

**Plan Estratégico de la instalación fotovoltaica
de 20 MW promovida por FALCK RENEWABLES
POWER 3, S.L.U.**

Código Expediente: UA_21_01_00074

Índice

1. Introducción y antecedentes.....	4
2. Breve estudio de la comarca.....	6
2.1 Metodología.....	6
3. Descripción general de las inversiones a realizar	7
3.1 Equipos necesarios	8
3.2 Obra civil.....	8
3.3 Monitorización y seguridad.....	9
3.4 Ingeniería y estudios	9
3.5 Otros.....	9
4. Descripción de la estrategia de compras y contratación	10
4.1 Estrategia de compras.....	10
4.2 Estrategia de contratación.....	12
5. Estudio del impacto en el empleo	14
5.1 Distribución del empleo por actividad.....	14
5.2 Distribución del empleo por naturaleza	15
5.3 Distribución del empleo por zona geográfica	15
5.4 Distribución por tipo de empleo	17
6. Oportunidades para la cadena de valor	18
7. Huella de carbono	20
7.1 Metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono	20
7.2 Cálculo de huella de carbono.....	21
7.3 Cálculo de huella de carbono.....	22
8. Estrategia de economía circular para la planta fotovoltaica	24
8.1 Análisis del Ciclo de Vida e integración en un modelo de economía circular	24

Índice de tablas e ilustraciones

Tabla 1: Desglose del presupuesto del proyecto	7
Tabla 2: Presupuesto para la adquisición de equipos	8
Tabla 3: Presupuesto para la obra civil e instalación	8
Tabla 4: Especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos	11
Tabla 5: Especificaciones técnicas de las estructuras soporte	11
Tabla 6: Especificaciones técnicas de los cuadros de agrupación de strings	11
Tabla 7: Especificaciones técnicas de los inversores centrales	12
Tabla 8: Especificaciones técnicas del centro de transformación	12
Tabla 9: Especificaciones técnicas de los conductores	12
Tabla 10: Desglose de empleos por actividad	14
Tabla 11 - Cálculo de la huella de carbono	21
Tabla 12 - Emisiones de CO ₂ eq. evitadas	23

1. Introducción y antecedentes

El pasado 4 de diciembre de 2020 salió publicada la Orden TED/1161/2020, por la que se regula el primer mecanismo de subasta para el otorgamiento del régimen económico de energías renovables y se establece el calendario indicativo para el periodo 2020-2025.

Unos días después, el 12 de diciembre de 2020, se publicó en el Boletín Oficial del Estado la Resolución de 10 de diciembre de 2020, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se convocaba la primera subasta para el otorgamiento del régimen económico de energías renovables, con celebración prevista para el 26 de enero de 2021. En dicha Resolución se materializa la necesidad prevista por la Orden TED/1161/2020 de incluir una información exigible determinada.

Concretamente, se establece la obligación de presentar un plan estratégico con las estimaciones de impacto sobre el empleo local y la cadena de valor industrial, que deberá incluir, al menos, lo siguiente:

- a) Descripción general de las inversiones a realizar.
- b) Estrategia de compras y contratación.
- c) Estimación de empleo directo e indirecto creado durante el proceso de construcción y puesta en marcha de las instalaciones y durante la operación de las mismas, distinguiendo entre el ámbito local, regional o nacional.
- d) Oportunidades para la cadena de valor industrial local, regional, nacional y comunitaria. Incluyendo un análisis sobre el porcentaje que representa la valoración económica de la fabricación de equipos, suministros, montajes, transporte y resto de prestaciones realizadas por empresas localizadas en los citados ámbitos territoriales, en relación con la inversión total a realizar.
- e) Estrategia de economía circular en relación con el tratamiento de los equipos al final de su vida útil.
- f) Análisis de la huella de carbono durante el ciclo de vida de las instalaciones, incluyendo fabricación y transporte de los equipos principales que las componen.

Finalmente, la subasta se celebró en la fecha prevista, el 26 de enero de 2021. Ésta fue la primera subasta celebrada bajo el nuevo Régimen Económico de Energías Renovables (REER), según el cual los participantes pujan ofertando el precio que están dispuestos a cobrar por la energía que genere la instalación. El cupo subastado fue de 3.000 MW de potencia instalada, de los cuales 20 MW de tecnología fotovoltaica fueron adjudicados a FALCK RENEWABLES POWER 3, S.L.U. (en adelante FRP3).

En este informe se presenta pues el “Plan estratégico con las estimaciones de impacto sobre el empleo local y la cadena de valor industrial” para la planta adjudicataria, requerido en las bases de la propia subasta.

El plan estratégico debe ser presentado junto con la solicitud de inscripción en el Registro electrónico del régimen económico de energías renovables en estado de preasignación en un periodo máximo de 2 meses desde la fecha de publicación de la resolución de la subasta.

Posteriormente, la norma impone la obligación de actualizar y concretar el plan estratégico. La nueva versión será remitida a la Dirección General de Política Energética y Minas en un periodo máximo de 3 meses a contar desde la fecha de finalización del plazo para la identificación de las instalaciones.

Finalmente, junto a la solicitud de inscripción en el Registro electrónico del régimen económico de energías renovables en estado de explotación, se deberá presentar un informe incluyendo una estimación del impacto que la instalación haya tenido sobre cada uno de los parámetros incluidos en el plan estratégico presentado de forma previa, y ver cómo se desarrollaron los compromisos adquiridos por el proyecto con el territorio en cuestión.

Dadas las características de este plan estratégico inicial y, sobre todo, debido al plazo de tiempo tan reducido para la elaboración y presentación del mismo desde la adjudicación en subasta, es necesario subrayar que muchas de las particularidades y rasgos de la planta fotovoltaica no están aún definidos.

Como consecuencia, este informe se ha elaborado con la información disponible al momento de su redacción, y se ha complementado con estimaciones y proyecciones con base en casos similares y referencias bibliográficas.

En cualquier caso, y consecuentemente con lo expuesto anteriormente, este plan estratégico inicial puede verse afectado durante el desarrollo del proyecto, pudiéndose adaptar cualesquiera de los parámetros o indicadores del informe a las circunstancias propias del caso.

2. Breve estudio de la comarca

La implantación de la instalación se llevará a cabo en un terreno rústico común, no urbanizable. Al ser un ámbito rural, por tanto, la ubicación de la instalación será en un municipio con un tamaño poblacional en declive y con una baja densidad de población, donde la renta per cápita está por debajo de la media nacional.

Desde la perspectiva medioambiental, la planta se implantará preferiblemente en terrenos con dedicación previa a cultivos de secano y en zonas que no estén especialmente protegidas para aves. Por tanto, el impacto medioambiental será mínimo, mientras que el impacto económico será significativo en la comarca considerada.

2.1 Metodología

Debido a la falta de una ubicación definida, en el momento de la redacción de este informe solo se puede ofrecer una planificación de los contenidos mínimos de este apartado y la metodología que se pretende seguir.

