

PLAN ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURAS PEI-PFOT-191 PSFV ABARLOAR SOLAR Y SUBESTACIÓN ELÉCTRICA Y LÍNEA ASOCIADA.

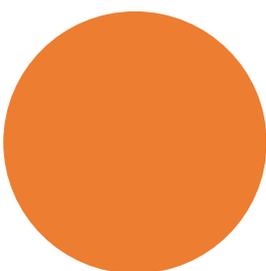
VERSIÓN INICIAL DEL PLAN: DOCUMENTO PARA APROBACIÓN INICIAL

BLOQUE II. DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL

ANEXO X. ANÁLISIS DEL RIESGO DE EROSIÓN

TÉRMINOS MUNICIPALES DE PEZUELA DE LAS TORRES Y CORPA

COMUNIDAD DE MADRID



ABRIL 2022



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 ECUACIÓN RUSLE	5
2. OBJETIVOS	6
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
4. METODOLOGÍA	7
4.1 FASE I: APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN RUSLE EN GIS	7
4.1.1 Mapa topográfico.....	7
4.1.2 Mapa de altitud	7
4.1.3 Mapa de orientaciones	7
4.1.4 Mapa de pendientes.....	8
4.1.5 Factor R.....	8
4.1.6 Factor K.....	8
4.1.7 Factor LS	9
4.1.8 Factor C.....	10
4.1.9 Factor P.....	10
4.1.10 Mapa de Riesgo de erosión	10
4.2 FASE II: APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN RUSLE V 2.0 EN ZONAS IDENTIFICADAS CON RIESGO ALTO DE EROSIÓN.....	11
4.2.1 Generación de escenarios de erosión	11
4.2.2 Análisis de suelos en laboratorio.....	11
4.2.3 Análisis textural	14
4.2.4 pH del suelo.....	15
4.2.5 Conductividad eléctrica del suelo.....	15
4.2.6 Contenido en carbono orgánico en el suelo	16

4.2.7	Aplicación del <i>software</i> RUSLE VERSION 2.0.....	17
4.2.8	Variable "Tipo de suelo"	19
4.2.9	Variable "Datos climáticos"	19
4.2.10	Variable "Topografía"	19
4.2.11	Variable "Cubierta vegetal"	20
4.2.12	Variable "Manejo del suelo"	20
5.	RESULTADOS	20
5.1	FASE I: APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN RUSLE EN GIS.....	20
5.2	FASE II: APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN RUSLE V 2.0 EN ZONAS IDENTIFICADAS CON RIESGO ALTO DE EROSIÓN	28
5.2.1	Aplicación del modelo RUSLE al campo	28
5.2.2	Resultados obtenidos en laboratorio	28
5.2.3	Resultados obtenidos en el programa RUSLE v.2.....	30
6.	CONCLUSIONES.....	36

APÉNDICE CARTOGRÁFICO

- Mapa topográfico. Escala 1:25.000
- Mapa de altitud. Escala 1:25.000
- Mapa de orientaciones. Escala 1:25.000
- Mapa de pendientes. Escala 1:25.000
- Mapa geológico. Escala 1:25.000
- Mapa de vegetación y usos del suelo. Escala 1:25.000
- Mapa factor K. Escala 1:25.000
- Mapa factor LS. Escala 1:25.000
- Mapa factor C. Escala 1:25.000
- Mapa de Riesgo de Erosión. Escala 1:25.000
- Mapa de aplicación de mulch de paja 1:25.000

APÉNDICE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de esta memoria es presentar de manera resumida los procedimientos de trabajos realizados para estimar el riesgo de erosión de los diferentes ámbitos de estudio y los resultados asociados a cada proyecto.

El suelo es un recurso natural no renovable a una escala temporal humana (Cermeño, 2017) necesario para mantener la vida en los ecosistemas terrestres que nos provee de numerosos bienes y servicios ecosistémicos. Si nos fijamos en esta definición del suelo, es innegable la necesidad de conservar y mantener un buen manejo de este recurso si se quiere evitar su degradación.

Tal y como se ha puesto de manifiesto la erosión es uno de los problemas más importantes vinculados a la degradación del suelo, sobre todo en áreas catalogadas como áridas o semiáridas (Casermeiro et al., 2004). En general, la erosión es un proceso natural que consiste en la disgregación de la estructura del suelo y posterior transporte de las partículas del suelo por acción del agua o el viento; en ocasiones este fenómeno natural se acelera por la acción humana y es necesario para su análisis una aproximación multifactorial.

Por otro lado, la alta demanda de energía por parte de la población mundial y la necesidad de disminuir las emisiones de carbono en todo el planeta favorecen la implantación de energías renovables en diferentes áreas del mundo (Armstrong, Ostle y Whitaker, 2016). Una de las soluciones más contempladas por todos los países es la implantación de grandes parques fotovoltaicos que permitan obtener energía a partir de la radiación solar, que minimiza la contaminación por gases de efecto invernadero. Debido a que la aplicación de grandes parques solares es un acto relativamente novedoso, no existen muchos estudios sobre los impactos que pueden provocar en el medio ambiente, especialmente los impactos que pueden generar sobre el suelo.

En el año 2020, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico definió los criterios para considerar que un proyecto cumplía todas las directrices relacionadas con el medio ambiente en los informes de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Dentro del informe redactado por dicha entidad (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020) se reconoce como impacto importante la erosión del suelo, debiéndose aplicar medidas preventivas y correctoras que eviten o palien la pérdida de suelo en el área donde se produzca la obra civil.

Aunque existen diferentes métodos para identificar la pérdida de suelo en un área determinada, como la USLE, EUROSEM o WEPP, la metodología elegida por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico es la Ecuación RUSLE.

El análisis desarrollado en la presente memoria se ha llevado a cabo atendiendo al proyecto inicial conforme al cual se desarrolló el Estudio de Impacto Ambiental, y, por lo tanto, sin evaluar el ajuste de ocupación presentado para la Planta Solar Fotovoltaica. Se aporta, sin embargo, un breve análisis de los resultados obtenidos atendiendo a la nueva superficie de ocupación de Abarloar Solar. El Promotor, mantendrá, además, en la misma magnitud aquellas medidas que fueran de aplicación inicialmente.

1.1 ECUACIÓN RUSLE

Aunque ha habido varias modificaciones de la Ecuación RUSLE, esta deriva, en primera instancia, de una revisión de la Ecuación USLE (Wischmeier y Smith, 1978) realizada por Renard et al. en el año 1997. La última versión de dicha ecuación se remonta al año 2008, titulada RUSLE versión 2 y fue desarrollada por el Servicio de Investigación Agrícola de Estados Unidos (Agricultural Research Service).

Todas las ecuaciones derivadas de la USLE se basan en la determinación de la pérdida de sedimento de un territorio mediante diversos factores relacionados con la erosión hídrica. Tanto la USLE como la RUSLE son las metodologías más utilizadas a nivel internacional. Tal es así, que el extinto Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) realizó en el año 1991 los Mapas de Estados Erosivos de España utilizando la metodología de la USLE, para, posteriormente, actualizarlos mediante la RUSLE.

A partir de este momento, toda la normativa y recomendaciones en materia de medio ambiente y conservación de suelos aplicada en el territorio español se basó en los cálculos realizados por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza mediante estas ecuaciones.

En la actualidad, la Ecuación RUSLE se sustenta mediante un software informático¹. La pérdida de suelo calculada mediante la Ecuación RUSLE tiene carácter diario, pero se suele visualizar sumando todas las medidas hasta obtener un resultado anual. La medida se proporciona en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ y los factores que intervienen en dicha metodología se desarrollan en este capítulo a partir de la Eq. 1:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Eq. 1. Ecuación RUSLE

Los factores que intervienen en la Ecuación RUSLE se definen como:

- Factor A: representa la pérdida de suelo diaria. La suma de todas las pérdidas de suelo proporciona la pérdida de suelo anual. Como se comenta anteriormente, el resultado agregado más usual es el anual en toneladas de suelo que se pierde por unidad de superficie y tiempo $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$.

¹<https://www.ars.usda.gov/southeast-area/oxford-ms/national-sedimentation-laboratory/watershed-physical-processes-research/docs/revised-universal-soil-loss-equation-rusle-welcome-to-rusle-1-and-rusle-2/>

- Factor R: representa la erosividad de la precipitación. En la ecuación RUSLE, a diferencia de la USLE, se mide este factor de manera diaria. De esta forma, se observa que los periodos erosivos más intensos aumentan la pérdida de suelo diaria.
- Factor K: se traduce como la erodibilidad del suelo, es decir, la capacidad del suelo a ser erosionado o a la inversa la resistencia del suelo a ser erosionado por un factor externo.
- Factor LS: se traduce como el factor topográfico. Dentro del mismo, se encuentran dos tipos de componentes. El componente "L" que mide la longitud de la ladera, y el componente "S", que se refiere a la inclinación de la pendiente.
- Factor C: referente a la cubierta vegetal que tiene el territorio. Este factor toma valores entre 0 y 1. Según la cubierta o manejo de la vegetación que se produzca en un área determinada, se incluirá un valor u otro.
- Factor P: se traduce como el factor de prácticas de conservación del suelo. Al igual que el factor C, el factor P sólo toma valores entre 0 y 1.

La combinación de los factores R, K y LS indican la mayor pérdida de sedimento que puede llegar a encontrarse en un territorio dado. Por el contrario, los factores C y P, pueden disminuir y/o, modificar el resultado final.

El Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico indica que la cifra en $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, es la máxima pérdida de suelo para construir cualquier obra civil. En caso de que se supere esta medida, será indispensable aplicar medidas preventivas y correctoras y realizar con posterioridad nuevos cálculos con la ecuación RUSLE.

2. OBJETIVOS

El objetivo de esta memoria es explicar los materiales y métodos utilizados para realizar una correcta cartografía de los emplazamientos susceptibles a sufrir erosión hídrica derivada de la implantación de parques fotovoltaicos.

De esta manera, en primer lugar, se identificarán las zonas que padecen una erosión mayor de $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ o una erosión mayor de $25 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ aplicando la ecuación RUSLE en GIS, para de manera posterior en aquellas zonas identificadas con riesgo alto (pérdida de suelo de $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) aplicar un estudio detallado usando el software RUSLE v.2.

Para la aplicación del RUSLE v.2 ha sido necesario numerosos trabajos previos que incluyen: análisis cartográfico, visita a los emplazamientos, toma de muestras y análisis de suelos, diseño y desarrollo de escenarios ad hoc en RUSLE y análisis de los resultados obtenidos.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La planta Abarloar Solar, con PFot 191, se localiza entre la Comunidad de Madrid y la Comunidad de Castilla – La Mancha, entre los municipios de Pozuela de las Torres y Pioz (Guadalajara). Las coordenadas UTM del punto central de las poligonales son las siguientes: X= 483.686; Y = 4.476.425,4. La planta se encuentra junto a la carretera CM-2004. En total, cuenta con una superficie de 148,625 hectáreas (ver Mapa Topográfico).

4. METODOLOGÍA

4.1 FASE I: APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN RUSLE EN GIS

Para obtener un mapa de pérdida de sedimento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ es necesario realizar diferentes cartografías con los factores que involucran a la ecuación. A continuación, se expone la metodología utilizada para cada factor de la Ecuación RUSLE.

4.1.1 Mapa topográfico

Para la creación de esta cartografía se ha utilizado como base del mapa las ortofotos incluidas en el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de la zona.

Superponiéndolo al paisaje, se han creado curvas de nivel cada 10 metros adquiridas a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del Instituto Geográfico Nacional a una escala de 1:25.000. Además, se incluye un buffer de 500 metros que envuelve a las parcelas.

4.1.2 Mapa de altitud

El mapa de altitud, logrado a partir de la reclasificación del Modelo Digital de Elevaciones (MDE), representa la cota máxima y mínima de altura que alcanza el terreno dentro de los solares seleccionados. La altura máxima es de 900 metros sobre el nivel del mar (m. s. n. m.) y la altura mínima roza los 645 m. s. n. m.

4.1.3 Mapa de orientaciones

El mapa de orientaciones se ha realizado mediante una reclasificación del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del área seleccionada mediante la herramienta de ArcGIS "Orientaciones". Esta herramienta divide el terreno según la orientación de cada ladera, reclasificando las parcelas en:

- Llano
- Norte
- Noreste

- Este
- Sureste
- Sur
- Suroeste
- Oeste
- Noroeste

4.1.4 Mapa de pendientes

Uno de los factores más importantes para determinar el riesgo de erosión de un área determinada es la pendiente del terreno. Mediante la herramienta "SLOPE", de ArcGIS, aplicada sobre el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), se obtiene una reclasificación de las parcelas según la pendiente de la ladera.

Para una mejor interpretación de la cartografía, se han reclasificado estas pendientes con los siguientes criterios:

- Pendientes entre 0 – 5 %
- Pendientes entre 5 – 12 %
- Pendientes entre 12 – 15 %
- Pendientes mayores de un 15 %

4.1.5 Factor R

En la actualidad, la determinación del factor R puede llevarse a cabo mediante diferentes metodologías. Aun así, uno de los métodos más utilizados internacionalmente es el desarrollado por Wischmeier y Smith (1978). Esta metodología es utilizada directamente por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico mediante su portal web (GeoPortal).

Para determinar el factor R en las diferentes parcelas de estudio, se localiza el área de interés mediante sus coordenadas UTM en el GeoPortal y se visualiza la capa interactiva "Factor R". En el caso de que los diferentes solares tengan distintos factores R, se realizará una media ponderada en todo el territorio para obtener un factor R único.

4.1.6 Factor K

Tal como se comentaba en el punto **iError! No se encuentra el origen de la referencia..**, el factor K depende directamente del tipo de suelo que se encuentre en la zona de estudio. La determinación de un valor u otro está íntimamente ligado con la estructura, textura y porosidad del suelo.

Para poder obtener el dato más exacto del factor K, se toma como información cartográfica de partida el Mapa Geológico de España (E:1:25000) en formato WMS. Al no poder obtenerse estos archivos en formato shape, será necesario digitalizar las capas manualmente a este formato para su

posterior tratamiento. La conversión del Mapa Geológico a una cartografía que represente el factor K, se utilizarán los datos obtenidos en Gisbert, Ibáñez y Moreno (2012).

Se decidió utilizar el Mapa Geológico de España en vez de una cartografía edafológica actualizada debido a dos problemas relacionados con la cartografía edafológica:

- En primer lugar, hay que indicar la ausencia de cartografía edáfica en el caso de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
- En segundo lugar y con el fin de asegurar la comparación de resultados, y dado que el nivel de detalle del mapa de asociaciones de suelos de la Comunidad de Madrid no es el adecuado (E:1:200.000) se decidió usar la misma metodología en todos los emplazamientos.

4.1.7 Factor LS

Tal como se comentaba anteriormente, el factor LS se compone de dos tipos de medidas. Por una parte, el factor L (referente a la longitud de la ladera), y por otra el factor S (referente a la inclinación de la pendiente).

Para obtener la cartografía asociada al factor LS, es imprescindible partir del Modelo de Elevación del Terreno (MDE) a una escala de 1:25.000. Gracias al MDE, se obtienen las pendientes, altitudes y orientaciones de la zona de estudio, además del mapa topográfico.

Para poder obtener el factor LS se utilizó el procedimiento y las fórmulas propuestas por Oliveira et al. (2015) (Eq.1.).

$$L_{ij} - in = \frac{[(A_{ij} - in + D^2)^{m+1} - (A_{ij} - in)^{m+1}]}{(D^{m+2}) * (x_{ij}^m) * (22,13)^m}$$

Eq. 2. Ecuación de Oliveira *et al.* (2015) para calcular el factor L

En el caso del factor S, se utilizará una fórmula u otra en función de la inclinación de la pendiente (mayor o menor de un 9%) (Eq.2; Eq.3.)

$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03$$

Eq.3. Ecuación de Oliveira *et al.* (2015) para calcular el factor S cuando la pendiente es menor de 9%

$$S = 16.8 \sin \theta - 0.50$$

Eq.4. Ecuación de Oliveira *et al.* (2015) para calcular el factor S cuando la pendiente es mayor del 9%

Donde θ es la pendiente en grados.

4.1.8 Factor C

Para la obtención del factor C del emplazamiento, es necesario realizar una conversión de los datos de cubierta vegetal que incluye el Mapa de usos del suelo y aprovechamientos de España a una vegetación reconocida y medida por la ecuación USLE. Para ello, se han identificado aquellas cubiertas vegetales iguales o similares del Mapa de usos del suelo y aprovechamientos de España a las aparecidas en Wischmeier y Smith (1978), completando dicho proceso con los datos aportados por Gisbert, Ibáñez y Moreno (2012).

De esta forma, se produce una tabla de correlaciones entre la cubierta vegetal del Mapa de usos del suelo y aprovechamientos de España con el factor C calculado por Wischmeier y Smith (1978) y Gisbert, Ibáñez y Moreno (2012).

4.1.9 Factor P

Determinar el factor P en lugares donde no se tiene conocimiento del manejo del suelo actual es una tarea complicada. Aun así, existe diferente bibliografía con la que poder acercar este factor a un valor real.

Mediante la interpretación de Cermeño (2017) del factor P, se entiende que sólo se evalúa como factor P aquellas prácticas de manejo del suelo que tengan relación con el laboreo o su no uso. De esta forma, si el suelo carece de laboreo, el factor P será igual a 0.

Para correlacionar el factor P según el tipo de laboreo existente en un territorio, nos basaremos en la documentación aportada por González del Tánago (1991) sobre dicho factor.

4.1.10 Mapa de Riesgo de erosión

Para obtener una cartografía real de la pérdida de suelo en un territorio dado, es necesario realizar la ecuación RUSLE mediante la herramienta de ArcGis "*Raster Calculator*". Una vez obtenido el mapa, se reclasifica según la pérdida de suelo:

- De 0 a 10 t ha⁻¹ año⁻¹.
- De 10 a 25 t ha⁻¹ año⁻¹.
- Mayor de 25 t ha⁻¹ año⁻¹.

El material utilizado ha sido el siguiente:

- Programa informático ArcGis (Versión 10.3)
- Portal web del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (GeoPortal).
- Mapa geológico de España (Instituto geológico y Minero de España, IGME). Escala 1:50.000.
- Mapa forestal de España. Escala 1:50.000.
- Mapa de usos del suelo y aprovechamientos de España (2000-2009). Escala 1:50.000.
- Modelo Digital del Terreno (MDT) del Instituto Geográfico Nacional. Escala 1:25.000.

4.2 FASE II: APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN RUSTE V 2.0 EN ZONAS IDENTIFICADAS CON RIESGO ALTO DE EROSIÓN

4.2.1 Generación de escenarios de erosión

Gracias a la cartografía generada durante los meses de julio, agosto y septiembre del año 2021 del emplazamiento seleccionado para la instalación de parques solares, se realizó un análisis de la erosión hídrica potencial.

