



UNIVERSIDAD DE JAÉN
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

Trabajo Fin de Grado:

IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA

Alumna: Patricia Sánchez Sánchez

Tutora: Prof. Dña. M^a Inmaculada Romero Pulido

Dpto: Ingeniería Química, Ambiental y de los
Materiales



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales

Doña M^a INMACULADA ROMERO PULIDO, tutora del Trabajo Fin de Grado titulado: IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA, que presenta PATRICIA SÁNCHEZ SÁNCHEZ, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, JUNIO de 2021

La alumna:

La tutora:

PATRICIA SÁNCHEZ SÁNCHEZ

M^a INMACULADA ROMERO PULIDO

ÍNDICE

ÍNDICE.....	4
1. RESUMEN	8
2. INTRODUCCIÓN	9
2.1. Consumo de energía en la sociedad actual.....	9
2.2. Producción eléctrica.....	11
2.3. Planificación y política energética nacional	13
2.4. Planes de energías renovables	16
3. OBJETIVOS	21
4. METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS.....	22
5. FUENTES DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA RENOVABLES EN ESPAÑA.....	24
5.1. Energía eólica.....	24
5.1.1 Clasificación y componentes de un aerogenerador	28
5.1.2 Identificación y clasificación de impactos ambientales	31
5.1.3 Impactos ambientales en la fase de construcción	31
5.1.4 Impactos ambientales en la fase de explotación	34
5.1.5 Impactos ambientales en la fase de clausura.....	37
5.1.6 Matriz de impactos	39
5.1.7 Medidas protectoras y correctoras	43
5.1.8 Medidas compensatorias	45
5.2. Energía hidráulica	46
5.2.1 Identificación y clasificación de impactos ambientales	51
5.2.2 Impactos ambientales en la fase de construcción	52
5.2.3 Impactos ambientales en la fase de explotación	56
5.2.4 Impactos ambientales en la fase de clausura.....	58
5.2.5 Matriz de impactos	60
5.2.6 Medidas preventivas y correctoras	64
5.2.7 Medidas compensatorias	66
5.3. Energía solar fotovoltaica.....	66
5.3.1 Clasificación y componentes de una instalación solar fotovoltaica	68
5.3.2 Identificación y clasificación de impactos ambientales	71
5.3.3 Impactos ambientales en la fase de construcción	71
5.3.4 Impactos ambientales en la fase de explotación	74
5.3.5 Impactos ambientales en la fase de clausura.....	76
5.3.6 Matriz de impactos	78

5.3.7	Medidas protectoras y correctoras	82
5.3.8	Medidas compensatorias	84
5.4.	Energía solar térmica.....	84
5.4.1	Tipos de centrales térmicas solares	88
5.4.2	Identificación y clasificación de impactos ambientales.....	90
5.4.3	Impactos ambientales en la fase de construcción.....	90
5.4.4	Impactos ambientales en la fase de explotación.....	91
5.4.5	Impactos ambientales en la fase de clausura	92
5.4.6	Matriz de impactos	92
5.4.7	Medidas protectoras y correctoras.....	96
5.4.8	Medidas compensatorias.....	97
6.	CONCLUSIONES.....	97
	BIBLIOGRAFÍA	99

Figura 1. Evolución de la demanda energética mundial 2018-2050.....	10
Figura 2. Evolución del consumo de energía primaria.	10
Figura 3. Generación de electricidad por combustible 2018-2040	12
Figura 4. Consumo final bruto de electricidad renovable	18
Figura 5. Evolución capacidad instalada de energías renovables.....	20
Figura 6. Potencia eólica instalada (MW) en España 1998-2019.....	28
Figura 7. Aerogenerador de eje horizontal.....	29
Figura 8. Aerogenerador de eje vertical.....	30
Figura 9. Central hidroeléctrica de agua fluyente o canal de derivación	47
Figura 10. Central hidroeléctrica de embalse o regulación	48
Figura 11. Central hidroeléctrica reversible o de bombeo	48
Figura 12: Generación de energía hidráulica en España 2008-2020	50
Figura 13. Generación de energía solar fotovoltaica en España 2007-2020.....	68
Figura 14. Estructura fija al suelo	69
Figura 15. Estructuras lastradas.....	69
Figura 16. Estructuras móviles	70
Figura 17. Estructuras flotantes.....	70
Figura 18. Planta solar de seguidores aislados	75
Figura 19. Planta solar de hileras continuas.....	76
Figura 20. Generación de energía solar térmica en España 2007- 2020	87
Figura 21. Generación de energía por todas las renovables en España 2020- 2021.....	87
Figura 22. Central térmica solar con concentradores solares cilindro- parabólicos.....	88
Figura 23. Central térmica solar de heliostatos.....	89
Figura 24. Central térmica solar con reflectores Fresnel.....	89
Figura 25. Central térmica solar con discos parabólicos Stirling	90

Tabla 1. Matriz de valoración de impactos en la fase de construcción de un parque eólico..	40
Tabla 2. Matriz de valoración de impactos en la fase de explotación de un parque eólico....	41
Tabla 3. Matriz de valoración de impactos en la fase de clausura de un parque eólico	42
Tabla 4. Matriz de valoración de impactos en la fase de construcción de una central hidráulica.....	61
Tabla 5. Matriz de valoración de impactos en la fase de explotación de una central hidráulica	62
Tabla 6. Matriz de valoración de impactos en la fase de clausura de una central hidráulica.	63
Tabla 7. Matriz de valoración de impactos en la fase de construcción de una planta solar fotovoltaica.....	79
Tabla 8. Matriz de valoración de impactos en la fase de explotación de una planta solar fotovoltaica.....	80
Tabla 9. Matriz de valoración de impactos en la fase de clausura de una planta solar fotovoltaica.....	81
Tabla 10. Matriz de valoración de valoración en la fase de construcción de una planta solar térmica	93
Tabla 11. Matriz de valoración de impactos en la fase de explotación de una planta solar térmica	94
Tabla 12. Matriz de valoración de impactos en la fase de clausura de una planta solar térmica	95

1. RESUMEN

En este Trabajo Fin de Grado se realiza una revisión de la producción de energía eléctrica renovable en España, enfocada en aquellas energías con un mayor desarrollo tecnológico que ya cuentan con una clara implementación. Así mismo, se identifican los impactos ambientales, positivos y negativos, causados por las principales fuentes renovables en España en la actualidad: energía eólica, hidráulica, solar fotovoltaica y solar térmica. Para ello se revisan estudios de impacto ambiental de diferentes proyectos de generación de electricidad a partir de fuentes renovables en España. Además, se analizan las medidas protectoras y correctoras incluidas en dichos estudios a fin de mitigar los impactos significativos negativos que podrían causar estos proyectos en el entorno, así como, en su defecto, las posibles medidas compensatorias.

2. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el sistema de vida está basado en un alto consumo de energía y para obtenerla se dispone de dos grandes grupos de recursos existentes en la naturaleza. Por un lado, están las energías renovables, que son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables, engloban hidráulica, eólica, solar, fotovoltaica, solar térmica, biogás, biomasa, hidráulica marina y geotérmica y, por otro lado, las energías no renovables, con un número limitado de reservas, de carácter fósil, que serán agotadas en algún momento determinado.

A pesar de ello, las energías no renovables siempre han sido la principal fuente para la producción de energía eléctrica tanto a nivel nacional como mundial. Estas están basadas en la generación de energía a partir de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural o combustibles nucleares como son el uranio y plutonio. Entre sus mayores desventajas destacan la utilización de recursos limitados, los cuales terminarán por agotarse, las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, que contribuyen al cambio climático, y generación de residuos, que representan un gran riesgo para el medio ambiente y la salud de las personas.

2.1. Consumo de energía en la sociedad actual

Según el informe “International Energy Outlook 2019”, el consumo mundial de energía crecerá casi un 50% entre 2018 y 2050 produciéndose un mayor crecimiento en los países no pertenecientes a la Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE), como se puede ver en la Figura 1, siendo Asia el país no perteneciente a la OCDE que representa la mayor parte de aumento en el uso de energía. El sector industrial seguirá siendo el mayor consumidor de energía, constituyendo más de la mitad del consumo, y los combustibles fósiles, como el petróleo, seguirán teniendo un papel importante sobre todo en el sector del transporte.

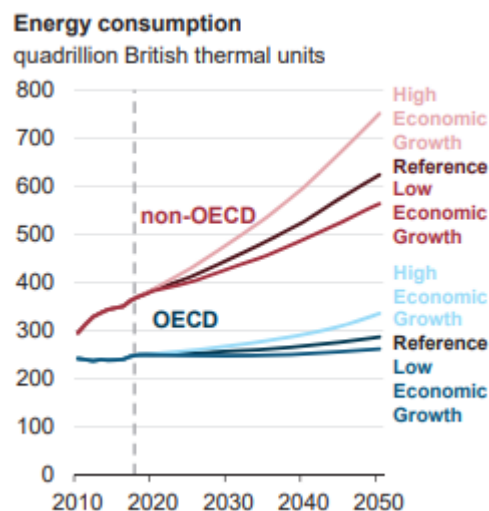


Figura 1. Evolución de la demanda energética mundial 2018-2050.

Fuente: (EIA, 2019)

Aun así, según la perspectiva energética industrial futura y como se aprecia en las gráficas de la Figura 2, aunque se prevé un aumento de casi todas las fuentes de energías primarias, las energías renovables serán las principales.

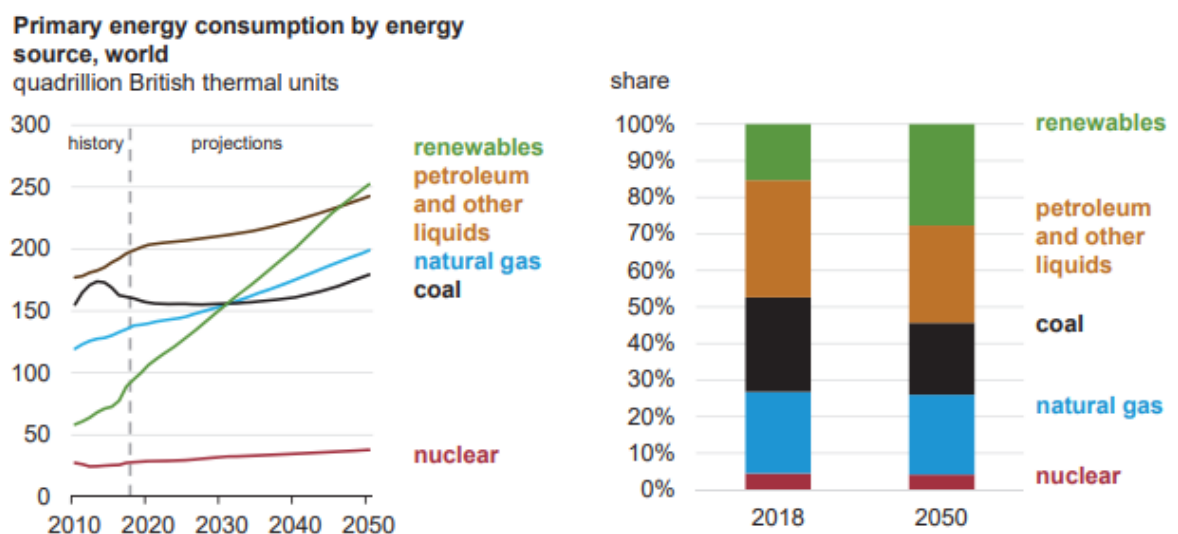


Figura 2. Evolución del consumo de energía primaria.

Fuente: (EIA, 2019)

Sin embargo, tanto en Europa como en España el consumo de energía ha ido disminuyendo en estos últimos años debido principalmente a un aumento de la eficiencia energética. No obstante, la mayor parte de la energía consumida sigue procediendo de los combustibles fósiles. Aun así, al igual que a nivel mundial, la producción de la energía primaria mediante energías renovables va teniendo un papel

más fundamental (EEA, 2019). Además, cabe destacar, la gran dependencia de importaciones de energía de otros países dada la gran diferencia entre producción y consumo, tanto en Europa como en España, siendo importada en Europa más de la mitad de la energía disponible bruta en 2018 (58.2%) (Eurostat, 2020) y siendo cubiertas actualmente en España un 74% de las necesidades energéticas por productos importados. Para el año 2030, se prevé reducir ese porcentaje a un 61%, lo cual supone una mejora a pesar de seguir lejos de la media europea (Energías renovables, 2020a).

2.2. Producción eléctrica

La mayor parte de la energía consumida se destina a la producción de electricidad y al transporte y el resto menor, al sector doméstico y sector productivo. En base a los datos obtenidos por la Agencia Internacional de Energía (IEA) se sabe que la generación de electricidad experimenta un crecimiento diario tanto a nivel mundial como nacional, ya que la demanda mundial de electricidad crece a 2.1% por año hasta 2040, aumentando significativamente la generación de electricidad a partir de energías renovables, como se puede observar en la Figura 3 (IEA, 2019).

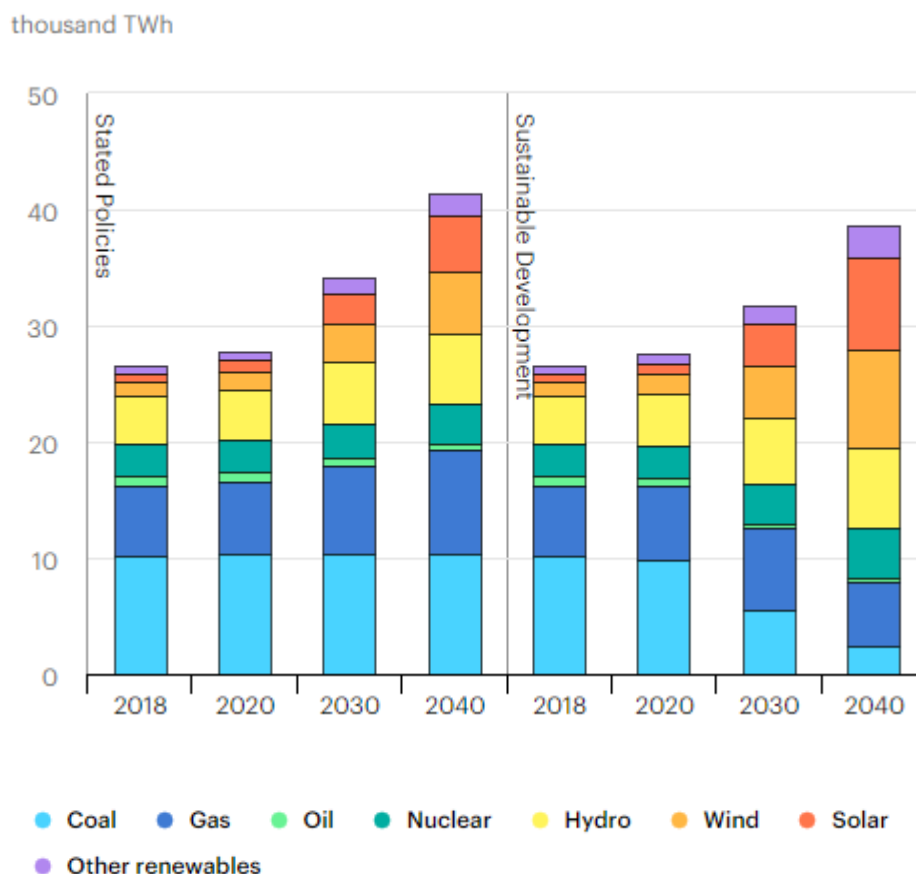


Figura 3. Generación de electricidad por combustible 2018-2040

Fuente: (IEA, 2019)

Según los datos del “Anuario estadístico mundial de energía 2019”, durante los últimos años, tanto el continente asiático como Estados Unidos fueron los mayores productores de energía eléctrica mundiales, al mismo tiempo que fueron los mayores consumidores, debido al crecimiento económico y demanda industrial. Además, el porcentaje de producción de electricidad es mayormente generado por energías no renovables. La generación de electricidad en la Unión Europea sigue una tendencia creciente y solo una cuarta parte aproximadamente, desde el año 2007, provino de las energías renovables, siendo la energía eólica junto a la solar, las mayores productoras (Enerdata, 2019).

En España, al igual que a nivel mundial y europeo, la producción eléctrica está dividida en energías renovables y no renovables, siendo estas últimas las más utilizadas a pesar de las muchas desventajas que conlleva su uso. Entre las desventajas, cabe destacar que el uso de combustibles fósiles está muy relacionado con la contaminación atmosférica y el cambio climático y la gran dependencia del

exterior, ya que España tiene limitados los recursos energéticos no renovables. Uno de los objetivos presentes en estos últimos años, y que sigue teniendo gran importancia de cara al futuro, es la disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por producción de electricidad. Durante los últimos años, estas emisiones han ido disminuyendo debido a una mejora de la eficiencia energética y a un mayor uso de las energías renovables. Es por ello, que en el transcurso de años anteriores el uso de energías renovables ha ido ganando terreno, pero, aun así, en el sector de la producción eléctrica nacional, no todas destacan por igual (REE, 2020). Según indica la Red Eléctrica Española, los principales recursos renovables para dicho uso en la actualidad son: energía eólica, hidráulica, solar fotovoltaica, solar térmica y un minúsculo valor de otras renovables (biogás, biomasa, geotérmica y energías marinas), suponiendo todas en su conjunto casi el 45% de la generación eléctrica nacional y siendo predominante la energía eólica.

2.3. Planificación y política energética nacional

La planificación y política energética consiste en analizar los objetivos y las necesidades de los sistemas energéticos para satisfacer la demanda energética prevista del modo más económico, seguro, eficiente y sostenible.

La Ley general de electricidad 125-01 establece la elaboración de un plan energético nacional que tenga como objetivos satisfacer la demanda futura de energía al menor coste y con la menor dependencia posible, utilizando las fuentes autóctonas, así como reducir los impactos ambientales del uso de energía.

Dada la inclusión de las fuentes renovables, en 1999 se aprueba el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España y el Real Decreto 436/2004, pretendiendo con ello alcanzar que en el año 2010 las fuentes renovables cubran el 12% del total de la demanda energética en España (Energía y sociedad, 2021).

El crecimiento experimentado por el régimen especial en los años anteriores, hace necesario regular ciertos aspectos técnicos para contribuir al crecimiento de las tecnologías. Por ello se modifica el Real Decreto anterior mencionado y se establecen objetivos de potencia instalada de referencia que coinciden con el Plan de Energías

Renovables 2005-2010 y con la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España.

Con respecto al impacto ambiental, la directiva 96/61/CE del consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación, fue una de las primeras normativas que tuvo por objeto la prevención y reducción de la contaminación procedente de actividades industriales, estableciendo medidas que eviten o reduzcan las emisiones a la atmósfera y es en la Ley 16/2002, de prevención y control integrados de la contaminación, donde se fijan condiciones ambientales y valores límite de emisión de sustancias, para lograr así la protección del medio ambiente. Posteriormente, es modificada por el Real Decreto 430/2004, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo.

En 1997 se acuerda el Protocolo de Kioto, pero no es hasta 2005 cuando entra en vigor aprobado por la Decisión 2002/358/CE del Consejo, y se aprueba la Ley 1/2005, por la que se regula el régimen de comercio de derechos de emisión de GEI, que pretende el cumplimiento del acuerdo del protocolo de Kioto en la convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En el primer periodo de dicho protocolo (2008-2012), España se compromete a no superar el 15% del nivel de emisiones del año base (1990/1995) y en el segundo periodo (2013-2020), que coincide con el Paquete de Energía y Cambio Climático 2013-2020, se propone reducir las emisiones un 20% con respecto a 1990 y se aprueba la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo, con objetivo de reducir las emisiones de forma económicamente eficiente.

Debido a la continua lucha contra el cambio climático, en 2014 se propone una propuesta de continuidad del Paquete de Energía y Cambio Climático hasta 2030, con unos nuevos objetivos entre los que destaca la explotación de fuentes domésticas de energía sostenible y una futura mejora de la eficiencia energética. En 2017 entra en

vigor el Acuerdo de París, cuyo objetivo principal es contener el aumento la temperatura media mundial por debajo de los 2 grados centígrados (GOB, 2020).

La eficiencia energética tiene gran importancia para el abastecimiento energético y la reducción de emisión de GEI. Es por ello que en 2003 se elaboró la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012 (E4) y dentro de ella se elaboraron el Plan 2005-2007 y el Plan de Acción 2008-2012. Tanto para dar continuidad a los planes de ahorro y eficiencia energética, que anteriormente fueron aprobados por el Gobierno español, como para realizar una evaluación conjunta de los resultados y profundizar en los mecanismos y estrategias que hagan posible la consecución de los objetivos (como el establecido por la Directiva 2006/32/CE, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos), se aprueba el Plan de Acción 2011-2020. Más tarde, con el fin de conseguir para 2020 la reducción en un 20% del consumo de energía, como establece la Directiva 2012/27/UE, se elabora y aprueba el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020, y siguiendo el artículo 24.2 de la Directiva anteriormente dicha, donde se exige la presentación de nuevos planes cada tres años desde 2014, se aprueba el nuevo Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020.

Para incrementar la eficiencia energética en el sector de la edificación, se establecen condiciones dadas por la Directiva 2010/31/UE, relativa la eficiencia energética de los edificios, a la cual se acogen el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y el Código Técnico de la Edificación.

Actualmente, los objetivos nacionales de reducción de emisiones de GEI, la incorporación de energías renovables y las medidas de eficiencia energética, se encuentran recogidas en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 con objetivo de avanzar en la descarbonización y lograr una disminución de emisiones de, al menos, el 20% con respecto a 1990 en el año 2030, previéndose que las centrales de carbón cesen de aportar energía al sistema como tarde para el año 2030, ya que tendrán serias dificultades para ser competitivas frente a otras tecnologías en un entorno muy condicionado por la respuesta europea al cambio climático. Además, se espera lograr en 2030 una presencia de las energías renovables sobre el uso final de energía del 42%, debido a la gran inversión prevista en energías renovables

eléctricas y térmicas, y a la notable reducción en el consumo final de energía como resultado de los programas y medidas de ahorro y eficiencia energética en todos los sectores de la economía (IDAE, 2021c).