- **Estudio demográfico:** Se realizarán estudios que analizarán las características de la población local y comarcal donde se llevará a cabo la construcción del parque fotovoltaico. Para ello se analizarán diferentes variables: tamaño de las poblaciones; estructura demográfica por edad, sexo o nivel económico; migraciones, etc.
- **Análisis económico y del empleo de la zona:** Se pretende analizar la situación del empleo en la zona atendiendo a cuáles son los principales motores económicos, nivel de desempleo o procesos de ERTE abiertos, entre otros factores.
- **Identificación de principales valores ambientales y culturales:** con el fin de identificar cómo complementarlos con la inversión en la planta.

3. Descripción general de las inversiones a realizar

Una de las características más destacadas del proyecto propuesto es la conjunción entre la generación fotovoltaica y el sector agroganadero, siempre que sea posible, a través de un proyecto de agrivoltaica.

La actividad agrivoltaica permite armonizar el uso de la tierra para la generación eléctrica con un uso agrícola y/o ganadero. Con esta sinergia se hace un uso más racional de la tierra y se acentúa el impacto directo en la cadena de valor local y en el empleo de la zona, lo cual demuestra el compromiso de FRP3 con la sostenibilidad y con el aporte de riqueza en la comarca seleccionada.

A pesar de lo expuesto, el informe actual comprenderá únicamente las inversiones y el impacto causado por la instalación fotovoltaica, ya que aún no se dispone de detalles específicos acerca del uso agrícola y/o ganadero con el que se compaginará la producción energética.

El proyecto fotovoltaico consiste en el diseño y construcción de una instalación de 20 MWp para generación eléctrica, por lo que las inversiones consideradas serán todas aquellas vinculadas a dicho proyecto. La vida útil prevista de la instalación fotovoltaica es de 35 años.

El objetivo del proyecto es una generación eléctrica mínima de 40.000 MWh/año, contribuyendo a una reducción de las emisiones de CO₂ del *mix* energético español.

Debido a las características de la tecnología fotovoltaica, el mayor porcentaje de la inversión se destina fundamentalmente a la adquisición de los equipos necesarios. Otros aspectos o actividades, como el diseño de la planta o la propia construcción de la misma, tienen un menor peso relativo en la totalidad de la inversión.

La inversión total estimada de la planta ascenderá alrededor de los 9,9 MEUR. Debido a que aún no existe un plan específico, para analizar las diferentes partidas de la inversión se han considerado partidas presupuestarias de proyectos análogos. Así, mediante un método comparativo, se ha determinado el peso relativo de cada partida y se han asignado las partidas presupuestarias necesarias:

Presupuesto estimado del proyecto (MEUR)	
Equipos necesarios	7,16
Obra Civil y Montaje	2,17
Monitorización y seguridad	0,30
Ingeniería y estudios	0,24
Otros	0,32
Total	9,98

Tabla 1: Desglose del presupuesto del proyecto

3.1 Equipos necesarios

La partida más importante de la inversión se destina a la adquisición de todo el equipamiento necesario para el funcionamiento de la instalación. En total, 7,2 MEUR (un 72%) se destina a la compra de las unidades y componentes necesarios y a su llegada a la ubicación de la finca. Estos componentes se agrupan a su vez en distintas categorías para analizar el peso relativo en la inversión total.

Con una inversión estimada de 4,36 MEUR, los módulos fotovoltaicos constituyen la principal partida de gasto de los equipos necesarios. Son igualmente la partida más importante del total de la planta, ya que suponen el 44% sobre la inversión estimada total. Le siguen en orden de importancia las estructuras, los inversores, el centro de transformación y cableado e instalaciones auxiliares.

Inversión estimada para la adquisición de los equipos necesarios (MEUR)	
Módulos fotovoltaicos	4,37
Estructuras	1,15
Inversores	0,80
Centro de transformación	0,70
Cableado e instalaciones	0,20
Total	7,16

Tabla 2: Presupuesto para la adquisición de equipos

3.2 Obra civil

En la obra civil, se incluyen todas las actuaciones relativas a la construcción de las infraestructuras necesarias para la instalación de la planta fotovoltaica. Entre estas actuaciones destacan tanto las acciones de desbroce, desmonte y terraplén, requeridas para acondicionar el terreno para los módulos fotovoltaicos; como la construcción de los caminos hacia la instalación y dentro de la misma. La inversión estimada asociada a los trabajos de obra civil es de 2,1 MEUR.

Características de la obra civil	
Desbroce (m ²)	572.180
Desmonte (m ²)	8.583
Terraplén (m ²)	8.583
Caminos (m)	2.541
Vallado perimetral (m)	2.124
Puerta de acceso automática	1

Tabla 3: Presupuesto para la obra civil e instalación

Para la conexión con la red se ha previsto una línea subterránea de media tensión en 30 kV hasta una subestación colectora donde se elevará la tensión hasta los 220 kV y se enviará a una subestación de REE.

3.3 Monitorización y seguridad

El proceso de monitorización se realizará a través de un sistema SCADA que recoge datos de los inversores y datos externos del desempeño de los *strings*. Estos datos son almacenados, registrados y analizados, permitiendo centralizar en un sistema informático con servidor web incorporado la gestión de esta información en tiempo real.

Por su parte, el sistema anti-intrusismo perimetral se basa en un circuito cerrado de televisión con cámaras de vigilancia instaladas de manera que se pueda controlar el acceso a la instalación de terceras personas no deseables.

El funcionamiento se basa en el uso de cámaras térmicas que en caso de detectar una presencia extraña activarían automáticamente cámaras de vigilancia que confirmarían la alarma. En caso de confirmarse, la intrusión se notificaría a la central de vigilancia de la empresa contratada para estas labores que, en caso de confirmar la intrusión, avisaría a las fuerzas de seguridad.

3.4 Ingeniería y estudios

En esta partida se incluye el gasto dedicado a la labor técnica de diseño de la instalación y desarrollo y preparación del proyecto, como la elaboración de todos los estudios requeridos o la tramitación de los permisos necesarios. La inversión presupuestada para esta partida es de 24.265 EUR, apenas un 0,24% del total.

3.5 Otros

Dentro de esta partida se engloban el resto de los gastos que quedan fuera de los conceptos que se han definido en el presupuesto estándar de una planta fotovoltaica. Se incluyen, sin ser exclusivos, la gestión de residuos, el pago de tasas municipales, seguros, avales o servicios externos entre otros elementos.

4. Descripción de la estrategia de compras y contratación

Para la instalación de la planta fotovoltaica se hace necesario adquirir todos los equipos y materiales requeridos en el Capítulo 3. Adicionalmente, existe la posibilidad de contratar diferentes servicios, que pueden variar según el caso y pueden ir desde la construcción de la planta, hasta un contrato *full-wrap* EPC-O&M, donde el contratista debe proveer equipos, maquinarias y mano de obra para ejecutar todas las actividades necesarias.

En este caso en concreto, FRP3 aún no ha decidido cuál será la opción requerida. Sin embargo, existen políticas habituales de la empresa en la compra y contratación de materiales y servicios.

Los valores de sostenibilidad y comercio justo de FRP3 recogidos en su Programa de Sostenibilidad defienden que el objetivo es poder crear, al mismo tiempo, valor de negocio y beneficios para las comunidades locales sin olvidar la preservación del entorno donde se instalará el parque fotovoltaico.