De esta manera, se identificaron aquellos lugares con pérdidas de suelo mayores a 10 t ha⁻¹ año⁻¹ y con pendientes comprendida entre 0 y 15%. Esta clasificación se propuso debido a dos justificaciones distintas. La primera se debe a que los territorios con menos pérdidas de suelo no requieren un tratamiento adicional ni medidas correctoras. Por otro lado, que la instalación de parques fotovoltaicos no puede llevarse a cabo en lugares con una pendiente mayor al 15%, debido a limitaciones técnicas, por lo que estas zonas fueron eliminadas del análisis territorial.

Con los datos obtenidos, se agruparon los territorios basándose en la tipología de vegetación, el tipo de suelo y porcentaje de pendiente y se clasificaron según un código único de identificación que recogía la diversidad territorial.

Una vez codificadas las variables "tipo de vegetación", "tipo de suelo" y "pendiente", se procedió a integrar estas tres variables dando diferentes escenarios posibles donde sería necesario aplicar las diferentes medidas preventivas y correctoras definidas en el primer informe. El conjunto de escenarios creados se realizó mediante el software ArcGis, utilizando la herramienta "Raster Calculator". La agrupación homogénea de estas áreas fue posible gracias a que todas las zonas de estudio se encontraban en un espacio con un clima relativamente semejante, por lo que el parámetro R de la ecuación RUSLE no variaba excesivamente.

El modelo raster obtenido de la agregación de las tres variables dio como resultado una serie de escenarios diferentes con distintas superficies medidas en píxeles. Cada píxel corresponde con 625 m² de terreno, por lo que, para calcular la superficie real de los escenarios, era necesario multiplicar el número de píxeles que ocupaba un escenario por su superficie en metros cuadrados. Por último, se transformaron los metros cuadrados a hectáreas, ya que es con la medida aconsejada en el análisis de la erosión y que se trabajará en los siguientes pasos. De los escenarios identificados se eligieron aquellos que son más representativos por su representatividad territorial.

4.2.2 Análisis de suelos en laboratorio.

Las propiedades químicas y físicas que caracterizan un suelo confieren a estos diferentes grados de protección frente a la erosión hídrica. El estudio, por tanto, de las cualidades del suelo, es importante

para determinar la capacidad de un suelo a ser erosionado por el agua. Esta propiedad del suelo es conocida como erodibilidad y permite identificar a los suelos más sensibles, así como el establecimiento de las medidas protectoras y correctoras más adecuadas para cada situación.

En general, la propiedad más importante en este tipo de proceso es la estructura, que deriva de la textura y la materia orgánica, que condiciona las propiedades físicas del suelo y por tanto las tasas de infiltración y erosión claves en la erosión del suelo. De manera paralela, se procedió a analizar el pH y la conductividad eléctrica del suelo con el fin de buscar patrones significativos derivados de los factores formadores de los suelos.

Para poder determinar la erosionabilidad con la mayor precisión posible en cada una de las zonas del terreno, se procedió a analizar en el laboratorio las muestras recogidas de los diferentes emplazamientos seleccionados. El muestreo se llevó a cabo en las visitas a campo efectuadas en durante los meses de julio, agosto y septiembre del año 2021.

Las muestras recogidas son las representativas de la geología y edafología existente en las zonas de estudio. En total, se recogieron 2 muestras de suelo para este emplazamiento. Las distintas metodologías utilizadas para determinar las propiedades del suelo se desarrollan a continuación.

4.2.3 Estructura del suelo

La estructura del suelo es la piedra angular del comportamiento del suelo frente a la erosión y es el resultado de la integración de los componentes del suelo y de la historia de uso del mismo. En líneas generales suelos bien estructurados suelen tener un alto contenido en materia orgánica y en arcilla, presentan una alta porosidad eficaz y por tanto favorecen la infiltración y limitan la escorrentía por lo que son menos susceptibles a la erosión.

Se analizó la estructura del suelo según lo propuesto en la "Guía para la descripción de suelos" realizada en 2009 por la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, 2009), la estructura del suelo se determina midiendo los siguientes valores:

Clasificación de la estructura de suelos agregados: diferenciando entre débil (no se observan agregados a simple vista o la agregación que existe entre las partículas es especialmente débil), moderado (los agregados son observables a simple vista y si realiza presión sobre el agregado provoca la rotura de éstos en agregados más pequeños) y fuerte (los agregados se observan muy fácilmente y son difíciles de romper).

Clasificación de tipos de estructura del suelo: se diferencian entre blocosa (en bloques), granular, laminar, prismática, estructura rocosa, forma de cuña y migajas, conglomerados y terrones (Figura 1).

Clasificación de las clases de tamaño para los tipos de estructura del suelo: diferenciando entre muy fino/delgado, fino/delgado, medio, grueso/espeso o muy grueso/espeso (Figura 2).

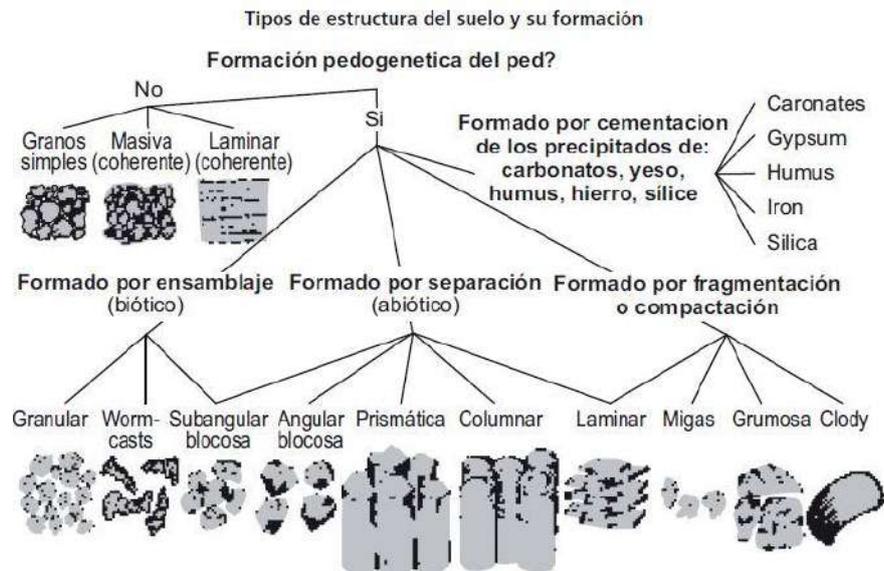


Figura 1. Clasificación de los tipos de estructura del suelo según la FAO. Fuente: FAO, 2009

Clases de tamaño para los tipos de estructura del suelo

		Granular/laminar (mm)	Prismática/columnar/ forma de caña (mm)	Blocosa/terrones/ desmenuzable/grumos (mm)
VF	Muy fino/delgado	< 1	< 10	< 5
FI	Fino/delgado	1-2	10-20	5-10
ME	Medio	2-5	20-50	10-20
CO	Grueso/espeso	5-10	50-100	20-50
VC	Muy grueso/espeso	> 10	100-500	> 50
EC	Extremadamente grueso	-	> 500	-

Figura 2. Clasificación de las clases de tamaño para los tipos de estructura del suelo según la FAO.

Para determinar la estructura del conjunto de muestras recogidas, se procedió a realizar un secado al aire de éstas durante 24 horas. La desecación de las muestras se llevó a cabo mediante la extensión del suelo sobre un papel de filtro, material capaz de absorber la humedad. En la gran mayoría de los casos de estudio, las muestras se encontraban ya secas. Esto es debido a que las salidas de campo se realizaron en los meses de julio y agosto, periodo donde los suelos estaban secos. Una vez finalizado el secado preliminar, se procedió a examinar las muestras y clasificarlas según el procedimiento desarrollado en las Figuras 1 y 2.

4.2.3 Análisis textural

Para analizar la composición granulométrica de las muestras recogidas, se utilizó el método de la pipeta (Van Reeuwijk, 2002), en la fracción mineral del suelo. Previamente al análisis se procedió a los siguientes pretratamientos.

- Tamización para la obtención de tierra fina: Como paso preliminar al análisis químico de las muestras, se dividió el suelo entre componentes mayores de 2 mm y agregados más pequeños. Para ello, se utilizó un tamiz de 2 mm de apertura de malla. Una vez realizada la tamización, se introdujo el material menor de 2 mm en botes de plástico y el material de mayor dimensión en bolsas. Sólo se analizaron en el laboratorio la tierra fina del suelo (menor de 2 mm).
- Oxidación de la materia orgánica: Antes de realizar este método, es necesario eliminar de la muestra de suelo cualquier resto de materia orgánica que pueda albergar. Para ello, es necesario pesar 30 gr de muestra en un vaso de precipitado de 500 ml y añadir agua oxigenada (H₂O₂) al 20% hasta que la muestra se empape de este reactivo, mediante agitación suave.

Se sabe que una muestra contiene materia orgánica debido a la reacción que se forma una vez introducido el H₂O₂. La reacción llevada a cabo en este momento viene determinada por una enzima oxidoreductora (catalasa) que se encuentra en la materia orgánica del suelo. Ésta, oxida el agua oxigenada y lo convierte en H₂O y O₂ Eq [5])



Eq. 5. Reacción entre el agua oxigenada y la materia orgánica mediada por las catalasas

La reacción es más rápida si se le adiciona calor a la muestra. Por este motivo los vasos de precipitado deben colocarse en un baño termorregulado para que los resultados se obtengan más rápidamente. Este procedimiento puede llegar a tardar una semana por cada muestra. Una vez se haya eliminado la materia orgánica y las muestras de estudio se hayan secado, es necesario retirarlas del vaso de precipitado realizando un raspado exhaustivo.

A continuación, se pesan 10 gr de suelo sin materia orgánica y se introduce en una probeta de 1 litro. Se añaden 20 ml de reactivo dispersante (40 gr de sodio polifosfato y 10 gr de Na₂CO₃ por cada litro de agua) junto con 500 ml de agua destilada. Esta mezcla debe ser agitada de manera continua durante 6 horas.

Para obtener el porcentaje de partículas de diferente tamaño, se procede de la siguiente manera:

- Extracción de arena gruesas mediante tamizado.
- Extracción de arena fina mediante sedimentación.

- Extracción de fracciones limo + arcilla a los 4'48''
- Extracción de fracción arcilla a las 8 horas.

Para obtener los porcentajes de arenas, limos y arcillas correspondientes, se deberán realizar los siguientes cálculos:

- % de Arena = Peso en gr de Arena x 10
- % de Limo = (Peso en gr Limo) x 50 – 0,873) x 10
- % de Arcilla = (Peso en gr Arcilla) x 50 – 0,873) x 10

La suma de estos porcentajes debe encontrarse entre un valor de 95 y 101.

4.2.4 pH del suelo

El pH es una propiedad química que mide la acidez o alcalinidad del suelo. Esta característica es importante para entender la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, así como los procesos que ocurren en este medio (FAO, 2009). En nuestro caso el objetivo es clasificar los suelos en función de sus valores de pH que derivan del material original.

Para determinar el pH de las muestras recogidas, se utilizó el método desarrollado en Van Reeuwijk en 2002. Este procedimiento se compone de los siguientes pasos:

1. Pesar 20 gr de muestra de suelo ya tamizada en un Erlenmeyer de 400 ml y añadirle 50 ml de agua destilada.
2. Introducir el Erlenmeyer en un agitador durante 2 horas.
3. Medida directa del pH en la suspensión con un pH-metro digital previamente verificado.

4.2.5 Conductividad eléctrica del suelo

La conductividad eléctrica del suelo es la capacidad que tiene este medio para transportar corriente eléctrica. Los métodos desarrollados en el laboratorio para medir la salinidad, o conductividad eléctrica, se basan en analizar las sales disueltas que contiene una muestra de suelo saturada de agua (expresado en mS/cm) (Porta et al., 1999), es decir, la cantidad de cationes y aniones presentes en el suelo (Van Reeuwijk, 2002).

Así pues, la naturaleza química de las sales también condiciona las propiedades del suelo. En general, los suelos desarrollados sobre materiales yesíferos contienen una mayor conductividad eléctrica que otro tipo de compuesto (Van Reeuwijk, 2002).

Para la determinación en el laboratorio de la conductividad eléctrica de las muestras se utilizó el método desarrollado por Van Reeuwijk en 2002. A continuación, se resume este procedimiento:

1. La relación entre muestra de suelo y agua destilada es de 1:5, por lo que se deben pesar 10 gr de muestra para 50 ml de agua destilada. Esta composición se introduce en un Erlenmeyer de 400 ml.
2. Introducir el Erlenmeyer en un agitador durante 2 horas.
3. Sacar la muestra del agitador y dejar 2 horas en reposo.
4. Medir el tubo de ensayo con la muestra dentro con un conductímetro digital previamente calibrado.

4.2.6 Contenido en carbono orgánico en el suelo

El contenido en carbono del suelo es una de las variables necesarias para poder utilizar la RUSLE, además junto con la arcilla forma parte de los agregados del suelo en el suelo lo que condiciona la porosidad eficaz y por tanto la relación infiltración/escorrentía.

La medición de la materia orgánica se llevó a cabo mediante el método de oxidación por vía húmeda (método de Walkley-Black) (Van Reeuwijk, 2002). Se trata de una volumetría por retroceso, que valora el exceso de dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) que no ha sido reducido por una solución añadida, en este caso Sal de Mohr.

De manera resumida el método comprende los siguientes pasos:

Pesar en una balanza de precisión 0,5 gramos de la muestra finamente pulverizada y añadir a un vaso de precipitado de volumen igual a 400 ml. Apuntar el pesaje exacto. Repetir este proceso dos veces para cada muestra.

1. Añadir con una bureta 10 ml de dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) 1N. Agitar suavemente para que todo el suelo se empape.
2. Añadir 20 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Agitar suavemente durante 20 segundos y dejar reposar durante 30 minutos.
3. Añadir 200 ml de agua destilada. Dejar enfriar a temperatura ambiente.
4. Repetir este proceso en tres vasos de precipitados vacíos. Estos tres vasos serán los blancos.

5. Realizar una valoración potenciométrica del exceso de dicromato no reducido mediante una solución de Sal de Mohr ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0,5N.

Con los ml de Sal de Mohr utilizados para reducir la muestra, se realizan los siguientes cálculos:

- Para obtener el porcentaje de carbono orgánico [Eq. 6]:

$$\% \text{ de carbono orgánico} = [1 - (M/B)] * (3,9/P) \text{ [Eq. 6.]}$$

[Eq. 6.] Donde: M = ml de Sal de Mohr gastados en la valoración de la muestra. B = ml de Sal de Mohr gastados en la valoración del blanco. P = gramos de la muestra.

- Para obtener el porcentaje de materia orgánica [Eq. 7]:

$$\% \text{ de materia orgánica} = \% \text{ de carbono orgánico} * 1,72$$

[Eq. 7] El número 1,72 proviene de la división de 100/58 (estimando que la materia orgánica está compuesta por un 58% por carbono orgánico).

4.2.7 Aplicación del *software* RUSLE VERSION 2.0.

Para la estimación de erosión de suelos se utiliza la ecuación Universal y Revisada de Erosión de suelos conocida como RUSLE por dos razones: recomendación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD, 2020) y a que es uno de los software más actuales y que contiene mejoras en referencia a la vegetación y prácticas de manejo del suelo.

El programa RUSLE v.2. fue creado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en el año 2016. Este software contiene dos componentes importantes. Por una parte, se encuentra el propio programa informático que se encarga de calcular diferentes algoritmos de cálculo que utiliza el método RUSLE. Por otro lado, se encuentran las bases de datos, que pueden venir definidas por el propio programa o bien ser modificadas (United States Department of Agriculture [USDA], 2016).

En el siguiente informe se utilizará la versión RUSLE v.2. (2.0.4.0.). Esta versión es la recomendada por la USDA para modificar, de forma más fácil, las diferentes bases de datos del programa. Puede descargarse en el siguiente enlace web: <https://www.ars.usda.gov/southeast-area/oxford-ms/national-sedimentation-laboratory/watershed-physical-processes-research/research/rusle2/revised-universal-soil-loss-equation-2-download-rusle2/>

Para conseguir una modificación completa de las bases de datos, es necesario estar en el modo R2_ARS_Science (nivel de acceso del programa). La plantilla utilizada debe ser ARS_Science y utilizar la base de datos Moses_2016.

Una vez el programa se encuentre descargado y la base de datos elegida, es necesario definir los valores representativos de la zona de estudio. Los parámetros que deben modificarse en el programa informático RUSLE v.2. para obtener la pérdida de suelo de los escenarios son el clima, suelo, topografía, cobertura vegetal y manejo del suelo.

La definición de escenarios de estudio viene determinada por la situación real del análisis cartográfico realizado en este emplazamiento. Cada escenario seleccionado contará con un clima, un tipo de suelo, una longitud de ladera, una pendiente determinada y el tipo de vegetación actual. Posteriormente, se define nuevos supuestos de evaluación intentando modelizar el diagrama de flujo del proyecto de instalación de planta fotovoltaica; concretamente se definen los siguientes supuestos. (Figura 3)

1. Situación actual o preoperacional.
2. Suelo desnudo, sin cubierta vegetal, suponiendo el peor de los casos posibles una vez concluida la fase de construcción de la instalación, Sobre este supuesto se plantean dos modificaciones con y sin mulch, al ser esta medida preventiva y correctora de medida muy sencilla de manejar.
3. Situación con el establecimiento de vegetación herbácea anual, etapa primo-colonizadora del suelo en el primer año.
4. Situación con el establecimiento de una cubierta vegetal de especies vivaces en transición hacia pastizales de tomillares que es la situación paraclimática.

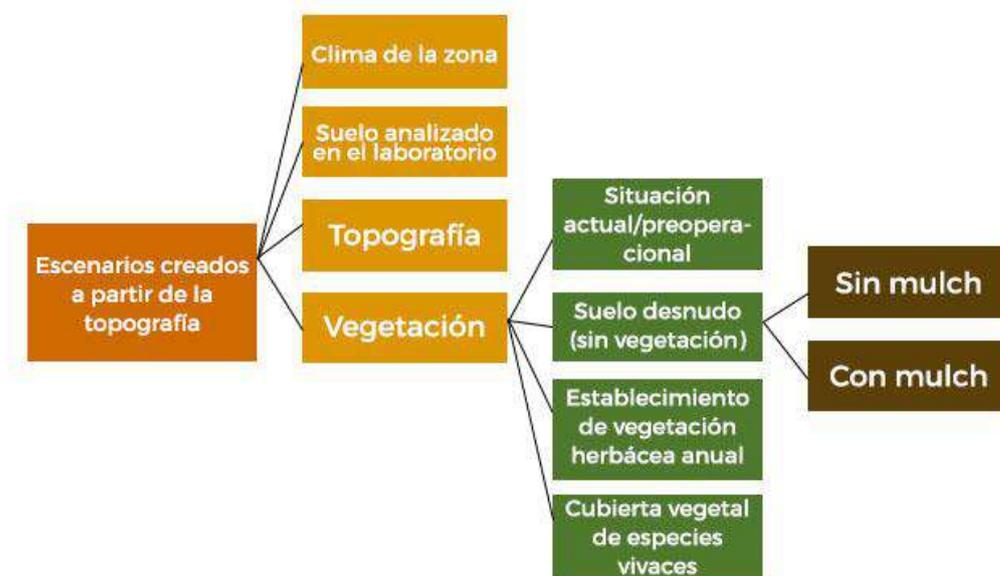


Figura 3. Modelo conceptual de los escenarios seleccionados

De esta manera, se analizarán las diferentes situaciones que permitirán detallar con más precisión la pérdida de suelo de una parcela según el tratamiento o medida correctora que se implemente. Para introducir las variables deseadas en el programa RUSLE v.2., se realizaron las siguientes transformaciones de variables:

4.2.8 Variable "Tipo de suelo"

Dentro del software RUSLE v.2. deben introducirse los datos relacionados con la textura, pedregosidad y la materia orgánica del suelo.

