

EMPLAZAMIENTO DE UNA NUEVA CENTRAL NUCLEAR

DISEÑO Y GESTIÓN DE PROYECTOS SIG

BELÉN ESTÉVEZ ALBUJA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID | db.estevez@alumnas.upm.es



INTRODUCCIÓN

NECESIDAD DE UNA NUEVA CENTRAL NUCLEAR

REQUISITOS

DATOS

METODOLOGÍA

PROCESOS

RESULTADOS

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN



Para cada actividad que se quiera desarrollar a nivel individual y a nivel mundial se requiere energía. Esta energía se puede obtener de diferentes fuentes como son las centrales nucleares, las centrales eléctricas o minas. Debido a la problemática ambiental, en los últimos años, se han desarrollado especialmente las energías renovables contribuyendo a la sostenibilidad del planeta. Por otro lado, y a pesar de los procesos altamente contaminantes que generan la extracción y tratamientos de combustibles fósiles, las energías no renovables siguen siendo el mayor recurso explotado por muchos países. Hecho que se produce al ser un recurso energético con gran disponibilidad a nivel mundial, además de ser el más barato y el más sencillo de obtener.

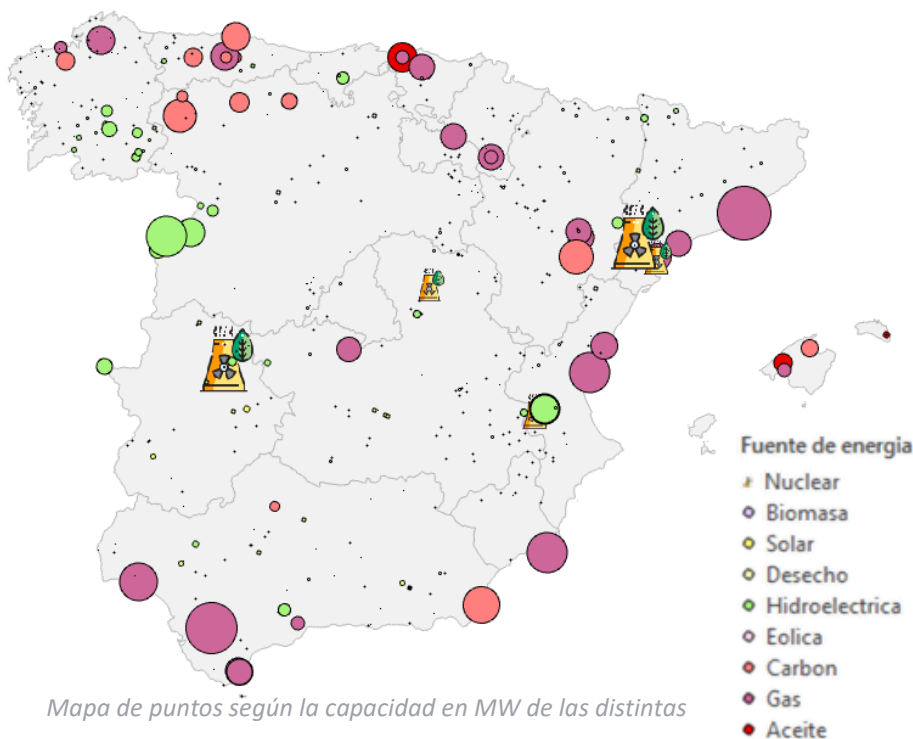
A mediados del siglo XX surgen las primeras centrales nucleares, cuya finalidad era crear energía a partir de la fisión nuclear, es decir, la división de los núcleos de los átomos de uranio. Entre sus características destacan su gran potencia energética, su producción económica, reservas de uranio "casi" inagotables y la ausencia de gases de efecto invernadero. Así mismo, esta fuente de energía está expuesta a críticas y desventajas como son; la posibilidad de accidentes catastróficos, la gestión de residuos radioactivos o los grandes costes que supone la producción de las centrales nucleares. Todo esto afecta a las decisiones de los países en invertir o no en este tipo de energía. Decisiones que afectan de manera clave al desarrollo del medioambiente.