2.4. Planes de energías renovables

A lo largo de los años se han ido desarrollando diversos planes, adoptando nuevas iniciativas para cumplir con los objetivos y leyes políticas y promover el consumo de electricidad proveniente de fuentes renovables.

En 1998, la aportación de las energías renovables fue del 6,3% y se hace necesaria la mejora de la eficiencia energética en la generación eléctrica, motivos entre otros por los que el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), ayudó a elaborar el Plan de Fomento de Energías Renovables 2000-2010, cuyos objetivos estaban centrados en cubrir con energías renovables un 12% del consumo de energía primaria, mejora de la eficiencia energética y protección del medio ambiente, el Protocolo de Kioto (reducir las emisiones de GEI) y los impactos inducidos en el sistema económico debido a la introducción de las energías renovables (IDAE, 1999). Puesto que los objetivos elaborados por este plan tenían unas expectativas bastantes altas, para poner solución a los problemas, se elaboró el Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010 que coincide con la elaboración de un Plan de Acción 2005-2007. Así mismo, la elaboración de este Plan coincide con la entrada en funcionamiento del primer Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión de CO₂, elaborado cada cinco años, que establece un número de derechos de emisión y qué líneas se van a seguir para su aplicación (IDAE, 2005).

Además de cumplir con los objetivos del plan anterior, propone otros dos nuevos objetivos para 2010, que son alcanzar un 29,4% de generación eléctrica con renovables y un 5,75% de biocarburantes en transporte. Para ello, se analizaron por separado las distintas situaciones actuales de energías renovables, así como los objetivos y medidas a realizar, destacando la aportación del sector eólico, que experimentó el mayor desarrollo, alcanzando en 2004 el 91% del objetivo esperado para 2010 y representando casi la mitad de la generación eléctrica prevista con renovables a pesar de las barreras que lo limitaban.

Dada la finalización del PER 2005-2010, el constante crecimiento de la demanda energética, y el cumplimiento de las leyes establecidas, el Consejo Europeo aprobó para la siguiente década el Plan de Energías Renovables 2011-2020, haciendo obligatorio el objetivo de alcanzar el 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo total de energía además de asegurar la elaboración de un Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER). Para la elaboración de este plan se elaboró un Informe de Sostenibilidad Ambiental del PER (ISA) 2011-2020, el cual identifica, describe y evalúa los posibles efectos significativos sobre el medio ambiente que el Plan de Energías Renovables 2011- 2020 pudiera generar, y concreta las medidas preventivas y correctoras que permitan reducir o minimizar los efectos negativos del Plan sobre el medio ambiente y su sistema de seguimiento (IDAE, 2011a).

A pesar de que la dependencia exterior seguía manteniendo un alto grado, en 2005 se experimentó un gran cambio dado al crecimiento en la producción eléctrica renovable, por lo que se produjo un aumento del consumo final bruto de cada una de las fuentes de energías renovables, como se puede ver en la Figura 4. Esta evolución en la producción eléctrica es impulsada mayormente por la producción de energía eólica, manteniendo incrementos anuales que suponían un crecimiento de la demanda de recursos renovables en 2010 y que evolucionaría positivamente en la década siguiente, esperando que en 2020 se cubrieran casi tres cuartas partes de la demanda eléctrica nacional con las energías renovables y el gas natural, disminuyendo así la aportación proveniente de productos petrolíferos y nuclear. Del mismo modo, se preveía que la energía eólica terrestre mantuviera el protagonismo en la producción de energía eléctrica renovable debido a la construcción de nuevos parques eólicos y remodelación de los obsoletos, así como, se esperaba un incremento en la producción de energía eólica marina a partir de la mitad de la década y se comenzara a incorporar tecnologías como la geotermia o las energías del mar. De la producción de energía eléctrica solar y fotovoltaica, se esperaba igualmente un incremento, aunque este sería moderado y con respecto a la biomasa, se estimó la obtención del doble de potencia debido al gran número de plantas que comenzaron a entrar en funcionamiento (IDAE, 2011b).

Resumiendo, los objetivos esperados en la producción de electricidad renovable, eran superiores al 38% para 2020, un 8% más en comparación con el año 2010.

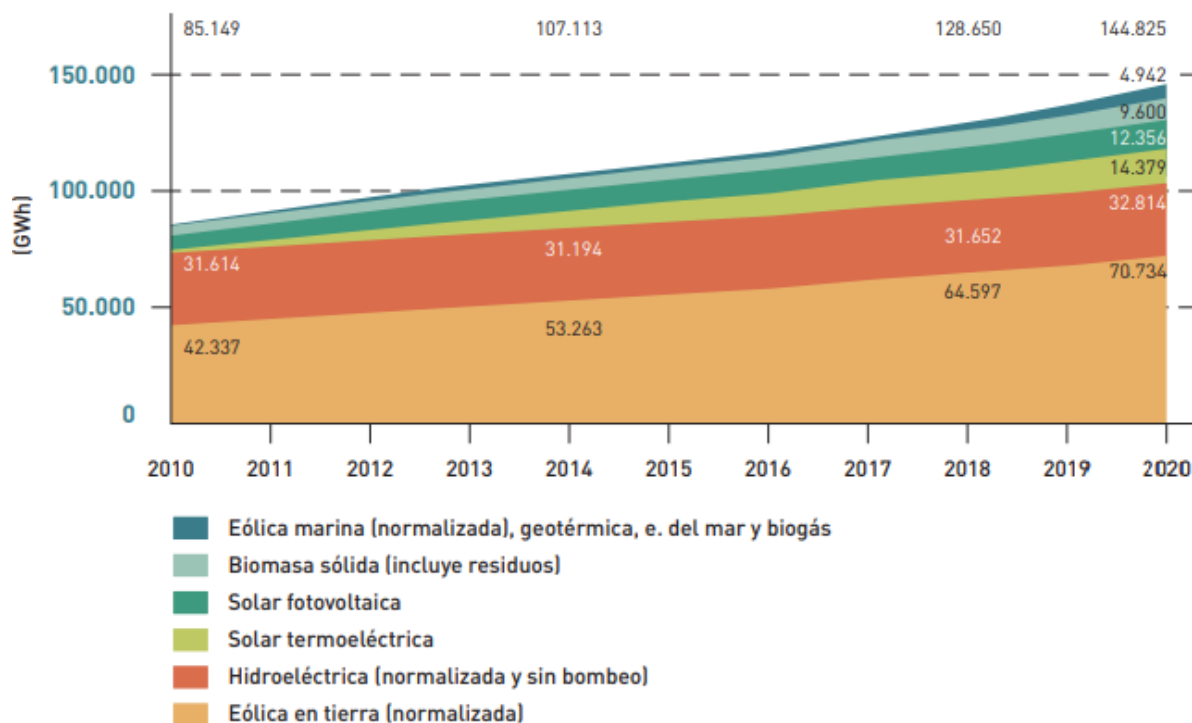


Figura 4. Consumo final bruto de electricidad renovable

Fuente: (IDAE, 2011b)

Así pues, para el cumplimiento de los objetivos relacionados con el aumento de utilización de las energías renovables, se generaron varias propuestas divididas en propuestas horizontales (aplicables al conjunto de todas las tecnologías) y propuestas sectoriales (destinadas a superar las barreras que limitan o impiden el desarrollo de sectores).

Con respecto a la afectación ambiental, la emisión de GEI, se esperaba una alta reducción de emisiones de cara a 2020, asociada en parte a las nuevas industrias de energías renovables, y para calcular esa reducción, se tuvo en cuenta la reducción de emisiones de CO₂ producida por la utilización de las instalaciones de energías renovables ya existentes en el año 2010 como la reducción de emisiones de CO₂ evitadas por las nuevas instalaciones que se generarían durante esta década. De esa forma y con el conjunto de instalaciones de energías renovables en 2020, se esperaba evitar un 71% del total de las emisiones provenientes de la generación eléctrica, un 19% de la producción térmica y un 10% asociado a la sustitución de gasóleo y gasolina

por biocarburantes. Esto dejaba claro que las energías renovables tenían unos impactos ambientales mucho menores en el ámbito de generación de GEI entre otros, sin embargo, eso no significaba que no tuvieran impactos ambientales.

Para los próximos años, se fijan unos objetivos más ambiciosos que se encuentran recogidos en el borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, elaborado por España, como Estado miembro de la Unión Europea, con fin de conseguir las metas propuestas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y el Acuerdo de París, de igual manera que la elaboración relacionada de la Estrategia de Bajas Emisiones a Largo Plazo 2050, con vista en un futuro más lejano (IDAE, 2021c).

Este Plan recoge una serie de medidas divididas en cinco dimensiones, que son, la descarbonización, la eficiencia energética, la seguridad energética, el mercado interior de la energía y la investigación, innovación y competitividad, con las cuales se espera lograr el 21% de reducción de emisiones de GEI respecto a 1990, un 42% de renovables sobre uso final de la energía, 39.6% de mejora de la eficiencia energética y 74% de energía renovable en la generación eléctrica, para 2030, medidas las cuales preparan el camino para en 2050, alcanzar la reducción de emisiones de GEI en un 90% y un sistema eléctrico completamente renovable.

Durante el periodo de vigencia del Plan, las vías para la reducción de emisiones de GEI se basan en la reducción del uso de centrales de carbón en un 20% en referencia con el año 1990, esperándose para años futuros que el porcentaje de reducción sea un 90%, con objetivo final de ser un país neutro en carbono. Además, en los sectores de generación eléctrica, transporte, industria y sector residencial, se espera disminuirlas un 86% del total, siendo posible en la mayor parte por la incorporación de instalaciones renovables, que prevén aumentar el uso final en un 22% en vista a 2030. La mayor reducción de emisiones y, por tanto, el mayor crecimiento del uso de energías renovables, destacará principalmente en el sector de generación eléctrica y en el sector del transporte, sector en el que además se espera un crecimiento del uso de biocarburantes. Cabe destacar que ambos sectores son a la vez los mayores emisores de GEI.

En 2017, la generación eléctrica de recursos renovables alcanzó un valor del 32%, y por ello alcanzar el 74% para el año 2030 se considera un objetivo ambicioso, que se divide en tres medios para conseguirlo: impulsar grandes proyectos de generación, desplegar el autoconsumo y medidas de integración en el sistema y mercado eléctrico. Para la integración de producción eléctrica mediante fuentes renovables, se hace necesaria la modificación y ampliación de infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, ya que España se halla por debajo del objetivo de la Unión Europea de interconexión (siendo el valor objetivo mínimo el 15%); del desarrollo de sistemas de almacenamiento, desarrollando tecnologías de bombeo hidráulicas y la introducción escalonada de baterías; de la gestión de la demanda, usando incentivos económicos, introducción de técnicas más eficientes o influenciando los hábitos de los consumidores y de la seguridad del suministro.

En los últimos años, en la generación eléctrica mediante energías renovables, ha predominado la energía eólica e hidráulica, sin embargo, tanto en el escenario objetivo como escenario tendencial propuesto por el Plan, se espera acentuar el uso de la energía solar reemplazando el lugar de la energía hidráulica. En la siguiente gráfica de la Figura 5, se muestra la evolución de capacidad instalada de energías renovables, en la cual se aprecia la evolución mencionada con respecto a la energía solar e hidráulica, así como la favorable evolución de la energía eólica.

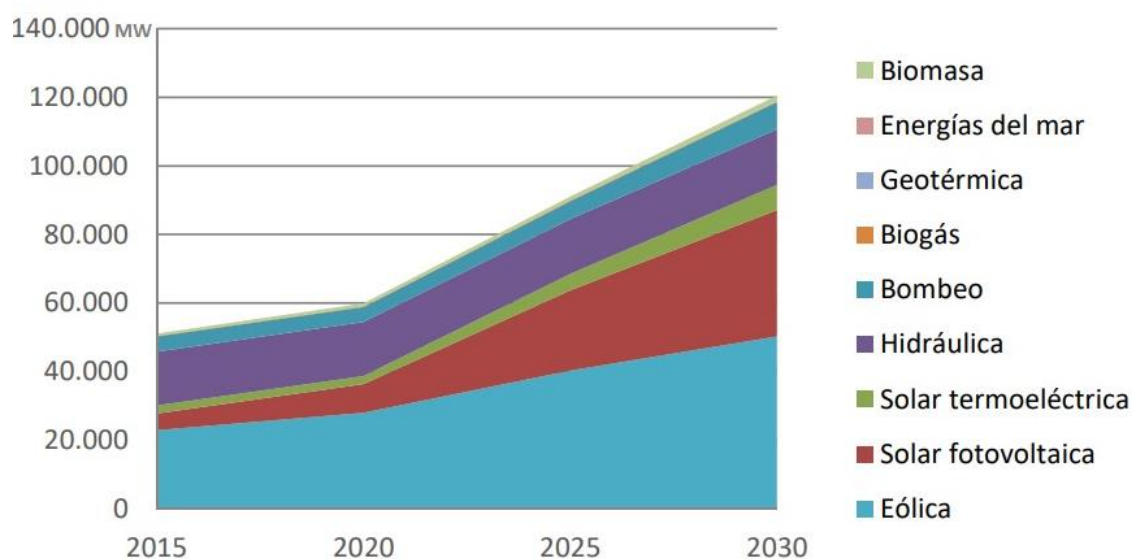


Figura 5. Evolución capacidad instalada de energías renovables

Fuente: (Energías renovables, 2020b)

Con respecto a la eficiencia energética, para alcanzar su objetivo se analizan diez medidas divididas en sectores, destacando el sector transporte, al que le siguen el sector industrial y residencial, donde se hace especial hincapié en la movilidad y en la renovación de edificios. Para esta última se tiene en cuenta normativas legislativas como el RITE, alcanzando superar el objetivo programado en un 7.1% con la correcta elaboración de las medidas fijadas, y en relación con la generación eléctrica, se destaca principalmente la mejora de la infraestructura nacional de electricidad.

En resumen, el aumento de la interconexión eléctrica junto con la creciente incorporación de las energías renovables, la eficiencia energética y reducción de importaciones de combustibles fósiles, se garantizará la seguridad energética nacional.

3. OBJETIVOS

El presente Trabajo de Fin de Grado pretende realizar un estudio de revisión de los impactos ambientales producidos en la generación de electricidad a partir de fuentes renovables en España. Para ello, se lleva a cabo una revisión de estudios de impacto ambiental en proyectos de instalaciones de generación eléctrica en el ámbito de la energía renovable ya realizados y se analizan las medidas protectoras o correctoras más adecuadas para mitigar dichos impactos.

Objetivo general: analizar las diferentes energías renovables usadas en España para la producción de energía eléctrica.

Objetivos específicos:

- Identificación de los impactos ambientales producidos por las principales energías renovables en España, haciendo uso de informes y documentos técnicos.
- Propuesta de medidas preventivas y correctoras para mitigar dichos impactos, de acuerdo con Declaraciones de impacto ambiental publicadas en los Boletines Oficiales del Estado.

4. METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

Para analizar los efectos ambientales producidos por las energías renovables, serán realizadas revisiones de diferentes estudios de impacto ambiental. Para ello, la metodología a seguir es estudiarlos y valorarlos durante las distintas fases del proyecto: construcción, explotación y clausura de la actividad.

Los impactos causados por un proyecto vienen determinados, en buena medida, por la ubicación y el entorno en que se desarrollen. No obstante, de forma genérica se pueden indicar impactos típicos y comunes para un proyecto tipo. Una vez identificadas las acciones del proyecto y los factores ambientales del entorno que pueden verse afectados por las mismas, se procederá a la elaboración de la matriz de identificación de impactos, en la cual se clasificarán según sea la tipología del impacto, positivo (aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general) o negativo (aquel que se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una localidad determinada), como indica el Real Decreto 1131/1988.

Así mismo, dentro de cada fase, también se agruparán los elementos ambientales, para la futura matriz de impactos, de la siguiente forma:

- Factores abióticos: hacen referencia al medio físico y los componentes no vivos del ecosistema, como el relieve, estructura del suelo, acuíferos...
- Factores bióticos: refiriéndose a los sistemas vivos del ecosistema como la flora y fauna.
- Sosiego público: consiste en el estudio de las molestias a la población.
- Medio perceptual: se trata del análisis visual del paisaje.
- Medio socioeconómico: tratando los factores sociales y económicos como el empleo.

A continuación, para construir la matriz de identificación de impactos, en cada una de las fases del proyecto, se consideran los siguientes atributos:

- Signo: el signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso o perjudicial de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados en el punto anterior. El impacto se considera positivo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental considerado produce una mejora de la calidad ambiental de este último. De forma contraria, el impacto se considera negativo cuando el resultado de la acción produce una disminución de la calidad ambiental del factor ambiental considerado (Conesa, 2010).
- Intensidad: el baremo de valoración está dividido entre total, alta, media o baja y expresa el grado de destrucción del factor considerado en el caso en que se produzca un efecto negativo, independientemente de la extensión afectada (Conesa, 2010).
- Extensión: puntual si afecta a un lugar muy concreto, parcial a una zona algo mayor, impacto extremo si la zona afectada es gran parte del medio o total cuando afecta a todo (Escudero, 2008).
- Momento: describe el momento en el que se manifiesta el impacto, considerando el tiempo que transcurre entre la producción de la acción y la manifestación del efecto en el elemento del medio. Puede ser a corto plazo, manifestándose en un periodo de tiempo menor a un año, medio plazo, antes de cinco años o largo plazo, más de cinco años (Rey et al, 2010).
- Persistencia: hace referencia al tiempo que permanecerá el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctores. Se divide en temporal o permanente, dependiendo de la alteración en el tiempo (Rey et al, 2010).
- Reversibilidad: se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez ésta deja de actuar sobre el medio. El impacto será reversible cuando el factor ambiental alterado puede retornar, sin la intervención humana, a sus

condiciones originales en un periodo inferior a 15 años. Por el contrario, será irreversible cuando no puede retornar sin la intervención humana, en un periodo inferior a 15 años. Además, el efecto será totalmente recuperable si la alteración puede eliminarse o irrecuperable en caso opuesto (Conesa, 2010).

- Relación causa- efecto: según la forma en la que se manifiesta un factor, como consecuencia de una acción, se clasifica en directo, si la incidencia es inmediata en algún aspecto ambiental o indirecto, si la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino inducida por efectos directos (Rey et al, 2010).
- Interacción de acciones y efectos: distingue entre simple, cuando se manifiesta sobre una única componente ambiental, acumulativo, cuando supone un incremento progresivo de la gravedad del efecto al prolongarse en el tiempo la acción que lo genera (Rey et al, 2010) o sinérgico, cuando la alteración final causada por un conjunto de impactos es mayor que la suma de todos los individuales (Escudero, 2008).
- Periodicidad: se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, distinguiendo entre periódico (de manera cíclica o recurrente), irregular (de forma impredecible en el tiempo), continuo (constante en el tiempo) o discontinuo (intermitente en el tiempo) (Conesa, 2010).

5. FUENTES DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA RENOVABLES EN ESPAÑA

5.1. Energía eólica

La energía eólica, es la obtenida del viento y el viento es generado por el calentamiento diferencial en las distintas capas de aire de la atmosfera al recibir cantidades diferentes de radiación solar. Esas masas de aire que se encuentran a distintas temperaturas generan diferencias de presión, moviéndose el aire de las zonas de más presión a menos y siendo ese movimiento el que genera el viento. Por lo tanto, el viento es producido por la acción del sol y por ello se define la energía eólica como la energía solar que se almacena en la atmósfera en forma de calor distribuido no homogéneo (González, 2012).

Se puede dividir en distintos tipos en función del medio en el que se desarrolla, según el tipo de instalación y las distintas aplicaciones a las que se destine. Ha sido utilizada desde la antigüedad tanto en el transporte marítimo como en molinos de viento para labores agrícolas, sin embargo, no es hasta finales del siglo XX que se comienza a introducir en la generación de electricidad, siendo el uso principal y que puede ser a pequeña o gran escala y terrestre o marina. La energía obtenida puede ser utilizada de forma mecánica o térmica, siendo la energía mecánica la más antigua conocida, utilizada en molinos convencionales y posteriormente para bombeo de agua. La energía térmica tiene su uso destinado a acondicionamiento y refrigeración de edificios y calentamiento de agua. Cabe destacar el uso de la energía eólica para el desplazamiento, ya que es una de las aplicaciones más antiguas usada en el transporte marítimo (REE, 2020).

Según el medio en que se desarrolla, la energía eólica se divide en eólica terrestre (Onshore) y eólica marina (Offshore), siendo la primera la que se genera mediante los aerogeneradores situados en la superficie terrestre y está más extendida tanto a nivel mundial como nacional, siendo por tanto la más conocida y la que más energía genera, con una potencia eólica instalada de 25 MW y cubriendo casi el 21% de la energía consumida en 2019 en España. Es por ello que al hablar de energía eólica terrestre simplemente se denomina energía eólica. En relación a la energía eólica marina, a pesar de que cuenta con el mismo funcionamiento que la anterior, con la diferencia de que los aerogeneradores están ubicados en el mar, supone un mejor recurso debido a que la velocidad del viento es mayor y generalmente constante, no existen limitaciones de espacio, por lo que se pueden utilizar áreas de instalaciones mayores y el impacto visual y acústico es menor, de modo que permite la utilización de una maquinaria más grande. Sin embargo, el motivo de que su desarrollo no se encuentre tan avanzado a pesar de suponer un mejor recurso, son las desventajas que presenta. El mayor inconveniente en la realización de dichas instalaciones es el alto coste económico que supone tanto la evaluación de la zona como la cimentación y las redes eléctricas de las instalaciones, que va aumentando conforme el proyecto se va alejando de la costa, además de las limitaciones que suponen trabajar en el medio marino, tanto para acceso y montaje como

mantenimiento y mejora de la instalación en su vida útil, dada la corrosividad del medio (IDAE, 2006c).