Estos valores se obtienen a partir de las observaciones de campo y de las muestras recogidas en campo.

4.2.9 Variable "Datos climáticos"

Los datos de climáticos deben corresponder con los valores climáticos más cercanos y representativos a la zona de estudio. Se seleccionaron las de los aeropuertos aeródromos más cercanos por la robustez de sus series de datos. Se utilizaron los valores de precipitación y temperatura mensual de las estaciones localizadas en el Aeropuerto de Bajaras y Getafe en la Comunidad de Madrid y Guadalajara en Castilla La Mancha (Agencia Estatal de Meteorología [AEMET], 2021). Dentro del clima modificado en RUSLE v.2., los datos de temperatura media mensual, la precipitación media mensual y el factor R asociado a cada mes.

4.2.10 Variable "Topografía"

En la metodología original de la USLE, se predetermina una parcela tipo para determinar el factor LS longitud e inclinación de la pendiente. Esta parcela tiene unas dimensiones de 25 metros de longitud de ladera y un 9 % de pendiente.

Para caracterizar la topografía de los diferentes escenarios en el programa RUSLE 2, se ha designado una longitud de ladera de 25 metros (igual que la recomendada por la USLE), pero con el porcentaje de pendiente real de cada uno de los escenarios analizados.

Para la asignación de pendiente a los escenarios, se utilizará el promedio medio de pendiente que contiene dicha parcela. Por ejemplo, si un escenario contiene una pendiente entre el 12 y 15 %, se determinará en el programa una pendiente igual a 13,5 %.

4.2.11 Variable "Cubierta vegetal"

El software RUSLE v.2. facilita una gran base de datos en referencia a la cubierta vegetal del suelo. De esta manera, ofrece la posibilidad de elegir entre sus múltiples variables relacionadas con la vegetación e implementarlas en la metodología RUSLE.

En los escenarios a analizar, se establecen cuatro tipos de cubiertas vegetales diferentes, todas ellas relacionadas con el proceso de sucesión ecológica que se establecería en el lugar tras la instalación de la planta solar fotovoltaica. De esta manera, la vegetación seleccionada es:

- Vegetación actual (dependiendo del proyecto de análisis, en este caso serían cultivos y olivares)
- Sin vegetación, después de la fase de construcción.
- Vegetación instalada tras las medidas correctoras.
- Vegetación madura

4.2.12 Variable "Manejo del suelo"

Una de las medidas preventivas más importantes a implementar en actuaciones de construcción para controlar la erosión es añadir manejos del suelo que protejan este medio de la pérdida de sedimento. Por ello, en el programa RUSLE v.2. se incorporará una opción de manejo del suelo cuando no se encuentre vegetación en la zona. Habrá un primer manejo del suelo que sea la no implantación de cobertura de mulch (capa de paja) y otro manejo con mulch.

5. RESULTADOS

5.1 FASE I: APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN RUSLE EN GIS

Para la aplicación y obtención del mapa de erosión se lleva a cabo la siguiente cartografía, que se puede observar en el apéndice 1:

- **Mapa topográfico.** Escala 1:25.000. Se ha utilizado como base del mapa las ortofotos del Plan Nacional de Ortofografía Aérea (PNOA) de la zona, generando curvas de nivel cada 10 metros a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:25.000.
- **Mapa de altitud.** Escala 1:25.000. Se ha obtenido a partir de la reclasificación del MDE.

- **Mapa de orientaciones.** Escala 1:25.000. Se ha obtenido a partir de una reclasificación del MDE mediante la herramienta de ArcGis "Orientaciones".
- **Mapa de pendientes.** Escala 1:25.000. Se ha obtenido mediante el uso de la herramienta "Slope" de ArcGis aplicada sobre el MDE.
- **Mapa geológico.** Escala 1:25.000. Se ha utilizado como base cartográfica las hojas 560 y 561 del MAGNA50, publicado por el IGME.
- **Mapa de vegetación y usos del suelo.** Escala 1:25.000. Para su desarrollo se ha utilizado el Mapa de usos del suelo y aprovechamientos de España (2000-2009) a escala 1:50.000.
- **Mapa factor K.** Escala 1:25.000. Para el cálculo del factor K (erodibilidad), y su posterior transformación cartográfica para obtener la erosividad del suelo, se han utilizado los datos del Mapa geológico, clasificando el terreno de acuerdo con la metodología utilizada por Gisbert, Ibáñez y Moreno (2012).
- **Mapa factor LS.** Escala 1:25.000. Para el cálculo del factor LS (factor topográfico), se calculó la componente "L" (longitud de ladera) y "S" (inclinación de la pendiente) mediante el uso de la ecuación de Oliveira et al. (2015).
- **Mapa factor C.** Escala 1:25.000. Para el cálculo del factor C (cubierta vegetal), ha sido necesario realizar una conversión de los datos de cubierta vegetal del Mapa de usos del suelo y aprovechamientos de España a una vegetación reconocida y medida por la ecuación RUSLE, identificando aquellas cubiertas vegetales iguales o similares del Mapa de usos del suelo y aprovechamientos de España a las aparecidas en Wischmeier y Smith (1978), completando dicho proceso con los datos aportados por Gisbert, Ibáñez y Moreno (2012).
- **Mapa de Riesgo de Erosión.** Escala 1:25.000. Se obtiene tras la aplicación de todos los factores en la ecuación RUSLE.

De acuerdo a dicha cartografía, el estudio ha identificado un 6% de superficies con pendientes por encima del 12%, donde, por causas aplicadas a la obra civil, no sería aconsejable la instalación de paneles solares fotovoltaicos (Figura 4 y Tabla 1).

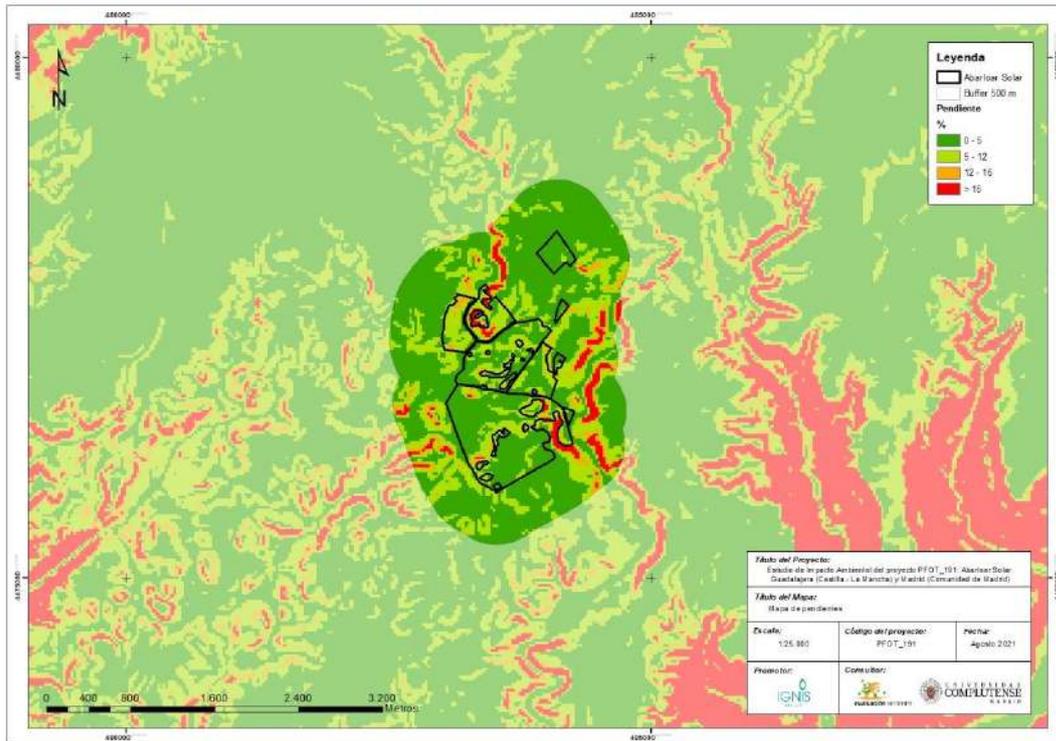


Figura 4. Mapa de pendientes del PFOT 191

Tabla 1 Clasificación del terreno según el porcentaje de pendiente

Pendiente (%)	Superficie (m ²)	Superficie (ha)	Porcentaje de la superficie (%)
0 – 5	888750	88,87	60,05
5 – 12	501875	50,19	33,91
12 – 15	63125	6,31	4,26
> 15	26250	2,62	1,77

La cartografía geológica² nos indica que el terreno está dividido entre dos tipos de suelos. Por una parte, se encuentran “Arcillas, areniscas y conglomerados”. Por otro lado, encontramos “Calizas” (Figura 5).

² <http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/memorias/MMagna0560.pdf>
<http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/memorias/MMagna0561.pdf>

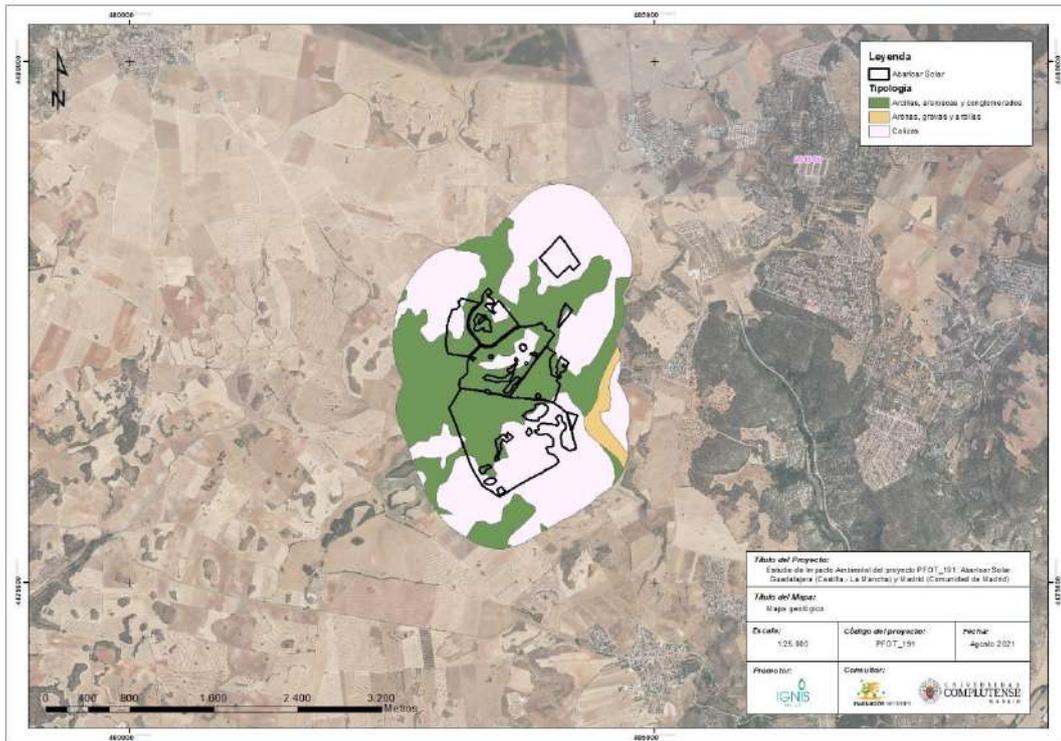


Figura 5. Mapa geológico del PFOT 191

En relación al factor de erodibilidad del suelo, es decir, la capacidad del suelo a ser erosionado o a su resistencia estas PFVs contienen un factor K entre 0,2 y 0,3 (Figura 6). En la siguiente tabla (Tabla 2) se expone la relación entre la diversa geología presente en el proyecto y el factor K.

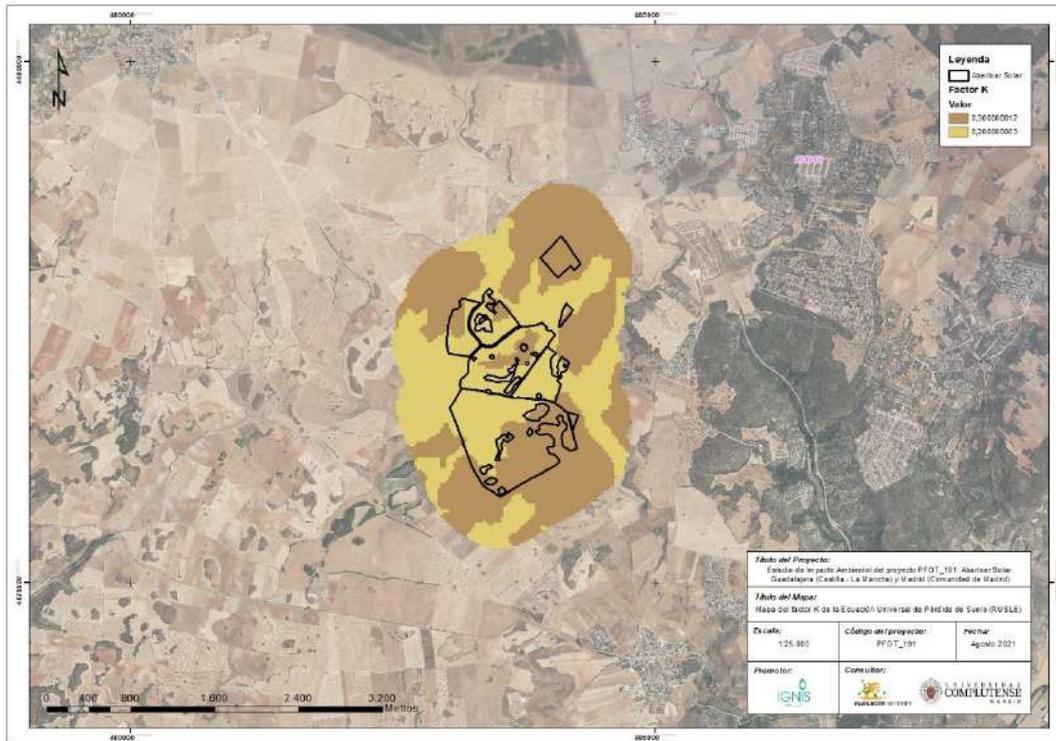


Figura 6. Mapa del cálculo del factor K para el PFOT 191

Tabla 2. Relación entre el tipo de geología y el factor K de la ecuación RUSLE (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2012).

Tipo de suelo	Factor k
Arcillas, areniscas y conglomerados	0,2
Calizas	0,3
Arenas, gravas y arcillas	0,2

El territorio está compuesto por cultivos de secano intensivos con algún afloramiento de matorral.

Con respecto a la cubierta vegetal (factor C), tras la conversión de los datos aportados por el Mapa de usos del suelo y aprovechamientos de España, se obtienen los siguientes datos:

Tabla 3 Relación entre el tipo de vegetación y usos del suelo con el factor C de la ecuación RUSLE (Wischmeier y Smith, 1978; Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2012).

Mapa usos del suelo y aprovechamientos de España	Clasificación según USLE	Valor C
Labor de secano intensiva	Cereal/cereal	0,31
Matorral	Matorral con buena cobertura	0,08
Viñedo	Viñedo	0,54
Pastizal/Matorral	Matorral ralo y eriales	0,2
Olivar	Olivar	0,4
Arbolado forestal denso	Arbolado forestal denso	0,01

Además de dicha cartografía, para la evaluación del riesgo de erosión, se ha calculado el Factor P (prácticas de conservación del suelo), que, dado que las parcelas no contemplan prácticas de manejo del suelo complejas y se observa labrado a favor de la pendiente, debe ser 1.

Por último, según se muestra en la siguiente tabla (Tabla 4) el 97,22% del terreno presenta condiciones favorables para el desarrollo del parque fotovoltaico sin riesgo potencial de erosión. El 2,78% del terreno restante presenta una pérdida de suelo mayor a $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, asociado a lugares con una elevada pendiente (Figura 7). Estas zonas serán de aplicación las medidas preventivas desarrolladas en el EsIA en materia de control de la erosionabilidad.

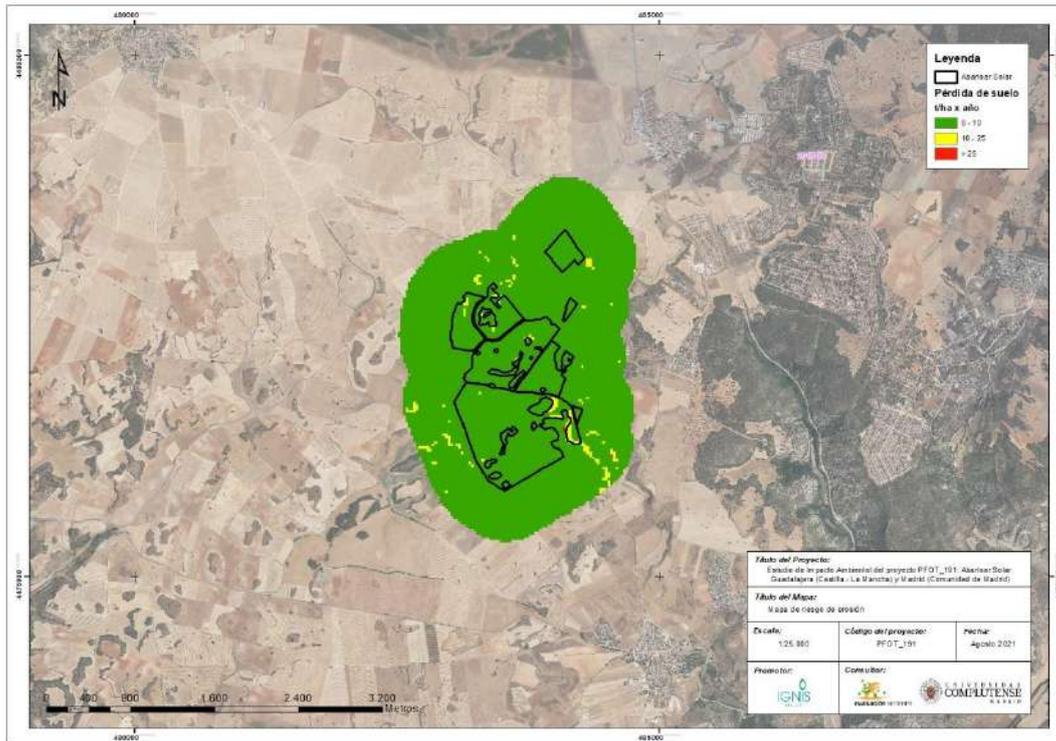


Figura 7. Mapa de riesgo de erosión del PFOT 191

Tabla 4. Porcentaje de superficie según la pérdida de suelo por $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$

Pérdida de suelo $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$	Superficie (m^2)	Superficie (ha)	Porcentaje de la superficie (%)
0 – 10	1445000	144,5	97,22
10 – 25	41250	4,13	2,78
> 25	0	0	0

Dicha pérdida de suelo se encuentra, principalmente, asociada a lugares con elevadas pendientes. A continuación, se muestra el detalle de los resultados para cada una de las PFV proyectadas.

