



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Informe de situación de la energía solar fotovoltaica
a nivel nacional y autonómico

Autor:

Andrea Padilla Vallés

Director:

Jorge Bielsa Callau

Facultad de Economía y Empresa

2023

RESUMEN

El objeto de análisis llevado a cabo en este trabajo es analizar el contexto energético actual y futuro desde el panorama nacional y aragonés. Determinaremos el impacto real de la inversión de energía fotovoltaica a través de los resultados de dos estudios en los cuales se usan dos metodologías, el modelo Input-Output y el modelo econométrico diseño diferencias en diferencias.

En primer lugar, con el modelo Input-Output y usando los resultados del estudio de Cámara Sánchez y otros [1], estimamos los efectos que genera el sector eléctrico de la energía solar en la renta ante un incremento de su demanda final a nivel nacional.

A continuación, presentaremos el impulso y resaltaremos el potencial del sector de la energía fotovoltaica en Aragón y en España, usando los datos del estudio de Fabra y otros [7], utilizando el modelo econométrico con diseño diferencias en diferencias desde una perspectiva amplia para analizar cuántos empleos locales es capaz de crear en la industria de la energía fotovoltaica, tanto en el ámbito nacional como en el autonómico.

Además de los resultados anteriores, también se examinará la evolución en los últimos años del sector fotovoltaico español y aragonés señalando los notables cambios de tendencia que se han producido con el fin de acercarnos a un modelo energético sostenible.

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Perspectivas de futuro para la energía solar fotovoltaica	6
3. Metodología	8
3.1. Modelo Input-Output	8
3.2. Modelo econométrico diseño diferencias en diferencias	9
4. Inversiones renovables en energía solar fotovoltaica	12
4.1. Energía solar fotovoltaica en España	12
4.2. Energía solar fotovoltaica en Aragón	13
5. Extrapolación y resultados	17
6. Conclusiones	21
7. Referencias	23
8. Anexo	25

1. Introducción

La energía solar es una de las fuentes de energía renovable que más se ha desarrollado en los últimos años. La energía solar en sus diferentes aprovechamientos tecnológicos (fotovoltaica, termoeléctrica así como térmica) constituye, junto a las demás energías renovables, uno de los pilares fundamentales de la política energética aragonesa, junto con otras energías renovables.

En la actualidad, se está produciendo un cambio significativo en energías renovables y digitalización como respuesta a los desafíos del cambio climático y la crisis energética. En el contexto español, la cuota de energía generada a partir de fuentes renovables se sitúa en un 20,73% en el año 2021, ligeramente por debajo de la media europea¹.

En respuesta a esta demanda, la Unión Europea ha desempeñado un papel fundamental en la promoción y el apoyo a la transición energética en España. Se han implementado diversos proyectos y políticas para mejorar esta transición energética en el país. Uno de los instrumentos clave en este proceso de cambio es el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 [14], una estrategia a largo plazo que establece las metas y acciones para promover la sostenibilidad y la descarbonización del sector energético en España.

Esta energía limpia es una solución efectiva para reducir las emisiones de CO₂ y mitigar el cambio climático. Cada megavatio generado a través de la energía solar fotovoltaica evita la emisión de aproximadamente 1 kilogramo de CO₂, lo que demuestra su potencial como fuente de energía limpia y sostenible. Además, la energía solar fotovoltaica surge como una tecnología clave para cumplir, no solo los objetivos climáticos, sino también los relacionados con el progreso social y el crecimiento económico.

Estudiaremos los resultados de los últimos años (2019-2022), usando los resultados de dos estudios diferentes, el estudio de Cámara Sánchez y otros (2011) [1] y el estudio de Fabra y otros (2023) [7]. En el primer estudio, se utilizará la metodología Input-output para examinar los efectos directos e indirectos del sector eléctrico de la energía solar en la producción de su demanda final a nivel nacional. En el segundo estudio, se utilizará la metodología del modelo econométrico de diseño diferencias en diferencias para

¹La media europea con los 27 países en 2021 es de 21,77%. Datos sacados de Eurostat. Share of energy from renewable sources [NRG_IND_REN] [6].

analizar la cantidad de empleos locales generados por cada MW invertido a nivel municipal y nacional, utilizando los datos más actualizados.

Este crecimiento y desarrollo de la energía solar fotovoltaica en Aragón y en España, en general, ha contribuido a la creación de empleo, desarrollo tecnológico y la atracción de inversores en el sector.

Los apartados del trabajo son los siguientes.

Comenzamos con un apartado descriptivo de perspectivas de futuro para la energía solar fotovoltaica para luego explicar las metodologías del modelo Input-Output y la del modelo econométrico diseño diferencias en diferencias. Luego presentamos los datos de inversiones renovables en energía solar fotovoltaica en España y en Aragón. Con esos datos y los resultados de los dos trabajos citados procedemos a realizar una extrapolación para estimar el empleo y la renta que este sector está generando. Finalizamos con las principales conclusiones del análisis descriptivo y cuantitativo.