Actualmente, Europa cuenta con más de 5000 aerogeneradores en el medio marítimo que generan más de 22000 MW, constituyendo un alto porcentaje a nivel mundial, siendo Reino Unido el país que mayor aportación proporciona (Energías renovables, 2020c). A nivel nacional, sin embargo, solo existe instalado un aerogenerador marino, con una potencia de 5MW en las Islas Canarias, lugar en el que además se tiene previsto la puesta en marcha de un parque eólico marítimo, formado por 4 aerogeneradores marinos, con una potencia instalada de 50 MW. El mayor problema que se encuentra en España para el desarrollo de estas instalaciones es la limitación geográfica, ya que el límite de profundidad permitida (60m) se encuentra demasiado cerca de la costa, siendo la única solución la instalación de plataformas flotantes las cuales tienen un mayor costo (AEE, 2020).

Con respecto al tipo de instalaciones para producir energía y enfocados en la energía eólica terrestre, se dividen en eólicas de pequeña potencia o aisladas y parques eólicos. Las instalaciones eólicas de pequeña potencia tienen la ventaja de ser más eficientes con respecto a los parques eólicos puesto que evitan las pérdidas producidas por el sistema de distribución eléctrico, permiten la introducción del sector renovable sin la necesaria creación de nuevas infraestructuras eléctricas y fomentan el autoabastecimiento energético además de tener un menor coste y un menor impacto ambiental, puesto que generan un menor impacto visual dado que son más pequeñas. El conjunto de los aerogeneradores interconectados eléctricamente que comparten la misma estructura de acceso y control dan lugar a los parques eólicos, los cuales se encuentran ubicados en áreas rurales despobladas y alejados de la población debido al impacto acústico que generan (IDAE, 2020).

Con respecto a su evolución, en el PER 2011-2020, se plantea una mejora de los aerogeneradores terrestres, pasando a utilizar aerogeneradores de eje vertical para obtener una mayor eficiencia, ya que hasta el momento se han estado utilizando aerogeneradores tripalas de eje horizontal con rotor orientado a barlovento. Además, se plantea el desarrollo de la potencia unitaria en el rango de 5 a 10 MW, se estudia una mejora de calidad de los materiales, que permitan alargar su vida útil, y una mejora

de calidad de energía. Con respecto a la energía eólica marina, se pretende estudiar un mejor desarrollo para llevar a cabo algún proyecto, ya que toda la energía eólica se encontraba en la superficie terrestre, pretendiéndose producir para el año 2020 un total de 35.000 MW de energía mediante todo el sector eólico (IDAE, 2011b).

Actualmente, hay instalados 1.203 parques eólicos distribuidos en 807 municipios según la Asociación Empresarial Eólica, siendo Castilla y León la comunidad autónoma que mayor cobertura de la demanda eléctrica genera y con respecto a situaciones futuras, según el PNIEC se prevé para el año 2030 una potencia total instalada en el sector eléctrico de 157 GW de los cuales 50 GW corresponderían al sector eólico. Para conseguirlo se generarán, entre otras soluciones, políticas de desarrollo tecnológico e innovación orientadas en desarrollar la energía eólica offshore (IDAE, 2021c).

En la Figura 6 se muestra la evolución de potencia eólica instalada en España desde finales de siglo XX hasta la actualidad. Como se puede ver, se presenta una tendencia creciente alcanzando el segundo nivel máximo en 2012, durante los años de vigencia del PER 2005-2010, consiguiendo casi triplicar el valor de MW en tan solo una década y alcanzando el objetivo de dicho Plan. Sin embargo, a partir de dicho año la potencia eólica instalada se mantiene estable y sin presentar ningún crecimiento, como preveía el PER 2011-2020, a causa del desmantelamiento y repotenciación de los parques eólicos más obsoletos tecnológicamente y a la suspensión de incentivos económicos aprobada por el Real Decreto Ley 1/2012. Entre los años 2018 y 2019 se activa el relanzamiento del sector, siendo en el año 2019 cuando se alcanzó el valor máximo histórico gracias a la nueva potencia instalada en varias comunidades autónomas, destacando las Islas Canarias, Aragón y Galicia, además de señalar la introducción de eólica marina y produciendo un 20.8% de la electricidad consumida en ese año.

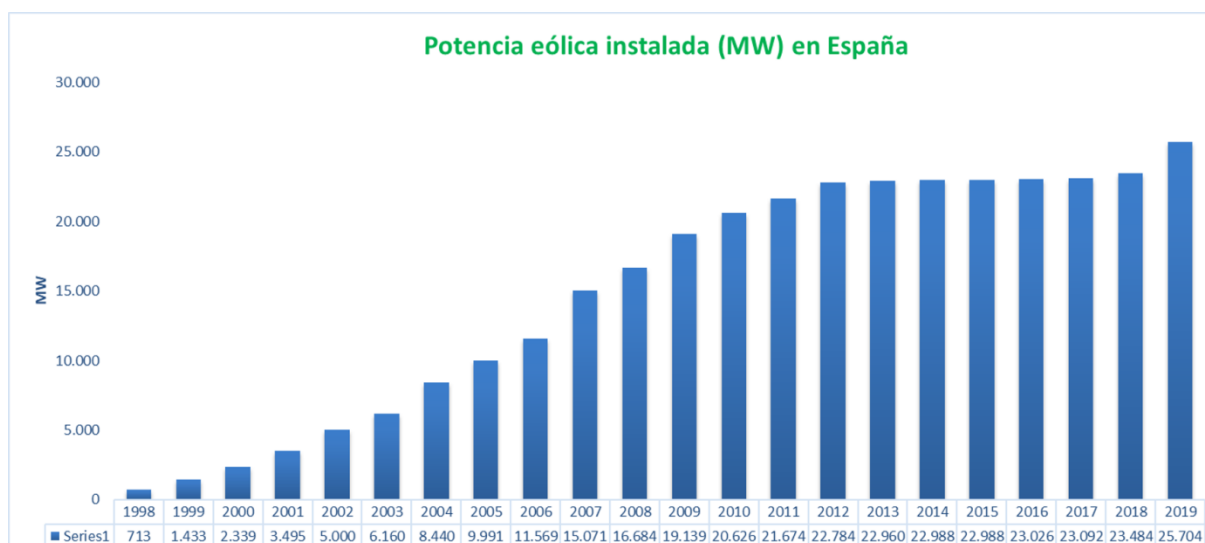


Figura 6. Potencia eólica instalada (MW) en España 1998-2019

Fuente: (AEE, 2020)

5.1.1 Clasificación y componentes de un aerogenerador

El aerogenerador tiene como función la generación de electricidad y puede trabajar de forma aislada o en grupo formando parques eólicos, como hemos mencionado anteriormente. A grandes rasgos, un aerogenerador está formado por una gran torre de soporte, palas o aspas, una turbina eólica, que está formada por las palas y el eje, góndola o carcasa, que recubre en su interior el conjunto de mecanismos y generador eléctrico, y transformador. Su funcionamiento comienza cuando el viento inicia el movimiento de las aspas y la energía cinética generada se transmite al eje. Dicho eje está conectado a un multiplicador, cuya función es aumentar la velocidad del eje rotor antes de ceder el movimiento al generador, el cual es el encargado de producir la electricidad. Finalmente, esa electricidad se transmite al transformador, que tiene por finalidad regular el voltaje al valor necesario para ceder la energía a la red eléctrica (AEE, 2020).

Para clasificarlos no existe una clasificación única ya que existen varios criterios como los rangos de potencia, donde la elección del aerogenerador está limitada fundamentalmente por las condiciones climáticas y del terreno, tamaños, tecnología y características externas, aunque las clasificaciones más comunes suelen ser según el tipo de eje, la disposición del rotor, el número de palas y la velocidad del rotor (Talayero & Telmo, 2011).

- Clasificación según el tipo de eje, siendo el eje la dirección perpendicular a la rotación de las palas.
 - Eje horizontal: es el más utilizado en parques eólicos y su característica principal es que el eje del rotor es paralelo al suelo y necesita alinearse con la dirección del viento. Su mayor ventaja es que tiene un mejor rendimiento y capacidad de arranque. Se distinguen dos tipos que son lentos y rápidos (Figura 7).
 - Eje vertical: actualmente se encuentran en desuso excepto en aplicaciones específicas. El eje es perpendicular al suelo y dirección de giro, teniendo como ventaja que el generador y la multiplicadora se encuentran en el suelo, pero necesita asistencia en el arranque y aprovecha menores velocidades del viento. Se distinguen tres tipos que son Savonius, Darrieus y mixto (Figura 8).



Figura 7. Aerogenerador de eje horizontal

Fuente: (Sotavento, 2020)



Figura 8. Aerogenerador de eje vertical

Fuente: (Wind turbine models, 2021)

- Clasificación según la disposición del eje del rotor: en las turbinas de eje horizontal, el rotor puede estar situado en dos lugares diferentes.
 - Barlovento: son los más utilizados. El viento incide primero en el rotor y luego en la torre. La ventaja es que tiene una mayor eficiencia, sin embargo, un dispositivo de orientación para que el rotor esté siempre orientado al viento que incide y las palas no pueden ser muy flexibles para que no se produzca colisión.
 - Sotavento: el viento incide primero en la torre y luego en el rotor. La ventaja es que se pueden construir sin mecanismo de orientación y al contrario del anterior, las palas pueden ser más flexibles y ligeras, sin embargo, el inconveniente es que aparecen fluctuaciones en la energía producida.
- Clasificación según el número de palas: las palas es el elemento más complejo del diseño puesto que van a transmitir y controlar la energía. Pueden ser de una, dos, tres o muchas palas, siendo las de una, dos y tres las más utilizadas en generación eléctrica. Los aerogeneradores tripala son más eficientes y producen un menor impacto acústico, pero eso no quiere decir que sean mejores, ya que aumentan el coste del generador sin asegurar una mayor producción.
- Clasificación según la velocidad del rotor:

- Velocidad constante: mantienen su velocidad nominal mientras el aerogenerador esté conectado a la red. Su ventaja es que necesitan un menor mantenimiento, pero el mayor inconveniente es la baja calidad de la energía generada.
- Velocidad variable: con el paso del tiempo han ido alcanzado ser los más utilizados. Consiguen alcanzar la mayor eficiencia en un alto rango de velocidades del viento y una mejora de calidad de la energía (Talayero & Telmo, 2011).

Con la evolución de los años y experiencias comprobadas, los aerogeneradores han ido sufriendo mejoras para optimizar su uso, aprovechar al máximo el viento y adaptarse mejor al medio en el que se encuentren. Estas modificaciones han mejorado la estructura y potencia, aumentando el radio del rotor entre otras. Actualmente, se siguen estudiando posibles modificaciones tanto en los aerogeneradores terrestres como marinos con fin de obtener un mayor rendimiento.

5.1.2 Identificación y clasificación de impactos ambientales

A pesar de las muchas ventajas que puede ofrecer la energía eólica, motivos por los cuales ha seguido una tendencia favorable en el sector de producción de energía eléctrica, también puede causar algunos efectos ambientales negativos que deben ser estudiados y valorados, como el impacto visual o sonoro entre otros.

5.1.3 Impactos ambientales en la fase de construcción

Factores abióticos

- Aire: durante la fase de construcción de un parque eólico los niveles de calidad del aire se verán afectados debido al transporte de materiales, instalación y funcionamiento de maquinaria, ya que al manejarse materiales polvorientos y debido al paso continuo de vehículos por caminos, sumado a las tareas de limpieza y nivelación del terreno, se produce un aumento de la cantidad de partículas en suspensión que se acumulan en el aire.

Sin embargo, esta afección se considera de carácter temporal, de actuación local y reversible, ya que cuando finalice la actuación, cesará su efecto. Además, tanto el conjunto de actuaciones mencionadas anteriormente como el transporte o instalación y funcionamiento de maquinaria, no se realizará simultáneamente, sino de forma separada en el tiempo (Escudero, 2008).

- Suelo: las excavaciones, realización de zanjas, explanaciones para la construcción de plataformas y nivelación de suelos, entre otras actuaciones para la ejecución de obra, producen movimientos de tierras, lo cual produce un incremento de erosión. Además, cabe destacar la compactación del suelo debido al paso de vehículos para el transporte de materiales y ejecución de la obra.

Este proceso erosivo es considerado un efecto transitorio y limitado, ya que esas zonas no se verán afectadas una vez terminada la fase de construcción, sin embargo, es importante destacar la posible contaminación o pérdida de suelo. Esto ocurre debido a vertidos incontrolados o accidentes de sustancias contaminantes. La magnitud y valoración de este impacto es difícil de determinar y dependerá del tipo y cantidad del vertido, aunque al ser de tipo accidental, se puede evitar con una correcta vigilancia (Escudero, 2008).

- Medio hídrico: abarca el impacto sobre las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Las acciones que se consideran más representativas a producir algún impacto en este medio, cuando hay cursos de agua en el emplazamiento o en el entorno, son el movimiento de tierras, las obras de drenaje, la implantación de estructuras necesarias, la deposición de partículas contaminantes procedentes de actividades constructivas y tráfico de vehículos y los vertidos accidentales e incontrolados. Generalmente, estos impactos se van a producir únicamente en la fase de construcción, por lo que será temporal, a corto plazo, local, reversible y de magnitud moderada (Escudero, 2008).

Factores bióticos

- Flora: durante el proceso de construcción y en las zonas de instalación, acceso y de maquinaria, se realiza la limpieza de obstáculos del terreno mediante el despeje y desbroce de toda la vegetación existente, tratándose de un impacto negativo, directo y de carácter permanente, de magnitud severa y siendo normalmente la zona de acceso la más afectada.

A pesar de que la flora afectada no se recuperará, motivo por el cual serán necesarias más medidas preventivas que correctoras, y que la aparición de este impacto es inmediata desde el momento en el que comienzan las tareas de despeje, al tratarse de zonas de vegetación controladas, se considera como un impacto compatible con la actividad, clasificándose finalmente como un impacto moderado y compatible. (Escudero, 2008)

- Fauna: los impactos producidos sobre este medio biótico pueden producirse de forma directa o indirecta e influirán de forma diferente dependiendo del animal que se trate. Uno de los efectos que pueden afectar de forma indirecta, sería la destrucción del hábitat y madrigueras de algunos animales como pequeños mamíferos o reptiles, pudiendo presentar problemas de nidificación y cría a consecuencia de las obras de vías de acceso y ocupación del suelo por el emplazamiento de instalaciones y maquinaria. Aun así y debido a que el proceso finalizará una vez concluida la fase y al rápido proceso de adaptación y reubicación de estos animales, se considerará una afección nula.

Como afección directa a las especies que habitan en esa zona, sería la generación de ruidos o emisión de partículas y polvo, aunque estas son poco importantes al estar en una zona abierta y serían consideradas temporales y reversibles.

Sosiego público

Aunque estas instalaciones se suelen ubicar en emplazamientos alejados de núcleos de población, debido a acciones necesarias en la instalación del proyecto, como son el movimiento de vehículos y del terreno y maquinaria de instalación y montaje entre otras, se pueden causar molestias como puede ser aumento del tráfico, polvo o incremento de los niveles sonoros entre otras, las cuales generan un impacto reversible y temporal, ya que desaparecerán al finalizar la fase de construcción (Escudero, 2008).

Medio perceptual

Dependerá del emplazamiento y será debido a la desaparición de vegetación y a la presencia de maquinaria durante la ejecución de la obra, aunque durante esta fase será moderado y reversible, en la fase de explotación será analizado con más detalle.

Medio socioeconómico

El impacto en este medio se ve reflejado de forma positiva por la generación de empleo de carácter temporal y un aumento económico, por lo que se considera un impacto importante.

5.1.4 Impactos ambientales en la fase de explotación

Factores abióticos

- Aire: durante la fase de explotación los niveles de calidad del aire solo se verán afectados por el tránsito ocasional de vehículos para realizar las tareas de mantenimiento, considerándose por lo tanto despreciable.
- Suelo: las alteraciones producidas por este impacto en la fase de explotación serán mucho menos importantes que en la fase anterior, ya que al igual que en el factor anterior, solo se verá afectado por el tránsito ocasional de vehículos (Escudero, 2008).
- Medio hídrico: en esta etapa, el impacto sobre las aguas, tanto superficiales como subterráneas, es prácticamente despreciable puesto que únicamente se presentará un cierto grado de contaminación debido al vertido accidental o incontrolado de residuos (Escudero, 2008).

Factores bióticos

- Flora: durante esta fase los impactos serán originados por la presencia humana en las tareas de mantenimiento de la instalación a fin de su buen funcionamiento y acceso. Aun así, serán considerados de afección nula.
- Fauna: al igual que en la fase de construcción, en esta etapa los impactos se clasifican en directos o indirectos. Los impactos originados de forma indirecta son los producidos por la modificación del hábitat de algunas especies debido a la presencia de las instalaciones.

El impacto más importante y de afección directa es el peligro por colisión de las aves con las aspas de los aerogeneradores, mayormente cuando el parque se encuentra en alguna zona de paso especial de aves migratorias. También se produce el peligro por electrocución de la avifauna con las líneas eléctricas. A pesar de los estudios realizados para analizar la probabilidad de ocurrencia, esta no se conoce con exactitud, por lo que se considera un impacto moderado y severo. (Escudero, 2008)

Sosiego público

- Ruido: tanto el movimiento de las palas (ruido aerodinámico) como el funcionamiento mecánico de los aerogeneradores (ruido mecánico) del parque eólico producen un incremento de los niveles sonoros tanto diurnos como nocturnos, además de la maquinaria utilizada en las tareas de mantenimiento.

La magnitud del impacto dependerá de la distancia a la que se encuentre de la población, aunque actualmente debido a las mejoras realizadas en estas instalaciones, a partir de los 200 metros de distancia de la base del aerogenerador, el nivel de ruido es menor que el que produce una conversación, por lo que se suele considerar compatible. (Escudero, 2008)

Medio perceptual

Los parques eólicos y su línea de evacuación por el lugar de paso tienen un impacto visual sobre el paisaje. Los aerogeneradores son visibles desde varios kilómetros de distancia y además desde un ámbito más cercano, son apreciables los caminos, la subestación y algunas plataformas de montaje que se mantienen de forma permanente. El impacto generado puede variar en función del área ocupada y del tamaño de los aerogeneradores (Talayero & Telmo, 2011).

En relación con la energía eólica offshore, el impacto visual es mayor cuanto más próxima se encuentra de la costa, ya que las plataformas y el número de aerogeneradores instalados son mucho mayores, además de la necesidad de instalación de redes de transporte cerca de esta. La evaluación del impacto visual de un parque eólico es uno de los procesos con mayor componente subjetivo. En efecto, la presencia de un parque eólico no tiene otro impacto visual que el debido a la percepción por parte de las personas. Desde el punto de vista objetivo no es fácil establecer una valoración del mismo ya que se trata de un impacto muy variable, como demuestran las encuestas realizadas, en las que los resultados obtenidos difieren entre una percepción negativa, positiva e indiferencia (Escudero, 2008). Dependiendo de la distribución de los aerogeneradores y la localización en la que se encuentre, el impacto generado será moderado o compatible, teniendo también en cuenta el impacto visual durante la noche, debido a las balizas luminosas incorporadas en las palas del aerogenerador para ser visibles para el transporte aéreo y marítimo.

Medio socioeconómico

Durante la fase de explotación de un parque eólico destacan los efectos positivos sobre la población derivados de la instalación, como son la mejora de accesos a los terrenos y repercusiones favorables a los sectores de actividad turística, ya que la modificación producida en el entorno rural no pasará desapercibida por los observadores. El impacto sobre el empleo y economía local será muy positivo debido a la generación de puestos de trabajo en las tareas de mantenimiento, vigilancia o gestión del parque entre otras, aunque será menor que en las demás fases (Escudero, 2008).

Cabe destacar algunos impactos negativos compatibles como son el impedimento de plantaciones forestales por reducción de superficie o la afección en la actividad ganadera por disminución de pastos, si la hubiera. Estos efectos serán como mínimos y compatibles debido a las medidas compensatorias a los propietarios.

5.1.5 Impactos ambientales en la fase de clausura

Factores abióticos

La mayoría de los impactos producidos por esta fase son similares a los producidos en la fase de construcción, pero con afección más leve o positiva.

- Aire: durante esta fase ocurrirá igual que en la fase de construcción, ya que los impactos que se pueden producir serán por el paso y funcionamiento de maquinaria necesaria para el desmantelamiento de la instalación. Del mismo modo, su afección es considerada de carácter temporal y actuación local y reversible, ya que cuando el proceso finalice, el impacto generado también lo hará.
- Suelo: a pesar de la compactación de suelo debido al paso de vehículos utilizados en el desmonte de la instalación, se podrá considerar un efecto leve o casi despreciable siempre que se utilicen las mismas vías que han sido usadas en la fase de construcción, y, por lo tanto, han sido alteradas previamente.

Del mismo modo, la posible contaminación o pérdida de suelo dependerá de los vertidos incontrolados o accidentes de sustancias contaminantes, al igual que en las fases anteriores, y la magnitud y valoración de este impacto será dependiente de los mismos factores mencionados anteriormente.

- Medio hídrico: el impacto será similar al producido en la fase de construcción.

Factores bióticos

- Flora: se producirá una leve afección en las tareas de desmantelamiento, pero aun así es clasificado como impacto positivo puesto que supone una restauración de vegetación con la intención de obtener una recuperación total del medio.
- Fauna: los efectos se pueden producir de forma directa o indirecta, afectando del mismo modo que en la fase de construcción. Una vez ejecutadas las obras de desmantelamiento, desaparecerá el riesgo por colisión de la avifauna, y se procederá a la restauración inicial de las condiciones ambientales aumentando la naturalidad del entorno, considerándose, por lo tanto, un efecto positivo.