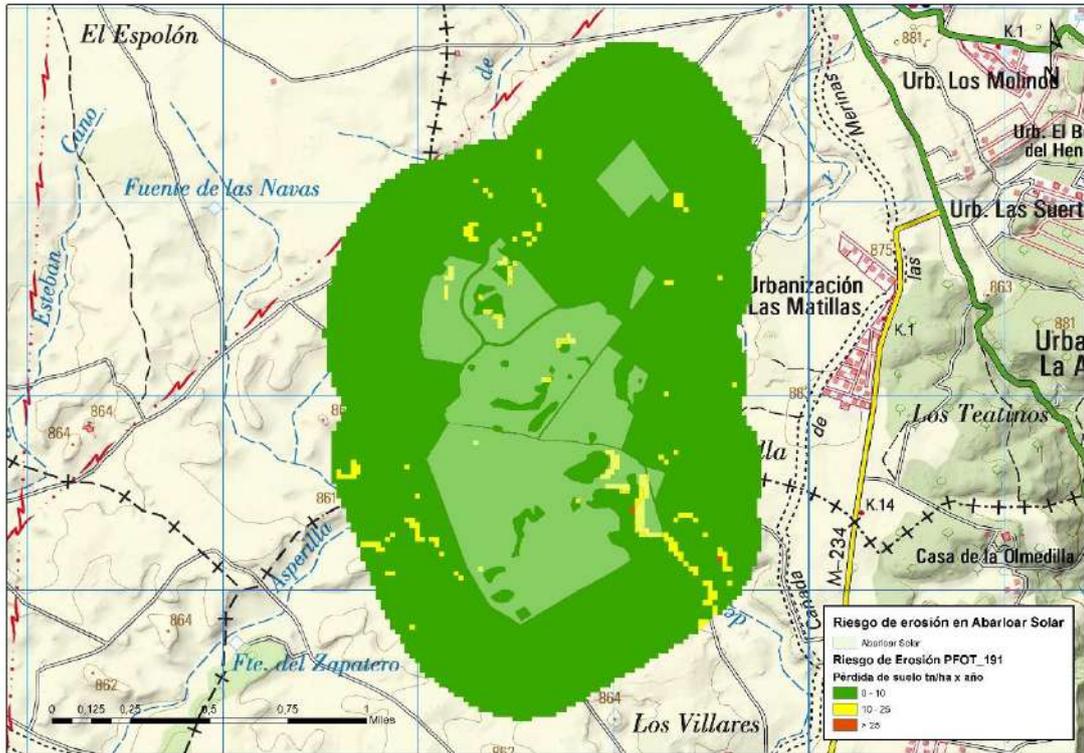


Figura 8 Coincidencia entre zonas con pérdida de suelo superior a 10 t ha⁻¹ año⁻¹ y el Layout de Abarloar Solar



Figura 9 Coincidencia entre zonas con pérdida de suelo superior a 10 t ha⁻¹ año⁻¹ y el Layout ampliado de Abarloar Solar

Tal y como se puede apreciar en las figuras anteriores, existe coincidencia entre la implantación de los paneles solares de Abarloar Solar, y terrenos con pérdida de suelo superior a las 10 t ha⁻¹ año⁻¹.

En estos espacios con elevada pérdida de sedimento, ha resultado, por lo tanto, de aplicación el uso del programa RUSLE v.2, para lo cual, durante los trabajos previos, se tomaron muestras de suelo, que se analizaron en laboratorio, con el fin de conocer sus propiedades físicas y químicas, y poder determinar con mayor precisión la erodibilidad del mismo, identificando así aquellos suelos más sensibles.

5.2 FASE II: APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN RUSLE V 2.0 EN ZONAS IDENTIFICADAS CON RIESGO ALTO DE EROSIÓN

Analizando los resultados obtenidos se realizó un estudio en detalle para aquellas zonas que tuvieran una alta pérdida de suelo con el programa RUSLE v.2. A continuación, se presentan a modo de síntesis los datos obtenidos en campo, en laboratorio y el análisis en profundidad con el programa RUSLE v.2.

5.2.1 Aplicación del modelo RUSLE al campo

Se realizó una salida de campo a la PFV el día 10 de agosto de 2021 con la intención de recoger muestras de suelo y observar si el modelo que se ha realizado corresponde con la realidad.

De esta forma, se pudo determinar que el suelo es mayoritariamente arcilloso con afloraciones de caliza. Son suelos poco desarrollados con baja profundidad y a pocos centímetros aflora el material original de origen carbonatado. Hay rasgos visibles de erosión en regueros en la zona derivados de la labranza a favor de la pendiente de los cultivos. En ciertos lugares el territorio es ondulado, pero no superan una pendiente mayor del 10%.

En el interior de las parcelas de estudio se observan, en su gran mayoría, cultivos de secano de cebada protegidos por un mulch de paja junto con *Quercus ilex* de gran tamaño. En general, casi todos los *Quercus ilex* están reflejados en la cartografía o la delimitación del proyecto los evita.

Si se analiza el Mapa de Riesgos de Erosión creado con el modelo RUSLE y la salida de campo, se observa como prácticamente todo el territorio es apto desde el punto de vista de la erosión.

5.2.2 Resultados obtenidos en laboratorio

Las propiedades químicas y físicas que caracterizan un suelo confieren a estos diferentes grados de protección frente a la erosión hídrica. El estudio, por tanto, de las cualidades del suelo, es importante

para determinar la capacidad de un suelo a ser erosionado por el agua. Esta propiedad del suelo es conocida como erodibilidad y permite identificar a los suelos más sensibles, así como el establecimiento de las medidas protectoras y correctoras más adecuadas para cada situación.

En general, la propiedad más importante en este tipo de proceso es la estructura, que deriva de la textura y la materia orgánica, que condiciona las propiedades físicas del suelo y por tanto las tasas de infiltración y erosión claves en la erosión del suelo. De manera paralela, se procedió a analizar el pH y la conductividad eléctrica del suelo con el fin de buscar patrones significativos derivados de los factores formadores de los suelos.

Para poder determinar la erodibilidad con la mayor precisión posible en cada una de las zonas del terreno, se procedió a analizar en el laboratorio las muestras recogidas de los diferentes emplazamientos seleccionados. El muestreo se llevó a cabo en las visitas a campo efectuadas en durante los meses de julio, agosto y septiembre del año 2021.

Las muestras recogidas son las representativas de la geología y edafología existente en las zonas de estudio.

Las muestras tomadas fueron:

- Toma de 1 muestra en zona de Calizas
- Toma de 1 muestra en zona de Arcillas y calizas

Los resultados de las muestras de suelo analizadas en el laboratorio se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados obtenidos en el laboratorio de las muestras recogidas en el PFOT_191

Muestra	Textura	% Arenas	% Limos	% Arcillas	% M.O.	pH	Conductividad (mS/cm)
PFot 191 Caliza	Franco arcillo arenoso	55,23	17,9	26,87	3,09	8,11	0,28
PFot 191 Arcilla y calizas	Franco arcillo arenoso	53,68	15	31,32	2,94	8,19	0,15

Los suelos de este proyecto tienen una textura franco arcillo arenosos. Contienen un porcentaje de materia orgánica con valores promedio comprendidos entre el 2,5-3 %, datos poco habituales en

suelos agrícolas. Son suelos con valores de pH básicos (en torno a 8). Los valores de conductividad eléctrica son bajos, por lo que no contienen yesos.

5.2.3 Resultados obtenidos en el programa RUSLE v.2.

Dentro del PFOT 191 se observa un escenario potencialmente erosivo.

La leyenda de dichas superficies puede consultarse en las Tablas 6, 7, 8 y 9.

Tabla 6. Análisis de los escenarios significativos que necesitan medidas correctoras dentro del PFOT_191

Escenario Código	Superficie (m ²)	Superficie (ha)	% Superficie relativa
472	40000	4,00	0,66

Tabla 7. Códigos asignados según el tipo de vegetación existente en las zonas de estudio

Tipo de vegetación	Código
Agua	100
Suelo desnudo	200
Cultivo de regadío	300
Cultivo seco	400
Matorral	500
Olivar	600
Arbolado	700
Viñedo	800
Pastizal	900

Tabla 8. Códigos asignados según el tipo de suelo existente en las zonas de estudio

Tipo de suelo	Geología incluida en la cartografía	Código
Materiales fuertemente arenosos con o sin calizas	Arenas arcósicas y limos arenosos. Terrazas medias del Manzanares	10
	Arenas micáceas, limos y calizas	
	Areniscas feldespáticas	
Limos de diversa naturaleza	Limos pardos, arenas y gravas. Fondos de valle	20
	Limos arenosos rojizos. Glacis	
	Limos negros. Navas	
	Limos rosados con cantos. Abanicos aluviales	
Materiales con presencia de yeso	Arenas micáceas, margas grises, margas blancas y yesos laminares	30
	Arcillas yesíferas, arenas, arcillas	
	Yesos secundarios y lutitas verdes	
Rocas sedimentarias ricas en limo	Lutitas rojas y verdes con nódulos de yeso	40
	Lutitas con niveles de arenas	
Material sedimentario de origen diverso	Conglomerados, cantos poligénicos, etc.	50
Material arcilloso	Arcillas	60
Material con presencia de caliza	Calizas	70

Tabla 9. Códigos asignados según el porcentaje de pendiente existente en las zonas de estudio

Pendiente (%)	Código
0 – 5	1
5 – 12	2
12 – 15	3

Dentro de este escenario se evaluó la tasa de erosión en el estado actual, en la fase de construcción (suelo desnudo), con la aplicación de mulch sobre suelo desnudo y aplicando revegetación (tanto después de un año de implantación (revegetación con herbáceas anuales) como después de 2/3 años de su establecimiento (revegetación con especies de vegetación en estado maduro)), con el fin de analizar el impacto potencial de la instalación de las plantas fotovoltaicas en los emplazamientos seleccionados y la eficacia de estos escenarios (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados de los escenarios obtenidos del procesamiento en el programa RUSLE 2.

Escenario	Descripción	Fase preoperacional (estado actual) t/ha/yr	Fase de construcción (t/ha/yr)	Aplicación de mulch de paja (t/ha/yr)	Revegetación con herbáceas anuales (t/ha/yr)	Revegetación con especies de vegetación en estado maduro (t/ha/yr)
472	Cultivo de secano formado por material con presencia de caliza y pendiente media	4.2	14	5.9	1.3	2

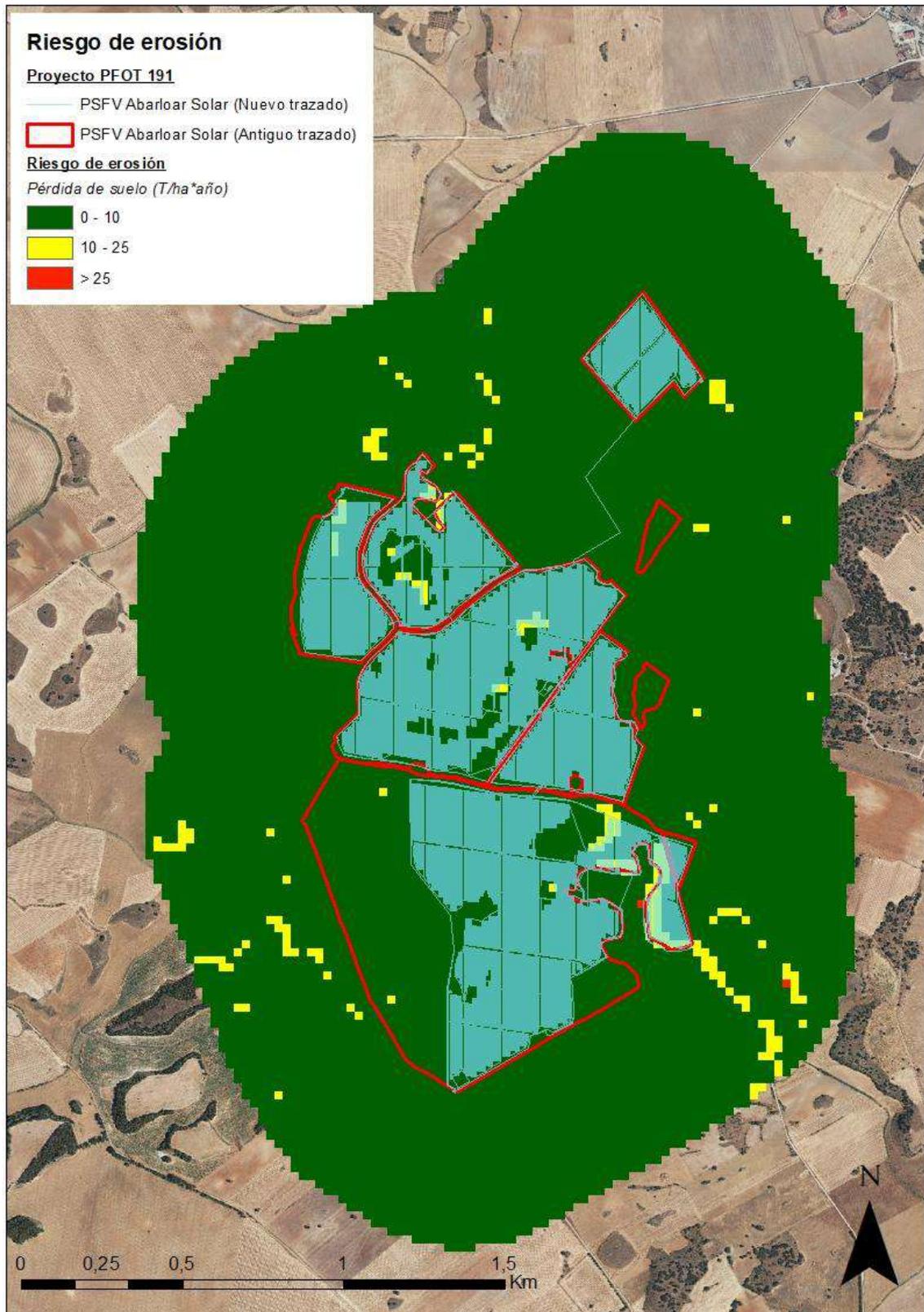
Leyenda:



El escenario 472 no presenta una erosión mayor de $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ con la vegetación actual. Aun así, pueden generarse problemas de erosión graves con pérdidas de sedimento superiores a $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ cuando el suelo se encuentra desnudo durante la fase de construcción. En estos escenarios es imprescindible implementar medidas correctoras durante la fase de construcción y particularmente al finalizar esta fase. La recomendación general es añadir un encamado de paja (efecto mulch) por toda la superficie afectada (ver Mapa de aplicación de mulch de paja).

Las simulaciones realizadas incluyendo el uso del mulch son claramente positivas disminuyendo la erosión hídrica casi a la mitad sobre los valores iniciales y asegurando que, en todas las situaciones, el escenario evaluado se encuentra por debajo del umbral de erosión establecido.

Tal como se comentaba anteriormente, estos resultados son fruto del proyecto inicial, evaluado en el Estudio de Impacto Ambiental. Sin embargo, debido al ajuste de ocupación presentado tras el trámite de Información Pública, la superficie de suelo afectada por la PSFV Abarloar Solar disminuye, y, con ello, la tendencia de la planta a provocar una mayor pérdida de erosión, tal como se puede observar en la siguiente imagen:



Debido a que la implantación de la nueva PSFV Abarloar Solar no supone un cambio relevante en el proyecto ni en la afección al suelo, no se considera que se deban añadir medidas adicionales a las comentadas anteriormente.

6. CONCLUSIONES

Con el objetivo de llevar a cabo el estudio del riesgo de erosión derivado del proyecto analizado, dando atención a las recomendaciones publicadas por el Ministerio de Transición Ecológica y el reto Demográfico (MITERD) durante el año 2020 en relación con el estudio de la pérdida de suelo en caso de instalaciones solares fotovoltaicas, se firmó un contrato con el grupo de investigación Fitosolum de la UCM para el cálculo de pérdida de suelo mediante la aplicación del método RUSLE.

El trabajo realizado ha consistido:

En primer lugar, se desarrolla una cartografía del riesgo de erosión de los emplazamientos interpolando los valores asociados al método RUSLE mediante el uso del programa ArcGis y fuentes cartográficas oficiales.

En aquellos casos en los que los resultados cartográficos mostraron resultados de pérdida de suelo superiores a $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, se utilizó la herramienta informática RUSLE v.2, que permite analizar diferentes escenarios posibles que pueden surgir en un territorio. Para ello, fue necesaria la toma y el análisis de muestras de suelo del emplazamiento.

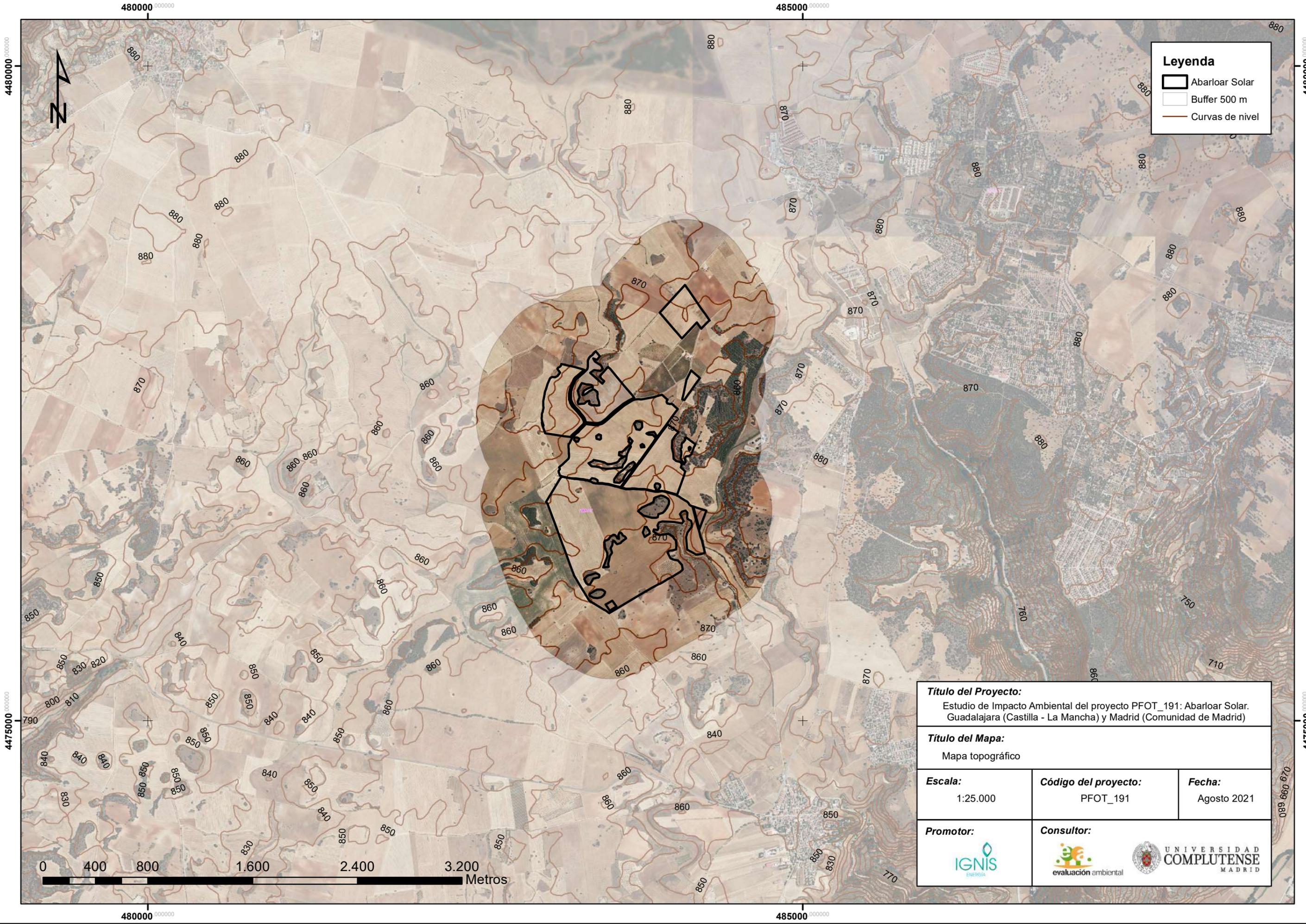
Como apéndices se aportan los resultados cartográficos obtenidos tras la aplicación del software ArcGis y RUSLE v.2., incluyendo cartografía temática generada con los resultados (mapa de riesgo de erosión y mapa de aplicación de mulch de paja) y memoria fotográfica.