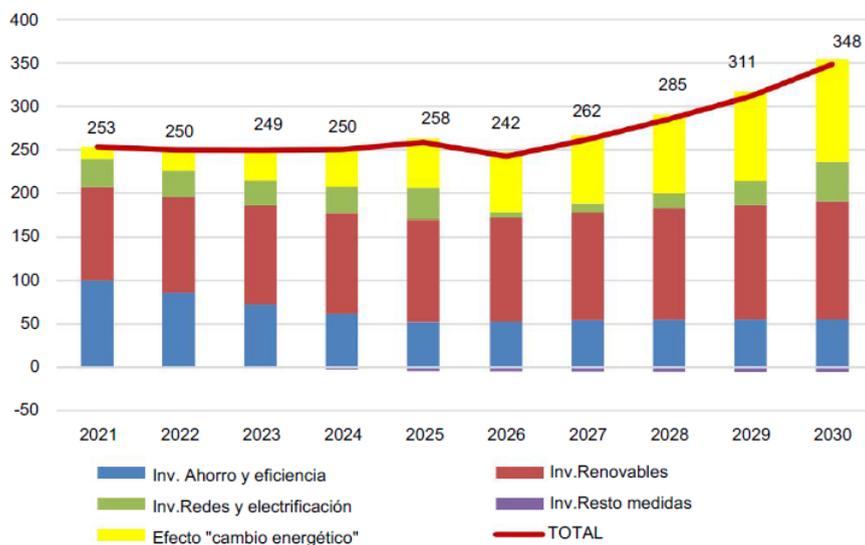
2. Perspectivas de futuro para la energía solar fotovoltaica

En este apartado analizaremos las perspectivas de futuro para la energía solar fotovoltaica. En primer lugar, nos centramos en el marco europeo, donde veremos el Pacto Verde Europeo para 2050 [5]. El Pacto Verde Europeo es una estrategia integral que tiene como objetivo lograr la neutralidad climática en Europa para 2050. Dentro de este marco, se establece la meta de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55% para 2030. Esto implica un fuerte impulso hacia el aumento de la proporción de energías renovables en el mix energético de la Unión Europea.

Además del marco europeo, es importante analizar el Plan Nacional de Energía y Clima PNIEC 2021-2030² [14]. Este plan establece las directrices y metas específicas de cada país miembro de la UE en relación con la energía y el clima.

En el caso de España, el PNIEC [14] estima que las inversiones totales para lograr los objetivos alcanzarán los 91.764 millones de euros entre 2021-2030 para las energías renovables. Las inversiones renovables generarían entre 107.000 y 135.000 empleados al año.

Gráfico 1: Impacto en el empleo por tipo de medida (miles personas/año)



Fuente: Centro de Cambio Climático, 2019

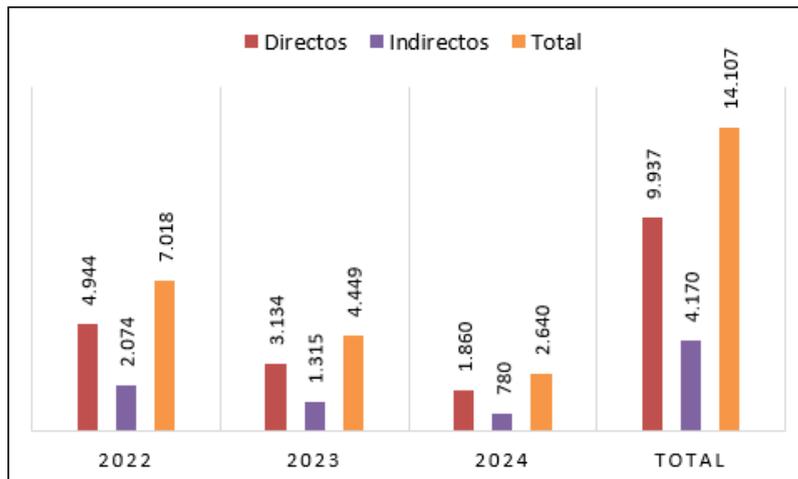
² El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) se alinea con los objetivos establecidos en el Acuerdo de París y tiene como objetivo principal alcanzar un sistema eléctrico basado en un 74% de energías renovables en 2030 y como consecuencia una reducción de las emisiones CO₂.

Centrándonos en las perspectivas de futuro para Aragón, esta comunidad autónoma cuenta con un gran potencial para el desarrollo de la energía solar fotovoltaica. Las energías renovables en Aragón son objeto de estudio en el Informe CLENAR (2021) [2]. Este informe ofrece un análisis detallado de la situación actual y futura del sector de las energías renovables de la región. De acuerdo a este informe, bajo la hipótesis de que el 60% del gasto se realizará en Aragón, cada MW instalado tiene un coste medio de 0,8 millones de euros y la inversión prevista en el corto plazo, es de 954 millones de euros en el periodo 2022-2024. Esto generará un efecto de la inversión sobre la demanda de 1.252 millones de euros.

Respecto al efecto económico de la inversión sobre el empleo, desglosamos los empleos en directos e indirectos. Se generan 9.937 empleos directos y 4.170 indirectos lo que da un total de 14.107 puestos de trabajo durante estos tres años. Las 5 ramas donde se genera más empleo son: maquinaria, y material eléctrico, servicios de comercio al por mayor, productos metalúrgicos, productos de la construcción y otros servicios empresariales.

Las estimaciones de la investigación que se muestran en el informe postulan que por cada 100 MWh de energía fotovoltaica se requiere una inversión de 80 millones de euros, equivalentes a 150 GWh de generación eléctrica, creando 737 puestos de trabajo en Aragón y evitando la emisión de 70.000 toneladas de carbono.

Gráfico 2: Estimación del efecto económico de la inversión sobre el empleo



Elaboración propia a partir de CLENAR

3. Metodología

Para poder realizar este análisis social y económico, en el ámbito nacional y local, nos centraremos en dos enfoques metodológicos ampliamente utilizados en la economía. El primero será un modelo Input-Output y el segundo un modelo econométrico diseño diferencias en diferencias.