En este sentido FRP3 recoge que en el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta diversos aspectos:

- **La promoción de la fuerza laboral local y de la cadena de suministros locales:** inclinándose por la contratación de trabajadores o empresas locales para la construcción, operación y mantenimiento de la instalación, siempre que sea posible y comercialmente viable.
- **La participación de las comunidades en el negocio, como por ejemplo a través de esquemas de propiedad:** dando oportunidades de inversión a cooperativas locales.
- **El respaldo a proyectos comunitarios** de una variedad de ámbitos que puedan traer beneficios locales. Hasta la fecha, la Sociedad matriz (FALCK RENEWABLES SpA) ha apoyado más de 100 proyectos locales.
- **La transmisión de valores sostenibles y de cuidado al medio ambiente:** participando en proyectos educativos y difundiendo la experiencia en sostenibilidad de la que goza la empresa.
- **Generar el mínimo impacto en el medio ambiente:** en todas las operaciones del proyecto.

4.1 Estrategia de compras

En la estrategia de compras se definen las condiciones requeridas por FRP3 para la adquisición del equipamiento y material necesario para la ejecución de la instalación. A continuación, se presentan las principales partidas presupuestarias y las marcas de referencia con las que suele trabajar FRP3:

- Para cubrir la potencia asignada, se ha planificado la necesidad de un total de 34.482 módulos fotovoltaicos de 580 W cada uno. Aunque no existe compromiso de compra, FRP3 he elegido como modelo de referencia el Jinkosolar JKM580M-7RL4-TV, de origen chino. Las características exigidas de los módulos se presentan en la Tabla 3Tabla 4.

Características requeridas de los módulos fotovoltaicos (STC 1000 W/m ² 25 °C)	
Potencia máxima P _{MAX} (W)	580
Tensión máxima de circuito abierto V _{oc} (V)	53,3
Corriente de cortocircuito I _{sc} (A)	13,83
Tensión a máxima potencia V _{mp} (V)	44
Corriente a máxima potencia I _{mp} (A)	13,18
Eficiencia del Módulo (%)	21,23
Peso (kg)	31,1
Dimensiones (mm)	2411x1134x35

Tabla 4: Especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos

- Las estructuras se requieren de seguimiento solar a un eje, con la finalidad de mejorar la eficiencia de la planta. Normalmente, FRP3 suele trabajar con la empresa española Soltec. En total se requieren 443 unidades de seguidores a un eje. Las características de las estructuras requeridas pueden comprobarse en la Tabla 5.

Características de la estructura soporte	
Número de módulos por fila	78 (max 90)
Tecnología	Fila única
Distancia entre filas (m)	12
Altura del punto más bajo (m)	0.5
Ángulos límite de seguimiento (°)	+60 / -60 °
Distancia entre módulos en la dirección axial (mm)	29
Distancia entre módulos en la dirección pitch (mm)	0

Tabla 5: Especificaciones técnicas de las estructuras soporte

- Para la ejecución de la planta se ha previsto el uso de inversores centrales para la gestión de la energía eléctrica generada. Como consecuencia, son necesarios cuadros de agrupación de *strings* para conducir la corriente a los inversores, que deben cumplir las siguientes condiciones:

Características de los cuadros de agrupación de strings	
Máxima tensión admisible (V)	1.500
Número de entradas de strings	30
Máxima corriente del fusible (A)	25
Corriente del interruptor (A)	500
Protección de sobrecarga	Si

Tabla 6: Especificaciones técnicas de los cuadros de agrupación de strings

- Respecto a los inversores, se ha previsto la elección del uso de inversores centrales para la evacuación de la energía generada en la planta. FRP3 normalmente trabaja con el modelo FS3450K_690V_20180207 de la empresa Power Electronics cuyas características técnicas están definidas en la Tabla 7:

Características de los inversores	
Tipo	Central
Rendimiento máximo (%)	98,74
Rango de búsqueda MPPT (V)	976 - 1310
Tensión máxima de entrada máxima (V)	1.500
Potencia nominal de salida (kVA)	3.703,7
Tensión de salida (V)	690
Frecuencia de salida (Hz)	50
Dimensiones (mm)	3700x2200x2200
Peso (kg)	12.125

Tabla 7: Especificaciones técnicas de los inversores centrales

- Se ha determinado la necesidad de contar con 5 centros de transformación, que deben cumplir con las siguientes características:

Características del centro de transformación	
Potencia nominal (kVA)	7.407,4
Número de inversores	2
Número de transformadores	1
Relación de transformación (kV)	0,69/30
Servicio	Outdoors

Tabla 8: Especificaciones técnicas del centro de transformación

- En cuanto a los conductores tanto en baja como media tensión, se requieren las características incluidas en la Tabla 9:

Características de los conductores		
Tipo de cableado	Baja tensión	Media tensión
Material	Cobre clase 5	Aluminio clase 2
Aislamiento	XLPE	HEPR
Norma	UNE-21123	UNE HD 620
Temperatura máxima (°C)	90	105
Tensión nominal (kV)	0,6/1	18/30

Tabla 9: Especificaciones técnicas de los conductores

4.2 Estrategia de contratación

Normalmente, el desarrollador del proyecto suele externalizar el diseño, construcción y puesta en marcha de la planta a una tercera empresa *EPCista*. Dependiendo del contrato, esta empresa puede encargarse únicamente de algunos aspectos o asumir la totalidad de la gestión de la planta.

VECTOR RENEWABLES ESPAÑA, S.L.U., es la empresa filial española de FALCK RENEWABLES SpA, con sede social en Madrid. El grupo FALCK RENEWABLES SpA, dispone de 1.196 MW instalados a nivel mundial en activos renovables, 59 de ellos en España.

En este caso, el grupo FALCK RENEWABLES SpA es una empresa especializada con experiencia suficiente en el diseño, construcción y puesta en marcha de instalaciones fotovoltaicas, tanto para activos propios como ofreciendo estos servicios a otras empresas. Por lo tanto, será el propio grupo FALCK RENEWABLES SpA la encargada de realizar el diseño, construcción y puesta en marcha de la planta, así como la gestión técnica, financiera y legal durante la vida de la instalación.

Tal y como se especifica en su Programa de Sostenibilidad, FRP3 tendrá en cuenta el impacto directo que la obra puede generar tanto en la localidad como en la comarca para incorporar, en la medida de lo posible, personal y trabajadores de la zona donde se sitúe la planta. Para ello, recurrirá a la contratación de empresas locales o regionales, si es posible.

Adicionalmente, se subcontratarán los servicios de seguridad para confirmar la posible existencia de intrusión en las instalaciones y avisar a los cuerpos de seguridad del Estado.

5. Estudio del impacto en el empleo

5.1 Distribución del empleo por actividad

La instalación de una planta fotovoltaica de 20 MW es un foco generador de empleo a distintos niveles. Desde la fabricación de los módulos fotovoltaicos hasta el desmantelamiento de la planta, son muchos los empleados que pasan por la misma a lo largo de toda la vida útil de la planta. Se espera que el proyecto genere empleo durante más de 35 años.