Sosiego público

Tanto los niveles de ruido como la emisión de partículas contaminantes al aire, se verán incrementados debido a las obras realizadas, igual que ocurre en la fase de construcción. De igual forma, este impacto desaparecerá al finalizar esta fase, generando un impacto reversible y temporal.

Medio perceptual

A pesar de los impactos producidos en esta fase debido a la retirada de la intrusión visual se trata de un impacto positivo debido a la restauración ambiental, la cual trata de volver a la situación inicial, recuperando la naturalidad del paisaje y reduciendo el impacto paisajístico.

Medio socioeconómico

Durante el desmantelamiento de las instalaciones en la fase de clausura se produce un aumento de la tasa de empleo similar al de la fase de construcción, debido a la realización de las obras. No obstante, al terminar dicha fase cesan las fuentes de ingresos al desaparecer los empleos generados en la fase de explotación e impuestos, siendo por tanto una afección negativa, al contrario de lo que ocurre en las fases anteriores.

5.1.6 Matriz de impactos

Una vez estudiados las acciones del proyecto de energía eólica e identificados los factores ambientales del entorno en el cual se va a ejecutar el mismo, se procede a la realización de la matriz de identificación de impactos en las fases de construcción (Tabla 1), explotación (Tabla 2) y clausura (Tabla 3), con el fin de clasificar los distintos impactos.

Tabla 1. Matriz de valoración de impactos en la fase de construcción de un parque eólico

		Fase de construcción																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Perioidicidad			
Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo		
Impactos causados sobre medio abiótico	Calidad del aire		X				X				X			X		X		X		X		X				X	X		
	Calidad del suelo		X				X	X			X				X		X	X		X		X				X		X	
	Calidad del medio hídrico		X				X		X		X			X		X		X		X		X				X		X	
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora		X				X				X			X		X		X		X		X			X		X		
	Afección a la fauna		X			X					X			X		X		X		X		X			X			X	
	Generación de ruido		X			X					X			X		X		X		X		X				X	X		
	Afección al paisaje		X			X					X				X	X		X		X		X			X		X		
	Generación de empleo	X									X			X		X		X		X		X			X		X		

Tabla 2. Matriz de valoración de impactos en la fase de explotación de un parque eólico

		Fase de explotación																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Perioidicidad			
		Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo
Impactos causados sobre medio abiótico	Calidad del aire		X				X	X				X			X	X		X		X		X				X	X		
	Calidad del suelo		X												X	X		X		X		X				X		X	
	Calidad del medio hídrico		X												X	X		X		X		X				X		X	
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora		X												X	X		X		X		X			X		X		
	Afección a la fauna		X			X		X			X				X	X		X		X		X				X			
	Generación de ruido		X				X	X				X			X	X		X		X		X			X		X		
	Afección al paisaje		X				X		X			X			X	X		X		X		X			X		X		
	Generación de empleo	X				X		X			X				X	X		X		X				X	X		X		

Tabla 3. Matriz de valoración de impactos en la fase de clausura de un parque eólico

		Fase de clausura																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Perioidicidad			
Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperabl	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo		
Impactos causados sobre medio abiótico	Calidad del aire		X				X	X					X			X		X		X		X			X	X			
	Calidad del suelo	X					X	X					X		X	X		X		X		X			X		X		
	Calidad del medio hídrico	X					X	X					X		X	X		X		X		X			X		X		
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora	X						X						X	X		X		X		X			X		X			
	Afección a la fauna	X					X	X						X	X		X			X	X			X		X			
	Generación de ruido		X				X	X					X		X		X		X		X			X		X			
	Afección al paisaje	X				X			X				X		X	X		X		X				X		X			
	Generación de empleo		X				X	X					X		X	X		X		X				X		X			

5.1.7 Medidas protectoras y correctoras

Una vez identificados y valorados los impactos ambientales producidos por la energía eólica, se describen las medidas correctoras y protectoras que se pueden aplicar con el fin de anular, evitar, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones derivadas del proyecto producen sobre el entorno (Conesa, 2010).

- Medidas de protección de la calidad del aire: con intención de disminuir la cantidad de partículas en suspensión emitidas a la atmósfera se prescribe como medida de protección el riego de las vías de tránsito de maquinaria y vehículos, incidiendo mayormente en la época de verano. Del mismo modo, se restringirá la velocidad máxima de dichas vías a 20 o 30 km/h (Estudio de impacto ambiental, 2011).
- Medidas de protección de suelos: para mitigar este impacto se intentarán aprovechar todos los viales ya existentes y se vigilará que el uso del suelo no sea más del necesario, teniendo especial cuidado con los movimientos de tierra. Con respecto a los posibles vertidos de sustancias, se delimitarán las zonas en las que estos se encuentren, se notificará de inmediato en el caso de que se produzca algún vertido accidental para proceder con las labores de limpieza y se adecuarán las zonas con los materiales necesarios para una posible intervención (Ramos de Plasencia, 2015).
- Medidas de protección del medio hídrico: en el caso de que la instalación se encuentre cerca de zona hídricas, como medida protectora, la instalación de obra se colocará lo más alejada posible de estas y se prestará especial atención al manejo de maquinaria. Además, se incrementarán las medidas de seguridad cuando se trabaje con sustancias como lubricantes y las vías se dotarán de cunetas (Romero, 2004).

Como medida correctora y en el caso de que se hallen sólidos en las aguas de consumo de la población, se construirán balsas de decantación y zanjias drenantes (APREAM, 2017).

- Medidas de protección de la flora: se proponen métodos de ordenación y aprovechamiento racional de tal forma que se controlen y supervisen las zonas utilizadas por la maquinaria, evitando que sea utilizado más del espacio necesario. Además, se plantean medidas contra la erosión y medidas de protección de incendios, prohibiendo la quema de la cubierta vegetal retirada (Conesa, 2010).
- Medidas de protección de la fauna: para la posible mitigación de los daños causados en la fauna avícola, se realizan estudios para evitar posiciones críticas de los aerogeneradores. El motivo de la colisión de las aves sobre la línea eléctrica es porque no la detectan a tiempo durante el vuelo, por lo que una medida para reducir este impacto es colocar marcadores para hacerla más visible. Por otro lado, para mitigar la mortandad por electrocución, se respetan distancias entre conductores y se instalan aisladores suspendidos que alejan los cables de los postes (Talayero & Telmo, 2011).
- Medidas de protección del sosiego público: con respecto al ruido producido por la maquinaria, se le realizará un correcto mantenimiento de forma que cumpla la legislatura en cuanto a niveles de emisión de ruidos. Para mitigar el efecto del ruido producido por los aerogeneradores, se aumentará la distancia en la medida de lo posible y se instalarán amortiguadores de ruido, siempre que no perturben al parque eólico. Además, los aerogeneradores cuentan con sistemas de control propios para disminuir el nivel sonoro cuando es necesario (Talayero & Telmo, 2011).
- Medidas de protección del medio perceptual: al aumentar el número de aerogeneradores en un parque eólico, el impacto visual puede ser mitigado con una correcta densidad de los mismos, respetando una distancia prudencial entre ellos y manteniendo las construcciones necesarias acordes con el entorno o mediante la implantación de pantallas vegetales. Otra medida es la realización de estudios de impacto visual, con el fin de analizar la visibilidad del parque eólico desde diferentes puntos para lograr el mejor fondo escénico, manteniendo así los paisajes de interés paisajístico o de reposo. Para ello, se disminuye el

tamaño de las máquinas o aumenta la distancia de instalación del punto crítico. Además, se considera cómo va a incidir el sol sobre los aerogeneradores para, por un lado, elegir el color y pintura adecuada y por otro, evitar la proyección de la sombra de los aerogeneradores sobre lugares habitados, realizándose la estimación mediante programas específicos de forma que no se instalen aerogeneradores cuya sombra sobre un edificio habitado supere un umbral de horas determinado. Con respecto a la pintura, se seleccionará un color más claro para las palas de las turbinas situadas en lugares menos soleados y al contrario para lugares con más horas solares, además de la elección del color de la torre entre verde o marrón (Talayero & Telmo, 2011).

- Medidas de protección del medio socioeconómico: además de los acuerdos económicos e indemnizaciones, se señalizarán y controlarán las obras con el fin de causar el menor daño posible a los propietarios, además de que se procurará la limpieza de las carreteras para seguridad de los usuarios, se evitará el paso de vehículos en la medida de lo posible por núcleos urbanos y se realizarán indemnizaciones a los afectados directamente por el parque eólico y sus servidumbres (Estudio de impacto ambiental, 2011).

5.1.8 Medidas compensatorias

Del mismo modo y con la misma finalidad que las medidas anteriores, se describen las medidas compensatorias de impactos irreversibles e inevitables, que no evitan la aparición del efecto, pero contrapesan la acción del factor (Conesa, 2010).

Con respecto al impacto generado en los suelos, la adecuación de suelos previa al extendido de tierra vegetal con el fin de la restauración de la cubierta vegetal es una posible medida compensatoria, además de la vigilancia de las vías de accesibilidad, de tal forma que no se generen otros caminos produciendo nuevos impactos.

Como medida compensatoria en el medio paisajístico se propone la restauración del terreno, y en cuanto a la avifauna, existen medidas de inversión económicas para la recuperación de la fauna.

5.2. Energía hidráulica

La energía hidráulica es aprovechada desde la antigüedad para diferentes usos. Se produce por el movimiento del agua y se obtiene a partir del aprovechamiento de la energía cinética y potencial de las corrientes, las mareas o los saltos de agua.

Para conseguir esa energía existen diferentes formas las cuales no ven afectada su producción por la sequía, como es el caso de las energías del mar. Según el aprovechamiento energético, se clasifican en los siguientes grupos: energías de las corrientes (aprovecha la energía cinética contenida en las corrientes marinas), energía undimotriz (aprovecha la energía del oleaje marino), energía mareomotriz (aprovecha la energía producida por el ascenso y descenso del mar debido a la acción gravitatoria) y energía maremotérmica (aprovecha la energía térmica del mar) (IDAE, 2021a).

En el caso de las centrales hidroeléctricas, para que conviertan la energía cinética y potencial en energía eléctrica se hace circular un caudal de agua por un circuito hidráulico que salva el desnivel entre dos puntos, transformando la energía potencial en cinética, posteriormente en mecánica y finalmente, transformándola en energía eléctrica. El rendimiento global del proceso es bastante alto, llegando a alcanzar el 95%, aprovechándose prácticamente toda la energía potencial del agua (Iberdrola, 2021a).

Su clasificación depende de la capacidad de producción, el salto efectivo de agua y las condiciones de emplazamiento. Dentro de la primera clasificación, las dividimos en centrales minihidráulicas, cuando la potencia que producen es menor a 5MW, o centrales hidroeléctricas convencionales, si es mayor de 5MW. En el caso de las primeras, pueden generar más costes, ser menos seguras en el suministro de electricidad o comportarse de modo similar a otras fuentes de energías renovables con respecto a su integración en el conjunto de la red de suministro. Sin embargo, en el caso de las segundas, el impacto ambiental producido por ellas puede ser determinante debido a las extensiones de terreno que pueden desaparecer. Con respecto a la clasificación dependiendo el salto efectivo, se dividen en elevado, bajo o intermedio, en función de si supera o no los 100 metros de altura, lo cual influirá en el coste de obra a realizar y tuberías a utilizar. Por último, dependiendo de las

condiciones de emplazamiento, se clasificarán en centrales de agua fluyente, de embalse o de bombeo (González, 2012).

Del mismo modo, otra forma de clasificarlas sería atendiendo a su funcionalidad.

- Centrales de agua fluyente o canal de derivación: el funcionamiento de la central se adapta totalmente al régimen de caudales que discurre por el río, sin alterarlo y tienen un funcionamiento tanto continuo como variable (Figura 9).

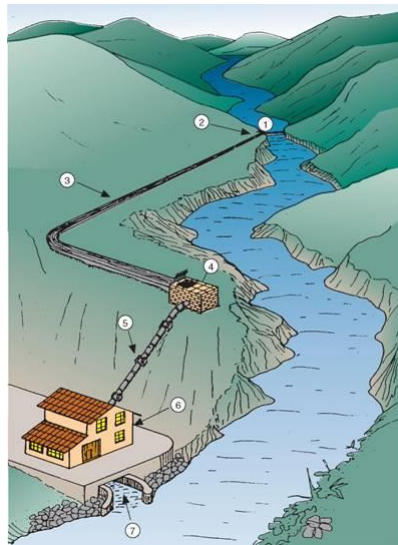


Figura 9. Central hidroeléctrica de agua fluyente o canal de derivación

Fuente: (Soria, 2007)

- Centrales de embalse o regulación: al contrario de las anteriores, es posible almacenar agua y regular su funcionamiento dependiendo de las necesidades de la demanda (Figura 10).

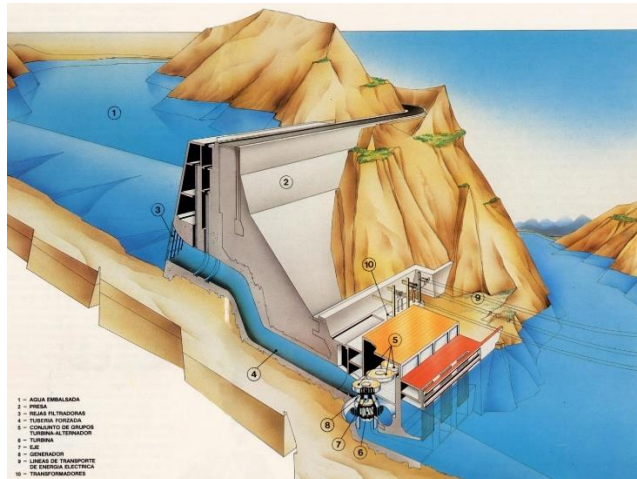


Figura 10. Central hidroeléctrica de embalse o regulación

Fuente: (Ecovive, 2010)

- Centrales reversibles o de bombeo: además de generar energía, pueden realizar el proceso de forma invertida, siendo la energía eléctrica transformada en energía potencial (Figura 11) (Iberdrola, 2021a).

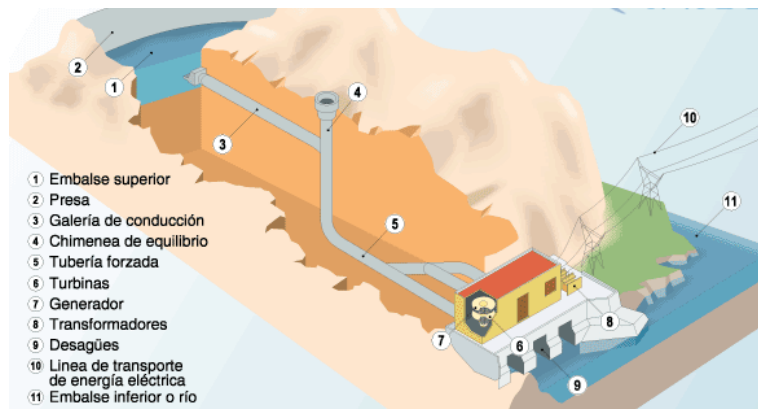


Figura 11. Central hidroeléctrica reversible o de bombeo

Fuente: (Ecovive, 2010)

A pesar de las ventajas que pueden aportar las instalaciones hidroeléctricas como la gran duración de vida útil de las instalaciones o el fácil funcionamiento controlado de las turbinas hidroeléctricas, también tienen una serie de inconvenientes. Entre ellos destacan los impactos medioambientales los cuales serán estudiados posteriormente, como, por ejemplo, el gran impacto en la fauna biótica o en el terreno, ya que los embalses lo hacen desaparecer por inundación. Asimismo, la productividad se puede ver afectada, ya que es dependiente de las condiciones meteorológicas y niveles de sequía, además del gran coste de inversión requerido debido a la gran obra

civil, como puede consistir en la desviación del caudal de un río, construcción del dique de contención de la presa, edificación de la central o gasto en equipamientos entre otros, aunque este inconveniente es compensado por la duración prolongada (González, 2012).

La energía hidráulica ha sido usada desde la antigüedad, tanto en norias y molinos, como en la minería o herrería, pero no es hasta inicios de la revolución industrial que se comienza a aprovechar para la producción eléctrica. Durante el paso de los años, las tecnologías de producción se han ido desarrollando y mejorando con el fin de optimizar el rendimiento. Tanto histórica como actualmente, ha desarrollado un papel principal en la estructura de generación eléctrica en España, destacando en el Plan de fomento de Energías Renovables 2000- 2010, como la energía cuantitativamente más importante desde el punto de vista de producción eléctrica con energías renovables, generando más del 90%, debido a la puesta en marcha de casi 500 nuevas minicentrales hidroeléctricas, siendo Cataluña la comunidad con mayor número de centrales y producción y Castilla y León la comunidad con mayor potencia instalada. En cuanto a los objetivos futuros recogidos en dicho plan, no se prevé un aumento para la energía hidráulica, pero si para la minihidráulica, donde se espera aumentar la potencia cerca de un 50%. Además, en el aspecto medioambiental, hace necesario el establecimiento de un programa de vigilancia ambiental con el fin de garantizar el control de las medidas correctoras y detectar posibles impactos residuales (IDAE, 1999).

A pesar de constituir una de las principales fuentes de energía por sus elevados beneficios, en el Plan de Energías Renovables 2005-2010 se verifica que, aunque la evolución producida ha sido favorable, no se logran alcanzar los objetivos propuestos por el plan anterior, y su producción empieza a disminuir teniendo un avance más lento. Es por ello que se realiza una revisión, con el fin de potenciar el ritmo de crecimiento, previendo instalar 365 nuevos MW, diferenciando entre centrales hidroeléctricas y minicentrales. Del mismo modo, se hace mención a los aspectos medioambientales, ya que, aun tratándose del sistema energético con menores repercusiones o impactos ambientales, estos adquirirán mayor o menor relevancia dependiendo del tamaño de la central, su situación geográfica y su entorno físico, biológico y climático. También se tendrá en cuenta que las alteraciones más graves

serán producidas generalmente durante la fase de construcción, por lo que se reafirma la necesidad de un estudio de impacto ambiental (IDAE, 2005).

Durante los siguientes años se destaca España en el área hidroeléctrica, ocupando dentro de la Unión Europea la tercera posición en cuanto a potencia minihidráulica instalada, y es en 2009 cuando, a pesar de haber sido la principal fuente de energía renovable durante muchos años, se convierte en la segunda siendo superada por la eólica, debido a la continua disminución de aportación de energía a la producción total de la electricidad, como se puede ver a continuación en la Figura 12.

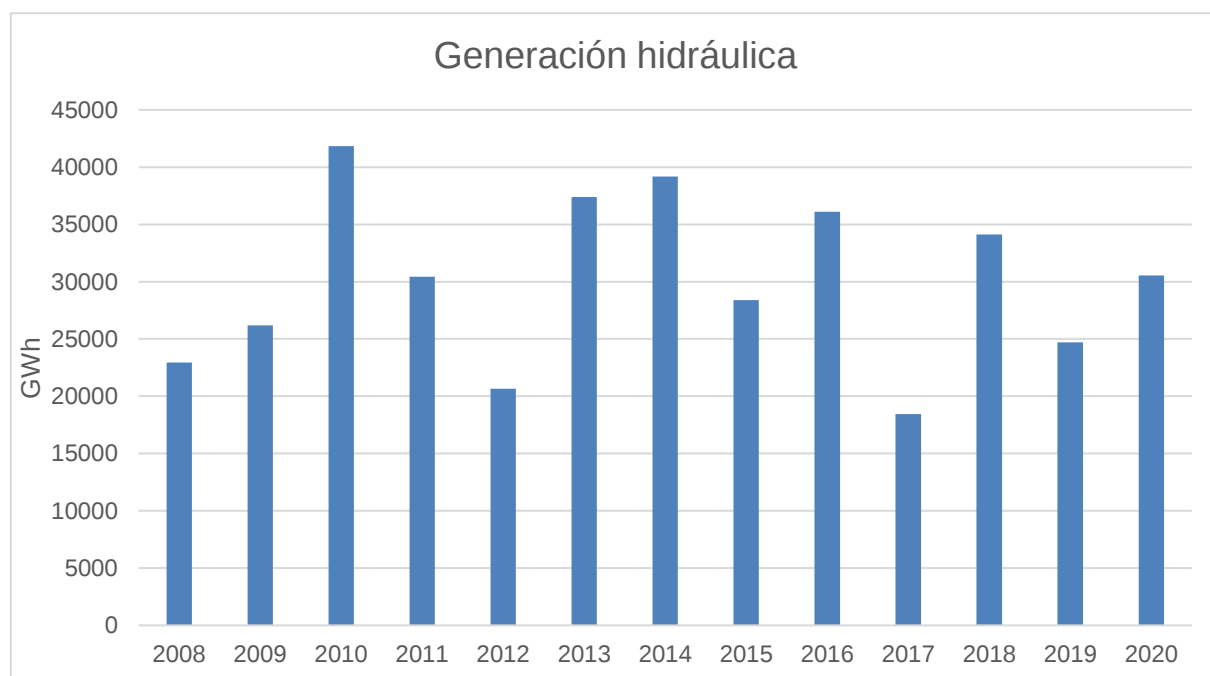


Figura 12: Generación de energía hidráulica en España 2008-2020

Fuente: (REE, 2021a)

Aun así, sigue siendo una de las más productivas, representando el 90% de la potencia hidroeléctrica total instalada, siendo Cataluña, Castilla y León y Galicia las comunidades autónomas con mayor potencia instalada por ser los territorios con mayores recursos hidroeléctricos, aportando más de 17000MW de potencia instalada a finales de 2019 y representando el 15.5% de potencia nacional instalada (REE, 2019)

Asimismo, dadas las ventajas proporcionadas por este recurso, se generan una serie de propuestas con fin de facilitar la implantación de nuevas instalaciones y de alcanzar un crecimiento anual previsto de 70W, pretendiendo que en 2020 se cubran como mínimo el 20% del consumo final bruto de energía en línea (IDAE, 2011b).