3.1. Modelo Input-Output

El modelo Input-Output fue desarrollado por Wassily Leontief³ en los años 30, se basa en la idea de que las diferentes industrias de una economía están interconectadas a través de la cadena de suministro. Su propósito fundamental es analizar la interdependencia de industrias en una economía, la relación entre las necesidades y destinos de cada industria y las relaciones comerciales entre países⁴. Este modelo es una herramienta económica para medir los impactos directos e indirectos en la economía asociados a un cambio en la demanda de bienes y servicios.

Este modelo está siendo utilizado por organismos internacionales para evaluar el impacto en términos de empleo en el sector eléctrico, tal y como muestran los informes anuales de la Agencia Internacional de Energías Renovables [11]. Este modelo lo usaremos para estudiar el impacto de los cambios en el ámbito nacional.

Apoyándonos en el estudio de Miller y otros (2009) [13], la demanda del modelo Input-Output se puede representar mediante la siguiente fórmula:

$$X = (I - A)^{-1}Y = MY \quad (1)$$

Donde, X es el vector output total de cada rama ($n \times 1$); I es la matriz identidad; A es una $n \times n$ matriz de coeficientes técnicos a_{ij} que se define como cantidad de producción del sector i que el sector j necesita producir para una unidad de output; Y es la demanda final de cada industria. Con el objetivo de que la ecuación tenga sentido económico, es necesario que la solución de esta sea positiva, única y que se produzca un superávit económico. Con estos coeficientes podemos calcular el impacto directo de un shock de demanda final de un bien en particular en los múltiples sectores económicos⁵.

³ Wassily Leontief recibió el premio Nobel de Ciencias Económicas en 1973 por el desarrollo del modelo IO y su aplicación en problemas económicos importantes.

⁴ Información sacada de Modelo input-output - Wikipedia, Modelo input-output - Wikipedia, la enciclopedia libre.

⁵ En los manuales Miller y Blair (2009) se puede encontrar información más detallada en cuanto a la estructura y construcción de las tablas input-output.

Para el análisis de los multiplicadores de este modelo nos apoyaremos en el estudio de economía aplicada de Cámara Sánchez y otros (2011) [1], este estudio tiene el objetivo de analizar y cuantificar los efectos económicos del sector eléctrico en España.

La suma total de cada columna de la Matriz de Multiplicadores indica el efecto total de un shock unitario de demanda final en un sector sobre el resto de sectores económicos, a este efecto lo denominaremos efecto arrastre. Las sumas totales de las filas de M reflejan el impacto que una unidad adicional de demanda final, en cada uno de los sectores, produce sobre el sector, a este impacto se le denomina efecto impulso.

Los efectos de arrastre nos permiten conocer qué sectores tienen una gran capacidad de generar actividad o renta sobre el resto de la economía por cada unidad de su demanda final y los efectos impulso nos informan sobre qué sectores son importantes por su gran capacidad como suministradores de inputs o recursos para todos los demás.

El análisis Input-Output es una buena herramienta económica para evaluar los impactos de una inversión en la economía, sin embargo, cuenta con algunas limitaciones a tener en cuenta en el momento de la interpretación de los resultados obtenidos. Estas limitaciones están expuestas en la tesis doctoral De La Rúa Lope (2009) [3].

Este modelo se fundamenta en la hipótesis de la tecnología de la industria, lo que significa que la industria produciría, con la misma tecnología, diferentes productos, lo que no se asemeja a la realidad económica.

Asimismo, se asume que el sector estudiado es homogéneo y todos los recursos son utilizados de modo eficiente, sin limitaciones y a plena capacidad. No existe capacidad de almacenaje de bienes. No se consideran en el análisis del modelo efectos en el precio, existencia de bienes sustitutivos, cambios en la tecnología o economías de escala.

3.2. Modelo econométrico diseño diferencias en diferencias

A continuación, enunciamos el modelo econométrico con el método de las diferencias en diferencias. Para enunciar este modelo nos apoyaremos en la tesis doctoral de Llano Guamaní y otros (2021) [12] y el estudio de Otero (2008) [15]. Esta especificación econométrica se utiliza para analizar el efecto o impacto de un cambio sobre un sistema, con el fin de modificar la situación previa, analizándose los efectos de este cambio sobre la variable de interés, que en este caso sería el empleo. Compara los cambios en los resultados a lo largo del tiempo entre unidades inscritas en un programa y unidades

que no lo están y permite corregir la diferencia entre el grupo tratamiento y control que sea invariable a lo largo del tiempo.

Mediante la siguiente fórmula:

$$y_{i,t+h} = \beta_{\tau+h} k_{i,t} + \gamma_h X_{i,t} + \alpha_{h,i} + \lambda_{h,t} + \epsilon_{i,t+h} \quad (2)$$

Donde, t se refiere al mes natural; τ representa el mes de la fecha de puesta en marcha y h se refiere a la ventana de eventos.

La variable dependiente, $y_{i,t+h}$ es el empleo o desempleo en el municipio i en el mes $t+h$; $k_{i,t}$ refleja la nueva capacidad renovable en el municipio i , toma valor cero para los demás meses $t \neq \tau$. También incluimos una variable ficticia $X_{i,t}$, un municipio de efecto fijo $\alpha_{h,i}$ y un mes de efecto fijo $\lambda_{h,t}$. $\epsilon_{i,t+h}$ Es un término de error con las hipótesis habituales de la perturbación aleatoria. γ_h Es el parámetro de interés que nos recogerá el efecto o impacto del tratamiento sobre la variable resultado $y_{i,t+h}$.