Para analizar el impacto del empleo, se han analizado las principales actividades a lo largo de toda la cadena de valor. En concreto, se ha analizado el impacto sobre el empleo en los siguientes eslabones de la cadena:

Figura 1 - Cadena de valor de una planta fotovoltaica



A partir de datos de IRENA¹, se ha realizado una estimación de empleos a tiempo completo o asimilables por MW instalado para medir el impacto en cada una de las actividades mencionadas. En el análisis se han considerado los empleos generados durante el proceso de construcción y puesta en marcha y durante la operación de la planta y su desmantelamiento. A lo largo de todo el análisis se ha tenido en cuenta también tanto la capacidad (20 MW) como la vida útil (35 años) de la misma.

En total, se ha identificado la creación de 179 empleos. La mayor parte de los mismos (62,5%), se concentran exclusivamente en el año 0, debido fundamentalmente al impacto en la generación de empleo procedente de la fabricación de los equipos y la construcción de la planta. Los empleos restantes se distribuyen entre los 35 años siguientes (2 empleos al año en O&M), y al final de la vida útil de la planta con 7 empleos creados durante la fase de desmantelamiento.

Actividad	Empleos generados			
	Año 0	Años 1-35	Año 36	Total
Fabricación de equipos	78	0	0	78
Distribución	8	0	0	8
Diseño	4	0	0	4
Construcción e Instalación	20	0	0	20
O&M	2	60	0	62
Desmantelamiento	0	0	7	7
Total	112	60	7	179

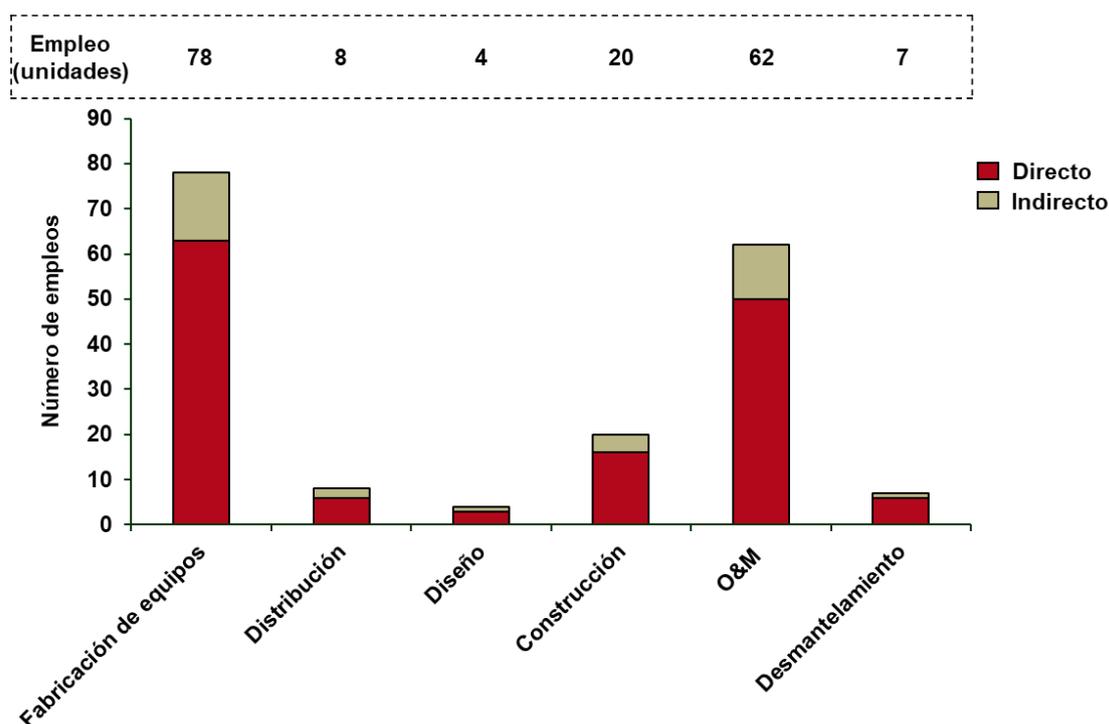
Tabla 10: Desglose de empleos por actividad

¹ Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, por sus siglas en inglés)

5.2 Distribución del empleo por naturaleza

Respecto a la naturaleza de los empleos, de los 179 oficios creados se estima, a partir de cruzar el modelo originado con los datos de APPA², que 145 serán directos y los 34 restantes serán indirectos. La distribución del empleo generado por actividad y naturaleza aparece reflejada en la Figura 2:

Figura 2 - Distribución del empleo por actividad y naturaleza



La explicación en la generación de empleo indirecto viene dada por el efecto arrastre de las actividades industriales con más peso (fabricación y construcción). Es decir, estas actividades pertenecen a sectores que son dinamizadores de la economía en cuanto a su capacidad para generar otras actividades adicionales. La importancia de los empleos en O&M se explica porque se muestran los valores agregados a lo largo de la vida útil de la planta.

5.3 Distribución del empleo por zona geográfica

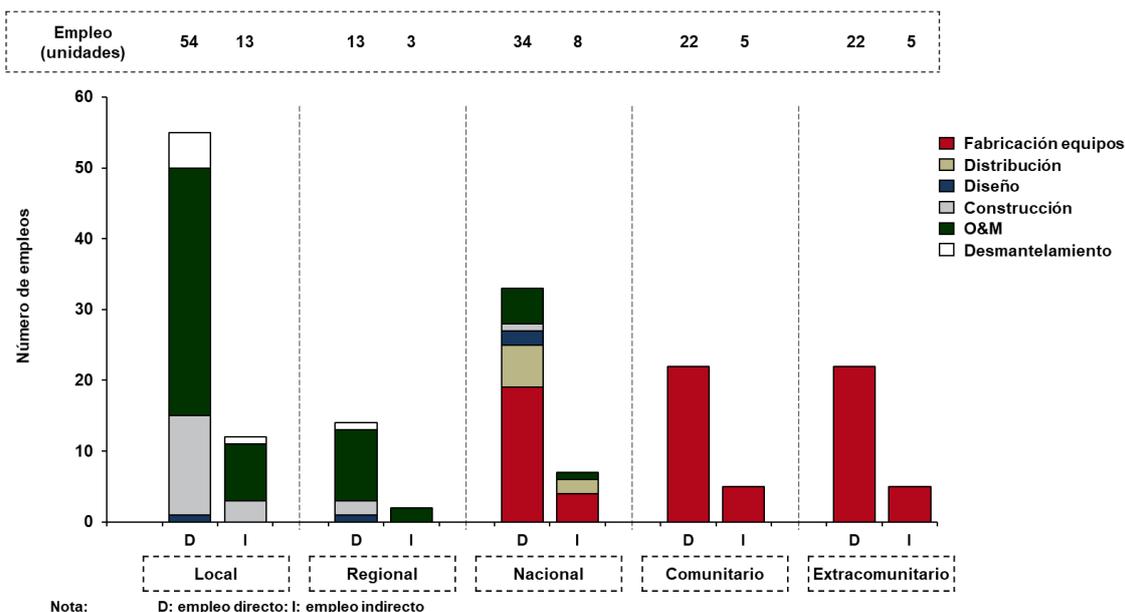
Una vez estimados los empleos por actividad y naturaleza, se procede a analizar el ámbito geográfico para estimar el impacto de la instalación de la planta fotovoltaica en el empleo a nivel comarcal, nacional e internacional.