En cuanto a nivel mundial, en 2019 se generó mediante energía hidroeléctrica, alrededor del 60% de toda la electricidad renovable y se alcanzó más de 1000 GW, siendo cerca de 260 GW del total representado por la Unión Europea y esperando a su vez, que en 2050 crezca alrededor del 60% (IHA, 2020).

Con respecto a los objetivos futuros para 2030, en el PNIEC se prevé una potencia total instalada en el sector eléctrico de 157GW donde 16GW serán correspondientes a la energía hidráulica, aunque se trata de una cifra variable ya que la distribución por tecnología renovable dependerá de los costes de cada una y la viabilidad y flexibilidad de implantación. Además, se propone la optimización de este recurso y el desarrollo de sistemas de almacenamiento de las tecnologías de bombeo hidráulico (IDAE, 2021c).

5.2.1 Identificación y clasificación de impactos ambientales

El impacto medioambiental producido por las centrales hidroeléctricas estará condicionado por el entorno donde se vaya a realizar y funcionar y variará en cada caso particular.

Como se ha mencionado en el apartado anterior, las alteraciones más acusadas se suelen producir durante la fase de construcción (pérdida de suelos, destrucción de vegetación, efectos sobre la calidad del agua, alteraciones paisajísticas...), por lo que es donde más se debe incidir para mitigar los impactos, seguidas por las alteraciones producidas en la fase de explotación, aunque estas serán de mucha menor importancia (Sanz, 2016).

La explotación de los recursos hidroeléctricos origina efectos hidrológicos, ecológicos y sociales, los cuales son diferentes dependiendo del tipo de central que se trate y serán estudiados a continuación en las diferentes fases. Los efectos hidrológicos generados en las centrales de agua fluyente o canales de derivación

suelen ser menores que los de un gran embalse. No obstante, los canales de derivación pueden dar lugar a cambios en los niveles de agua subterránea, lo cual puede causar a su vez otros efectos negativos como por ejemplo en la fauna. En el caso de los efectos ecológicos, generalmente se consideran prácticamente irreversibles y dan lugar a efectos perdurables desde el proceso de construcción, como puede ser el movimiento de tierras y desaparición de terreno. Por último, los efectos sociales pueden ser consecuencia del cambio en el uso del territorio en el área afectada (González, 2012).

5.2.2 Impactos ambientales en la fase de construcción

Factores abióticos

- Geología y geomorfología: durante la fase de construcción, las obras de modificación del vial de acceso afectan de carácter definitivo a la superficie del terreno. Además, debido a las explanaciones realizadas durante la obra para la construcción de las instalaciones de la central, entre otras, se generan de manera temporal movimientos de tierra y excavaciones (ya que distintas partes de la obra se proyectan semienterradas o subterráneas para la generación de canales o instalación de tuberías) produciendo también cambios de relieve.

El aumento de riesgo geológico natural es posible a causa de las propiedades mecánicas del terreno, como posibles deslizamientos o desprendimientos con motivo de las excavaciones durante esta fase. Por todo ello, se considera un impacto negativo, simple, puntual, directo, permanente, a corto plazo, irreversible y recuperable, valorado como compatible (Iberdrola, 2007b).

- Edafología: en este factor se pueden distinguir distintas alteraciones como la eliminación, compactación, degradación y disminución de la calidad del suelo, así como la posibilidad de contaminación por posibles fugas o vertidos accidentales de sustancias nocivas, tratándose este último como un impacto compatible, puesto que será evitable con medidas preventivas o restaurado mediante medidas correctoras (Roselló, 2015).

Durante las excavaciones producidas en la fase de obra se produce una pérdida de suelo fértil, cuando los materiales son sustituidos por materiales artificiales, y generalmente las zonas más afectadas serán la vía de acceso y la zona de implantación de la central, así como las zonas usadas como canteras o escombreras, usadas como depósito de excedentes.

La afección de este impacto dependerá de la zona en la que se realice la obra y la cobertura vegetal sobre el terreno, pero generalmente se considera negativo, directo, puntual, sinérgico, permanente, a largo plazo, irreversible y recuperable, valorándose como compatible (Iberdrola, 2007a).

- Medio hídrico: el impacto producido en este medio es uno de los más fuertes puesto que se trata de un ecosistema extremadamente frágil, ya que su alteración afecta directamente tanto a su calidad como a la población piscícola. La afección se puede dividir dependiendo las zonas en las que se produzca. En aguas arriba, donde se depositarán los materiales transportados en suspensión, debido a la disminución de velocidad del flujo, pudiendo afectar a la capa freática, aguas abajo, donde el curso del agua tendrá una mayor capacidad erosiva, y en el tramo donde se construye la minicentral (IDAE, 2006a).

Los aportes de sólidos en suspensión al curso del río se originan por la realización de movimientos de tierras asociados a esta fase, así como posibles vertidos de sustancias contaminantes, aunque con las correctas medidas cautelares de aislamiento, el impacto será muy bajo y valorado como compatible.

También se puede producir un impacto en la hidrología superficial por cambiar el curso del río o por la construcción del azud, originando la interrupción de la red de drenaje natural, y será clasificado como significativo o no significativo dependiendo de las dimensiones de la obra

y de si los elementos que producen estas alteraciones se ejecutan en subterráneo o no (Roselló, 2015).

Del mismo modo, dependiendo del tipo de terreno y los materiales sobre los que se realizarán las excavaciones de obra, la afección del medio hídrico subterráneo será mayor o menor (Iberdrola, 2007a).

- Aire: durante las tareas de construcción como excavaciones, movimientos de tierras en la creación de los viales de acceso, extracción de materiales y movimientos de vehículos y maquinaria, se provocará la alteración de calidad del aire por un aumento de partículas en suspensión y contaminantes atmosféricos. Este impacto será de carácter temporal, ya que al finalizar la fase de construcción cesarán los efectos, por lo que se clasifica como negativo, directo, temporal, a corto plazo, siendo finalmente compatible (Iberdrola, 2007b).

Factores bióticos

- Flora: los movimientos de tierra, excavaciones y el desbroce que se produce en las labores de construcción sobre los lugares por donde se trazan los caminos y vías de acceso afecta de forma directa a este factor, así como el tráfico de vehículos, ya que tras su paso el suelo se verá compactado, lo que dificultará en el futuro el crecimiento de plantas en ese espacio. Del mismo modo, el uso de maquinaria en las obras de construcción necesarias para la creación de la línea eléctrica con la central y de instalaciones provisionales supondrán también una afección de la flora debido al despeje que conlleva (Roselló, 2015).

Por causa de la construcción de azudes, presas y canales, la cubierta vegetal se verá afectada por el remanso de aguas arriba que la presa produce además del desbroce necesario y de la inundación de márgenes, aparte de originar cambios en los tipos y la estructura de las comunidades ripícolas por la modificación del flujo de caudal, aguas debajo de la central (IDAE, 2006a).

También puede afectar de forma negativa el riesgo de incendios, mayormente producido durante esta fase por la gran afluencia de personal, aunque se considerará no significativo al aplicarse las normas de seguridad (Iberdrola, 2007a).

- Fauna: en este factor cabe distinguir entre la fauna piscícola, terrestre y avícola. La primera de estas se trata de la más afectada por la construcción de presas, azudes o ataguías, que producen cambios en las condiciones de su hábitat y origina un efecto barrera sobre las migraciones de peces que remontan los ríos para desovar. Además, los movimientos de tierra pueden originar arrastre de materiales de la capa edáfica, repercutiendo en el cambio de la turbidez del agua, sus condiciones físico- químicas y una posible contaminación, que también puede ser producida por algún vertido accidental (Iberdrola, 2007b).

Con respecto a la fauna terrestre, tanto la creación de la presa o azud como las tareas de preparación del terreno, que harán desaparecer gran parte de la cobertura vegetal, tanto por desbroce como inundación, generarán la pérdida del hábitat de estas especies, siendo más significativo en los lugares donde la vegetación es más densa, y dificultando su movilidad al cruzar la superficie de agua embalsada. El ruido también afectará modificando el comportamiento y rutinas de estas especies en las zonas cercanas.

Por último, el ruido producido por las obras y explosivos afectará a las aves que realicen la nidificación en el entorno (IDAE, 2006a).

Sosiego público:

Este factor se ve afectado por las molestias generadas al aumentar los niveles sonoros durante los procesos de obra. Estos pueden ser, excavaciones y transporte de maquinaria y vehículos, o, si algunos tramos de la ejecución de la obra se realizan de manera subterránea, el uso de explosivos. Aun así, las actuaciones llevadas a cabo en esta fase tienen un impacto de carácter temporal, puntual y reversible, y finalizan una vez terminada la fase.

De igual modo en las zonas de canteras o escombreras la circulación de vehículos y maquinaria de recepción de los excedentes aumenta dichos niveles de ruido, aunque estas zonas no se suelen encontrar próximas a núcleos urbanos, por lo que es considerado un impacto compatible (Iberdrola, 2007b).

Medio perceptual:

El impacto de este factor vendrá determinado por la desaparición de los elementos que caracterizan la zona y aparición de elementos no integrados en el paisaje, como puede ser la maquinaria para la realización de la obra, por lo que se tratará de un impacto moderado y reversible (IDAE, 2006a).

Medio socioeconómico:

Durante esta fase, los impactos económicos producirán un efecto positivo de carácter temporal por la generación de empleo, tanto de forma directa como indirecta. Sin embargo, la pérdida de productividad de los suelos sería una posible afección, aunque generalmente se trata de un impacto no significativo.

Por otro lado, los las barreras sociales representan un riesgo en el desarrollo de este tipo de proyectos al generar el desplazamiento de la población debido a la necesidad de inundar los terrenos para almacenar el agua que posteriormente será utilizada en la generación de energía (Osorio, 2017).

5.2.3 Impactos ambientales en la fase de explotación

Factores abióticos:

- Geología y geomorfología: durante esta fase los impactos generados serán no significativos ya que la estructura del suelo no se verá modificada y el riesgo de procesos erosivos será prácticamente nulo una vez finalizada la fase anterior (Jiménez, 2017).
- Edafología: las alteraciones serán menores que en la fase anterior, siendo los principales impactos producidos por el riesgo de contaminación de suelos debido al vertido accidental de sustancias nocivas, además del

tránsito de vehículos para las tareas de mantenimiento durante el funcionamiento de la central o posibles inundaciones de suelos.

- Medio hídrico: durante esta fase los impactos pueden afectar a la alteración de régimen de caudales, ya que ciertos tramos pueden ser susceptibles de alguna modificación del caudal circulante. Además, la calidad del agua se puede ver perjudicada por sedimentos o partículas orgánicas por la erosión de los márgenes, por embalsamiento o por vertidos accidentales como aceite usado en los distintos equipos de la central, aunque se tratará de un impacto compatible debido a las medidas para evitar dicha contaminación (Iberdrola, 2007b)
- Aire: durante la fase de funcionamiento la única emisión de gases será debida a los vehículos dedicados a las tareas de mantenimiento.

Factores bióticos:

- Flora: una vez cesadas las tareas de la fase de construcción solo se verán afectadas las vías de acceso por el tránsito de vehículos o por la posible modificación de la carretera, produciendo degradación vegetal, por lo que se tratará de un impacto compatible, ya que no se realiza ninguna nueva acción de eliminación o desbroce de la vegetación.
- Fauna: durante la fase de explotación, las alteraciones del hábitat tendrán distinto efecto según el tipo de fauna, siendo la fauna acuática más afectada, ya que tanto la fauna terrestre como la avícola se pueden desplazar hacia otras zonas. Aun así, en el caso de la fauna terrestre, los animales pequeños pueden caer al agua y ser arrastrados por la corriente, y en el caso de la fauna acuática, los peces pueden entrar por el canal y ser absorbidos por la turbina. Además, el efecto barrera también afecta a las especies piscícolas migradoras por la presa o la detención de caudales.

Por último, el tendido eléctrico conectado desde la central a la red eléctrica producirá un aumento de mortandad por electrocución de la fauna avícola de la zona (Roselló, 2015).

Sosiego público:

El principal impacto durante esta fase se trata de la contaminación acústica generada por la turbina y alternador de la central o por la circulación de vehículos.

Medio perceptual:

La evaluación del impacto visual es dependiente de la percepción por parte de las personas, lo que hace que se trate de un proceso subjetivo, y además, el impacto generado puede variar en función del área ocupada y del tamaño de la central, presa e instalaciones de los alrededores. Del mismo modo, la presencia de la línea eléctrica también genera un impacto visual, ya que por las zonas que transcurra el tendido eléctrico no crecerá la vegetación.

Medio socioeconómico:

Durante la fase de explotación, cabe destacar los efectos positivos sobre la población, como son la generación de nuevos empleos para el mantenimiento y seguimiento de las instalaciones, la posible creación de caminos peatonales y espacios verdes para el disfrute de la población o instalación de paneles explicativos de tal forma que se fomente la cultura (Jiménez, 2017).

5.2.4 Impactos ambientales en la fase de clausura

La fase de clausura ocurre al terminar la fase de explotación de la central y puede incluir el desmantelamiento y cierre de la central o la demolición total de todas las estructuras, dependiendo de las condiciones morfológicas del área donde se encuentra ubicada, de lo benéfico de la demolición o los efectos adversos que pueda causar en el medio hídrico (EPM Ituango, 2011).

Factores abióticos:

- Geología y geomorfología: las obras realizadas durante esta fase harán que la estructura del suelo se vea modificada y se puede producir tanto el riesgo de procesos erosivos como deslizamientos o desprendimientos,

siendo la demolición total la que más gravemente repercutirá en este factor.

- Edafología: tanto en el desmantelamiento de la central como en la demolición, el paso de los vehículos utilizados origina un efecto, que en el caso de utilizar las mismas vías que en la fase de construcción, puede considerarse despreciable. Sin embargo, las zonas usadas como escombreras o canteras serán las más afectadas.
- Medio hídrico: al igual que ocurre en la fase de construcción, se tratará de un impacto negativo, ya que el agua se puede ver contaminada por materiales y sólidos originados por el movimiento de tierras y las obras, del mismo modo que puede ocurrir con posibles vertidos contaminantes. De igual modo, se tratará de un impacto positivo al restituir el caudal natural del río (Roselló, 2015).
- Aire: tanto en el caso de desmantelamiento y cierre de la central, como en la demolición total, el impacto producido será igual que en la fase de construcción, ya que la afección será dada por el paso de vehículos y maquinaria necesaria para ello. Por tanto, el impacto será temporal, de actuación local y reversible, ya que, al terminar el proceso, también lo hará el impacto, variando únicamente el grado de afección en cada caso.

Factores bióticos:

- Flora: a pesar de los impactos negativos que se puedan producir por las obras realizadas, se clasifica como un impacto positivo al preverse la restauración de vegetación y recuperación del medio.
- Fauna: las obras de desmantelamiento afectarán negativamente a los tres tipos de fauna descritos en las fases anteriores. Aun así, es considerado no significativo, ya que una vez finalizadas, el impacto generado será positivo. En el caso de la fauna piscícola, será al cesar la contaminación del agua y recuperar el cauce natural del río. En la fauna terrestre al cesar la modificación del entorno, a largo plazo se recuperará el hábitat de algunas especies y en la fauna avícola será positivo al retirar el tendido eléctrico, ya que desaparecerá el riesgo por colisión.

Sosiego público:

Este factor se verá afectado del mismo modo que en la fase de construcción, tanto por la emisión de partículas al aire como por el incremento de ruidos debido a las obras y en las zonas de canteras y escombreras. Del mismo modo, una vez finalizada esta fase el impacto cesará, siendo por lo tanto temporal y reversible.

Medio perceptual:

Al igual que ocurre en el factor anterior, durante la fase de obras repercutirá negativamente, pero una vez finalizadas se tratará de un impacto positivo ya que se tratará de volver a la situación inicial con una correcta restauración ambiental, siendo en las zonas de depósito de materiales donde se debe hacer un mayor énfasis debido a la transformación morfológica que sufrieron los suelos por el proceso (EPM Ituango, 2011).

Medio socioeconómico:

El impacto será similar al de la fase de construcción, y aunque sea positivo debido a la dinamización económica producida por la generación de empleo, al finalizar dicha fase desaparecerán todos los empleos generados, tratándose por ende de un impacto negativo, al contrario de lo que ocurre en las fases anteriores.

5.2.5 Matriz de impactos

Para la realización de las matrices se tendrán en cuenta todos los impactos descritos anteriormente en las diferentes fases. En la matriz de impactos en la fase de construcción (Tabla 4), con respecto a la fauna, se centra en la fauna acuática ya que será la más afectada. En el caso de la matriz de impactos en la fase de explotación (Tabla 5), con respecto a los impactos generados en el medio hídrico, se diferenciará entre la calidad de agua y detracción de caudales. Por último, dado que muchos de los impactos generados en la fase de clausura (Tabla 6) son similares a los de la fase de construcción o fase de explotación, se clasifican los más destacados y no repetitivos.

Tabla 4. Matriz de valoración de impactos en la fase de construcción de una central hidráulica

		Fase de construcción																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Perioidicidad			
Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperabl	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo		
Impactos causados sobre medio abiótico	Calidad del aire		X				X		X				X			X			X				X		X				
	Afectación a la geología		X				X	X					X			X	X		X			X			X				
	Afectación a la edafología		X				X	X					X			X	X		X			X					X		
	Calidad del medio hídrico		X			X		X					X			X			X				X			X	X		
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora		X				X	X					X			X			X		X			X		X			
	Afección a la fauna		X			X		X	X				X			X			X		X			X			X		
	Generación de ruido		X				X		X				X			X			X		X				X				
	Afección al paisaje		X			X			X				X			X			X		X			X		X			
	Generación de empleo	X							X				X			X			X		X					X			

Tabla 5. Matriz de valoración de impactos en la fase de explotación de una central hidráulica

		Fase de explotación																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Perioidicidad			
		Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo
Impactos causados sobre medio abiótico	Afectación a la edafología		X				X	X				X			X		X		X			X	X				X		
	Afección a la calidad del agua		X				X		X			X				X	X		X		X		X			X		X	
	Detracción de caudales		X				X	X				X				X	X		X		X		X			X		X	
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora		X				X	X				X			X		X		X		X		X				X		
	Afección a la fauna		X			X		X				X			X		X		X			X			X			X	
	Generación de ruido		X				X		X			X			X		X		X		X		X			X		X	
	Afección al paisaje		X				X		X			X				X	X		X		X		X			X		X	
	Generación de empleo	X				X			X			X				X	X		X			X	X			X		X	

Tabla 6. Matriz de valoración de impactos en la fase de clausura de una central hidráulica

		Fase de clausura																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Perioidicidad			
Impactos causados sobre medio abiótico	Rehabilitación de espacio	Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo
		X				X		X				X				X	X		X		X		X					X	
	Generación de residuos		X				X	X				X			X		X		X		X		X					X	
	Generación de empleo		X				X		X			X				X		X	X			X	X				X		
	Riesgo de accidente		X				X	X				X			X		X		X		X		X				X		X

5.2.6 Medidas preventivas y correctoras

A continuación, se describen medidas, enfocadas en la fase de construcción y explotación, con el fin de minimizar y corregir los efectos adversos

- Medidas de protección en la geología y edafología: con el fin de evitar los cambios de relieve, la erosión o sedimentación y contaminación de suelos, se siguen medidas como realizar sondeos previos para determinar las características de los suelos, así como se aprovecharán las vías ya existentes con, además, una correcta señalización y velocidad limitada. Las tareas de mantenimiento de equipos y maquinaria se realizarán en instalaciones adecuadas para ello retiradas de la zona de obra, con el fin de controlar las posibles fugas o vertidos accidentales. Igualmente, se propondrán lugares con la menor pendiente posible y dotados de solera impermeable para el depósito de excedentes (Jiménez, 2017).
- Medidas de protección del medio hídrico: como medida protectora no se localizarán zonas de almacenamiento de materiales y sustancias cerca del cauce (Iberdrola, 2007a), se realizará el mantenimiento de caudales ecológicos y de servidumbre y se restituirá al cauce el agua utilizada de carácter doméstico generada en las instalaciones de obra tras el adecuado tratamiento. También se impedirá que se produzcan vertidos al río, se controlará el aporte de sedimentos y nutrientes del embalse y se instalarán pasos de peces en la presa o azud, con el fin de romper la discontinuidad que se introduce en el río (IDAE, 2006a). Además, se contemplará la necesidad de realizar controles periódicos de la calidad de las aguas.
- Medidas de protección de la calidad del aire: para disminuir la suspensión de partículas se procederá al riego de caminos y se dictarán normas de circulación tanto en áreas urbanas como en caminos no asfaltados, cubriendo el material transportado con una lona para evitar la emisión de polvo. Se minimizará el levantamiento de polvo en las operaciones de voladuras controladas y se realizarán revisiones periódicas de la maquinaria utilizada con el fin de reducir las emisiones contaminantes (Iberdrola, 2006).

- Medidas de protección de la flora: como medida protectora se reducirán lo máximo posible las zonas en las que se realizarán los movimientos de tierras y como medidas correctoras se identificarán y valorarán las comunidades vegetales con el fin de prever cuáles se verán más afectadas para proceder a su protección o reposición de las zonas afectadas con especies autóctonas (IDAE, 2006a).
- Medidas de protección de la fauna: aunque muchas de las medidas aplicadas usadas sobre la flora o medio hídrico repercuten favorablemente, se realizarán estudios faunísticos y seguimientos para tomar medidas que minimicen otras molestias como ruidos (Iberdrola, 2007b).

Con objeto de evitar atropellos sobre la fauna se limitará la velocidad de los vehículos y se instalará un cerramiento perimetral combinado con pasos de fauna, al igual que se construirán escalas de peces (Jiménez, 2017). Con respecto a la fauna avícola se diseñarán apoyos e instalaciones salva pájaros (IDAE, 2006a).