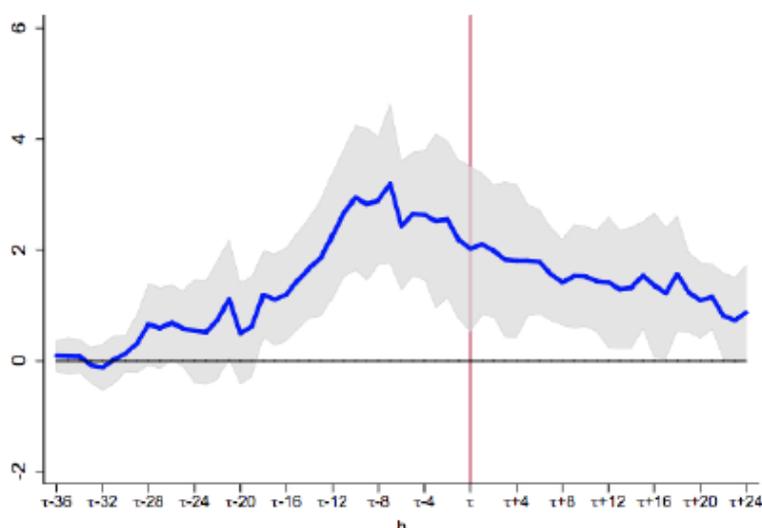
Normalizamos tanto la variable dependiente como la variable de tratamiento por población en el municipio en el tiempo $t - 36$. Esto permite interpretar los coeficientes $\beta_{\tau+h}$ como los multiplicadores de empleo o desempleo de invertir 1 MW de capacidad en h meses antes o después de la puesta en marcha de la planta τ . Concretando, β_{τ} refleja los efectos debidos a la construcción ($h < 0$) o por mantenimiento de la planta ($h > 0$).

Este modelo econométrico diseño diferencias en diferencias lo aplicaremos para estudiar los empleos locales.

Este modelo econométrico es usado en el estudio de Fabra y otros (2023) [7] en el cual nos apoyaremos para sacar los resultados de nuestro trabajo. En él se muestra cómo puede afectar una inversión de 1 millón de euros en el sector de la energía fotovoltaica, al empleo a nivel municipal y de condado.

En el gráfico 3 muestra los resultados de estimar la ecuación (2) para el empleo en el municipio para las inversiones solares durante el periodo 2006-2018.

Gráfico 3: Efectos en el empleo local



Elaboración: Estudio “Do Renewables Create Local Jobs?”[7]

Este gráfico muestra los efectos de invertir un MW en el empleo de las empresas ubicadas en los municipios donde se realiza la inversión, h períodos anteriores o posteriores a la puesta en marcha. Las bandas de error representan el intervalo de confianza del 95%. Datos mensuales.

Se puede apreciar que existe un impacto positivo en el empleo con una duración de aproximadamente 16 meses. Destacamos el aumento del empleo en la fase de construcción, disminuye conforme nos acercamos a la fecha de inicio y en la fase de mantenimiento el efecto es menos pero no nulo.

El modelo econométrico diseño diferencias en diferencias ha sido ampliamente utilizado, ya que es un instrumento capaz de medir el impacto de un cambio sobre un sistema y a su vez es fácil de entender y utilizar. Sin embargo, este modelo sufre de algunos problemas que afectan directamente a los resultados econométricos de la estimación. Estos problemas son mencionados en el estudio de Otero (2008) [15].

En este estudio se plantean y ponen solución a los problemas que considera el autor más importantes, endogeneidad, correlación, intragrupo y autocorrelación. Los diseños experimentales deben ser cuidadosamente estudiados, es preciso conocer los riesgos a los que se enfrenta la aplicación econométrica y tener en cuenta estos problemas, en consecuencia sus resultados muchas veces no serán válidos.

4. Inversiones renovables en energía solar fotovoltaica

La recuperación económica, la crisis de los precios de los combustibles fósiles, fomento del autoconsumo y la generación distribuida y las fuertes reducciones de costes de las inversiones renovables⁶, ha fomentado el incremento de estas energías renovables.

Encontramos datos de todas las inversiones fotovoltaicas que se han producido en España desde 2001 hasta 2021. Filtrando estos datos para los años 2019 al 2021, por tipo de energía, en este caso plantas fotovoltaicas y por comunidad autónoma, Aragón. Nuestros datos provienen de Pretor, es decir, el registro administrativo de todas las renovables, plantas de residuos y cogeneración en España⁷. El registro proporciona las ubicaciones, tamaños y tecnologías de las plantas fotovoltaicas [16].

4.1. Energía solar fotovoltaica en España

España ha sido un país con gran dependencia energética de los combustibles fósiles, pero gracias a la transición energética esta tendencia ha cambiado. En 2021 el 47% de la energía generada es renovable, las cuales destacan la eólica y la solar⁸.

Según los datos de Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad (ENTSO-E)⁹. En 2021 España se convirtió en el segundo país que más electricidad generó con energía eólica y solar de toda la Unión Europea.

En este apartado nos centraremos en la energía fotovoltaica nacional. En el gráfico 4 se destaca la evolución gradual de la potencia instalada (MW) en el periodo de tiempo 2019-2022 en España¹⁰. El crecimiento nacional tuvo un aumento en 2022 del 22,58% respecto al 2019¹¹.

⁶Como informa IRENA (2022), los costes de inversión en plantas de energía solar disminuyeron un 13% interanual en 2020-2021 de manera global.

⁷ Los datos están disponibles públicamente en <https://energia.serviciosmin.gob.es/Pretor/Vista/Informes/InformesInstalaciones.aspx>. Datos de la puesta en marcha de las plantas más nuevas proporcionados por el Ministerio de Transición Ecológica de España.