² Asociación de Empresas de Energías Renovables

Los ámbitos geográficos en los que se va a dividir el estudio son local, regional, nacional y comunitario. Adicionalmente se añadirá una quinta división, extracomunitario, para abarcar el total de los empleos generados a nivel mundial.

Para determinar el impacto geográfico, se han cruzado los datos del modelo generado explicado anteriormente con una distribución por área geográfica. Para asignar los valores para la distribución, se ha entrevistado a expertos en la materia y se ha realizado una revisión bibliográfica. Los resultados del análisis se muestran en la Figura 3:

Figura 3 - Distribución del empleo por actividad, naturaleza y área geográfica



Como puede observarse, el mayor impacto en el empleo se realiza a nivel local. La instalación de una planta fotovoltaica de 20 MW con una vida útil de 35 años tiene un potencial de generar 54 empleos directos y 13 indirectos en el municipio donde se sitúe. La mitad de estos empleos vienen explicados por la construcción de la planta en el año 0, donde la mano de obra suele ser local. El mantenimiento de la planta ocupa también una posición destacada con 35 empleos generados a lo largo de toda la vida útil de la instalación.

A nivel nacional, los impactos más importantes se producen fundamentalmente en la fabricación de equipos, donde la industria española tiene un peso relevante en algunos de los componentes para generación fotovoltaica. Destaca también el peso del transporte y distribución de los equipos, cuyo impacto es eminentemente nacional. Finalmente, el impacto en el empleo de las oficinas de FALCK RENEWABLES SpA en España también se incluyen a nivel nacional, ya que ciertas tareas, como el desarrollo y diseño de la planta, o la operación de la instalación mediante software, están centralizadas.

A nivel internacional, el impacto en empleo se realiza básicamente en la fabricación de equipos. Aunque los paneles son de fabricación china, otros componentes y equipamiento necesario proceden de socios europeos (Alemania o Francia) o de dentro de las fronteras nacionales.

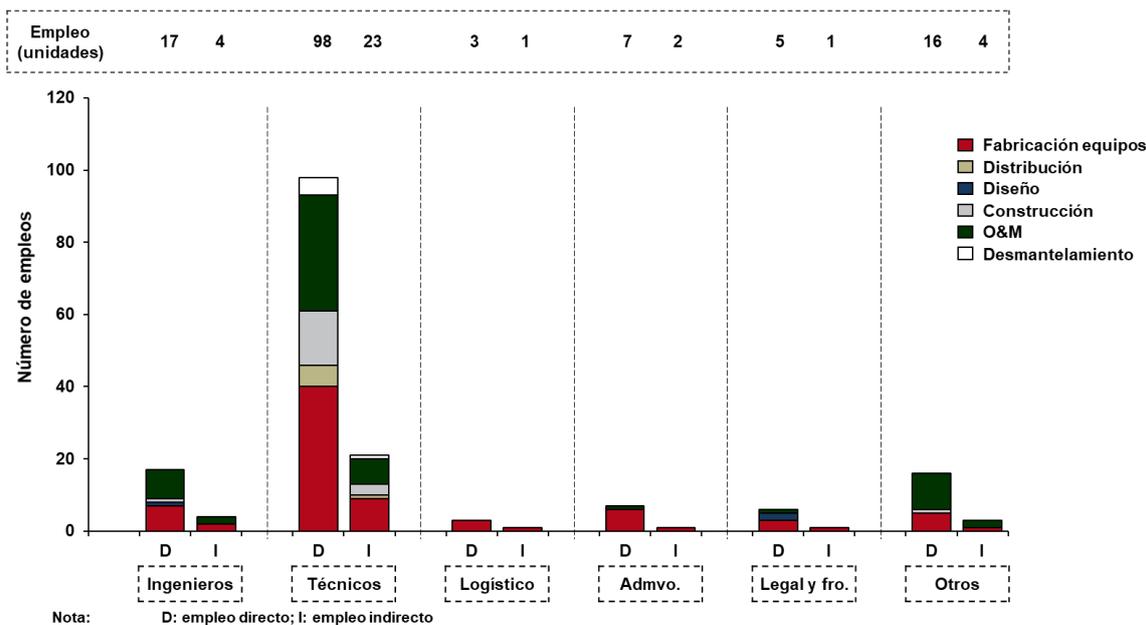
5.4 Distribución por tipo de empleo

En la instalación de la planta fotovoltaica hay que tener en cuenta también la tipología del empleo creado. Para analizar los tipos de empleo, se ha optado por incluir en el modelo los datos de IRENA. Los tipos de empleo creado a lo largo de toda la cadena de valor se han agrupado en los siguientes grupos:

- Ingenieros
- Técnicos y operarios
- Gestores logísticos
- Personal administrativo
- Expertos legales y financieros
- Otros expertos (seguridad y salud, medio ambiente y control de calidad)

Considerando estas tipologías de empleo, los resultados aparecen reflejados en la Figura 4:

Figura 4 - Distribución del empleo por actividad, naturaleza y tipo



La mayor parte de los empleos generados serán técnicos y operarios, especialmente en las actividades de fabricación de equipos, construcción y O&M de la planta. No obstante, el impacto sobre el empleo altamente cualificado (entendiendo por tal a ingenieros, expertos legales y financieros y otros) es también significativo, con la generación de 38 puestos de trabajo directos y 9 indirectos.

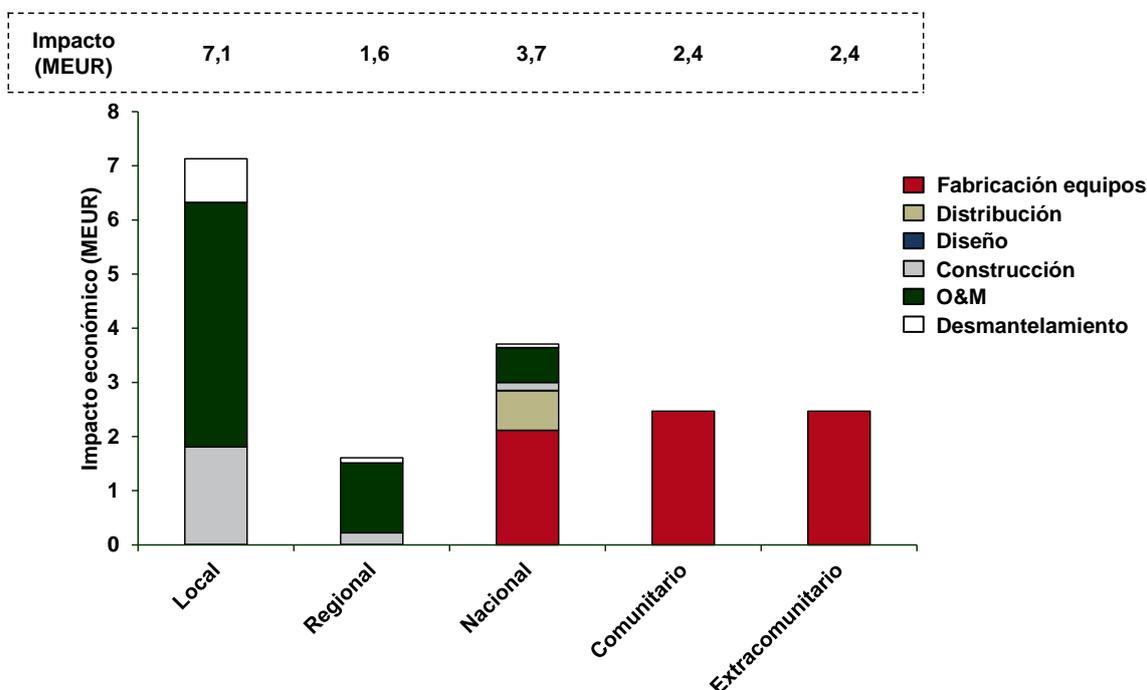
6. Oportunidades para la cadena de valor