- Medidas de protección del sosiego público: para minimizar los efectos sobre este factor se realizarán las obras en el menor tiempo posibles y se realizarán horarios de trabajo con el fin de generar las mínimas molestias posibles. Se realizarán revisiones periódicas de la maquinaria y se limitará la velocidad de los vehículos (Jiménez, 2017).
- Medidas de protección del medio perceptual: con el fin de mitigar los impactos se elegirán materiales acordes con las construcciones previas de la zona si las hubiera y plantaciones para ocultar estructuras discordantes, se evitará el desplazamiento de vehículos o materiales fuera de las zonas establecidas y se llevarán a cabo medidas de restauración de vegetación y acondicionamiento paisajístico en las zonas afectadas por las obras (Iberdrola, 2007a).
- Medidas de protección del medio socioeconómico: las medidas relativas a minimizar los impactos sobre la población o su economía serán realizar las obras en el menor tiempo posible, realizar la adecuada señalización

de los viales y rehabilitar los daños que se hayan ocasionado durante las fases de construcción y explotación (Iberdrola, 2007a).

5.2.7 Medidas compensatorias

Además de las medidas anteriores, con el fin de suponer una mejora adicional se proponen las siguientes medidas compensatorias. Se restaurarán las zonas utilizadas para los excedentes de la obra recubriendo los materiales gruesos de las escombreras y cubriéndolos con suelos orgánicos o plantas, realizando así un acondicionamiento paisajístico. De igual modo, para mejorar la calidad del paisaje, se retirarán las instalaciones que no se usen una vez finalizadas las obras (Iberdrola, 2007b).

5.3. Energía solar fotovoltaica

La energía solar se trata del aprovechamiento de la energía que proviene del sol y siempre ha sido imprescindible para el desarrollo de la vida. Es una de las energías renovables que tiene un mayor potencial de aprovechamiento existiendo tres tipos principales: energía solar térmica (produce calor), energía solar fotovoltaica y termoeléctrica (produce electricidad) (Jarauta, 2010).

Como se ha dicho anteriormente, la energía solar fotovoltaica se utiliza para generar electricidad a través de los paneles solares fotovoltaicos. Dichos paneles se componen de células fotovoltaicas, las cuales, gracias a su material, permiten transformar directamente la energía de parte de los fotones de la luz en electricidad (González, 2012).

Con respecto a su evolución a lo largo de los años no es hasta finales de siglo XIX que aparece la energía solar fotovoltaica en la historia y es a mitad del siglo XX cuando se comienza a utilizar para generar energía eléctrica en la producción de paneles fotovoltaicos para aplicaciones espaciales (Planas, 2015).

A pesar del abandono de su uso por la aparición de los combustibles fósiles, a finales de siglo XX comienza a destacar con 8.6 MWp de potencia instalada, resaltando las instalaciones de pequeño consumo, dedicadas a satisfacer pequeños sectores domésticos y agrícolas, estimándose para 2010 que se alcance la potencia

a instalar de 135000 kWp entre instalaciones aisladas e instalaciones conectadas a la red (IDAE, 1999).

En el siguiente plan, a pesar de existir gran incertidumbre sobre la probabilidad de alcanzar los MW instalados objetivos, destaca nuevo objetivo de esta energía para superar las principales barreras de carácter económico. Por ello, se identifica un nuevo objetivo de incremento de potencia fotovoltaica de 363 MWp para 2010, superándose el 85% de éste en 2007 (IDAE, 2005).

La energía solar fotovoltaica experimenta un crecimiento exponencial con el paso de los años, con el propósito de asumir los retos en materia de generación de energía que se van presentando. A nivel mundial, la potencia acumulada a finales de 2010 es de 40000 MW, de los cuales un 72% son de la Unión Europea y más del 52% del total mundial de España y Alemania. Es por ello que España se sitúa como el segundo país a nivel mundial en potencia instalada, alcanzando 3.787 MW y para mantener el crecimiento, el principal objetivo es mejorar la eficiencia de los módulos, que provocará una disminución de la superficie necesaria para las instalaciones, y desarrollar nuevos materiales que reduzcan los costes de producción de energía eléctrica con la tecnología fotovoltaica (IDAE, 2011b).

También es cierto que en los últimos años las energías renovables que sobresaltan son la eólica e hidroeléctrica, como se ha comentado en puntos anteriores, ya que en 2017 la energía solar fotovoltaica solo representó el 7% de la producción eléctrica renovable, junto con la solar termoeléctrica y biomasa. Aun así, como se puede ver en la Figura 13, sigue una tendencia creciente de casi el doble en la evolución de potencia instalada, siendo en 2015, 4854 MW y en el año 2020, 8409 MW (IDAE, 2021c).

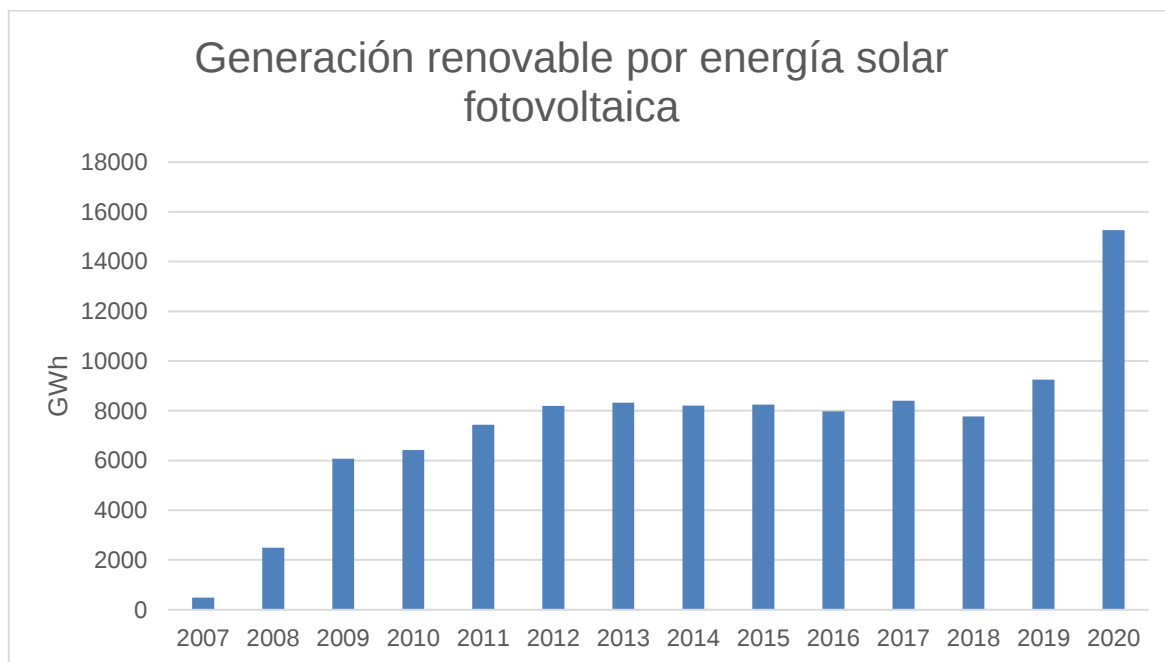


Figura 13. Generación de energía solar fotovoltaica en España 2007-2020

Fuente: (REE, 2021b)

Tanto es así, que en el escenario tendencial se prevé que, en los próximos años, los principales incrementos provengan, entre otras, de la solar fotovoltaica, esperando ser la segunda energía renovable con más capacidad instalada, alcanzando una potencia instalada de 37 GW en el año 2030, y para ello una de las medidas a tomar para conseguirlo es generar un plan específico para la renovación tecnológica de instalaciones anteriores que hayan superado su vida útil (IDAE, 2021c).

5.3.1 Clasificación y componentes de una instalación solar fotovoltaica

Existen dos tipos de instalaciones solares fotovoltaicas:

- Instalaciones aisladas: están formadas por un conjunto de paneles solares fotovoltaicos, un regulador de carga, un grupo acumulador y un inversor, y están orientadas fundamentalmente a aplicaciones de bombeo, señalización, comunicaciones y electrificación rural (IDAE, 2021b).
- Instalaciones conectadas a la red: orientadas a la venta de energía eléctrica y autoconsumo y a su vez están divididas en centrales fotovoltaicas, las cuales vierten a la red eléctrica toda la energía producida, y generadoras con autoconsumo, que son aquellas que

consumen por el propio productor parte de la electricidad generada, y el resto se vierte a la red. En este último caso, también puede ocurrir al contrario y que sea el productor el que tome de la red la energía necesaria cuando la planta no suministra la suficiente energía (Iberdrola, 2021b).

Otra forma de clasificar estas instalaciones es en función la estructura y esta clasificación dependerá de factores como el terreno donde se instalen o condiciones meteorológicas. Los principales tipos son: estructuras fijas al suelo, que como su nombre indica, son fijas, no se generará el movimiento de los paneles y son las más comunes (Figura 14), estructuras lastradas, que se suelen instalar en las cubiertas (Figura 15), estructuras móviles, son las más costosas y más complejas de instalar y se mueven buscando el máximo nivel de radiación solar posible (Figura 16) y estructuras flotantes, que son las más novedosas y se instalan en módulos flotantes que se disponen en el agua, teniendo la ventaja de poder ocupar grandes superficies (Figura 17) (Eletton, 2020).



Figura 14. Estructura fija al suelo

Fuente: (EC Energía, 2021)



Figura 15. Estructuras lastradas

Fuente: (Alusin Solar, 2021)



Figura 16. Estructuras móviles

Fuente: (Magtel, 2021)



Figura 17. Estructuras flotantes

Fuente: (Ecoticias, 2021)

Una de las principales ventajas de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo o mar hasta pequeños paneles para tejados (APPA, 2021).

Anteriormente en las instalaciones aisladas se han mencionado algunas de los principales elementos que las forman, pero, aun así, a continuación, se destacarán los más importantes:

- **Placa solar fotovoltaica:** está formada por un conjunto de células de silicio conectadas entre sí y es el elemento que capta la radiación solar y la transforma en energía eléctrica.
- **Estructura de soporte:** es la estructura que aguanta los captadores solares y les da la inclinación adecuada según el emplazamiento en el que se encuentren.

- Cableados para el transporte de electricidad y elementos de seguridad: son los elementos usados para transportar la corriente generada hasta el punto de consumo, disponiendo de elementos de protección.
- Acumulador: se trata de baterías que sirven para acumular la electricidad de forma que esté disponible cuando sea necesaria.
- Regulador: se encarga de que la carga y descarga de las baterías se realice siempre en condiciones adecuadas, además de tener otras funciones de seguridad.
- Inversor: transforma la corriente continua de las celdas fotovoltaicas en corriente alterna para el consumo.
- Contador de energía eléctrica: tiene la función de contar la energía eléctrica producida (Jarauta, 2010).

5.3.2 Identificación y clasificación de impactos ambientales

Generalmente, los impactos más importantes generados por las instalaciones solares fotovoltaicas son por el proceso de fabricación de las células y módulos, aunque al final de su ciclo de utilización, existe la posibilidad de reciclado.

Durante la fase de funcionamiento, se tratan de instalaciones respetuosas con el medioambiente, ya que no producen emisiones de sustancias contaminantes, no existen ruidos ni peligros por las partes móviles de estas, aunque al igual que en las renovables anteriores, se estudiarán detalladamente los impactos en cada una de sus fases (González, 2012).

5.3.3 Impactos ambientales en la fase de construcción

Factores abióticos:

- Aire: al igual que en las instalaciones estudiadas anteriormente, durante la fase de construcción, los impactos generados en la calidad del aire se producen por la emisión de partículas y polvo por excavaciones, movimientos de tierra y maquinaria. Como también ocurre en los casos anteriores, las afecciones cesarán al terminar la obra, calificándolo como negativo, de baja magnitud, temporal, a corto plazo, reversible, recuperable, y, por lo tanto, compatible.

De igual forma, la generación y distribución de la energía eléctrica crea campos magnéticos y eléctricos en el entorno próximo, aunque estos son de baja potencia (Solar, 2019).

- Suelo: tanto el remodelado de la superficie para la instalación como el desbroce hacen posible la aparición de procesos erosivos, aunque al tratarse generalmente de una actuación superficial, la modificación de los materiales geológicos es poco significativa. En el caso de no existir previamente, se tendrá en cuenta la afección por la creación de nuevos viales para el acceso. También, la apertura de zanjas y la ocupación por cimentaciones generan un impacto negativo, aunque al igual que el posible impacto producido por la contaminación de suelos, compatible (Ambere, 2020).
- Medio hídrico: este impacto proviene de la alteración de los recursos hídricos por contaminación accidental, apertura de caminos de acceso o zanjas o acumulación de escombros y residuos en el caso de encontrarse la infraestructura en zonas próximas a la red hidrográfica. Por ello, este impacto es clasificado como compatible, ya que dependerá de lo alejada que se encuentre la instalación (Argustec, 2019).

Cabe destacar que en el caso de derrame accidental de sustancias peligrosas existe el riesgo de contaminación de aguas subterráneas por infiltración (Bogaris, 2019).

Factores bióticos:

- Flora: los impactos sobre la cubierta vegetal serán producidos por el desbroce en toda la superficie de la planta fotovoltaica, en la cual se construirán los cimientos, en las zonas de instalación de la línea subterránea por la apertura de zanjas y por las infraestructuras de evacuación. Además, al igual que en el suelo, se puede producir el impacto por vertido accidental de sustancias perjudiciales (TXT-Ingeniería, 2020).

- Fauna: aunque la energía solar fotovoltaica es una de la que tiene menor impacto sobre la fauna, las alteraciones que se producen por la obra durante la fase de construcción generan una serie de molestias que pueden alterar la fauna de carácter puntual y temporal. Tanto la presencia de maquinaria y personal, como la desaparición de vegetación entre otros factores, provocan la pérdida o alteración del hábitat e incluso la desaparición, mortandad (por atropello) o traslado de la fauna (mamíferos, reptiles y aves residentes) a otras zonas (Argustec, 2019).

Sosiego público:

El impacto generado en este factor viene determinado por el ruido que genera la maquinaria usada en realización de obras, al igual que en las instalaciones estudiadas en puntos anteriores. Generalmente, este tipo de instalaciones se encuentran alejadas de núcleos urbanos, por lo que las emisiones sonoras serán de niveles bajos y de incidencia puntual, clasificando por lo tanto el impacto como compatible. Por el mismo motivo, las afecciones por las emisiones de polvo serán no significativas (Ambere, 2020).

Medio perceptual:

Las acciones que puedan producir algún impacto sobre este factor son de carácter temporal, ya que solo se producirá la alteración del paisaje de forma gradual por la ocupación de maquinaria en las labores de construcción. Durante el montaje de la línea eléctrica, el impacto será compatible, y en el caso de la planta solar, aunque será más apreciable, se clasificará como moderado.

Medio socioeconómico:

Se clasifica como impacto positivo en el caso de la creación de puestos de trabajo tanto de forma directa como indirecta en las labores constructivas, y de adecuación y mantenimiento de infraestructuras viales. Sin embargo, con respecto a la ocupación de suelo dedicado a terreno agrícola o forestal, generará una afección negativa. Este impacto será proporcional a la superficie ocupada y expropiaciones, aunque los propietarios de los terrenos reciben una retribución por la ocupación de

esos terrenos. También, la creación de zanjas y nuevos accesos en las obras referidas a estructuras lineales puede ocasionar afecciones sobre estructuras ya existentes (Bogaris, 2019).

5.3.4 Impactos ambientales en la fase de explotación

Factores abióticos:

- Aire: el funcionamiento de estas instalaciones no genera emisiones a la atmósfera. Sin embargo, si lo harán las labores de mantenimiento por el tránsito de vehículos, aunque será una acción baja y de forma esporádica e intermitente. Además, la línea eléctrica y el transporte de electricidad por los conductores generan campos eléctricos y magnéticos (TXT-Ingeniería, 2020).
- Suelo: el impacto sobre el suelo durante la fase de funcionamiento será clasificado como compatible, al igual que en las instalaciones renovables estudiadas anteriormente, y será producido por las labores de mantenimiento que pueden incluir la revisión de elementos enterrados en caso de avería o contaminación por vertido accidental. Por ello, se considera negativo, de baja magnitud, temporal, a corto plazo, local, reversible, recuperable y poco significativo (Ambere, 2020).
- Medio hídrico: durante esta fase, las afecciones en las aguas superficiales dependerán de la zona en la que se encuentre la instalación, y en las aguas subterráneas será por el vertido de aceites o combustibles.

Factores bióticos:

- Flora: al igual que en algunos de los factores anteriores, los impactos serán no significativos y se deberán a labores de mantenimiento. Solo en el caso de reparaciones o sustituciones en los que sea necesario el uso de maquinaria pesada o mayor tránsito de vehículos será más significativo (Argustec, 2019).
- Fauna: de igual modo, la afección vendrá determinada por la presencia de una barrera (vallado perimetral) y las labores de mantenimiento que modificarán el hábitat, haciendo que algunas especies animales se

desplacen a otras áreas o siendo posible la colisión o atropello de fauna silvestre, aunque debido a la intensidad de los desplazamientos durante esta fase, se considera compatible. Otra afección a destacar es por colisión o electrocución de la avifauna con la acometida eléctrica aérea de evacuación, aunque suele ser muy reducido y se considera no significativa.

Sosiego público:

Los elementos de producción de energía solar no producen ningún tipo de ruido o vibración, y las labores de mantenimiento serán puntuales como se ha mencionado anteriormente, por lo que se valora como no significativo.

Medio perceptual:

La mayoría de las acciones causantes de este impacto ocurren durante esta fase debido a las grandes superficies ocupadas por los paneles fotovoltaicos, las infraestructuras de control y los centros de transformación. Este impacto viene determinado por el emplazamiento seleccionado, siendo los lugares con mayor pendiente los que mayor afección generen, y también de la densidad y de la morfología, dependiendo de si se introducen formas geométricas o cuadrangulares. Además, si se trata de seguidores aislados (Figura 18), estos producen un mayor impacto que las hileras continuas (Figura 19) por ser más discontinuos (Mérida et al, 2009).



Figura 18. Planta solar de seguidores aislados

Fuente: (Europa Press, 2020)



Figura 19. Planta solar de hileras continuas

Fuente: (Adener, 2021)

Medio socioeconómico:

Durante la fase de explotación, la afección generada es positiva por la generación de puestos de trabajo para las tareas de mantenimiento. Los impactos sobre el medio social serán no significativos por la distancia entre estas instalaciones y el núcleo urbano.

5.3.5 Impactos ambientales en la fase de clausura

Factores abióticos:

- **Aire:** se trata de un impacto de baja magnitud y al igual que ocurre en la fase de construcción, será producido por los movimientos de tierras necesarios para el desmantelamiento, por el tránsito de vehículos y por las partículas de polvo que dichas acciones generen, aunque éstas también dependerán de la humedad del suelo (Argustec, 2019).
- **Suelo:** el movimiento de maquinaria durante las tareas de desmantelamiento comentadas en el factor anterior, producirán la compactación del suelo, al igual que afectarán a la morfología de la zona, y existirá el riesgo accidental de derrame de sustancias contaminantes.
- **Medio hídrico:** aunque la fase de clausura supone la regeneración de la red de drenaje previamente alterada, en el caso de encontrarse la instalación próxima a medios hídricos, las afecciones generadas durante esta fase serán similares a la fase de construcción (Bogaris, 2019).

- Generación de residuos: además de la afección por los residuos materiales que se generan debido a la retirada de estructuras, cimentaciones o infraestructuras, cabe destacar el impacto generado por la retirada de los equipos fotovoltaicos al terminar su vida útil, ya que estos contienen materiales altamente tóxicos, tanto para la salud pública como para el medio ambiente, y difíciles de separar (Solar, 2019). La mayoría de estos materiales son fáciles de reutilizar, siendo el 85%-90% de los paneles reciclados. Esto es debido al vidrio y aluminio que los componen, por ser materiales fácilmente reciclables. Además, entre el 90% y 95% de las baterías de plomo ácido son recicladas, también gracias a los materiales que las componen. Las baterías de litio son las que menor porcentaje de reciclabilidad tienen, sin embargo, tienen una mayor durabilidad. A fin de reducir los impactos se siguen los procedimientos recogidos en el Real Decreto 110/2015 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Cambio energético, 2019).

Factores bióticos:

- Flora: el impacto negativo será generado por el paso de vehículos, generalmente por los viales ya existentes, considerándose compatible y siendo positivo debido al acondicionamiento paisajístico y al plan de restauración (Solar, 2019).
- Fauna: las acciones que generarán un impacto sobre este factor serán la eliminación del vallado, el desmonte de las estructuras de los paneles y subestación y recuperar el material de las zanjas, afectando negativamente el uso de la maquinaria y personal necesario para estas tareas. El impacto se considera de baja magnitud y temporal, por lo que se clasifica como compatible (Ambere, 2020).

Sosiego público:

Durante esta última fase, el ruido y vibraciones generados serán similares a los de la fase de construcción, clasificándose como compatibles.

Medio perceptual:

Las infraestructuras utilizadas son, en su mayor parte, reversibles pudiendo ser completamente desmontadas y transportadas fuera de la zona. Por lo tanto, al finalizar esta fase, el paisaje puede volver a su estado inicial. Sin embargo, durante el proceso, el impacto será negativo y semejante a la fase de construcción (Argustec, 2019).

Medio socioeconómico:

Mientras dure la fase de desmantelamiento se suponen los efectos positivos sobre el empleo, tanto de forma directa por los trabajadores contratados, como de forma indirecta por las necesidades asociadas a la propia obra, pero al finalizar, se considerará negativo al cesar la generación de empleo (Bogaris, 2019).

5.3.6 Matriz de impactos

Para la realización de la matriz de impactos se seguirá el mismo proceso que en las energías previamente estudiadas realizando la matriz de identificación de impactos en la fase de construcción (Tabla 7), explotación (Tabla 8) y clausura (Tabla 9). En el caso concreto de la matriz de impactos de la fase de clausura, se realizará del mismo modo que la matriz de impactos en la fase de clausura de una central hidráulica, sirviendo de ayuda el documento Conama 10 (Rey et al, 2010).