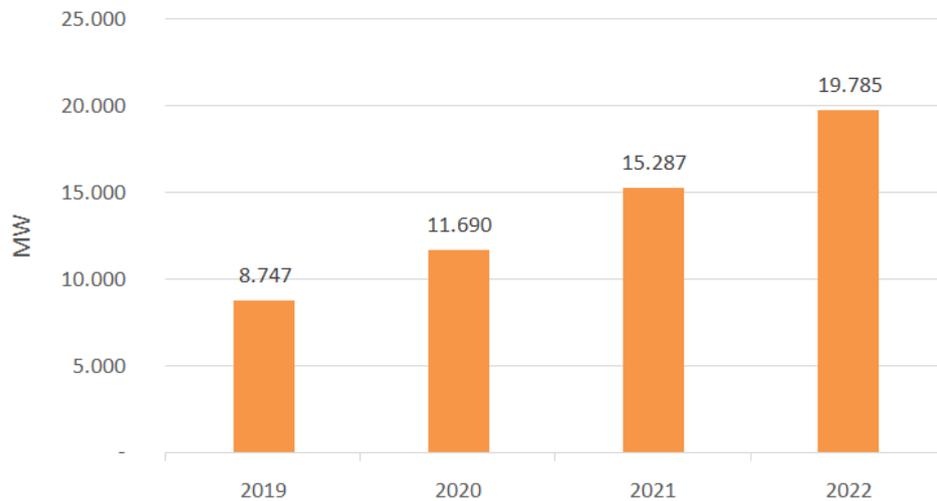
⁸ Información sacada de la noticia. El 47% de la energía que genera España ya es renovable | Medio Ambiente (elmundo.es) [4].

⁹ Datos obtenidos de la Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad (ENTSO-E) [18].

¹⁰ Datos obtenidos de REDacta - Potencia instalada | Red Eléctrica (ree.es) [17].

¹¹ Tasa de crecimiento (2019-2022) de la potencia instalada en España $19.7858.74714-1=22,58\%$

Gráfico 4: Potencia instalada (MW) sistema eléctrico nacional solar fotovoltaica



Elaboración propia a partir de REE

4.2. Energía solar fotovoltaica en Aragón

En este apartado, nos centramos en los impactos de las inversiones en energía solar fotovoltaica en una de las comunidades autónomas líder en este campo, Aragón. La UNEF ha realizado un ranking de las Comunidades Autónomas que más toneladas de CO₂ en 2022 han evitado gracias a la implementación de energía fotovoltaica en sus territorios y Aragón se encuentra en cuarta posición con 1.054.789 toneladas de CO₂ evitadas¹².

Aragón dispone de buenos datos climáticos, en los que destaca, la temperatura seca, la humedad, el viento o la radiación y según las cuales en Aragón se recibe de media una irradiación global de 1.624 kWh/m² al año, valores que sitúan a Aragón en una posición privilegiada en Europa [8].

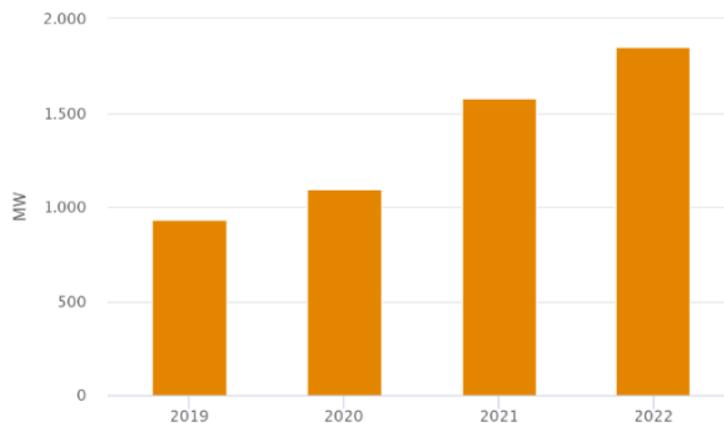
Según el Plan Energético de Aragón 2013-2020 [9], la solar fotovoltaica instalada superó ampliamente las previsiones del Plan con un desarrollo muy importante en nuestra región hasta el año 2009 y un crecimiento más estable a partir de ese momento. La potencia instalada en el 2012, tanto de equipos conectados a la red como aislados,

¹² Información sacada de la noticia Fotovoltaica - Estas son las 10 Comunidades Autónomas que más CO₂ han ahorrado sustituyendo combustibles fósiles por energía solar - Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. (energias-renovables.com) [8].

era de 168,57 MW. El Plan Energético tenía como previsión alcanzar en 2020 los 369 MW, lo que supondrá una producción de energía eléctrica de 516.000 MW y una inversión en plantas solares fotovoltaicas con 326 millones de euros en el periodo 2013-2020.

En el gráfico 5 destaca el incremento en el sistema eléctrico solar fotovoltaico en Aragón¹³. La potencia instalada a lo largo del tiempo ha experimentado una evolución positiva provocándose un crecimiento en 2022 de un 18,62% respecto al 2019¹⁴.

Gráfico 5: Potencia instalada (MW) sistema eléctrico Aragón solar fotovoltaica.