En este apartado se analiza cada una de las actividades de la cadena de valor con el objetivo de estimar el impacto económico en la industria local, regional, nacional, comunitaria y extracomunitaria.

A partir de la desagregación del presupuesto preliminar del proyecto, se ha procedido a elaborar una metodología que estimase la distribución del impacto de este proyecto en la cadena de valor. Así se ha generado un reparto asociado a cada uno de los eslabones de la cadena de valor y se ha distribuido a nivel geográfico en cada uno de los niveles analizados con ayuda de entrevistas a expertos y bibliografía.

Los resultados del análisis se presentan en la Figura 5:

Figura 5 - Distribución geográfica del impacto económico



La instalación de una planta fotovoltaica de 20 MW tiene un impacto directo en la economía local a lo largo de toda su vida útil procedente, sobre todo, del O&M. Únicamente esta partida ya crea un saldo positivo de más de 4,5 MEUR en el municipio donde la planta esté establecida. Hay que mencionar que este impacto tan alto se explica por la acumulación anual a lo largo de los 35 años de la vida de la instalación. En términos anuales, la O&M tiene un impacto de 0,2 MEUR cada año.

Además de la O&M, las otras dos partidas con un impacto significativo a nivel municipal son la construcción (durante el año 0), debido a que la mano de obra es, fundamentalmente, local; y el desmantelamiento llevado a cabo al final de la vida útil de la planta.

La O&M tiene también un peso destacado a nivel nacional. Esto es debido a que normalmente existe una dirección centralizada en las oficinas centrales que llevan la operación de la planta mediante un software específico. El impacto local viene dado por las actividades de

mantenimiento, donde se contratan preferiblemente operarios locales para todas las tareas *in-situ* de la planta.

La partida más importante a nivel nacional es la fabricación de equipos, donde España tiene un peso relevante a nivel mundial por la fabricación, sobre todo, de diferentes componentes. Finalmente, el transporte y distribución de los equipos necesarios para el funcionamiento de la planta hasta el lugar de la instalación recaen en la economía estatal.

En cuanto al impacto económico fuera de las fronteras de España, la actividad que tiene un impacto relevante es la fabricación de equipos, bien sea a nivel comunitario (sobre todo en Alemania y Francia) o a nivel extracomunitario, donde destaca China.

El impacto económico total de la planta a nivel agregado es de 17,3 MEUR.

7. Huella de carbono

7.1 Metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono

Para el cálculo de la Huella de Carbono se ha adoptado el enfoque de “producto” (ISO/TS 14067 Y PAS 2050), considerando en el cálculo los procesos más importantes y que más contribuyen al ciclo de vida de la obra evaluada, “de la cuna a la puerta”. Se entiende como “puerta” el fin de la ejecución de la instalación.

Para la determinación de la Huella de Carbono, con potencial de calentamiento a 100 años, se ha empleado el software SimaPro 9.1.1.1, con la base de datos “Ecoinvent 3.6 allocation, cut-off by classification”. La metodología aplicada para el cálculo es IPCC 2013.

En el cálculo se han excluido las emisiones a largo plazo y las emisiones de la construcción de la infraestructura.

Los procesos considerados en el cálculo de la HC son los siguientes:

- Las emisiones de GEI ocasionadas durante la operación de la excavadora en los procesos de desbroce, excavación y relleno
- La fabricación de las placas fotovoltaicas
- La construcción de las estructuras de soporte de las placas
- La fabricación de todos los componentes eléctricos y electrónicos de cada placa
- La fabricación de los inversores
- La fabricación de los transformadores
- La fabricación de los cables de media y baja tensión
- La construcción de la conexión de Alta Tensión a la red general de distribución
- La fabricación de los cables empleados en la instalación
- El transporte de los módulos fotovoltaicos al lugar de montaje: para el transporte internacional, se ha considerado China por seguir un criterio conservador (además de ser el principal fabricante del mundo de módulos, es el fabricante más alejado de España); para el transporte nacional, se ha considerado que llegan al Puerto de Valencia y que la planta se sitúa a una distancia de 400 km
- El transporte de los residuos hasta gestor
- Gestión de residuos y de operaciones de reciclaje de los materiales recuperados tras el desmantelamiento