Tabla 7. Matriz de valoración de impactos en la fase de construcción de una planta solar fotovoltaica

		Fase de construcción																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Periodicidad			
		Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo
Impactos causados sobre medio abiótico	Calidad del aire		X				X			X				X		X		X		X		X				X			
	Calidad del suelo		X				X	X				X		X			X	X		X			X				X	X	
	Calidad del medio hídrico		X				X		X		X			X		X		X		X		X				X		X	
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora		X				X		X		X			X		X		X		X		X					X		
	Afección a la fauna		X			X		X			X			X		X		X		X			X			X		X	
	Generación de ruido		X				X	X			X			X		X		X		X		X				X			
	Afección al paisaje		X				X	X			X			X		X		X		X		X				X			
	Generación de empleo	X						X			X			X		X		X		X				X			X		

Tabla 8. Matriz de valoración de impactos en la fase de explotación de una planta solar fotovoltaica

		Fase de explotación																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Periodicidad			
		Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo
Impactos causados sobre medio abiótico	Calidad del aire		X				X		X			X			X		X		X		X		X					X	
	Calidad del suelo		X				X	X					X		X			X	X		X			X				X	
	Calidad del medio hídrico		X				X	X				X			X		X		X		X		X				X		X
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora		X			X			X			X			X		X		X		X			X				X	
	Afección a la fauna		X				X	X				X			X		X		X		X			X			X		
	Generación de ruido		X				X		X			X			X		X		X		X		X				X		
	Afección al paisaje		X			X		X				X			X		X		X		X		X				X		
	Generación de empleo	X				X		X				X				X		X	X		X				X			X	

Tabla 9. Matriz de valoración de impactos en la fase de clausura de una planta solar fotovoltaica

		Fase de clausura																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Perioidicidad			
Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo		
Impactos causados sobre medio abiótico	Rehabilitación de espacio	X			X		X				X				X	X		X		X		X				X			
	Generación de residuos		X			X	X				X			X		X		X		X		X				X			
	Generación de empleo		X			X		X			X			X		X	X			X	X					X			
	Riesgo de accidente		X			X	X				X			X		X	X		X		X				X				

5.3.7 Medidas protectoras y correctoras

A fin de corregir los impactos negativos anteriormente descritos, incrementar los positivos y aprovechar más eficientemente las oportunidades que brinda el medio para la ejecución y explotación de estas infraestructuras, se presentan las siguientes medidas protectoras y correctoras. Además, las siguientes medidas están sujetas a un plan de vigilancia ambiental en el cual se realizará un seguimiento encargado de vigilar el cumplimiento de todas ellas.

- Medidas protectoras de la calidad del aire: a fin de evitar o reducir las emisiones de polvo y partículas en suspensión durante la fase de construcción, se limitará la velocidad de circulación de vehículos a 20 o 30 km/h, se regarán los viales para evitar el levantamiento de polvo y se cubrirán con lonas los camiones que transporten materiales que pueden desprender partículas al aire (Ambere, 2020).

Con respecto a las emisiones gaseosas procedentes de los gases de escape de maquinaria se llevará a cabo una puesta a punto de los motores y se dispondrá de la documentación que acredite que se cumple con la legislación existente en esa materia (Argustec, 2019).

- Medidas protectoras del suelo: se intentarán usar los caminos ya existentes para evitar la apertura de nuevos y en las zonas fuera de los caminos, se descompactarán los suelos que hayan sido ocupados por camiones. Al realizar la apertura de zanjas durante la fase de obras, se separará y almacenará la cubierta vegetal extraída para usarla en las labores de restauración y se sembrarán las zonas no ocupadas por infraestructuras para así evitar los procesos erosivos. También se realizará un control periódico de vehículos para minimizar la probabilidad de vertido y se dispondrá de una zona para almacenar la tierra contaminada por combustibles o aceites en el caso de que este ocurra.

Además, durante la fase de explotación se realizarán inspecciones para determinar si se producen fenómenos erosivos tras la realización de las obras (Ambere, 2020).

- Medidas protectoras del medio hídrico: en el caso de encontrarse cerca de cauces de agua, se evitará realizar trabajos o almacenamiento de materiales cerca de dicha zona, procediéndose a la retirada de materiales o escombros que caigan accidentalmente. Se intentarán evitar los accidentes que produzcan el vertido de contaminantes líquidos que se puedan filtrar y para ello se instalarán zonas de reparación de maquinaria donde se asegure la no infiltración de estas sustancias. Con respecto a la limpieza de instalaciones, se intentará realizar en seco o utilizando la mínima cantidad de agua posible (Podarcis, 2020).
- Medidas protectoras de la flora: se instalarán señales de balizamiento a fin de evitar la ocupación del terreno no vial, y al igual que en las medidas protectoras del suelo, no se permitirá el tránsito de maquinaria fuera de los límites establecidos. La retirará la vegetación por desbroce excedente, ya que una vez seco puede aumentar el riesgo de provocar incendios. Para minimizar la afección por el desbroce durante la fase de construcción, se realizarán nuevas plantaciones, las cuales no requieran de nuevos movimientos de tierra y durante la fase de funcionamiento se valorará la necesidad de elaboración de un plan de restauración ambiental (Argustec, 2019).
- Medidas protectoras de la fauna: la realización de desbroces se realizará fuera de la época de nidificación y se evitará la realización de trabajos nocturnos para evitar las molestias generadas por luz y ruidos. La limitación de velocidad de la medida protectora de la calidad del aire servirá para evitar atropellos y el vallado perimetral que se utilizará tendrá un gran espacio debajo para permitir el paso de la fauna de la zona (Solar, 2019).
- Medidas protectoras del sosiego público: se realizarán revisiones para comprobar que la maquinaria funciona correctamente asegurando que las emisiones acústicas están dentro de los límites admisibles en la normativa. Se instalarán silenciadores en los equipos móviles que lo requieran y se emplearán materiales resilientes para amortiguar el ruido generado por el choque de material contra las superficies metálicas y las

vibraciones desde los equipos a las estructuras que los soportan (Podarcis, 2020).

- Medidas protectoras del medio perceptual: durante la fase de construcción, se establecerán zonas de aparcamiento de maquinaria y se realizarán tareas de limpieza retirando los residuos generados. Al finalizar la fase de obra, se realizará un tratamiento superficial del terreno que permita la recuperación de la cubierta vegetal, las construcciones utilizarán colores que imiten al entorno y se utilizará el vallado cinegético, de forma que presente la menor incidencia posible. Los módulos fotovoltaicos se someterán a un tratamiento químico anti reflectante en la superficie frontal, para así evitar el riesgo de reflexión y únicamente se instalará alumbrado exterior en los edificios auxiliares de forma que solo se ilumine el área deseada.

Con respecto al impacto paisajístico generado por las líneas eléctricas aéreas, se construirán cerca de las ya existentes y se procurará que el material de los apoyos sea de características similares a los ya existentes (Bogaris, 2019).

- Medidas protectoras del medio socioeconómico: se recomendará el empleo de mano de obra del municipio donde se vaya a ubicar la instalación en todas las fases, así como se intentará tardar el menor tiempo posible en la realización de la obra (Solar, 2019).

5.3.8 Medidas compensatorias

Además de las medidas ya propuestas se plantea el uso de maquinaria eléctrica y de transporte en las labores diarias de vigilancia y mantenimiento, de forma que se refuerce el compromiso con el medio ambiente. Con respecto al impacto sobre la fauna, se propone la implantación de bebederos en los alrededores de las instalaciones (Ambere, 2020).

5.4. Energía solar térmica

La energía solar térmica es una de las formas más eficientes y económicas, aprovecha la radiación solar para obtener calor a partir de los captadores térmicos y

el fin de ese calor es principalmente calentar agua. El procedimiento de funcionamiento de estas instalaciones consiste en calentar, con el calor recibido en los captadores, el fluido que fluye a través del intercambiador y almacenar la energía con el fin de abastecer el consumo eléctrico cuando sea necesario. Aun así, al tratarse de un recurso dependiente de la franja horaria y condiciones meteorológicas, además se dispone de un aporte de energía extraordinario, ya que en los circuitos de intercambio se debe mantener la temperatura mínima de intercambio para evitar daños estructurales, por lo que se utilizarán otros medios energéticos convencionales como el gas o gasóleo (IDAE, 2006b).

Existen los siguientes tres modelos diferentes de colectores, según la temperatura utilizada, dependiendo si se tratará de uso doméstico o industrial: energía térmica de baja temperatura, si la temperatura requerida es menor a 65°C, energía térmica de media temperatura, si la temperatura está entre 80°C y 250°C y colector de alta temperatura, para aplicaciones con temperatura superior a 500°C siendo el más utilizado para generar electricidad (La energía solar, 2019).

Los principales elementos que llevan a cabo el procedimiento y conforman las instalaciones de energía solar térmica son:

- Captadores o colectores: se tratan de los paneles solares encargados de captar la máxima radiación solar que llega a un lugar y transformarla en energía térmica. Pueden ser de placa plana, de concentración de la radiación solar o de tubos de vacío.
- Circuito primario: transporta el fluido caliente que circula por los captadores, desde estos hasta la zona de acumulación. Del mismo modo que ocurre en los captadores, dependiendo de las necesidades o las condiciones climáticas, existen diferentes tipos.
- Acumulador, permite guardar el agua calentada por la energía solar durante el día para cuando se necesite, ya que la energía recibida no siempre coincide con las épocas de mayor consumo.
- Intercambiador: puede ser independiente o estar integrado en el acumulador y permite el traspaso de energía calorífica del fluido del circuito primario al agua.

- Sistema de soporte: se trata de algún sistema convencional, eléctrico o caldera de gas o gasóleo, que sirva de soporte en las épocas que la demanda supere al calor producido (Jarauta, 2010).

A principios de siglo XXI considerando la alta radiación solar en España y los proyectos de investigación y desarrollo en la plataforma solar de Almería, se comienzan a prever nuevas aplicaciones y crecimiento de la energía solar térmica, comenzando a proponerse medidas e incentivos para impulsar su introducción en el mercado y tratar de alcanzar 500MW de potencia nominal en centrales termoeléctricas (IDAE, 2005). Además, se propone alcanzar una superficie instalada de 4.9 millones de metros cuadrados para el año 2010, por lo que entra en vigor el Código Técnico de la edificación que obliga a instalar un aporte de energía solar en el sector doméstico (IDAE, 2006b).

En los años siguientes y como se muestra en el Plan de Energías Renovables 2011-2020, la tecnología solar termoeléctrica presentará reducciones de costes haciendo que comience a destacar en el mercado eléctrico y representando el 3.7% de la producción eléctrica bruta y generando 632MW a finales de 2010, siguiendo a la energía hidráulica. Además, irán aumentando la variedad de captadores solares térmicos de media y alta temperatura y destacarán las centrales cilindro parabólicas. La puesta en marcha de los proyectos se dispone en cuatro fases diferentes, intentándose alcanzar al final de este plan, casi 5000MW de potencia instalada, considerándose una gran evolución en los últimos años (IDAE, 2011b).

La generación eléctrica aportada por la energía solar termoeléctrica, junto a la fotovoltaica y biomasa, en el año 2017, fue del 7%, y teniendo un valor de más de 2GW de potencia instalada en 2020, la cual se ve complementada con una penetración escalonada de baterías en el sistema. Con visión de futuro, para el año 2030 se prevé el alza de la tecnología solar termoeléctrica con una potencia instalada de 7GW debido al favorecedor desarrollo que va teniendo. Además, gran número de proyectos financiados relacionados con la investigación corresponderán a la energía solar termoeléctrica, implementándose, entre otras, nuevas tecnologías que aporten un mejor almacenamiento térmico (IDAE, 2021c).

En la figura 20 se puede ver la gran evolución que ha tenido esta energía renovable, aunque a pesar de ello, se trata de la que menos energía generó en 2020 y genera actualmente (Figura 21), en comparación con las energías estudiadas anteriormente.

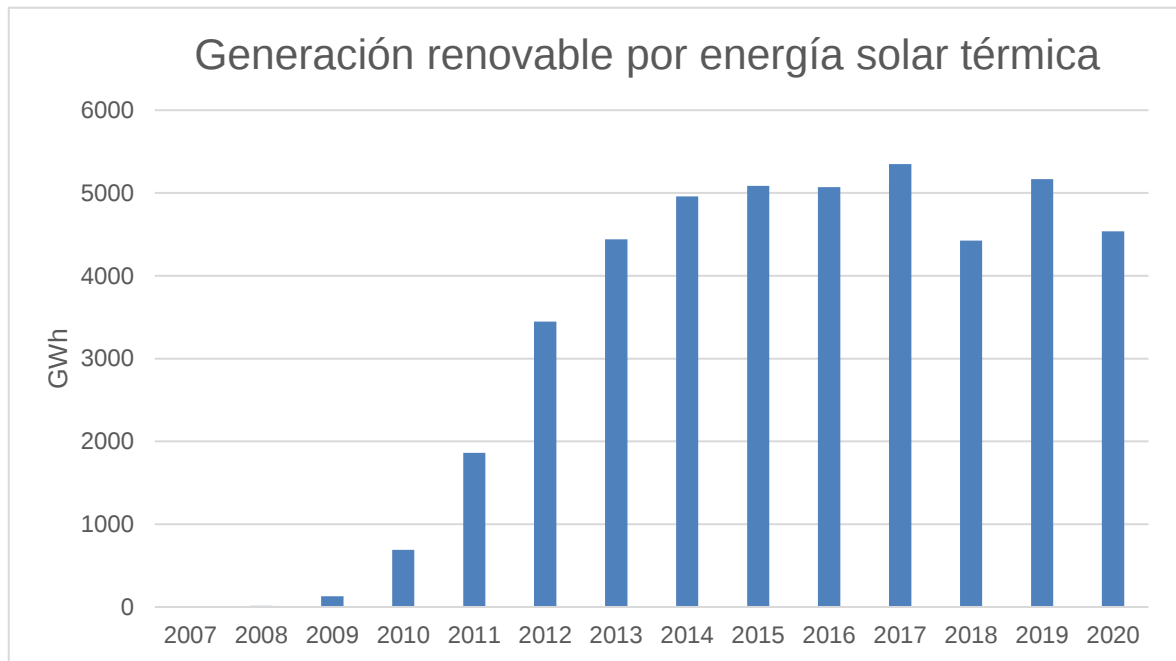


Figura 20. Generación de energía solar térmica en España 2007- 2020

Fuente: (REE, 2021b)

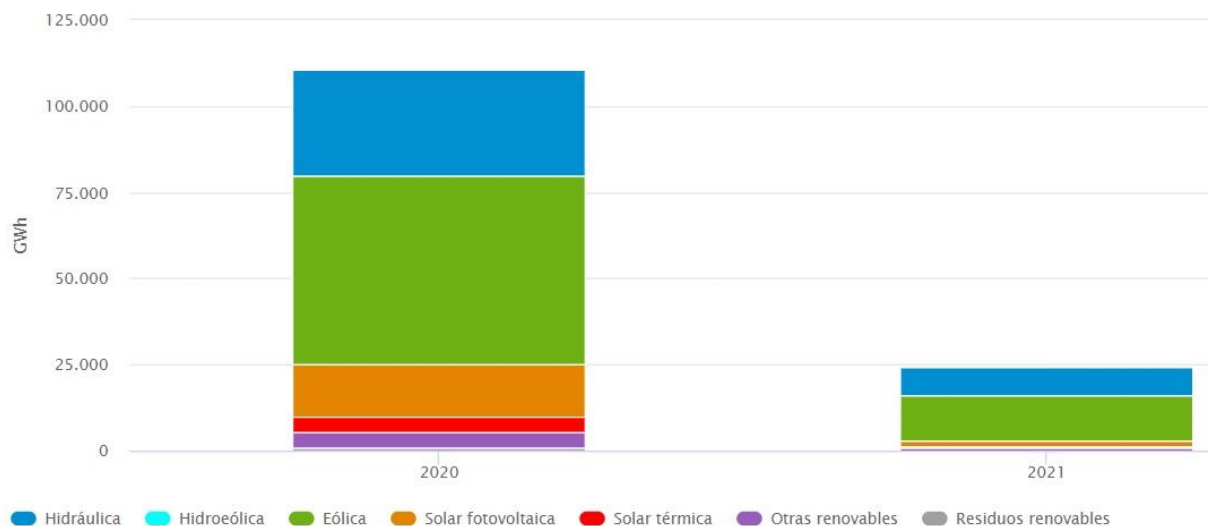


Figura 21. Generación de energía por todas las renovables en España 2020- 2021

Fuente: (REE, 2021b)

5.4.1 Tipos de centrales térmicas solares

Dependiendo del tipo de tecnología que se utilice y de la capacidad de aprovechamiento de la radiación, las centrales termo solares se clasifican en:

- Central térmica solar con concentradores solares cilindro- parabólicos: tienen un pequeño índice de concentración de los rayos solares, por lo que se clasifican como colectores de media temperatura. Dicha radiación solar concentrada es incidente por medio de una superficie reflectora con forma cónica en un receptor lineal por el que circula un fluido que se va a calentar. Para la producción eléctrica, su principal aplicación es la generación de vapor al producirse el vapor sobrecalentado del fluido que fluye a través de la tubería. Destacan por la complejidad de alcanzar la forma cóncava adecuada y su elevado coste de fabricación (Figura 22) (Zabalza & Aranda, 2009).



Figura 22. Central térmica solar con concentradores solares cilindro-parabólicos

Fuente: (REVE, 2012)

- Central térmica solar de heliostatos: un conjunto de espejos, llamados heliostatos, focalizan la radiación solar concentrada en un receptor situado en la parte superior de una torre, en la cual se produce el intercambio de calor. Para ello, los heliostatos constan de un mecanismo de seguimiento solar que hace posible su movimiento vertical y horizontal, y es ahí donde reside la dificultad de este tipo de centrales, ya que cada

heliostato tiene una posición diferente (Figura 23) (Zabalza & Aranda, 2009).



Figura 23. Central térmica solar de heliostatos

Fuente: (Sener, 2021)

- Central térmica solar con reflectores Fresnel: el funcionamiento es similar al de las centrales con concentradores solares cilindro- parabólicos, sin embargo, en este tipo de centrales, se utilizan espejos planos colocados sobre una estructura, de forma que la trayectoria solar incida en el conducto que contiene el fluido. Se tratan de instalaciones que ocupan menos espacio, más sencillas y económicas (Figura 24) (TECPA, 2019).



Figura 24. Central térmica solar con reflectores Fresnel

Fuente: (REVE, 2012)

- Central térmica solar con discos parabólicos Stirling: se trata de una de las centrales más comunes y está formada por concentradores

parabólicos independientes que producen energía eléctrica aisladamente, al incidir la luz solar en el receptor que lleva incorporado el motor Stirling en el foco (Figura 25) (La energía solar, 2019).



Figura 25. Central térmica solar con discos parabólicos Stirling

Fuente: (Energías renovables, 2019)

5.4.2 Identificación y clasificación de impactos ambientales

Como se ha venido haciendo a lo largo de todo el estudio, a continuación, se estudiarán detalladamente los impactos en cada una de las fases, siendo los impactos generados en este tipo de centrales, generalmente, similares a los de la energía solar fotovoltaica.

Sin embargo, durante la aplicación de esta tecnología en el ámbito doméstico, el impacto más destacable sería el visual sobre el paisaje, por lo que se le prestaría atención a la integración en el entorno y adaptación de edificios (IDAE, 2006b).

5.4.3 Impactos ambientales en la fase de construcción

Durante la fase de construcción de la planta solar térmica, los impactos generados en los factores abióticos, bióticos, sosiego público, medio perceptual y medio socioeconómico serán totalmente similares a los impactos estudiados anteriormente por las centrales solares fotovoltaicas. Estos impactos vendrán determinados por las obras de construcción realizadas y por las tareas que estas conllevan, como son el uso de maquinaria y creación de nuevas infraestructuras.

Dichas acciones generarán, por ejemplo, movimiento de tierras, que supondrá un impacto en suelo, aire, medio hídrico cercano, flora y fauna, un aumento de niveles sonoros, que afectará al sosiego público y fauna, así como un impacto en el medio perceptual debido a la introducción de elementos artificiales. Del mismo modo que se ha comentado en estudios anteriores, el impacto socioeconómico será positivo debido, entre otros, al empleo generado.

5.4.4 Impactos ambientales en la fase de explotación

En esta fase, solo algunos de los factores se verán afectados de la misma forma a los estudiados anteriormente, como es el caso del suelo, flora, sosiego público y medio socioeconómico, por las tareas de mantenimiento realizadas durante la fase de funcionamiento de la central. Sin embargo, en este tipo de centrales, la afección producida sobre algunos de los factores bióticos, la fauna o el medio perceptual, será diferente.

Factores abióticos:

- Aire: en el caso de algunas centrales es necesario el uso de una fuente de respaldo. En ese caso, el impacto generado será consecuencia de las emisiones de CO₂ provenientes de la caldera auxiliar. Del mismo modo, las torres de refrigeración emitirán vapor de agua, aunque no se considera un gas contaminante, por lo que su emisión a la atmósfera tendrá un efecto residual. Por tanto, se clasifica como un efecto compatible (Hoyos, 2014).
- Medio hídrico: el impacto generado es debido al uso de este recurso ya que se utiliza para el llenado de todo el circuito de tuberías y torres de refrigeración, así como en tareas de mantenimiento para la limpieza de espejos. Tras las tareas de mantenimiento del circuito se produce el vertido de aguas, las cuales tienen una mayor concentración de sales y temperatura, afectando al cauce que se vierten si no se tratan previamente (Molina & Navarro, 2009).
- Generación de residuos: se generarán residuos procedentes del recambio de colectores defectuosos o que se rompan durante el funcionamiento de la central, así como puede ocurrir con otros tipos de las estructuras.