El análisis RUSLE en GIS muestra que habrá pérdidas de suelo superior a las $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en las áreas de implantación de la PFV Abarloar Solar. En base a este resultado ha sido necesario la aplicación del programa RUSLE v.2. **Mediante este análisis se examina que con la vegetación actual no se observan pérdidas de suelo mayores a $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, pero pueden generarse problemas de erosión graves cuando el suelo se encuentra desnudo durante la fase de construcción, por ello resulta recomendable la aplicación de mulch de paja en las zonas identificadas como alta erosión. La elección de esta medida frente a las otras ofrecidas se debe a que el mulch de paja protege de forma eficaz el suelo de la erosión hídrica, permitiendo la implantación de vegetación anual, herbácea y arbustiva de manera natural, mejorando la calidad del suelo.**

Tras el ajuste en la implantación de la PSFV, los resultados aportados inicialmente no han variado significativamente, pudiendo mantenerse las conclusiones anteriormente desarrolladas.

No obstante, durante la aplicación del programa de vigilancia ambiental en la fase de obras se supervisará la aparición de procesos erosivos. En caso de aparición se implementarán trabajos específicos de seguimiento.

APÉNDICE CARTOGRÁFICO



Leyenda

- Abarloar Solar
- Buffer 500 m
- Curvas de nivel

Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)		
Título del Mapa: Mapa topográfico		
Escala: 1:25.000	Código del proyecto: PFOT_191	Fecha: Agosto 2021
Promotor: 	Consultor:  	

480000 000000

485000 000000

4480000 000000

4480000 000000



+

+

Leyenda

 Abarloar Solar

 Buffer 500 m

Altitud

Metros

 High : 899,834

 Low : 644,881



Título del Proyecto:

Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar.
Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)

Título del Mapa:

Mapa de altitud

Escala:

1:25.000

Código del proyecto:

PFOT_191

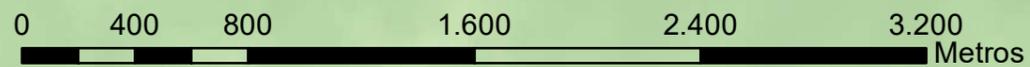
Fecha:

Agosto 2021

Promotor:



Consultor:

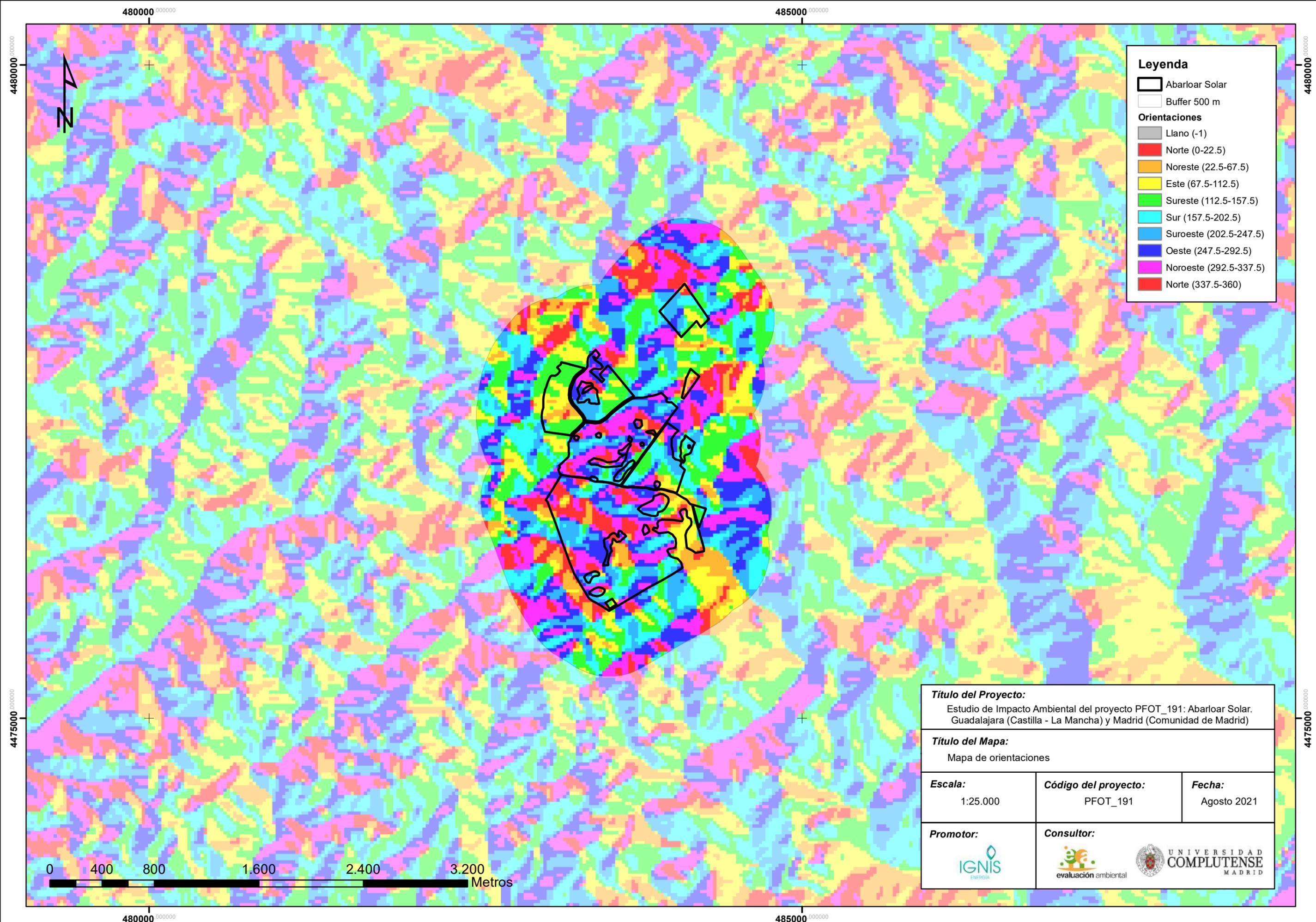


480000 000000

485000 000000

4475000 000000

4475000 000000



Leyenda

- Abarloar Solar
- Buffer 500 m

Orientaciones

- Llano (-1)
- Norte (0-22.5)
- Noreste (22.5-67.5)
- Este (67.5-112.5)
- Sureste (112.5-157.5)
- Sur (157.5-202.5)
- Suroeste (202.5-247.5)
- Oeste (247.5-292.5)
- Noroeste (292.5-337.5)
- Norte (337.5-360)

Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)		
Título del Mapa: Mapa de orientaciones		
Escala: 1:25.000	Código del proyecto: PFOT_191	Fecha: Agosto 2021
Promotor: 	Consultor: 	



480000 000000

485000 000000

4480000 000000

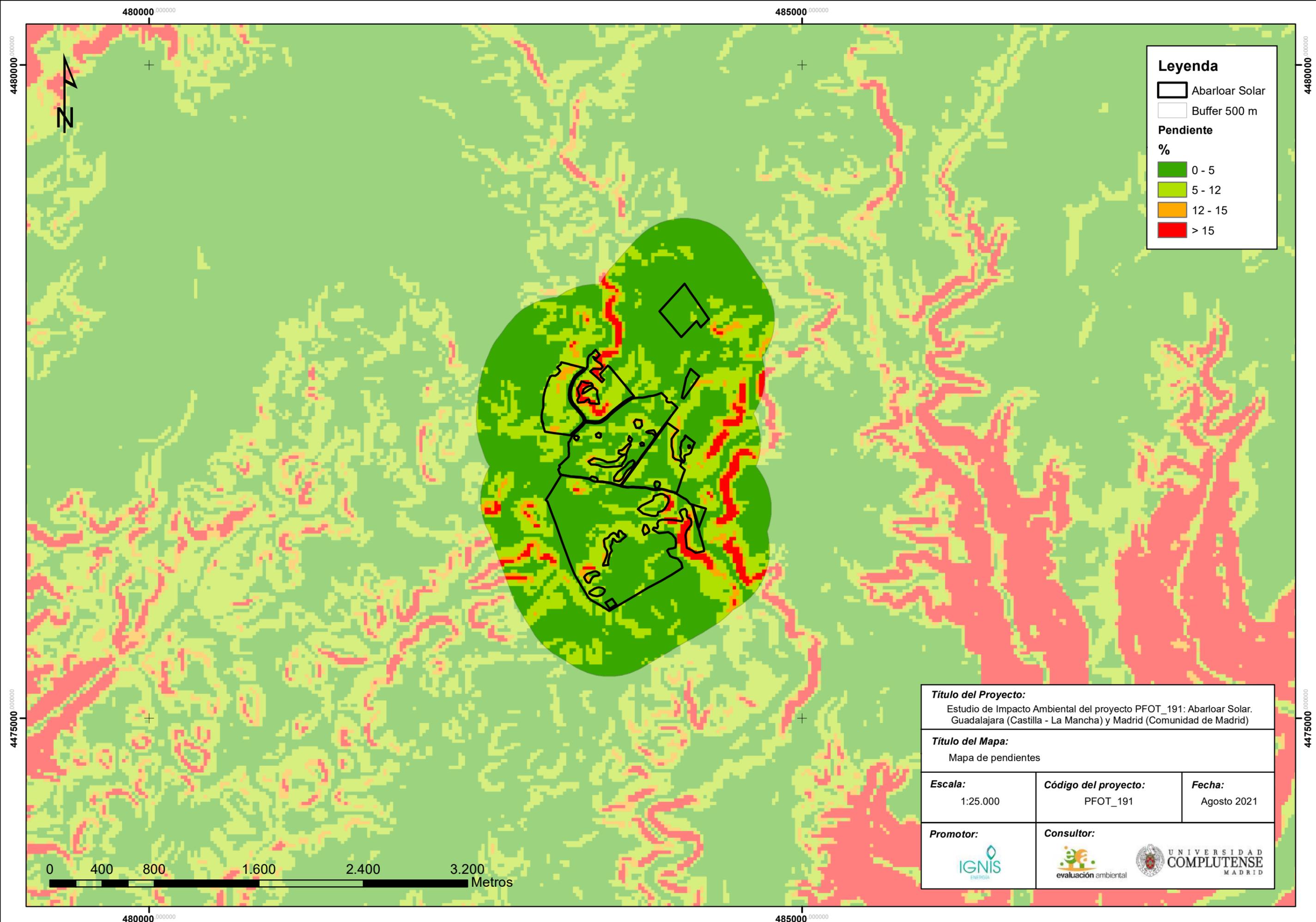
4480000 000000

4475000 000000

4475000 000000

480000 000000

485000 000000



Leyenda

-  Abarloar Solar
-  Buffer 500 m

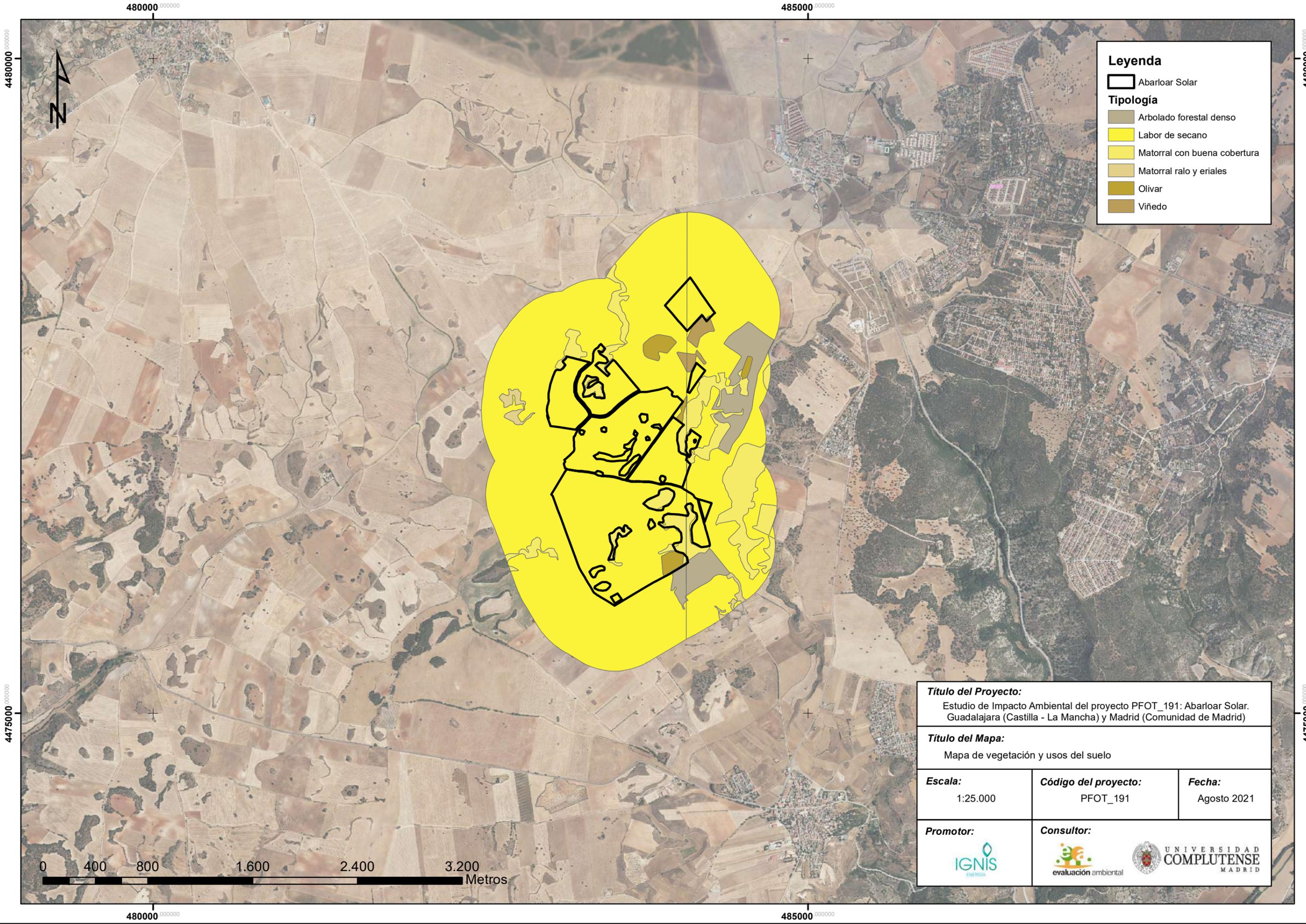
Pendiente

%

-  0 - 5
-  5 - 12
-  12 - 15
-  > 15

Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)		
Título del Mapa: Mapa de pendientes		
Escala: 1:25.000	Código del proyecto: PFOT_191	Fecha: Agosto 2021
Promotor: 	Consultor:  	

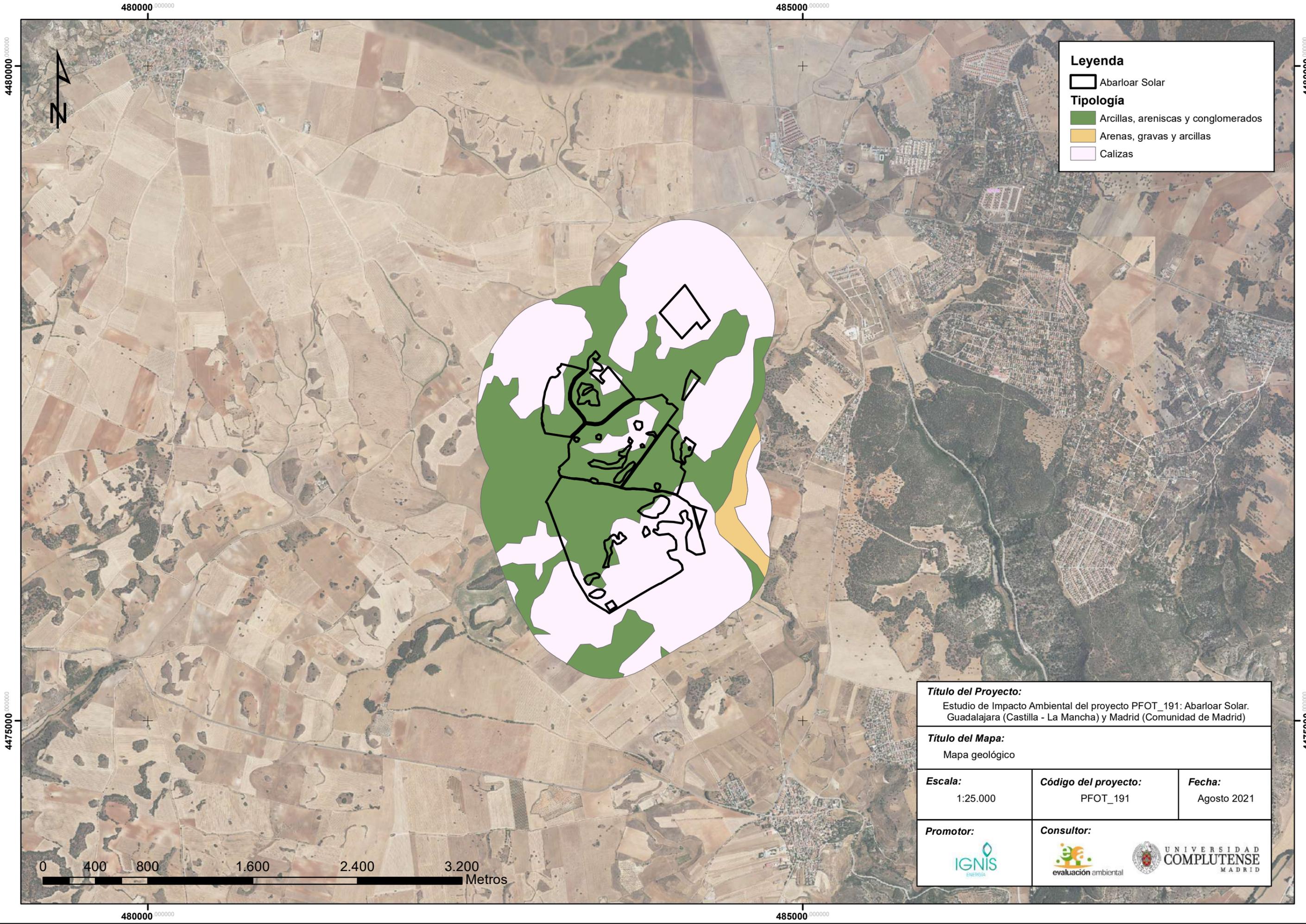
0 400 800 1.600 2.400 3.200 Metros



Leyenda

Abarloar Solar
Tipología
 Arbolado forestal denso
 Labor de secano
 Matorral con buena cobertura
 Matorral ralo y eriales
 Olivar
 Viñedo