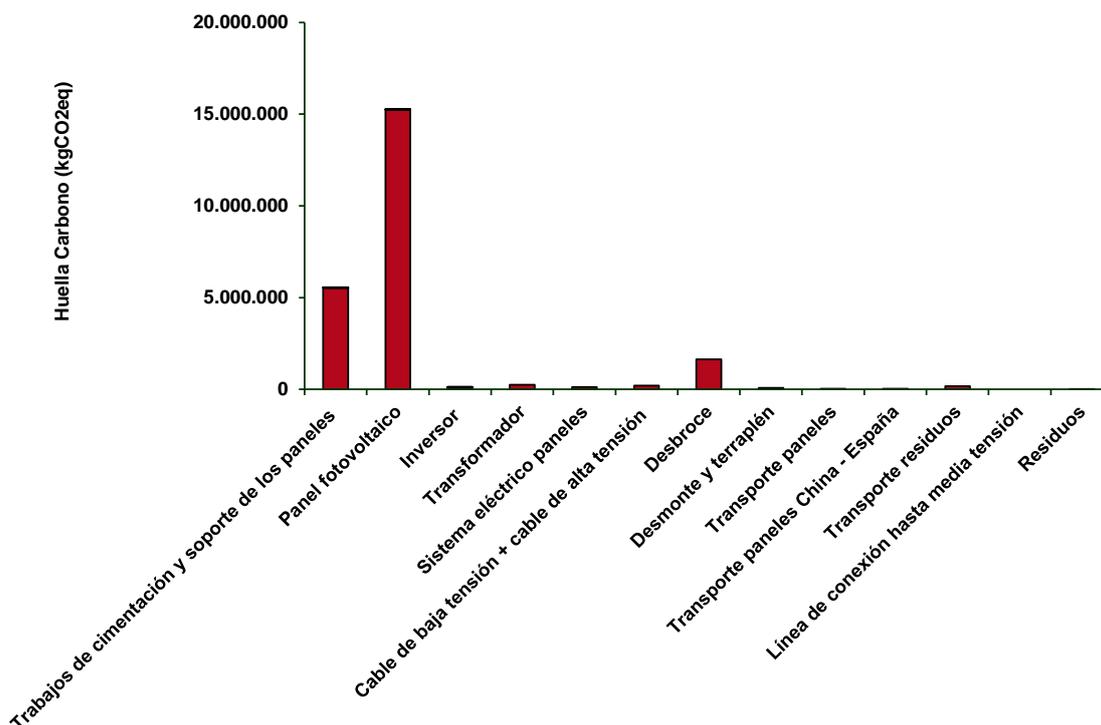
7.2 Cálculo de huella de carbono

Concepto	Cantidad total	Unidades	Huella de carbono (kg CO ₂ eq)
Materiales/combustible			
Trabajos de cimentación y soporte de los paneles	$(2,178 \cdot 0,996) \cdot 34.482$	m ²	5.541.763,35
Panel fotovoltaico; 34.482 uds	$(2,178 \cdot 0,996) \cdot 34.482$	m ²	15.250.054,86
Inversor; 9 uds	9	p	116.688,05
Transformador; 5 uds, 9850kg/ud	$5 \cdot 9.850$	kg	246.200,69
Sistema eléctrico paneles; 1 ud/4.400 m ² de panel	17,00	p	137.108,40
Cable de baja tensión + cable de media tensión	$17725 + 3524$	m	205.448,80
Desbroce - se consideran 30cm de espesor de media	$791.317 \cdot 0,3$	m ³	1.638.024,79
Desmante y terraplén - se consideran 5m de media	$(8.583 \cdot 5) + (8.583 \cdot 5)$	m ³	90.587,16
Transporte paneles desde Valencia hasta emplazamiento: 400 km	$400 \cdot 25,5 \cdot 34.482$	kgkm	34.377,74
Transporte paneles China - España: 8508 millas náuticas por el canal de Suez	$8508 \cdot 25,5 \cdot 34.482 \cdot 1,85$	kgkm	31.698,87
Transporte residuos, se estiman 50km hasta gestor	$50 \cdot 4.852,24$	tkm	170.589,45
Electricidad/calor			
Línea de conexión hasta media tensión, se estiman 20 km	20	km	40.103,73
Tratamiento de residuos			
Hormigón	6,54	ton	48,85
Madera	11,45	ton	0,00
Tubo PVC	0,04	ton	48,07
Metales: hierro y acero	0,14	ton	0,00
Papel y cartón	0,23	ton	0,00
Plásticos y envases no contaminados	2,29	ton	0,00
Absorbentes y trapos contaminados	7,42	kg	18,67
RSU	0,37	ton	191,83
Lodos de fosas sépticas	1,49	ton	16,04
Resto de paneles solares valorizables	0,36	ton	18,21
Aceite de los transformadores	0,16	ton	0,00
Envases contaminados valorizables	0,67	ton	0,00
Baterías de Ni-Cd	0,80	ton	305,55
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	11,10	kg	0,56
Aluminio	66,77	kg	0,00
Materiales mezclados (cerámicos)	0,88	ton	3,72
TOTAL			23.463.193,66

Tabla 11 - Cálculo de la huella de carbono

Los datos expuestos en la tabla anterior se resumen en la gráfica siguiente:

Figura 6 - Emisiones de CO₂ eq. de cada una de las actividades



La producción de los paneles empleados en la instalación es el proceso que más contribuye a la HC total de la planta fotovoltaica, aportando un 65,0% de los kg de CO₂ eq. totales, seguido del proceso de montaje de la cimentación y los soportes de cada uno de los paneles, que contribuye en un 23,62% al total.

El resumen de las emisiones de GEI estimadas en la ejecución de la planta fotovoltaica objeto de estudio es:

HUELLA CARBONO (kg CO₂ eq)	23.463.193,66
--	----------------------

7.3 Cálculo de huella de carbono

A partir del dato de la Huella de Carbono del mix eléctrico nacional correspondiente al año 2019 publicado por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, se obtienen los kg de CO₂eq evitados con el funcionamiento durante los 35 años de vida útil estimados para la planta fotovoltaica.

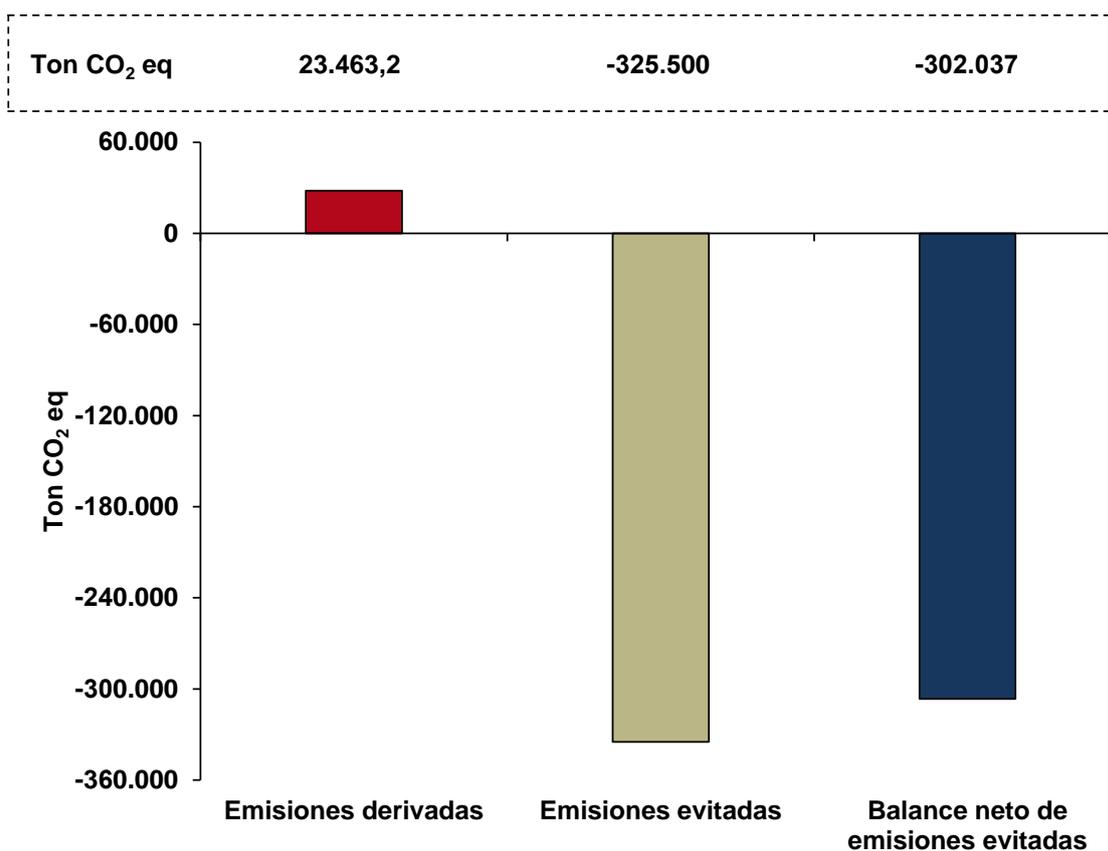
HC mix eléctrico nacional 2019: 0,31 kgCO₂/kWh
--