Con respecto a la situación española, en la última década la energía nuclear ha aportado una quinta parte de la electricidad que consumimos de manera constante, sin intermitencias y libre de CO₂.

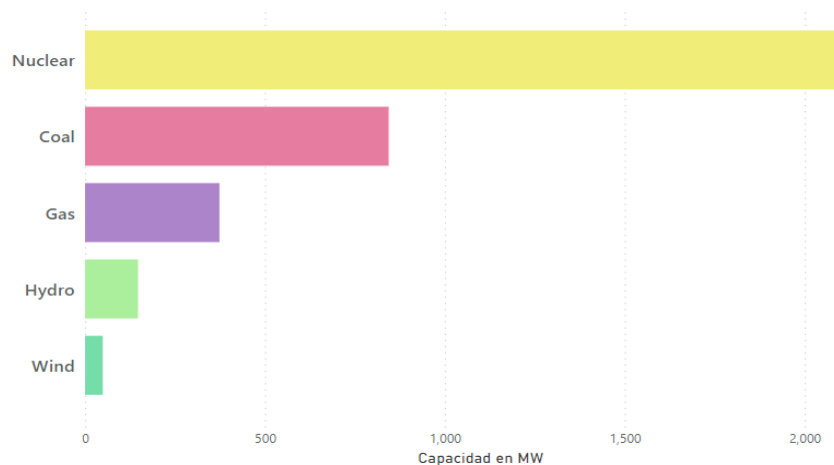
NECESIDAD DE UNA NUEVA CENTRAL NUCLEAR



El parque nuclear español está formado por siete reactores en operación en cinco emplazamientos, con una potencia bruta instalada conjunta de 7.398,7 MWe. Esto genera más del 20% de la electricidad consumida en el país, convirtiéndose desde hace más de una década en la primera fuente de producción en nuestro sistema eléctrico. Las centrales nucleares garantizan el suministro eléctrico las 24 horas todos los días del año. Son una fuente estable que opera en base, no dependiente de factores meteorológicos externos, ayudando así a la gestión y a la estabilidad del sistema eléctrico, por lo que sus indicadores de funcionamiento globales se encuentran por encima de los de la media mundial lo que indica su grado de fiabilidad, eficiencia y disponibilidad.



Mapa de puntos según la capacidad en MW de las distintas



Capacidad en MW por fuente de energía.

Junto al liderazgo en generación de electricidad y en horas de funcionamiento, es relevante destacar que la producción eléctrica nuclear supone entre el 30% y el 40% de la electricidad libre de emisiones generada en el país, evitando cada año la emisión a la atmósfera de unas 30 millones de toneladas de CO₂. La energía nuclear es, en la actualidad, la fuente que más ayuda a evitar emisiones contaminantes a la atmósfera. A esto se añade el factor económico, ya que la generación de esta energía es barata en comparación a otras fuentes de energía.

Tipo de energía	Coste(€/MWh)
Nuclear	50
Hidráulica	50
Carbón	50
Eólica	80
Gas	140

Coste de los distintos tipos de energía.

A pesar de esto, en España hay actualmente dos centrales nucleares en desmantelamiento (Vandellós I y José Cabrera) y una más en proceso de pre-desmantelamiento (Santa María de Garoña), es decir, están en proceo de una retirada definitiva de sus servicios. A partir de 2028 estás tres centrales dejarán definitivamente de funcionar. Con estas plantas cerradas, la obtencion de energía mediante fisión nuclear se verá drásticamente disminuida. La opción de reactivar este sector en el país y por ende, obtener todos sus beneficios, se basará en el dearrollo de una nueva central nuclear.

Este proyecto, consistirá en encontrar uno o varios posibles emplazamientos para una nueva central nuclear en España. Se desarrollará gracias a las herramientas que ofrece el software ArcGIS PRO v3.0.0. A lo largo del documento se explicarán y detallarán los procesos seguidos para finalmente, obtener los resultados.