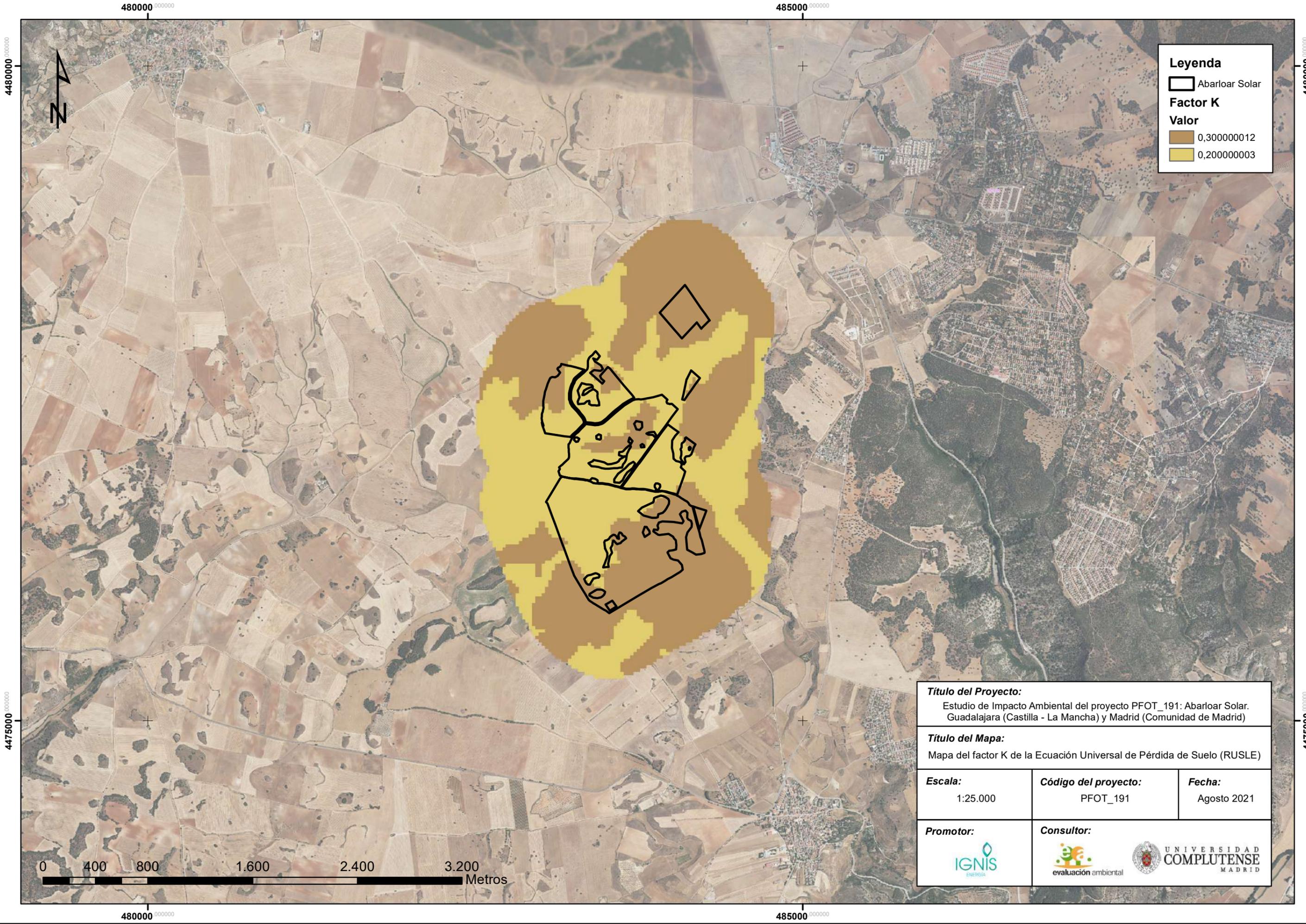
Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)		
Título del Mapa: Mapa de vegetación y usos del suelo		
Escala: 1:25.000	Código del proyecto: PFOT_191	Fecha: Agosto 2021
Promotor: 	Consultor:  	



Legenda

 Abarloar Solar
Tipología
 Arcillas, areniscas y conglomerados
 Arenas, gravas y arcillas
 Calizas

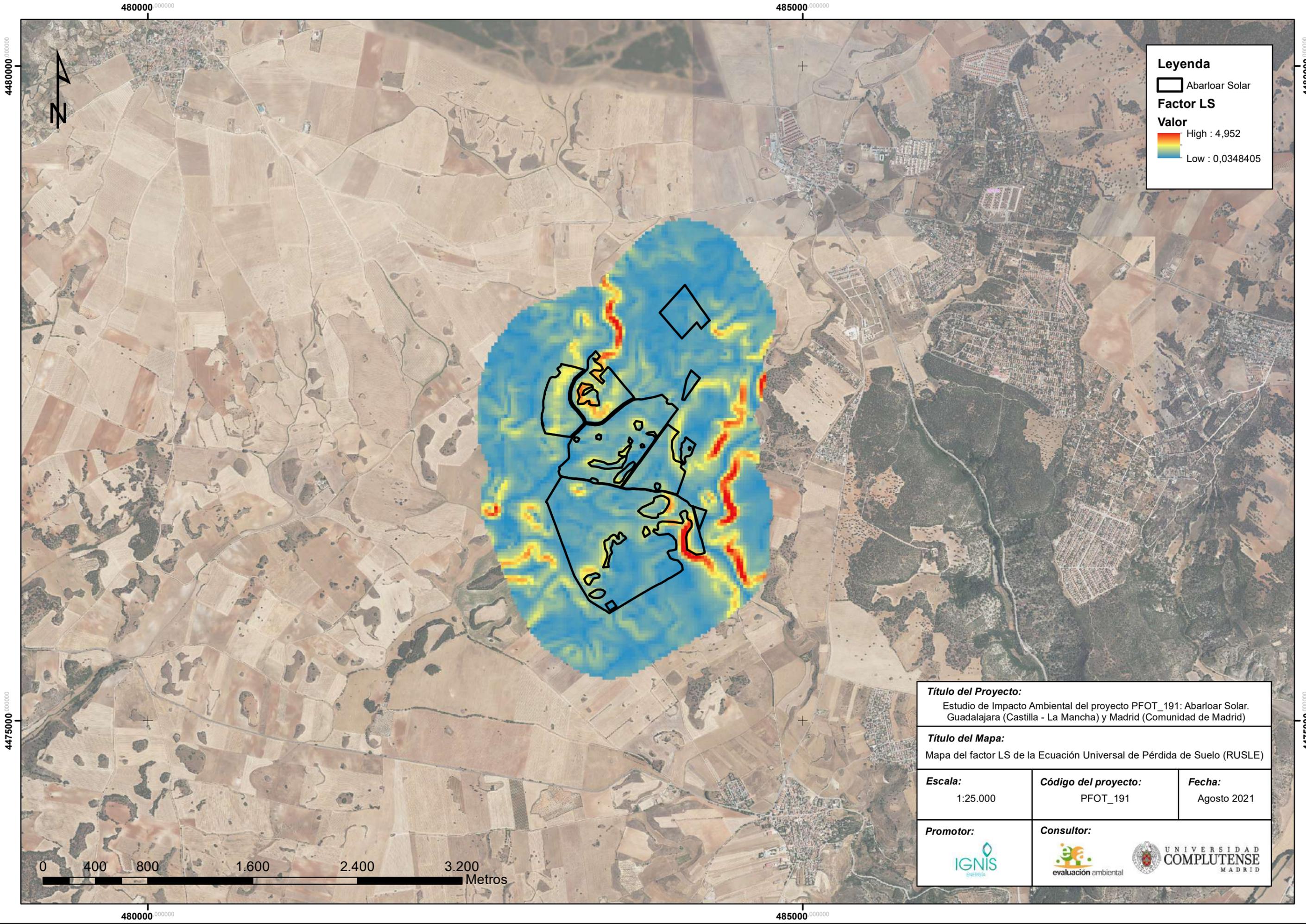
Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)		
Título del Mapa: Mapa geológico		
Escala: 1:25.000	Código del proyecto: PFOT_191	Fecha: Agosto 2021
Promotor: 	Consultor:  	



Leyenda

 Abarloar Solar
Factor K
Valor
 0,300000012
 0,200000003

Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)		
Título del Mapa: Mapa del factor K de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (RUSLE)		
Escala: 1:25.000	Código del proyecto: PFOT_191	Fecha: Agosto 2021
Promotor: 	Consultor:  	



Leyenda

□ Abarloar Solar

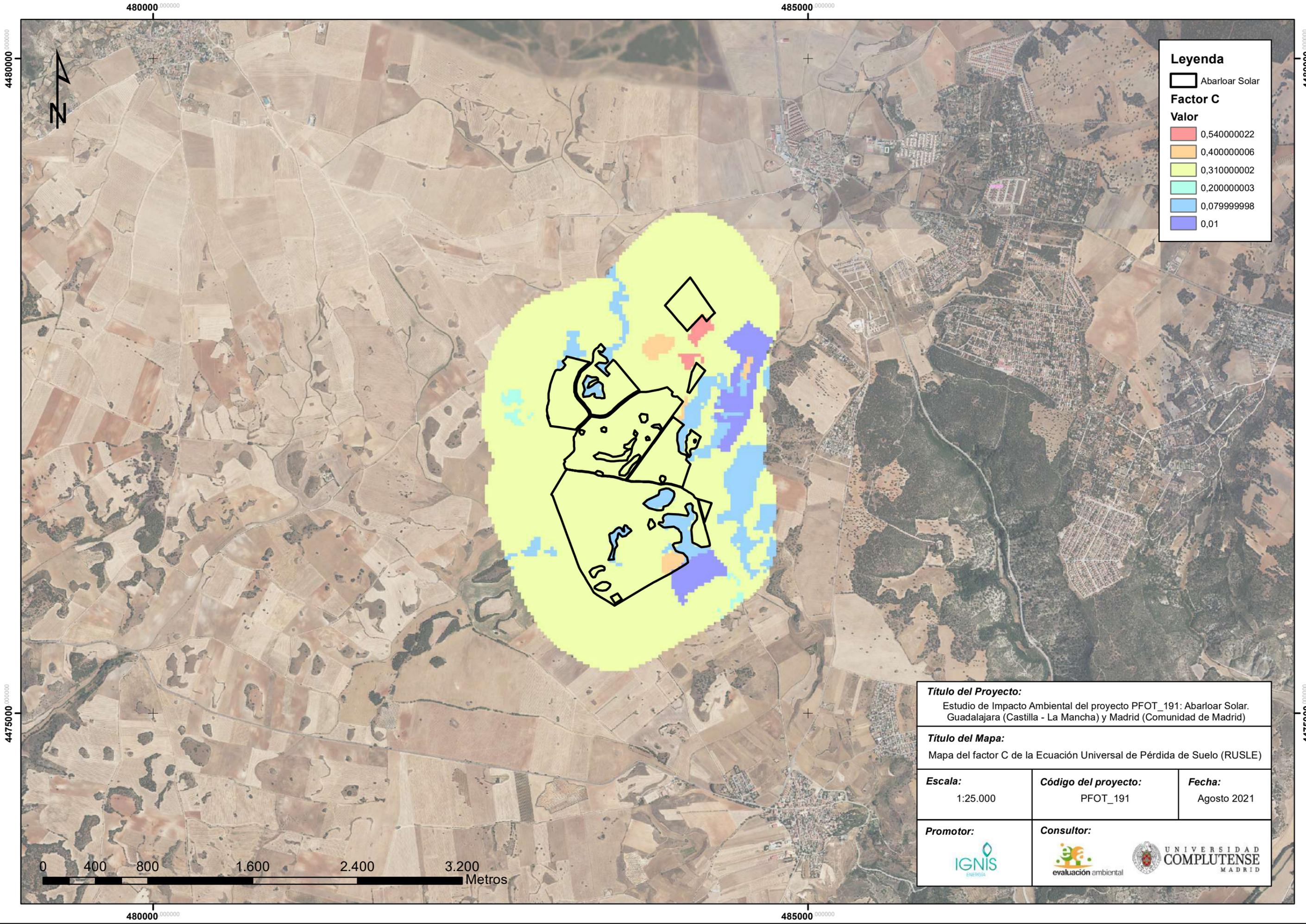
Factor LS

Valor

High : 4,952

Low : 0,0348405

Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)		
Título del Mapa: Mapa del factor LS de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (RUSLE)		
Escala: 1:25.000	Código del proyecto: PFOT_191	Fecha: Agosto 2021
Promotor: 	Consultor: 	



Leyenda

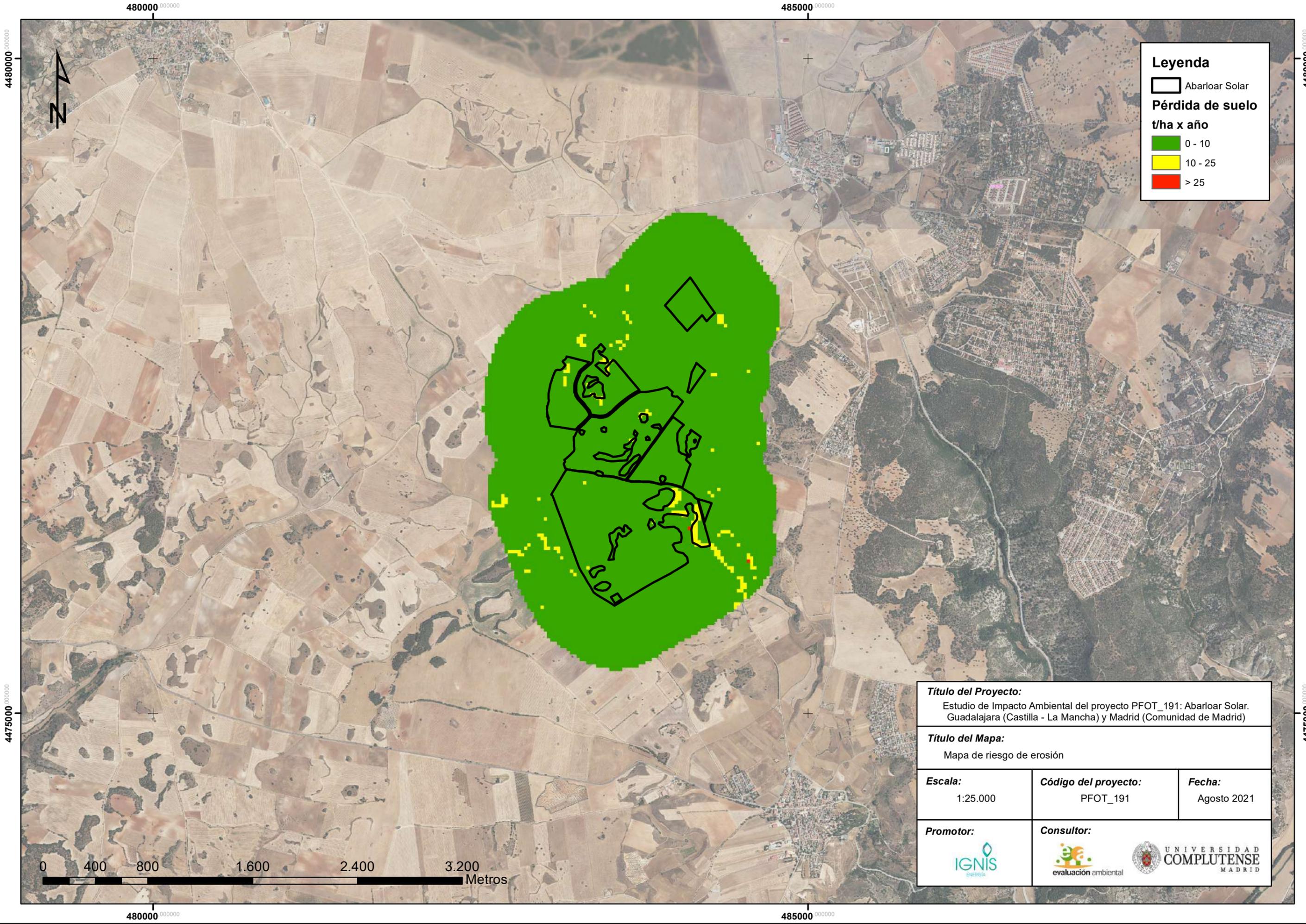
□ Abarloar Solar

Factor C

Valor

0,540000022
0,400000006
0,310000002
0,200000003
0,079999998
0,01

Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)		
Título del Mapa: Mapa del factor C de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (RUSLE)		
Escala: 1:25.000	Código del proyecto: PFOT_191	Fecha: Agosto 2021
Promotor: 	Consultor: 	



Leyenda

 Abarloar Solar
Pérdida de suelo
t/ha x año
 0 - 10
 10 - 25
 > 25

<p>Título del Proyecto: Estudio de Impacto Ambiental del proyecto PFOT_191: Abarloar Solar. Guadalajara (Castilla - La Mancha) y Madrid (Comunidad de Madrid)</p>		
<p>Título del Mapa: Mapa de riesgo de erosión</p>		
<p>Escala: 1:25.000</p>	<p>Código del proyecto: PFOT_191</p>	<p>Fecha: Agosto 2021</p>
<p>Promotor: </p>	<p>Consultor:  </p>	