Fuente: REE

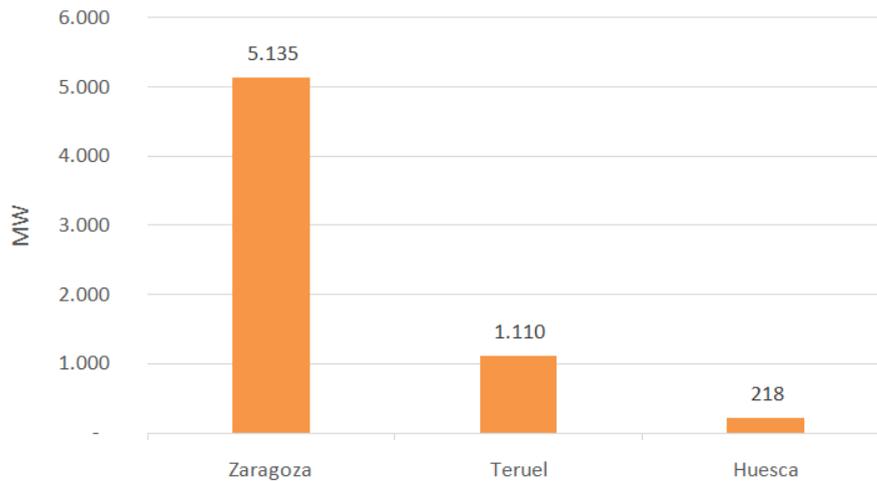
A continuación, estudiaremos la energía solar fotovoltaica por provincias.

En el gráfico 6 se puede observar los últimos datos actualizados de la potencia instalada total en MW por provincias.

¹³ Datos obtenidos de Datos obtenidos de REDacta - Potencia instalada | Red Eléctrica (ree.es) [17].

¹⁴ Tasa de crecimiento (2019-2022) de la potencia instalada en Aragón $1.85193514-1=18,62\%$

Gráfico 6: Potencia instalada total (MW) por provincias



Elaboración propia a partir de Pretor

En la tabla 1 muestra el aumento en la capacidad de generación de la energía eléctrica solar fotovoltaica durante los años 2019-2021 en las diferentes provincias aragonesas. Este incremento refleja el compromiso de la región con la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles, impulsada por la reducción de costos, avances tecnológicos y políticas favorables.

Tabla 1: Potencia instalada en los años 2019-2021

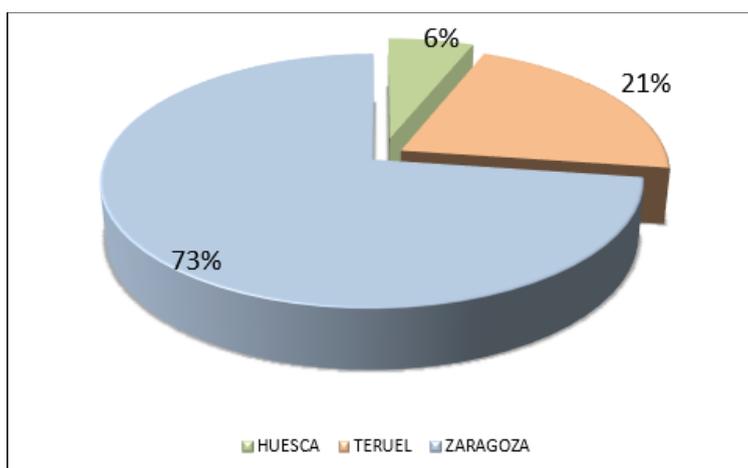
MW	2019	2020	2021
HUESCA	63,21	106,57	111,61
TERUEL	53,36	288,49	387,29
ZARAGOZA	202,90	1.088,34	1.333,52
ARAGÓN	319,47	1.483,40	1.832,42

Elaboración propia a partir del IAEST

Se destaca un gran aumento en la capacidad total de generación de esta energía en Aragón pasando de 319,47 MW en 2019 a 1.832,42 MW en 2021.

Al observar el gráfico 7, se puede apreciar cómo algunas provincias destacan con una mayor capacidad de potencia instalada. Esta divergencia puede atribuirse a factores como el tamaño y las características de los territorios para la implementación de plantas de energía solar. Algunas provincias pueden presentar una menor capacidad de potencia instalada en energía solar debido a limitaciones geográficas o a la falta de iniciativas y apoyo para el desarrollo de proyectos solares a gran escala.

Gráfico 7: Energía generada por provincias año 2021



Elaboración propia a partir del IAEST

5. Extrapolación y resultados

En esta parte del estudio determinaremos el impacto real de la inversión de energía fotovoltaica a través de las dos metodologías descritas anteriormente, a nivel nacional y de comarca.

En primer lugar, usaremos los resultados para el modelo Input-Output según el estudio de Cámara Sánchez y otros (2011) [1], para estudiar los efectos directos e indirectos que genera el sector eléctrico de la energía solar en la producción de su demanda final a nivel nacional.

Tabla 2: Efectos de arrastre

	2019	2020	2021	2022
Potencia instalada MW	8.746,54	11.689,58	15.286,68	19.785,01
Producción MWh	611,32	817,02	1.068,44	1.382,84
Precio MWh	104,295	104,295	104,295	104,295
Euros de producción	63.758,07 €	85.211,48 €	111.432,61 €	144.223,30 €
Multiplicador efecto arrastre	2,46	2,46	2,46	2,46
Renta generada	156.844,84 €	209.620,23 €	274.124,22 €	354.789,31 €

Elaboración propia

La demanda final de energía eléctrica solar tiene un efecto positivo en la economía española, ya que incrementa la renta del país. Según la tabla 2, este efecto arrastre se estima en 2,46 unidades monetarias. Esto significa que ante un aumento de 1 unidad de demanda final de energía se traduce en un incremento de 2,46 unidades monetarias en la renta del país.

