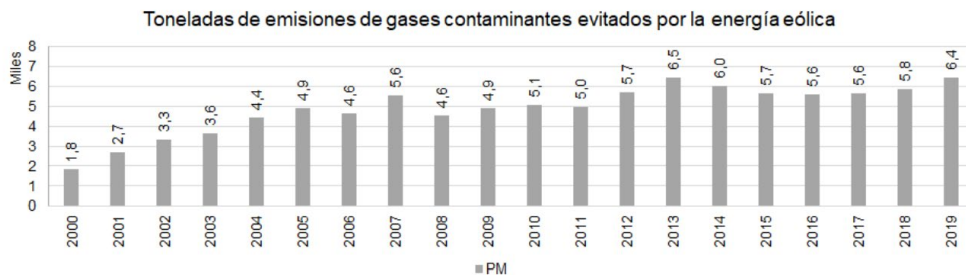
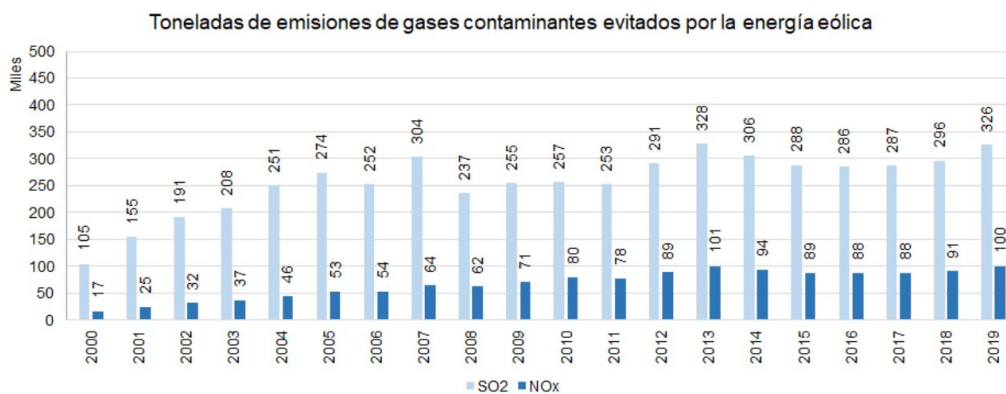




Tabla 17. Toneladas de gases contaminantes evitadas por la energía eólica. FUENTE: AEE

		 The Green Company	
Título doc.	PLAN ESTRATÉGICO DE ESTIMACIONES DE LOS IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE UN PARQUE EÓLICO	Versión	Rev01
Referencia:		Fecha:	25/03/2021

## 12. Conclusiones

- La actividad eólica contribuye de forma importante al cumplimiento de los objetivos de penetración de energías renovables y el cumplimiento de los compromisos internacionales y planes nacionales que España debe cumplir para la Agenda 2030 (reducción de GEI, mejora de la eficiencia energética y aumento del uso de energías renovables en la generación eléctrica).
- Los principales impactos socioeconómicos la implantación de energía eólica son:
  - o Contribución al PIB de España y en concreto de la comunidad de Galicia y su economía.
  - o Importante impacto económico en las empresas nacionales y regionales. La cadena de valor de la energía eólica nacional son un ejemplo de sector innovador y líder en España en innovación y tecnología.
  - o Creación de empleo tanto temporal como fijo en España y en concreto a la región afectada, en este caso, la Comunidad Autónoma de Galicia.
  - o Reducción de la dependencia energética española, sustituyendo la generación de electricidad con combustible fósil y su impacto ambiental por energía limpia, disminuyendo de esta manera los impactos ambientales y económicos que esto conlleva.
- Todas estas condiciones permitirán, no solamente incrementar la relevancia del sector eólico español a nivel mundial, sino también que nuestro país cumpla con sus compromisos en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y lucha contra el cambio climático, así como atender la demanda eléctrica y crear empleo en la Comunidad Autónoma de Galicia.