0 400 800 1.600 2.400 3.200 Metros

480000

485000

4480000

4480000

4475000

4475000

480000

485000

Leyenda

 PSFV_ABARLOAR_SOLAR_GP07B_191

Riesgo de Erosion PFOT_191

Pérdida de suelo t/ha x año

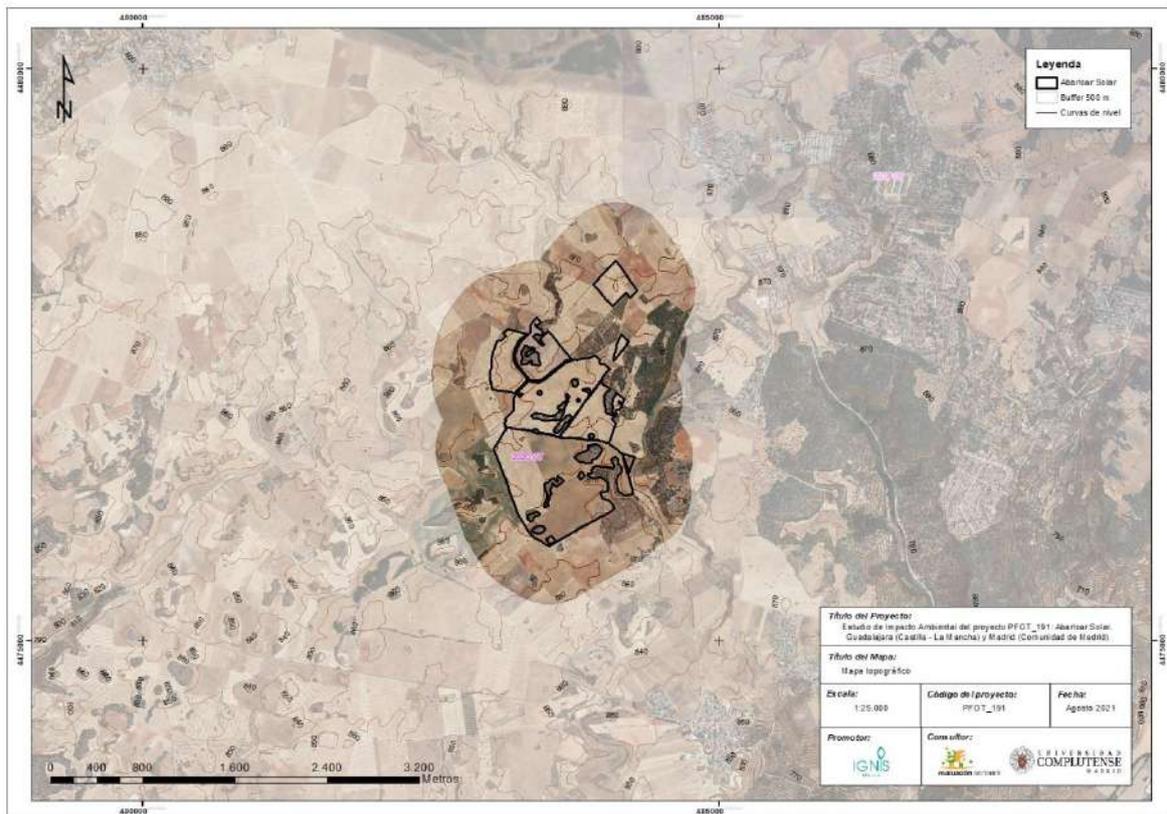
 0 - 10



Título del Proyecto:			Estudio de Riesgo de erosión de: PSFV "Abarloar Solar"		
Título del Plano:			MEDIDA 1. APLICACIÓN DE MULCH DE PAJA		
Plano nº:	1.1	Escala:	1:25.000	Fecha:	Noviembre 2021
Hoja:	1 de 1	Escala gráfica:			
Promotor:				Consultor:	

APÉNDICE FOTOGRÁFICO

Anexo fotográfico. Visita de campo PFOT 191



Índice del contenido

Figura 1. Detalle del cultivo en el solar “Arbaloar Solar”	1
Figura 2. Detalle del cultivo de secano en el solar “Arbaloar Solar”	2
Figura 3. Detalle del cultivo de secano en el solar “Arbaloar Solar”	3
Figura 4. Detalle de la toma de muestra del suelo en el solar “Arbaloar Solar”	4

Figura 1. Detalle del cultivo en el solar “Arbaloar Solar”



Figura 2. Detalle del cultivo de secano en el solar “Arbaloar Solar”



Figura 3. Detalle del cultivo de secano en el solar “Arbaloar Solar”



Figura 4. Detalle de la toma de muestra del suelo en el solar “Arbaloar Solar”





CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

PFOT – 191

ANEXO 8.4

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. HUELLA DE CARBONO DERIVADA DE LA ACTUACIÓN	2
2.1 HUELLA DE CARBONO DERIVADA DE LA INSTALACIÓN	2
2.2 MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DERIVADO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE	4
2.3 PÉRDIDA DE SUMIDERO DE CO2 POR ELIMINACIÓN DE LA VEGETACIÓN DURANTE LAS OBRAS	5
2.4 PÉRDIDA DE SUMIDERO DE CO2 DURANTE LA EXPLOTACIÓN POR MANTENIMIENTO DE FAJAS DE SEGURIDAD DE TENDIDOS	6
2.5 PÉRDIDA DE CAPACIDAD DEL SUELO COMO SUMIDERO DE CO2	6
2.6 balance global	7

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento se desarrolla en atención a los criterios establecidos por el MITERD en la Guía desarrollada en diciembre de 2020 para la evaluación de impacto ambiental de proyectos de parques fotovoltaicos terrestres en materia de Cambio Climático y Huella de Carbono.

El análisis se lleva a cabo conforme al proyecto para el cual se ha tramitado la Información Pública. No obstante, tal y como se refleja en el documento "*Análisis ambiental de las mejoras incorporadas al proyecto con Pfof 191 tras el trámite de información pública y consultas*", la diferencia en la valoración del efecto se considera no significativa, por lo que los resultados aportados serían aplicables tras el ajuste de proyecto.

2. HUELLA DE CARBONO DERIVADA DE LA ACTUACIÓN

El RD 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, indica que el objeto de esta norma es la creación del registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, para la contribución a la reducción a nivel nacional de las emisiones de gases de efecto invernadero y a incrementar las absorciones por los sumideros de carbono en el territorio nacional. De esta forma se pretende facilitar el cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por España en materia de cambio climático.

Recientemente, la aprobación de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, tiene como objeto facilitar que la economía española sea neutra en emisiones antes de mitad de siglo. Dicha ley fija una serie de objetivos mínimos nacionales para el año 2030:

- Reducir en el año 2030 las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de la economía española en, al menos, un 23% respecto del año 1990;
- Alcanzar en el año 2030 una penetración de energías de origen renovable en el consumo de energía final de, al menos, un 42%;
- Alcanzar en el año 2030 un sistema eléctrico con, al menos, un 74% de generación a partir de energías de origen renovable; y
- Mejorar la eficiencia energética disminuyendo el consumo de energía primaria en, al menos, un 39,5%, con respecto a la línea de base conforme a normativa comunitaria.

Ante este panorama normativo, gana peso la evaluación de las emisiones de CO₂ de los proyectos y programas, por lo que a continuación se hace una evaluación de la Huella de Carbono derivada de la instalación y de la pérdida de sumideros de CO₂.

2.1 HUELLA DE CARBONO DERIVADA DE LA INSTALACIÓN

El cálculo de la Huella de Carbono de la instalación fotovoltaica se debe realizar teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de la instalación:

- Extracción y procesado de las materias primas necesarias para la fabricación de los paneles y de todos los materiales auxiliares necesarios para ello y para su construcción.

- La propia fabricación de las partes del resto de instalaciones (seguidores, cables, centros de transformación, inversores, etc.), de toda su maquinaria y de los materiales (acero, cemento, etc.) necesarios para su construcción.
- La construcción y operación de la planta solar fotovoltaica.
- El desmantelamiento y gestión de los materiales y los residuos al final de su vida útil.

La metodología de cálculo empleada en este apartado se basa en los resultados de dos estudios de Análisis de Ciclo de Vida realizados en dos instalaciones fotovoltaicas de características similares.

El primer estudio fue realizado para la empresa Ignis Energía, basado en la metodología de impacto europea CML-IA baseline V3.05 / EU25 y siguiendo el proceso "*Electricity, low voltage {ES}/ electricity production, photovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si | APOS, U'*" para plantas fotovoltaicas en suelo con similares características en España.

En este estudio, la Huella de Carbono para el ciclo de vida de una instalación fotovoltaica con una potencia total de 125 MWn y una generación anual de 245.000 MWh/año fue de 390.507 toneladas de CO₂, lo que arroja una ratio de 3.100 Tn CO₂ /MWn instalado.

Por otro lado, el segundo estudio corresponde a la Declaración Ambiental de Producto "Electricidad generada en planta fotovoltaica El Romero Solar 196 MW", publicada con fecha 12/12/2017, Número de Registro S-P-01081, de acuerdo con ISO 14025, sobre las emisiones generadas por una instalación fotovoltaica de 246 MWp, resultando 29,2 gr CO₂/kWh durante 25 años de explotación, lo que equivale a 354.000 Tn de CO₂. Este resultado arroja una ratio de 1.806 Tn CO₂/MWn instalado.

Perfil ambiental de la planta fotovoltaica El Romero

Perfil ambiental	Unidad	Planta fotovoltaica El Romero 196 MW						
		1 KWh de electricidad generado y distribuido a un consumidor a 220 KV						
		Aguas arriba	Núcleo proceso	Núcleo infraestructura	TOTAL GENERADO	Aguas abajo proceso	Aguas abajo infraestructura	TOTAL DISTRIBUIDO

POTENCIAL DE IMPACTO AMBIENTAL

Potencial de calentamiento global (100a):								
▷ Fósil	g CO ₂ eq	1,10E-02	4,99E-01	1,85E+01	1,90E+01	9,99E+00	2,63E-02	2,91E+01
▷ Biogénico	g CO ₂ eq	1,06E-05	7,31E-05	1,56E-01	1,57E-01	2,81E-03	6,34E-05	1,59E-01
▷ Uso y transformación de suelo	g CO ₂ eq	5,84E-06	4,27E-05	2,08E-02	2,08E-02	6,74E-04	6,23E-05	2,15E-02
▷ TOTAL	g CO ₂ eq	1,10E-02	4,99E-01	1,87E+01	1,92E+01	1,00E+01	2,64E-02	2,92E+01

En base a estas ratios de estos estudios, asumiendo que podrá haber ciertas diferencias debido a la diferencia de tamaño, ubicación, tipo de gestión, etc., se estima que la huella de carbono debido a la construcción, operación y mantenimiento de las plantas fotovoltaicas consideradas en el presente EsIA, durante todo su ciclo de vida, será:

Huella de Carbono de la construcción			
Nombre PSFV	MWn	Tn CO2/MWn	Tn CO2
Abarloar solar	74	2.500	185.000
		TOTAL	185.000

Tabla: Elaboración Propia. Unidades de CO2 en Tn

2.2 MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DERIVADO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

Las energías renovables contribuyen a la mitigación del cambio climático y a la consecución de los objetivos establecidos por el PNIEC 2021-2030 integrados en la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo y en la Ley 7/2021 anteriormente mencionada.

Atendiendo al contenido del Informe Anual de la Unión Española Fotovoltaica (UNEF) del año 2019, la energía fotovoltaica contribuye positivamente a la reducción de emisiones en el sector eléctrico por su carácter renovable y sus casi nulas emisiones directas.

La huella ambiental del sector fotovoltaico durante el año 2018 supuso, teniendo en cuenta su huella directa e indirecta, 1.406 kt CO₂-eq, cifra que, en comparación con las emisiones que se evitan al poder prescindir de fuentes no renovables, no se considera elevada.

De este modo, si los GWh producidos en el año 2018 por la energía fotovoltaica hubieran sido generados a través de combustión directa de gas en centrales de ciclo combinado, las emisiones del mix eléctrico se hubieran incrementado hasta 3,1 MTCO₂.

Para la estimación de las emisiones de CO₂ evitadas a lo largo de la vida útil de la planta de producción renovable, se realiza una comparativa respecto a las emisiones asociadas a una moderna central de ciclo combinado a gas natural con unos rendimientos medios del 50%, utilizando la misma metodología de cálculo establecida en el Plan de Energías Renovables (PER).

Para realizar esta estimación se han utilizado las siguientes hipótesis:

- Horas equivalentes de funcionamiento anual: 1.960
- Vida útil de la planta: 25 años
- Factores de emisión:

TECNOLOGÍA	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDADES	FUENTE	AÑO
Ciclo combinado	0,383	KgCO ₂ eq/kWh	www.ree.es	2019
Fotovoltaica	0,00	KgCO ₂ eq/kWh	www.ree.es	2019

En base a estas hipótesis, los resultados para la instalación relativa a este EsIA son:

Huella de Carbono de la generación de energía				
Nombre PSFV	MWn	MWh/año	Tn CO2/año evitadas	Tn CO2 evitadas
Abarloar solar	74	145.040	55.550	1.388.758
			TOTAL	1.388.758

Tabla: Elaboración Propia. Unidades de CO2 en Tn

2.3 PÉRDIDA DE SUMIDERO DE CO2 POR ELIMINACIÓN DE LA VEGETACIÓN DURANTE LAS OBRAS

Para determinar el impacto de la vegetación sobre la huella de carbono, se ha extraído la información del Estudio de Impacto Ambiental en el que se detalla el número de pies de arbolado o el área de arbustos y matorrales afectados por el proyecto. También se considera si se va a compensar esta pérdida mediante reforestación o no.

La vegetación absorbe una cantidad de CO₂, donde existen diferentes depósitos de carbono como pueden ser el carbono orgánico del suelo, la biomasa aérea y subterránea, hojarasca y madera muerta, y en el que influyen numerosas variables, de manera que su cuantificación puede ser de gran complejidad.

En este sentido, los factores a considerar es el número de pies o el área de arbustos y matorrales eliminados del emplazamiento; la especie afectada en cuestión y la edad de la unidad.

Para realizar este cálculo se ha utilizado la herramienta proporcionada por el Ministerio para la Transición Ecológica. Este es un tipo de cálculo EX ANTE, es decir, son cálculos a futuro sobre cuánta absorción de CO₂ podría haber tenido esa vegetación eliminada en el emplazamiento. Sabiendo la especie del árbol, el número de pies talado y la edad aproximada, podemos saber cuánto CO₂ pudiera haber absorbido en el resto de su vida mediante la ayuda de una serie de factores de absorción que son proporcionados en el Inventario Forestal Nacional.

Se puede determinar que el impacto de eliminar dicha vegetación del emplazamiento será:

	Sin proyecto	Con proyecto	Pérdidas anuales de sumidero de CO2	Pérdida total de sumidero de CO2
Nombre PSFV	Absorción Tn CO2/año	Absorción Tn CO2/año		
Abarloar solar	-	-	-	-
		TOTAL	-	-

Tabla: Elaboración Propia. Unidades de CO2 en Tn

2.4 PÉRDIDA DE SUMIDERO DE CO₂ DURANTE LA EXPLOTACIÓN POR MANTENIMIENTO DE FAJAS DE SEGURIDAD DE TENDIDOS

Para los tendidos eléctricos aéreos se utiliza la misma metodología que en el apartado anterior, resultando que el impacto de eliminar periódicamente la vegetación de las fajas de seguridad será:

	Sin proyecto	Con proyecto	Pérdidas anuales de sumidero de CO ₂	Pérdida total de sumidero de CO ₂
Nombre PSFV	Absorción Tn CO ₂ /año	Absorción Tn CO ₂ /año		
LAT	0,01	-	0,01	0,34
		TOTAL	0,01	0,34

Tabla: Elaboración Propia. Unidades de CO₂ en Tn

2.5 PÉRDIDA DE CAPACIDAD DEL SUELO COMO SUMIDERO DE CO₂

La metodología empleada para la estimación de la pérdida de la reserva de carbono en el suelo por abandono del uso original y por la eliminación/controles sistemáticos de vegetación en el parque se basa en la Guía IPCC 2006 (apartado 2.3.3, capítulo 2, volumen 4), y la Decisión de la Comisión de 10 de junio de 2010 sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE.

El procedimiento utilizado para estimar el cambio anual de existencias de C (Carbon Stock Change, CSC, en inglés) se basa en la siguiente fórmula:

$$CS_i = (SOC + C_{VEG}) \cdot A$$

- CS_i es la reserva de carbono por unidad de superficie asociada al uso del suelo i (medida como masa de carbono por unidad de superficie, incluidos el suelo y la vegetación).
- SOC es el carbono orgánico en suelo (medido como masa de carbono por hectárea).
- C_{VEG} es la reserva de carbono en la vegetación por encima y por debajo del suelo (medido como masa de carbono por hectárea).
- A es el factor de escala en función de la superficie de que se trate (medida en hectáreas por unidad de superficie).

El cálculo se ha basado en las siguientes hipótesis de partida:

- El contenido de SOC (Soil Organic Carbon en inglés), con el tiempo, alcanza un valor estable específico del uso de la tierra.
- Los cambios en las existencias de SOC se producen de manera lineal.
- El periodo por defecto por las guías del IPCC es de 20 años, momento en el cual se produce el cambio del estado estable de C en los suelos.
- Según las tablas de la Directiva, el proyecto se encuentra en:
 - Región climática: templada cálida seca.
 - Tipo de suelo: arcillosos de alta actividad.

El cálculo de la reserva de carbono orgánico en suelos minerales se basa en la fórmula siguiente:

$$SOC = SOC_{ST} \cdot F_{LU} \cdot F_{MG} \cdot F_I$$

- SOC es el carbono orgánico en suelo (medido como masa de carbono por hectárea).
- SOC_{ST} es el carbono orgánico en suelo de referencia en la capa de humus de 0 a 30 centímetros (medido como masa de carbono por hectárea).
- F_{LU} es el factor de uso del suelo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con el tipo de uso del suelo en comparación con el SOC_{ST}.
- F_{MG} es el factor de las técnicas de cultivo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con la práctica de cultivo de principio en comparación con el SOC_{ST}.
- F_I es el factor de insumo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con varios niveles de insumo de carbono en suelo en comparación con el SOC_{ST}.

El cálculo de la reserva de carbono en la vegetación por encima y por debajo del suelo (C_{VEG}), se basa en los valores obtenidos directamente de la Directiva, cuadro 9 (tierras de cultivo), cuadro 11 (cultivos perennes), cuadro 13 (prados y pastizales) y cuadro 16-17 (terrenos forestales):

- Carbono orgánico en suelo en la capa de humus de 0 a 30 centímetros (C_{OSSt})
 - = 38 t de C/ha en cultivos perennes
 - = 30,4 de C/ha en tierras de cultivo y prados y pastizales
- Reserva de carbono en la vegetación por encima y por debajo del suelo (C_{veg})
 - = 43,2 t de C/ha para los cultivos perennes
 - = 0 t de C/ha para los suelos sellados
 - = 3,1 t de C/ha para prados y pastizales, con exclusión de los matorrales
- Uso del suelo actual:
 - Agrícola arbolado: olivos y otros. Superficie: 18,40 ha.
 - Tierras de cultivo. Superficie = 55,95 ha.
- Factor de conversión CO₂/C = 3,67 que resulta de la relación de los pesos moleculares del CO₂ y C (44/12).