Para elaborar esta tabla, se han utilizado los datos de producción en MWh, obtenidos dividiendo el total de MWh en 2022¹⁵ [21] entre la potencia instalada en MW lo que nos dará un coeficiente de 0,07, el cual multiplicaremos por la potencia total instalada MW. El cálculo del precio medio de los MWh para los años 2019-2022, proporcionado por Rosa Fernández (2023) [19]. Al multiplicar estos valores, se obtiene la producción de MWh en euros, que luego se multiplica por el multiplicador de arrastre para determinar la renta generada por las inversiones de energía solar fotovoltaica. Es evidente que la renta generada, directa e indirectamente, por esta fuente de energía está aumentando, lo cual puede tener efectos multiplicadores positivos en otros sectores de la economía, generando un impulso adicional al crecimiento económico.

¹⁵ Datos obtenidos de UNEF. Unión Española Fotovoltaica. (2023) [21].

En segundo lugar, haremos uso del modelo econométrico diseño diferencias en diferencias, el cual nos permite no solo calcular el empleo total generado, sino también el desglose de puestos de trabajo en categoría de directos e indirectos. Además, la utilización de esta metodología nos permite identificar, junto con la utilización del vector de costos de cada tecnología, la cantidad real que se debería invertir en cada sector.

Para realizar nuestros cálculos, nos basaremos en el estudio de Fabra y otros (2023) [7]. Este estudio se destaca por su enfoque riguroso y exhaustivo sobre el impacto de las energías renovables en la generación de empleo local. Analizaremos cuántos empleos locales es capaz de crear por MW invertidos a nivel municipal y nacional.

Tabla 3: Efectos en el empleo por MW a nivel de municipio y de país

	Pre-apertura	Post-apertura
Nivel municipal		
Multiplicador (empleo/MW)	2,646	1,734
Observaciones	347.598	347.598
Nº municipios	2.321	2.321
Nivel de país		
Multiplicador (empleo/MW)	4,472	3,558
Observaciones	45.900	45.900
Nº municipios	306	306

Fuente: Estudio “Do Renewables Create Local Jobs?”[7]

Esta tabla nos informa de los resultados de la estimación de los efectos en el empleo a través de la ecuación (2), para las inversiones a nivel municipal y a nivel de país para el periodo de referencia 2006-2018. Los multiplicadores expresan el número de nuevos puestos de trabajo creados por empresas locales por MW invertido. El periodo pre (post) de apertura se define como periodo de un año antes (después) de la fecha de inicio.

Utilizaremos los multiplicadores mencionados para calcular, a nivel de país, extrapolando sus cifras a los años 2020-2022 en incrementos de nueva potencia instalada total en megavatios (MW), tomando como año de referencia de inicio de las inversiones el año 2019. El análisis a nivel de país nos muestra que los multiplicadores de pre-apertura y post-apertura son 4,47 y 3,56 empleos/MW, respectivamente.

Tabla 4: Empleos nacionales generados en 1 año

		2019	2020	2021	2022
Pre-apertura	Potencia instalada	8.746,54	2.943,05	3.597,10	4.498,33
	Multiplicador	4,472	4,472	4,472	4,472
	Empleo	39.115	13.161	16.086	20.117
Post-apertura	Multiplicador	3,558	3,558	3,558	3,558
	Empleo	31.120	10.471	12.798	16.005

Elaboración propia

Como se puede observar en la etapa de pre-apertura se generan más puestos de trabajo que en la etapa de post-apertura que se corresponde a la de mantenimiento.

A continuación, se analizarán los efectos a nivel municipal tomando como ejemplo los municipios Gurrea de Gállego, Huesca y Jaca, pertenecientes a la provincia de Huesca, así como Calamocha, Samper de Calanda y Teruel, pertenecientes a la provincia de Teruel. También se consideran los municipios de Chiprana, Muela (La) y Zaragoza, pertenecientes a la provincia de Zaragoza. A nivel municipal muestra que, durante la fase de mantenimiento, el multiplicador es de 1,75 empleos/MW.

Tabla 5: Empleos mantenidos provincia de Huesca

Municipio	Potencia instalada	Multiplicador (empleo/MW)	Empleos
Gurrea de Gállego	121,15	1,734	210
Huesca	42,24	1,734	73
Jaca	6,17	1,734	11

Elaboración propia

Tabla 6: Empleos mantenidos provincia de Teruel

Municipio	Potencia instalada	Multiplicador (empleo/MW)	Empleos
Calamocha	48,65	1,734	84
Samper de Calanda	149,67	1,734	260
Teruel	0,40	1,734	1

Elaboración propia

Tabla 7: Empleos mantenidos provincia de Zaragoza

Municipio	Potencia instalada	Multiplicador (empleo/MW)	Empleos
Chiprana	246,70	1,734	428
Muela (La)	85,96	1,734	149
Zaragoza	31,82	1,734	55

Elaboración propia

En las tablas anteriores se evidencia de manera clara que todos los municipios que han recibido inversiones en energía solar fotovoltaica, se han registrado un incremento en el empleo.

Sostenemos que la inversión en energía solar conlleva un impacto positivo en la generación de empleo. No obstante, es importante resaltar que los efectos en la reducción del desempleo son moderados, lo cual indica que parte de los nuevos puestos de trabajo son ocupados por individuos no residentes.

6. Conclusiones

El sistema eléctrico solar fotovoltaico se ha convertido en una opción cada vez más atractiva y rentable para la generación de energía eléctrica en Aragón y España. Como hemos podido observar en los últimos años ha habido un crecimiento en la potencia instalada. Este aumento en la capacidad de generación de energía solar ha generado beneficios económicos muy positivos para los municipios.

En primer lugar, cabe resaltar el impacto positivo en la economía española como resultado del incremento en la renta general de la economía ante variaciones unitarias en la demanda final de la energía eléctrica solar. Se estima que este efecto de arrastre alcanza una cifra de 354.789,31€ en términos de renta generada directa e indirectamente para el año 2022.