Además, el agua utilizada pasa por procesos de desmineralización y descalcificación, por lo que esas sales también serán parte residual (Matos et al, 2011).

Factor biótico:

- Fauna: del mismo modo que en las centrales renovables estudiadas el tendido eléctrico puede generar un impacto en la avifauna, también estas especies se pueden ver afectadas por el reflejo de los espejos de los colectores, aunque se trata de un impacto moderado (Matos et al, 2011).

Medio perceptual:

La reflexividad de los colectores puede generar un leve impacto, a pesar de estar orientados de forma que incida sobre el punto deseado y no se vea reflejada en otras direcciones. Aun así, tanto el conjunto de estructuras metálicas como las infraestructuras de la central o caminos de acceso modificarán el paisaje y el entorno. A pesar de ello se considera un impacto compatible (Hoyos, 2014).

5.4.5 Impactos ambientales en la fase de clausura

Los impactos asociados a esta etapa son generados por las obras de desmantelamiento de la central, como pueden ser movimientos de tierra y paso de maquinaria y cesarán una vez finalizada esta fase. Pese a ello, cabe destacar el impacto generado por los residuos generados durante el desmantelamiento de la central. Estos son los colectores, las estructuras o tuberías que recorren la instalación, aunque al igual que ocurre en la fase de clausura de las centrales solares fotovoltaicas, la mayoría de estos elementos pueden ser fácilmente reciclados o reutilizados (Matos et al, 2011).

5.4.6 Matriz de impactos

Del mismo modo que en los puntos anteriores, a continuación se muestran las matrices de impactos, tanto en la fase de construcción (Tabla 10) y de explotación (Tabla 11), como en la fase de clausura (Tabla 12).

Tabla 10. Matriz de valoración de valoración en la fase de construcción de una planta solar térmica

		Fase de construcción																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Periodicidad			
		Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo
Impactos causados sobre medio abiótico	Calidad del aire		X				X			X				X		X		X		X					X		X		
	Calidad del suelo		X				X	X				X		X			X	X		X				X			X	X	
	Calidad del medio hídrico		X				X		X		X			X		X		X		X				X		X		X	
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora		X				X		X		X			X			X	X		X				X			X		
	Afección a la fauna		X				X	X			X			X		X		X		X				X		X		X	
	Generación de ruido		X				X	X			X			X		X		X		X				X		X			
	Afección al paisaje		X				X	X			X			X		X		X		X		X			X				
	Generación de empleo	X						X			X			X		X		X		X				X			X		

Tabla 11. Matriz de valoración de impactos en la fase de explotación de una planta solar térmica

		Fase de explotación																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Perioidicidad			
Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo		
Impactos causados sobre medio abiótico	Calidad del aire		X			X			X				X			X		X		X			X			X			
	Calidad del suelo		X				X	X				X		X		X		X		X			X			X			
	Calidad del medio hídrico		X			X		X			X		X		X		X		X				X		X		X		
Impactos causados sobre medio biótico	Afección a la flora		X			X		X			X		X		X		X			X			X			X			
	Afección a la fauna		X				X	X			X		X		X		X		X				X		X				
	Generación de ruido		X				X		X		X		X		X		X		X		X			X		X			
	Afección al paisaje		X			X		X			X		X		X		X		X				X		X				
	Generación de empleo	X				X		X			X			X		X	X		X				X			X			

Tabla 12. Matriz de valoración de impactos en la fase de clausura de una planta solar térmica

		Fase de clausura																											
		Signo		Intensidad				Extensión				Momento			Persistencia		Reversibilidad				Relación causa-efecto		Interacción			Periodicidad			
Beneficioso	Perjudicial	Total	Alta	Media	Baja	Puntual	Parcial	Extrema	Total	Corto	Medio	Largo	Temporal	Permanente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Periódico	Irregular	Continuo	Discontinuo		
Impactos causados sobre medio abiótico	Rehabilitación de espacio	X			X		X				X				X	X		X		X		X				X			
	Generación de residuos		X			X	X				X			X		X		X		X		X				X			
	Generación de empleo		X			X		X			X			X		X	X			X		X				X			
	Riesgo de accidente		X			X	X				X			X		X	X		X		X				X				

5.4.7 Medidas protectoras y correctoras

Como ya se ha comentado, puesto que los impactos generados son similares a los ya estudiados, las medidas, tanto preventivas como correctoras, también lo serán. Aun así, destacaré algunas de las más significativas de cada factor:

- Medidas protectoras de la calidad del aire: supervisión de maquinaria y control de las emisiones tanto de vapor como de CO₂ durante la fase de explotación principalmente. Además, se estudiarán medidas para disminuir las emisiones (Hoyos, 2014).
- Medidas protectoras del suelo: se usarán viales ya existentes y serán balizados para evitar el paso de maquinaria fuera de estos, se conservará la cubierta vegetal retirada- para su posterior uso y se realizará un tratamiento correcto de residuos (Fotowatio, 2008).
- Medidas protectoras del medio hídrico: se realizará control de vertidos y se colocarán barreras filtrantes de retención de sedimentos. Además, se controlará que se cumple la legislación con respecto al vertido de agua residual (Hoyos, 2014).
- Medidas protectoras de la flora y fauna: no se desbrozará más que lo necesario y se colocarán espirales salvapájaros en las líneas eléctricas (Matos et al, 2011).
- Medidas protectoras del sosiego público: la maquinaria cumplirá la normativa relativa a la emisión de ruidos, se realizarán mediciones de ruido y se estudiarán medidas para disminuir estos niveles (Hoyos, 2014).
- Medidas protectoras del medio perceptual: se estudiará la fase de diseño para reducir el campo visual afectado (Matos et al, 2011). Los edificios se adaptarán al entorno y se evitarán las estructuras con brillo, pintándolas con tonalidades blanco mate. Además, las líneas eléctricas se trazarán lo más cercanas posibles a las ya existentes (Fotowatio, 2008).
- Medidas protectoras del medio socioeconómico: se realizarán las obras en el menor tiempo posible, se empleará mano de obra local y se restituirán las zonas que hayan sido alteradas o dañadas (Fotowatio, 2008).

5.4.8 Medidas compensatorias

Además de todas las medidas ya recogidas y estudiadas para el resto de energías renovables descritas en apartados anteriores, cabe añadir que, a fin de compensar la pérdida de empleo una vez finalizado el funcionamiento de la central, se contratará personal para acciones de restauración (Molina & Navarro, 2009).

6. CONCLUSIONES

Tras la realización de este trabajo de fin de grado las principales conclusiones que se pueden extraer son las siguientes:

- Las energías renovables han sufrido una evolución positiva, principalmente desde principios de siglo XXI, debido entre otros factores a la generación de normativa y planes que apuestan por ellas.
- A pesar de que todas las energías renovables presentan algunos impactos ambientales negativos, estos se consideran mayormente compatibles con el medio, o poseen medidas, tanto preventivas y correctoras, como compensatorias, que ayudan a mitigarlos.
- Cada energía renovable genera algunos impactos que son específicos del tipo de energía de que se trate.
- La ubicación de la instalación será determinante en el impacto causado ya que cada entorno conlleva una serie de factores ambientales que pueden ser más o menos vulnerables, como la superficie del terreno, medio hídrico o fauna, entre otros.
- En general, los impactos ambientales generados durante la fase de construcción y de clausura, siempre serán semejantes, independientemente del tipo de energía renovable de que se trate, puesto que las acciones a realizar afectarán de forma similar a todos los factores del entorno. En estas fases, cuanto menor sea el tiempo de realización de obras o desmantelamiento, el impacto generado será menor.
- Muchos de los impactos generados durante las fases de construcción o desmantelamiento finalizan al finalizar dichas fases. De igual modo,

algunos de los impactos generados durante la fase de funcionamiento cesan al terminar su vida útil.

- El impacto perceptual se trata como algo subjetivo ya que depende del observador. Aun así, se clasifica mayormente como negativo al producirse una modificación del paisaje, tanto en las fases de construcción y clausura, por la maquinaria empleada, como en la fase de funcionamiento, por la propia instalación.
- El impacto ambiental generado en el medio socioeconómico siempre será positivo en las dos primeras fases del proyecto y negativo al final del desmantelamiento de la obra, ya que en mayor medida está relacionado con el empleo generado.
- Las medidas preventivas y correctoras son más abundantes que las compensatorias por ser las únicas eficaces para evitar, de forma total o parcial, el daño ambiental.
- Muchos de los impactos generados en cualquier tipo de instalación se pueden prevenir con una correcta supervisión del cumplimiento de las medidas preventivas o correctoras incluidas en el estudio de impacto ambiental.
- Mayoritariamente, los impactos ambientales generados, tanto en la instalación como en el funcionamiento de las instalaciones de producción eléctrica mediante energías renovables son tratados como compatibles.
- Un impacto positivo asociado a todas las energías renovables es el ahorro de emisiones de GEI al reemplazar fuentes de energía de origen fósil.

BIBLIOGRAFÍA

- Adener. (2021). *Aplicaciones y desarrollos en energía. Seguidores solares*. Obtenido de <http://www.adener.com/seguidores.html> (Último acceso: 02-2021)
- AEE. (2020). *Asociación Empresarial Eólica. Sobre la eólica*. Obtenido de <https://www.aeeolica.org/> (Último acceso: 2020)
- Alusin Solar. (2021). *Tipos de estructuras para paneles solares*. Obtenido de <https://alusinsolar.com/productos/estructuras-para-cubierta/sistema-bulnes/> (Último acceso: 02-2021)
- Ambere. (2020). *Estudio de impacto ambiental planta solar fotovoltaica y sistema de evacuación*.
- APPA. (2021). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* Obtenido de <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/> (Último acceso 02-2021)
- APREAM. (2017). *Estudio de impacto ambiental Parque eólico Mamut*.
- Argustec. (2019). *Estudio de impacto ambiental. Proyecto administrativo parque fotovoltaico "La estación"*.
- Bogaris. (2019). *Estudio de impacto ambiental. Proyecto de instalación fotovoltaica "Tres pozos II" de 25 MW y sus infraestructuras de conexión*.
- Cambio energético. (2019). *El reciclaje de las placas solares*. Obtenido de <https://www.cambioenergetico.com/blog/reciclaje-placas-solares/> (Último acceso: 05-2021)
- Conesa, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa.
- EC Energía. (2021). *Instalación solar fotovoltaica en estructura fija*. Obtenido de <http://ecenergia.com/instalacion-10-megavatios-en-estructura-fija/> (Último acceso: 02-2021)
- Ecoticias. (2021). *Energías renovables*. Obtenido de <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/203878/Extremadura-alberga-primera-planta-fotovoltaica-flotante> (Último acceso: 02- 2021)
- Ecovive. (2010). *Centrales hidroeléctricas*. Obtenido de <https://ecovive.com/> (Último acceso 01-2021)
- EEA. (2019). *Agencia europea del medio ambiente. La energía en Europa. Situación actual*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es> (Último acceso: 2020)
- EIA. (2019). *International Energy Outlook 2019 with projections to 2050*. Obtenido de <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf> (Último acceso: 2020)

- Eletton. (2020). *Energía solar. Tipos de estructuras para paneles fotovoltaicos*. Obtenido de <https://eletton.com/renovables/tipos-de-estructuras-para-paneles-fotovoltaicos-fijas-asuelo-lastradas-moviles-y-flotantes/> (Último acceso: 02- 2021)
- Enerdata. (2019). *Anuario estadístico mundial de energía*. Obtenido de <https://datos.enerdata.net/electricidad/estadisticas-mundiales-produccion-electricidad.html> (Último acceso: 2020)
- Energía y sociedad. (2021). *Regulación española de las energías renovables*. Obtenido de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-5-regulacion-espanola-de-las-energias-renovables/> (Último acceso: 2021)
- Energías renovables. (2019). *Solar*. Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/termosolar/la-tecnologia-termosolar-acelerara-la-transicion-energetica-20191213> (Último acceso: 02-2019)
- Energías renovables. (2020a). *Dependencia energética de España*. Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/panorama/el-plan-de-energia-y-clima-no-20200131> (Último acceso: 2020)
- Energías renovables. (2020b). *Panorama*. Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/panorama> (Último acceso: 2020)
- Energías renovables. (2020c). *Eólica marina europea*. Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/eolica/la-eolica-marina-ya-es-mas-barata-20200211> (Último acceso: 2020)
- EPM Ituango. (2011). *Actualización estudio de impacto ambiental- Plan de abandono y restauración final*.
- Escudero, J. M. (2008). *Manual de energía eólica*. Mundiprensa.
- Estudio de impacto ambiental, D. d. (2011). *Proyecto Parque eólico "El cordal de Coaña"*. Ponferrada.
- Europa Press. (2020). *Planta solar fotovoltaica en España*. Obtenido de <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/endesa-inicia-la-construccion-de-una-nueva-planta-solar-fotovoltaica-en-espana> (Último acceso: 02-2021)
- Eurostat. (2020). *Oficina Europea de estadística. Producción e importaciones de energía*. Obtenido de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main_Page (Último acceso: 2020)
- Fotowatio. (2008). *Estudio de impacto ambiental de la planta termosolar Casablanca (Badajoz)*. Obtenido de https://www.eib.org/attachments/pipeline/20110521_nts_es.pdf (Último acceso: 02-2021)

- GOB. (2020). *Cambio climático- Objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/objetivos.aspx> (Último acceso: 2020)
- González, J. (2012). *Energías renovables*. Reverte.
- Hoyos, M. A. (2014). *Estudio de impacto ambiental de una planta solar termoeléctrica (Isla Mayor, Sevilla)*. Universidad de Valladolid.
- Iberdrola. (2006). *Estudio de impacto ambiental del proyecto de salto de bombeo la muela II*. Obtenido de https://www.eib.org/attachments/pipeline/20090168_nts_es.pdf (Último acceso: 02- 2021)
- Iberdrola. (2007a). *Estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica de San Esteban. Provincia de Ourense*. Obtenido de https://www.eib.org/attachments/pipeline/20090168_eia1_es.pdf (Último acceso: 02- 2021)
- Iberdrola. (2007b). *Estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica de San Pedro II. Provincia de Ourense*. Obtenido de https://www.eib.org/attachments/pipeline/20090168_eia_es.pdf (Último acceso: 02- 2021)
- Iberdrola. (2021a). *Medio ambiente*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/medio-ambiente> (Último acceso: 01-2021)
- Iberdrola. (2021b). *Solar fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-fotovoltaica> (Último acceso: 02-2021)
- IDAE. (1999). *Plan de fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010*. Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_4044_PFER2000-10_1999_1cd4b316.pdf (Último acceso: 01-2021)
- IDAE. (2005). *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*. Obtenido de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_PER_2005-2010_8_de_gosto-2005_Completo.\(modificacionpag_63\)_Copia_2_301254a0.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_PER_2005-2010_8_de_gosto-2005_Completo.(modificacionpag_63)_Copia_2_301254a0.pdf) (Último acceso: 02-2021)
- IDAE. (2006a). *Minicentrales hidroeléctricas*. Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf (Último acceso: 02-2021)
- IDAE. (2006b). *Energía solar térmica*. Obtenido de https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10374_energia_solar_termica_06_8a90370e.pdf (Último acceso: 02-2021)
- IDAE. (2006c). *Energía eólica*. Obtenido de https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/10374_energia_eolica_a2006.pdf (Último acceso: 2020)

- IDAE. (2011a). *Informe de sostenibilidad ambiental del plan de energías renovables 2011-2020*. Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_ISA_final_PER_2011-2020_20110630_b29ed938.pdf (Último acceso: 2020)
- IDAE. (2011b). *Plan de Energías Renovables 2011-2020*. Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/plan-de-energias-renovables-2011-2020> (Último acceso: 02-2021)
- IDAE. (2020). *Eólica de pequeña potencia*. Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/eolica/eolica-de-pequena-potencia> (Último acceso: 2020)
- IDAE. (2021a). *La energía del mar*. Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/energias-del-mar#:~:text=Energ%C3%ADa%20Maremot%C3%A9rmica%3A%20se%20fundament%20en,sea%20de%20al%20menos%2020%C2%BA>. (Último acceso: 01-2021)
- IDAE. (2021b). *Solar fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-fotovoltaica> (Último acceso 02-2021)
- IDAE. (2021c). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*. Obtenido de <https://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/plan-nacional-integrado-de-energia-y-clima-pniec-2021-2030> (Último acceso: 02-2021)
- IEA. (2019). *World Energy Outlook. Report extract electricity*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019/electricity#abstract> (Último acceso: 2020)
- IHA. (2020). *International Hydropower Association. Facts about hydropower*. Obtenido de <https://www.hydropower.org/> (Último acceso: 01-2021)
- Jarauta, L. (2010). *Las energías renovables*. S.L. EDITORIAL UOC.
- Jiménez, D. (2017). *Estudio de impacto ambiental de la presa Benifairó de la Valldigna, TM de Simat de la Valldigna y Benifairó de la Valldigna*. Universidad de Valencia.
- La energía solar. (2019). *Energía Solar. Descubre en qué consiste y cómo se puede utilizar*. Obtenido de <https://www.laenergiasolar.org/> (Último acceso: 02-2021)
- Magtel. (2021). *Solar fotovoltaica con seguidores*. Obtenido de <https://www.magtel.es/projects/solar-fotovoltaica/> (Último acceso: 02- 2021)
- Matos et al. (2011). *Proyecto de autorización ambiental unificada. Planta termosolar cilindro parabólica, Salteras, Sevilla*. En A. Matos, M. López, M. Fernández, & P. L. Ceballos. Universidad de Sevilla.
- Mérida et al. (2009). *Las plantas fotovoltaicas en el paisaje. Tipificación de impactos y directrices de integración paisajística*. En M. Mérida, R. Lobón, & M. J. Perles. Universidad de Almería.

- Molina, F., & Navarro, C. (2009). *Estudio de impacto ambiental de una central termosolar*. Universidad de Sevilla.
- Osorio, I. (2017). *Impactos ambientales, sociales y económicos de las pequeñas centrales hidroeléctricas en Antioquía*. Medellín.
- Planas, O. (2015). *Historia de la energía solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/historia> (Último acceso: 02- 2021)
- Podarcis. (2020). *Evaluación de Impacto Ambiental Parque Solar Fotovoltaico Ses Veles*. Mallorca.
- Ramos de Plasencia, C. (2015). *Estudio impacto ambiental Parque eólico Losilla*. Universidad de Valencia.
- REE. (2019). *Las energías renovables en el sistema eléctrico español*. Obtenido de https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2019.pdf (Último acceso: 01-2021)
- REE. (2020). *Informe de energías renovables*. Obtenido de <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-de-energias-renovables> (Último acceso: 01-2021)
- REE. (2021a). *Generación de energía hidráulica*. Obtenido de <https://www.ree.es/es/datos/generacion> (Último acceso 01-2021)
- REE. (2021b). *Generación renovable*. Obtenido de <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-renovables> (Último acceso: 02-2021)
- REVE. (2012). *Termosolar de espejos parabólicos*. Obtenido de <https://www.evwind.com/2012/11/06/la-primera-termosolar-de-espejos-parabolicos-del-continente-estara-en-salta/> (Último acceso: 02-2021)
- REVE. (2012). *Termosolar Fresnel*. Obtenido de <https://www.evwind.com/2012/10/05/puerto-errado-2-inaugurada-la-termosolar-con-tecnologia-fresnel-mas-grande-del-mundo/> (Último acceso: 02-2021)
- Rey et al. (2010). *Conama 10. Listas de chequeo para proyectos de Energías Renovables*. En I. Romero, E. Ruíz, & E. Castro. Universidad de Jaén.
- Romero, A. (2004). *Estudio de impacto ambiental Parque eólico de Ordunte*. Obtenido de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/esia_eolico_ordunte/es_doc/adjuntos/ordunte_esia.pdf (Último acceso: 01-2021)
- Roselló, J. (2015). *Estudio de impacto ambiental de una minicentral hidroeléctrica de caudal fluyente*. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/53545/lunesma%F1ana_14362077462183870090915933765379.pdf?sequence=2 (Último acceso: 02-2021)
- Sanz, J. F. (2016). *Energía hidroeléctrica*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Sener. (2021). *Energy sener*. Obtenido de <https://www.energy.sener/es/proyecto/gemasolar> (Último acceso 02-2021)

Solar, E. (2019). *Estudio de impacto ambiental del proyecto de planta solar fotovoltaica de 50 MW "Elvisa"*. Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/tramite_informacion_publica/19/12/EIA%20ELVISA%20TOMO%20I%20MEMORIA%20Y%20PLANOS%20-%20firmado.pdf (Último acceso: 02-2021)

Soria, E. (2007). *Energía hidráulica*. Obtenido de https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno_HIDRAULICA.pdf (Último acceso: 02-2021)

Sotavento. (2020). *Energías renovables. Eólica*. Obtenido de <http://www.sotaventogalicia.com/zona-interactiva/energias-renovables/eolica/> (Último acceso: 2020)

Talayero, A. P., & Telmo, E. (2011). *Energía eólica*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.

TECPA. (2019). *Los tipos de centrales termosolares*. Obtenido de <https://www.tecpa.es/tipos-de-centrales-termosolares/> (Último acceso: 02-2021)

TXT-Ingeniería. (2020). *Estudio de impacto ambiental Central solar fotovoltaica "Sacro imperio" en el TM de Lobón (Badajoz)*. Obtenido de http://www.juntaex.es/filescms/con03/uploaded_files/PaginaPrincipal/SecretariaGralDesarrolloRuralYTerritorio/EvaluacionAmbiental/EIA_SacroImperioRev_01.pdf (Último acceso: 02-2021)

Wind turbine models. (2021). *Turbinas eólicas*. Obtenido de <https://es.wind-turbine-models.com/fotos?manufacturer=102> (Último acceso: 2021)

Zabalza, I., & Aranda, J. (2009). *Energía solar térmica*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.