El resultado de la pérdida de reserva de carbono del suelo será:

Nombre PSFV	Sin proyecto		Con proyecto		Pérdidas de reserva de CO ₂ del suelo
	Reservas Tn C	Reservas Tn CO ₂	Reservas Tn C	Reservas Tn CO ₂	
Abarloar solar	2.399	8.796	2.000	7.332	1.464
				TOTAL	1.463,91

Tabla: Elaboración Propia. Unidades de CO₂ en Tn

2.6 BALANCE GLOBAL

Tras el análisis realizado, el balance neto global de la instalación a lo largo de los 25 años de vida útil de los proyectos, fruto de la diferencia entre las emisiones evitadas respecto a un central de ciclo combinado y la huella de carbono de las instalaciones teniendo en cuenta todo su ciclo de vida será:

Huella de Carbono total					
Nombre PSFV	Construcción y O&M	Pérdida de reservas	Generación de Energía Renovable	Pérdida Sumidero	Emisiones de CO2 totales (25 años)
Abarloar solar	185.000	1.464	- 1.388.758	0,3	- 1.202.294
				TOTAL	- 1.202.293,75

Tabla: Elaboración Propia. Unidades de CO2 en Tn

Esto es debido a que, a pesar de que la fabricación de los paneles solares y la construcción y operación de este tipo de proyectos conllevan unas emisiones de CO₂ equivalente asociadas y la destrucción de la capacidad sumidero, existe una amplia compensación gracias a las emisiones evitadas a causa de la generación de electricidad a partir de esta fuente renovable frente a su generación con alternativas convencionales.

En el siguiente gráfico se puede observar como todas las emisiones de CO₂ liberadas debido a la huella de carbono de la planta y a la destrucción de la capacidad sumidero del terreno son compensadas a partir del 3^{er} o 4^o año de funcionamiento de la planta.

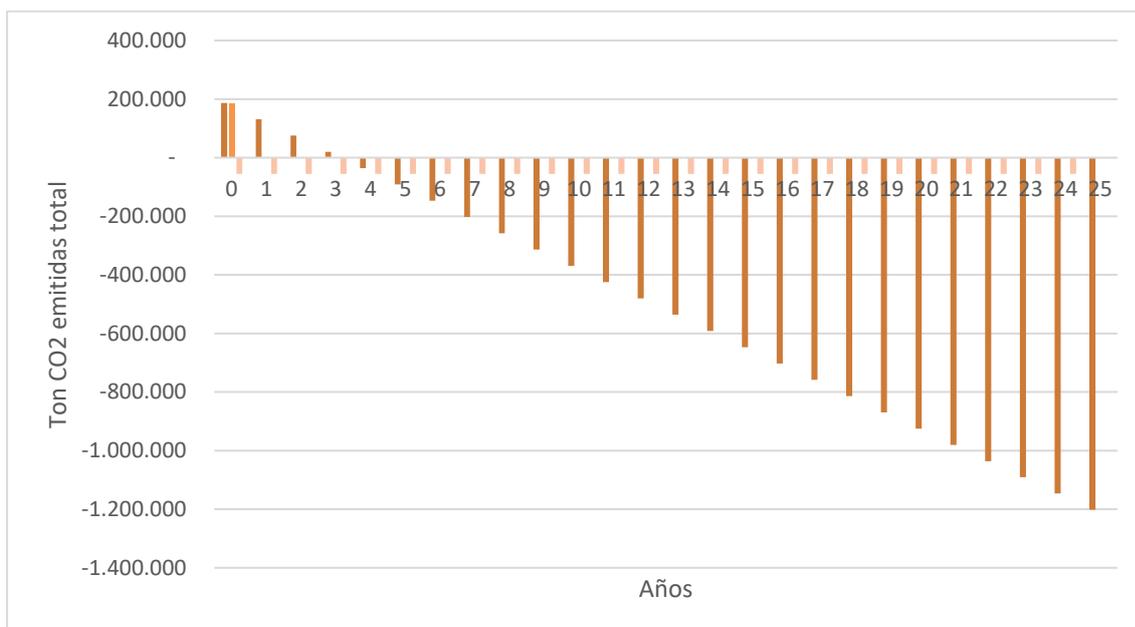


Tabla: Elaboración Propia. Unidades de CO₂

APÉNDICE 1: PÉRDIDA DE SUMIDERO DE CO₂ POR ELIMINACIÓN DE LA VEGETACIÓN DURANTE LAS OBRAS Y EN FASE DE EXPLOTACIÓN

Tabla de absorciones de CO₂ de arbolado (según Calculadora del MITECO)

Especie	Absorciones acumuladas estimadas (t CO ₂ /pie)					Fuente
	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	
<i>Abies alba</i>	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Abies pinsapo</i>	0,22	0,27	0,33	0,38	0,44	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Acer spp.</i>	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Alnus spp.</i>	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Amelanchier ovalis</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Asimilación
<i>Arbutus unedo</i>	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Betula spp.</i>	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Carpinus betulus</i>	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	Asimilación
<i>Castanea sativa</i>	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Ceratonia siliqua</i>	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Cedrus atlantica</i>	0,35	0,63	1,30	2,88	3,40	Asimilación
<i>Celtis australis</i>	0,29	0,72	1,01	1,44	1,90	Asimilación
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Cornus sanguinea</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Asimilación
<i>Corylus avellana</i>	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Crataegus spp.</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Cupressus arizonica</i>	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15	Asimilación
<i>Cupressus macrocarpa</i>	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15	Asimilación
<i>Cupressus sempervirens</i>	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15	Asimilación
<i>Erica arborea (Canarias)</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,40	1,00	1,57	2,23	3,53	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Eucalyptus globulus</i>	0,57	1,39	2,04	3,00	4,87	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Fagus sylvatica</i>	0,00	0,02	0,03	0,07	0,23	Tablas producción Madrigal (3)
<i>Fraxinus spp.</i>	0,09	0,11	0,18	0,29	0,33	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Ilex aquifolium</i>	0,03	0,04	0,05	0,08	0,10	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)

Especie	Absorciones acumuladas estimadas (t CO ₂ /pie)					Fuente
	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	
<i>Ilex canariensis</i>	0,04	0,04	0,05	0,12	0,14	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Juglans regia</i>	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	Asimilación
<i>Juniperus oxycedrus, J. communis</i>	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Juniperus phoenicea</i>	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Juniperus thurifera</i>	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Larix spp.</i>	0,34	0,43	0,52	0,60	0,69	Tabla 201 e Inventario de emisiones 1990-2012
<i>Laurus azorica</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Asimilación
<i>Laurus nobilis</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Asimilación
<i>Malus sylvestris</i>	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	Asimilación
<i>Myrica faya</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Asimilación
<i>Myrtus communis</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Asimilación
<i>Olea europaea</i>	0,04	0,05	0,08	0,10	0,11	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Phillyrea latifolia</i>	0,03	0,03	0,09	0,17	0,20	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Phoenix spp.</i>	0,31	0,57	0,90	1,24	1,37	Asimilación
<i>Picea abies</i>	0,35	0,63	1,30	2,88	3,40	Asimilación
<i>Pinus canariensis</i>	0,03	0,07	0,14	0,16	0,18	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Pinus halepensis</i>	0,03	0,04	0,08	0,14	0,16	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Pinus nigra Sistema Ibérico</i>	0,03	0,04	0,05	0,11	0,13	Tablas producción Madrigal (3)
<i>Pinus nigra (Resto)</i>	0,03	0,03	0,08	0,09	0,11	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Pinus pinaster ssp. atlantica Zona Norte interior</i>	0,23	0,41	0,58	0,74	0,91	Tablas producción Madrigal (3)
<i>Pinus pinaster ssp. atlantica Zona Norte costera</i>	0,33	0,54	0,69	0,81	0,92	Tablas producción Madrigal (3)
<i>Pinus pinaster ssp. mesogeensis Sistema Central</i>	0,12	0,15	0,18	0,26	0,36	Tablas producción Madrigal (3)
<i>Pinus pinaster (Resto)</i>	0,02	0,03	0,03	0,08	0,09	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Pinus pinea</i>	0,06	0,10	0,17	0,20	0,29	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Pinus radiata</i>	0,46	0,79	1,17	1,56	1,78	Tablas producción Madrigal (3)
<i>Pinus sylvestris Sistema Central</i>	0,02	0,05	0,06	0,15	0,17	Tablas producción Madrigal (3)
<i>Pinus sylvestris Sistema Ibérico</i>	0,03	0,04	0,05	0,09	0,11	Tablas producción Madrigal (3)
<i>Pinus sylvestris Pirineos</i>	0,04	0,05	0,07	0,11	0,17	Tablas producción Madrigal (3)

Especie	Absorciones acumuladas estimadas (t CO ₂ /pie)					Fuente
	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	
<i>Pinus sylvestris</i> (Resto)	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Pinus uncinata</i>	0,04	0,05	0,09	0,11	0,12	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Pistacia terebinthus</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Asimilación
<i>Platanus hispanica</i>	0,21	0,46	0,67	0,92	1,26	Asimilación
<i>Populus alba</i>	0,21	0,46	0,67	0,92	1,26	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Populus nigra</i>	0,29	0,72	1,01	1,44	1,90	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Populus x canadensis</i>	0,34	0,81	1,18	1,55	2,02	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Prunus spp.</i>	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	Asimilación
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,35	0,63	1,30	2,88	3,40	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (Coníferas) IFN1 (1)
<i>Pyrus spp.</i>	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	Asimilación
<i>Quercus canariensis</i>	0,05	0,06	0,13	0,15	0,17	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Quercus faginea</i>	0,04	0,05	0,10	0,11	0,13	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Quercus ilex</i>	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	Tabla 201 e Inventario de emisiones 1990-2012
<i>Quercus petraea</i>	0,06	0,07	0,18	0,21	0,24	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Quercus pubescens</i>	0,07	0,12	0,15	0,23	0,26	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Quercus pyrenaica</i>	0,05	0,07	0,15	0,17	0,20	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Quercus robur</i>	0,07	0,16	0,19	0,22	0,34	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Quercus rubra</i>	0,07	0,18	0,22	0,35	0,40	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Quercus suber</i>	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	Tabla 201 e Inventario de emisiones 1990-2012
<i>Rhamnus alaternus</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,40	Asimilación
<i>Robinia pseudacacia</i>	0,06	0,16	0,19	0,34	0,39	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Salix spp.</i>	0,31	0,57	0,90	1,24	1,37	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Sorbus spp.</i>	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Tamarix spp.</i>	0,03	0,07	0,08	0,14	0,16	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Taxus baccata</i>	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15	Asimilación
<i>Tetraclinis articulata</i>	0,03	0,07	0,08	0,14	0,16	Asimilación
<i>Thuja spp.</i>	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	Asimilación
<i>Tilia spp.</i>	0,05	0,06	0,09	0,12	0,13	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)
<i>Ulmus spp.</i>	0,18	0,23	0,27	0,50	0,58	Tabla 201 del IFN3 y Anexo 2 (frondosas) IFN1 (2)

Tabla de absorciones de arbustivas

Table 4.14 CO₂ capture potential rates of non-urbanizable land uses and crops

Land use	Capture potential (tCO ₂ /ha)	Source
Poplar	18.66	Own elaboration based on data from CITA (2008)
Conifer	19.24	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Conifer and other non-conifer species	15.87	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Irrigated arable crops	36.75	Own elaboration based on data from Martínez-Val (2008)
Dry crops	13.45	Own elaboration based on data from Carvajal (2011)
Bushes	4.50	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Bush with conifer	1.55	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Bush with other non-conifer	2.38	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Cry olive trees	6.59	Own elaboration based on data from Domenech et al. (2011)
Other non-conifer	12.50	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Grass	8.82	Own elaboration based on data from Martínez-Val (2008)
Grass-bush	5.94	Own elaboration based on data from García et al. (2010) and Martínez-Val (2008)
Irrigated vineyard	19.11	Own elaboration based on data from Carvajal (2011)
Dry vineyard	6.26	Own elaboration based on data from Carvajal (2011)
Dry crops with other non-conifer	19.70	Own elaboration based on data from García et al. (2010) and Carvajal (2011)
Irrigated fruit trees	21.92	Own elaboration based on data from Carvajal (2011)
Dry fruit trees	6.30	Own elaboration based on data from Domenech et al. (2011)
Horticultural crops	12.58	Own elaboration based on data from Carvajal (2011)
Vineyard with olive trees	13.19	Own elaboration based on data from CITA (2008)
Irrigated olive trees	20.12	Own elaboration based on data from CITA (2008)
Bush with conifer and non-conifer	1.55	Own elaboration based on data from García et al. (2010)

(continued)

Table 4.14 (continued)

Land use	Capture potential (tCO ₂ /ha)	Source
Conifer with eucalyptus trees	31.26	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Olive trees with conifer	12.91	Own elaboration based on data from García et al. (2010) and Domenech et al. (2011)
Grass with non-conifer	3.54	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Grass-bush with non-conifer	5.45	Own elaboration based on data from García et al. (2010)
Dry crops bush with conifer and non-conifer	21.25	Own elaboration based on data from García et al. (2010) and Carvajal et al. (2011)
Vineyard with fruit trees	6.28	Own elaboration based on data from Carvajal (2011) and Domenech et al. (2011)
Natural pasture	6.33	Own elaboration based on data from CITA (2008)
Eucalyptus	43.18	Own elaboration based on data from Norverto (2003)

Vegetación eliminada

A continuación, en la siguiente tabla se detalla el tipo de vegetación y las especies (si procede) que se verán afectadas por las obras o labores de mantenimiento (rozas/talas) y el estado postconstrucción. La cantidad de CO₂ obtenida en toneladas es la diferencia de la vegetación en su estado final y su estado inicial multiplicada por sus factores de absorción correspondientes.

7_GP07B_191														
Vegetación abarloar solar 191														
Fuente: P. 548 02.EsIA_GP7B_Abarloar_Corregido_V2														
AFECCIONES ANTES							AFECCIONES DESPUÉS							
TIPO	Especie	N pies ¹	Ha ¹	T CO2/pie ^{2 4}	T CO2	Actuación	TIPO	Especie	Actuación	N pies (compensado) ¹	Ha ¹	T CO2/pie ^{3 4}	T CO2	Resultante Pérdidas T CO2
Cultivo	De secoano		77,359				Cultivo	De secoano						-
TOTAL					0		TOTAL					0,00	0,00	
<p>1 Valores obtenidos del Estudio de Impacto Ambiental.</p> <p>2 Factor de absorción de un árbol maduro con un valor medio de 40 años de edad.</p> <p>3 Factor de absorción de un árbol joven con un valor medio de 20 años de edad.</p> <p>4 Valor expresado en toneladas por pie para el caso de árboles y en toneladas por hectárea para arbustos y matorrales.</p>														
LAT														
Fuente: P.190 210527_EsIA_GP7B_TL2														
AFECCIONES ANTES							AFECCIONES DESPUÉS							
TIPO	Especie	N pies ¹	Ha ¹	T CO2/pie ^{2 4}	T CO2	Actuación	TIPO	Especie	Actuación	N pies (compensado) ¹	Ha ¹	T CO2/pie ^{3 4}	T CO2	Resultante Pérdidas T CO2
Matorral	Atochar con jabuna			4,5			Matorral	Atochar con jabuna			-0,003	4,5		0,01
TOTAL					0		TOTAL					0,00	0,01	
<p>1 Valores obtenidos del Estudio de Impacto Ambiental. En este caso es la variación de hectáreas directamente (negativa porque disminuye la cantidad en la situación final, AFECCIONES DESPUÉS).</p> <p>2 Factor de absorción de un árbol maduro con un valor medio de 40 años de edad.</p> <p>3 Factor de absorción de un árbol joven con un valor medio de 20 años de edad.</p> <p>4 Valor expresado en toneladas por pie para el caso de árboles y en toneladas por hectárea para arbustos y matorrales.</p>														

APÉNDICE 2

PÉRDIDA DE CAPACIDAD DEL SUELO COMO SUMIDERO DE CO₂

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de las reservas de carbono resultantes en Toneladas en masa de Carbono. En la tabla siguiente se muestran todos los parámetros intermedios calculados. Cabe destacar que la información relativa a tipo de terreno, especie, número de pies y Ha son extraídos de los estudios de impacto medioambiental. En los casos en que la información no es suficiente para la realización de todos los cálculos, se ha recurrido a los archivos GIS.

7_GP07B_191																			
Vegetación abarloar solar 191																			
Sin Proyecto										Con Proyecto									
TIPO ¹	Especie ¹	Ha ¹	C _{VEG} (Tm C/ha)	SOC _{ST}	F _{LU}	F _{MG}	F _I	SOC (Tm C/ha)	Csi (Tm C)	TIPO ³	Ha ³	C _{VEG} (Tm C/ha)	SOC _{ST}	F _{LU}	F _{MG}	F _I	SOC (Tm C/ha)	Csi (Tm C)	
Cultivos	De secoano	77,36	0	38	0,8	1,02	1	31,01	2.398,78	Cultivos	27,64	0	38	0,8	1,02	1	31,01	857,06	
										Infraestructura	3,31	0	38	0	0	0	0,00	0,00	
										Sup. bajo panel	42,95	0	38	1	0,7	1	26,60	1.142,47	
										Zanjas líneas	3,46	0	38	0	0	0	0,00	0,00	
																		Csi resultante (Tm C)	
TOTAL	-	77,36	0,00	38,00	0,80	1,02	1	31,01	2.398,78	TOTAL	77,36	0,00	152,00	1,80	1,72	2	57,61	1.999,53	399,25
¹ Valor obtenido de la capa de suelo y vegetación de los archivos GIS.										³ Valores obtenidos del Estudio de Impacto Ambiental pág. 46 del doc. 02.EsIA_GP7B_Abarloar_Corregido_V2.pdf. La sup. de cultivo es la resta entre la sup. de cultivo inicial (sin proyecto) y la suma de Ha de infraestructura, sup. bajo panel y zanjas.								Csi resultante (T CO₂)	
																		1.463,91	

Es necesario realizar algunas observaciones/aclaraciones sobre la tabla:

- Las infraestructuras de los tres parques consisten en la superficie correspondiente a cimentaciones de edificios, CT's y viales interiores. Tiene un C_{VEG}=0 porque se considera que se ha eliminado los 30 cm que componen el sustrato vegetal. Además, se anula el cálculo ya que su F_{LU}, F_{MG} y F_I son 0 debido a que no se considera ningún uso en el suelo (cultivo, matorral, pradera o forestal).
- La superficie bajo los paneles de los tres parques tiene un C_{VEG}=0 porque se considera que se ha eliminado los 30 cm que componen el sustrato vegetal. Los valores de F_{LU}, F_{MG} y F_I se corresponden con prados y pastizales con degradación grave (debido a graves daños mecánicos).
- Las zanjas de las líneas de los tres parques tienen un C_{VEG}=0 porque se considera que se ha eliminado los 30 cm que componen el sustrato vegetal. Además, se anula el cálculo ya que su F_{LU}, F_{MG} y F_I son 0 debido a que no se considera ningún uso en el suelo (cultivo, matorral, pradera o forestal).
- La superficie arbolada de los tres parques se considera eliminada por completo y no se tienen en cuenta futuras compensaciones con repoblaciones (solo para este caso de estudio del suelo). El terreno resultante se considera de similares características al existente bajo los paneles fotovoltaicos.