Además, la inversión en energía solar fotovoltaica ha impulsado la creación de empleo en la región, tanto en la fase de instalación como en la de mantenimiento de los sistemas. Se han generado tanto empleos directos como indirectos, lo que ha contribuido a dinamizar tanto la economía nacional como la local, al tiempo que ha mejorado la calidad de vida de los residentes en los municipios donde se ha llevado a cabo esta inversión.

El aumento en la demanda de energía solar tiene efectos positivos en la economía española, generando una mayor renta y creando empleo a nivel nacional. Se estima que en el año 2022 se generarán 20.117 puestos de trabajo durante la fase de instalación y 16.005 puestos de trabajo durante la fase de mantenimiento. A nivel local, municipios como Chiprana experimentaron un impacto significativo, se han logrado mantener 428 empleos durante la fase de mantenimiento. Sin embargo, municipios con menor capacidad instalada, como Calamocha, verán un impacto laboral menor, manteniendo 84 empleos en la fase de post-apertura. La energía solar impulsa la economía, genera empleo y tiene diferentes repercusiones según la capacidad instalada en cada región.

En definitiva, la energía solar fotovoltaica se presenta como una solución viable y prometedora para abordar los desafíos energéticos, económicos y medioambientales a los que nos enfrentamos en la actualidad. Su implementación estratégica no solo ofrece beneficios inmediatos, sino que también allana el camino hacia un futuro más sostenible y próspero para las siguientes generaciones. Es responsabilidad de los gobiernos, las empresas y la sociedad en su conjunto promover y adoptar activamente la energía solar

fotovoltaica como parte de una transición energética global hacia un modelo más limpio, eficiente y resistente.

7. Referencias

- [1] Cámara Sánchez, Á., Flores García, M., & Fuentes Saguar, P. D. (2011). Análisis económico y medioambiental del sector eléctrico en España. *Estudios de Economía Aplicada*, 29(2), 493-514.
- [2] CLENAR (Clúster de la Energía de Aragón) (2021). Informe “Impacto ambiental, social y económico de los proyectos de energías renovables eólicos y fotovoltaicos de Aragón”, Universidad de Zaragoza e Ibersyd, Prensas Universitarias de Zaragoza.
- [3] De la Rúa Lope, C. (2009). Desarrollo de la herramienta integrada " Análisis de Ciclo de Vida-Input Output" para España y aplicación a tecnologías energéticas avanzadas (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).
- [4] El 47% de la energía que genera España ya es renovable | Medio Ambiente (elmundo.es)
- [5] Europea, U. (2020). Pacto verde europeo. Boletín monográfico.
- [6] Eurostat. Share of energy from renewable sources [NRG_IND_REN].
- [7] Fabra, N., E. Gutiérrez, A. Lacuesta y R. Ramos (2023). Do Renewables Create Local Jobs? Documentos de trabajo nº 2307, Banco de España.
- [8] Fotovoltaica - Estas son las 10 Comunidades Autónomas que más CO₂ han ahorrado sustituyendo combustibles fósiles por energía solar - Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. (energias-renovables.com)
- [9] Gobierno de Aragón, Departamento de industria e innovación. Plan Energético de Aragón 2013-2020.
- [10] IAEST (Instituto Aragonés de Estadística). Boletines de Coyuntura Energética en Aragón (2019-2021), Gobierno de Aragón.
- [11] IRENA (International Renewable Energy Agency) (2022). Informe “Renewable Energy Statistics 2022”.
- [12] Llano Guamaní, M. E., & Quiguango Farias, D. S. (2021). Diferencia en diferencias: una metodología cuasi experimental para medir el impacto del Proyecto de la Erradicación del Trabajo Infantil-PETI-en Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- [13] Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input–Output Analysis: foundations and extensions*. Cambridge University press.

- [14] Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2019). Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021–2030.
- [15] Otero, J. V. (2008). Problemas econométricos de los modelos de diferencias en diferencias. *Estudios de Economía Aplicada*, 26(1), 363-384.
- [16] PRETOR (serviciosmin.gob.es)
- [17] REDacta - Potencia instalada | Red Eléctrica (ree.es)
- [18] Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad (ENTSO-E).
- [19] Rosa Fernández (2023). Precio medio final de la electricidad España 2010-2022. <https://es.statista.com/estadisticas/993787/precio-medio-final-de-la-electricidad-en-espana/#:~:text=Espa%C3%B1a%20tuvo%20que%20volver%20a,2022%20superaba%20los%20200%20euros>
- [20] Statista Research Department (2023). Generación solar fotovoltaica en España 2010-2022. <https://es.statista.com/estadisticas/1004390/generacion-solar-fotovoltaica-en-espana/>
- [21] UNEF. Unión Española Fotovoltaica. (2023). El almacenamiento detrás del contador despega en España en 2022 con 1382,84 MWh de energía solar almacenable. <https://www.unef.es/es/comunicacion/comunicacion-post/el-almacenamiento-detras-del-contador-despega-en-espana-en-2022-con-1382-84-mwh-de-energia-solar-almacenable>

8. Anexo

Estimación del efecto económico de la inversión sobre el empleo. Elaboración propia a partir de CLENAR.

	Directos	Indirectos	Total
2022	4.944	2.074	7.018
2023	3.134	1.315	4.449
2024	1.860	780	2.640
Total	9.937	4.170	14.107

Potencia instalada total (MW) por provincias. Elaboración propia a partir de Pretor.

Provincia de la Instalación	Total potencia instalada MW	Total plantas
Zaragoza	5.135	1.231
Teruel	1.110	476
Huesca	218	463