Vida útil	35	años
Potencia total instalada	20	MW
Tiempo de funcionamiento anual	1.500	horas
Producción anual	30.000	MWh/año
Producción vida útil	1.050.000	MWh/35 años
Emisiones de CO₂ eq evitadas	325.500	Ton. CO₂ durante la vida útil de la planta

Tabla 12 - Emisiones de CO₂ eq. evitadas

Como consecuencia de estos cálculos, obtenemos las emisiones derivadas de la implementación de la planta fotovoltaica, así como de las emisiones evitadas por la generación renovable. Al contraponer cada una de las partidas, el balance neto es favorable a la generación fotovoltaica, con un total de 302.037 toneladas de CO₂ equivalente evitadas. Si consideramos que un árbol captura de media 4 toneladas de CO₂ al año en su ciclo vital, las emisiones evitadas equivalen a la actividad de 2.157 árboles al año.

Figura 7 - Análisis comparativo de las emisiones CO₂ eq.



8. Estrategia de economía circular para la planta fotovoltaica

Las tecnologías renovables implican un enorme beneficio socioeconómico y son significativamente mejores para el medio ambiente que las basadas en los combustibles fósiles, que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la aceleración del cambio climático.

La energía fotovoltaica es renovable, y como tal lleva asociada un beneficio medioambiental. Sin embargo, esta fuente energética también produce impactos ambientales durante la construcción de las plantas, durante su operación y al final de su vida útil.

El crecimiento de la energía solar está generando en la actualidad un impacto importante en el medio ambiente debido a los residuos que se generan (no sólo por su cantidad, sino por los componentes tóxicos que incluyen), lo que hace que se esté trasladando el problema ambiental de una fase a otra del ciclo de vida, pues para su tratamiento son necesarios procesos que necesitan un uso intensivo de energía para degradar el material y lo invalidan para una segunda vida del mismo nivel de calidad.

Como consecuencia, FRP3 está fuertemente concienciada con la integración de sus plantas fotovoltaicas en modelos de economía circular que minimicen el impacto medioambiental. Como principios estratégicos medioambientales, FRP3 integra el “modelo de las 3R” que aplicará a la planta en cuestión:

- **Reducir:** FRP3 sigue una política de optimización para reducir al máximo todo el equipamiento no estrictamente necesario en sus instalaciones.
- **Reutilizar:** entre las políticas de FRP3, se encuentra el mantenimiento y la observación constante de sus instalaciones, como medida preventiva para evitar averías y deterioros.
- **Reciclar:** FRP3 se compromete al uso adecuado de todos los materiales a final de su vida útil, especialmente de aquellos más peligrosos desde el punto de vista medioambiental, y de su tratamiento para evitar un impacto negativo al entorno.

Para integrar las actividades de la planta fotovoltaica analizada en un modelo de economía circular, es necesario hacer un Análisis de su Ciclo de Vida incluyendo los componentes y equipos que conforman una instalación.

8.1 Análisis del Ciclo de Vida e integración en un modelo de economía circular

Fase de diseño y proyecto de la planta fotovoltaica. Elección de materiales.

- En la fase de proyecto y diseño de la planta se elegirán módulos fotovoltaicos e inversores de la máxima eficiencia.
- Para la construcción de la planta fotovoltaica se seleccionarán empresas que suministren módulos fotovoltaicos de diseño estandarizado, que:
 - Tengan una vida útil prolongada, con una filosofía de “largo plazo”, potenciando el reacondicionamiento *in situ*.

- En la fabricación empleen prioritariamente materiales renovables, reciclados, reciclables y no peligrosos.
 - En los módulos, utilicen materiales que no produzcan residuos peligrosos al final de su vida útil.
 - Sustituyan materiales escasos y críticos (como la plata) empleados en la fabricación de los módulos, por otros más abundantes (como el cobre), renovables o recuperados.
 - Minimicen los impactos ambientales asociados con la producción, reduciendo al máximo la generación de residuos y la utilización de agua y energía en la fabricación de los diferentes equipos de la planta, mediante el diseño y optimización de la tecnología, favoreciendo el residuo cero y evitando en lo posible el envío de residuos a vertedero.
 - Sean modulares, para mejorar la separabilidad y reparabilidad, manteniendo o mejorando las prestaciones de los materiales.
 - Permitan un desmontaje sencillo al final de su vida útil, con una separación fácil de los diferentes materiales que la componen (láminas de vidrio, cables de cobre, células...), para que sea factible y viable, económica y técnicamente, su reparación, restauración y reciclado eficiente. El objetivo es que se puedan remanufacturar nuevas placas fotovoltaicas utilizando el máximo de piezas y componentes de las que quedan obsoletas.
- Se buscarán proveedores con criterios de sostenibilidad, circularidad y equidad social, y respetuosos con el medio ambiente.

Fase de implantación de la planta fotovoltaica.

- Se asegurará la selección de productos e instaladores de plantas fotovoltaicas de alta calidad, que hagan un uso eficiente de las infraestructuras de distribución y optimicen el transporte.
- FRP3 se mostrará abierto a participar en asociaciones privadas y público-privadas para desarrollar proyectos de innovación escalables.

Fase de uso y explotación.

- En la planta se implementará un sistema de monitorización sistemática para detectar los defectos y fallos en tiempo real y optimice la producción.
- FRP3 seguirá una política de mantenimiento preventivo para dar la oportunidad de reparación al final de su vida útil.
- Se minimizarán los tiempos de inactividad de la planta.
- Utilización de productos y componentes de segunda mano para piezas de repuesto.
- En la medida de lo posible, se reacondicionarán los equipos e instalaciones para dar una segunda vida a los componentes.

Fin de vida.

- Llegado el fin de vida de la planta, FRP3 se compromete al desmontaje, la recogida y la rehabilitación adecuados de los módulos fotovoltaicos para facilitar su reutilización. Los materiales y componentes se reciclará de forma separada, evitando su envío a vertedero y la valorización energética.

- Si es posible, se emplearán tecnologías de la información para gestionar una segunda vida de los productos.
- En la medida de la posible, FRP3 se planteará apoyar la investigación de nuevas tecnologías aplicables al final de la vida útil de la planta y la posible creación de valor a través de modelos de negocio circular.

Bibliografía

APPA. (2020). *Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España 2019*.

IRENA (2017). *Renewable Energy Benefits. Leveraging local capacity of solar PV*.

IRENA. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*.

UNEF. (2020). *Informe anual 2019*.

UNEF. (Abril 2020). *Aportación del sector fotovoltaico a la reactivación económica tras la crisis del Covid-19*. Unión Española Fotovoltaica, UNEF.