Para poder obtener ubicaciones para una central nuclear, se tienen que estudiar diferentes variables que convierten a una localización en apta para alojar una instalación de esta naturaleza. Este territorio se tendrá que ajustar a las normas y requerimientos que tiene la industria nuclear. Las principales son las reglas recogidas en las Normas de Seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica en los requisitos *Seguridad de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear*, que expone:

“El principal objetivo de seguridad de la evaluación del emplazamiento de una instalación del ciclo del combustible nuclear es proteger al público y el medio ambiente de los peligros radiológicos y los peligros químicos conexos que plantean las emisiones normales y accidentales de materiales radiactivos. Para ello es necesario determinar y evaluar las características del emplazamiento que afecten, o puedan afectar, a la instalación y los efectos que esta tenga, o pueda tener, en sus inmediaciones”

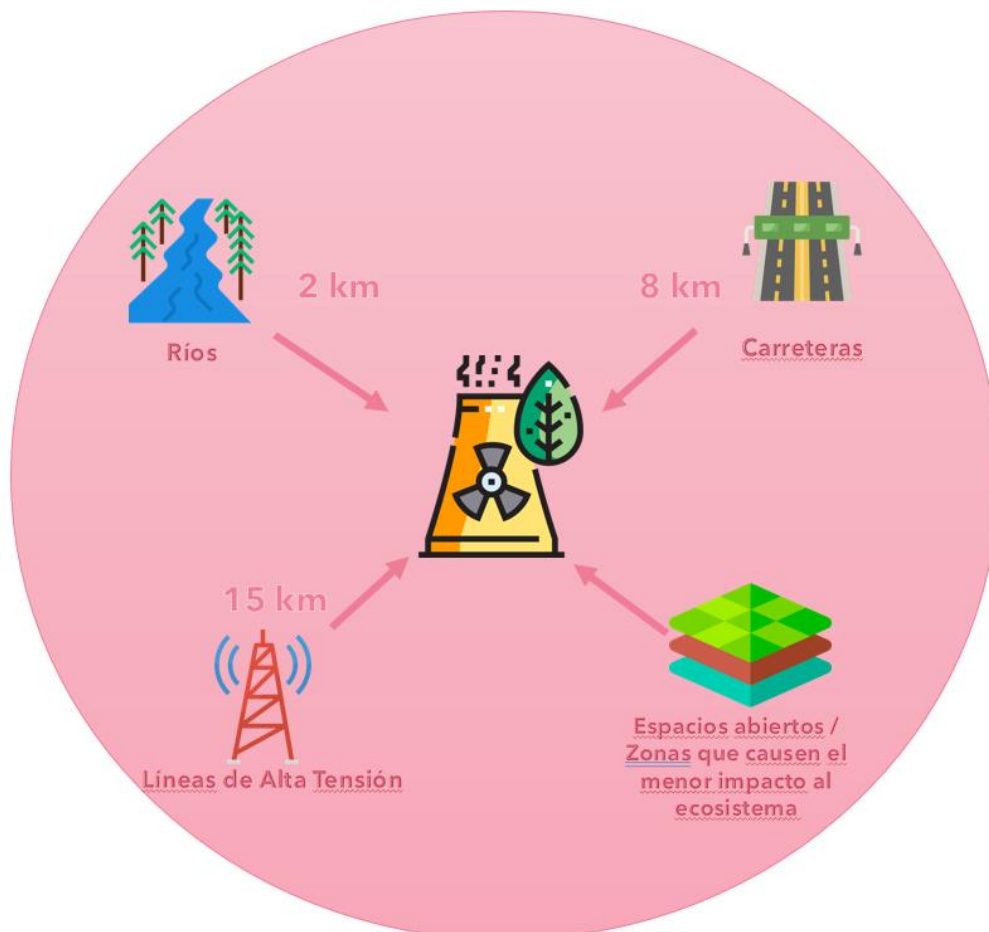
En el *capítulo 5, Evaluación del emplazamiento de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear*, se hablan sobre los sucesos externos a la región del emplazamiento; las características de este y su entorno; la población, así como su densidad, el nivel tecnológico que tendrá aquella nueva planta y su buena accesibilidad o la aceptabilidad pública.

Los sucesos externos hacen referencia a aquellos fenómenos naturales que puedan afectar a la central, como son: terremotos, volcanes, inundaciones, peligros tectónicos... o sucesos externos causados por el ser humano, los accidentes aéreos o sucesos relacionados con el transporte. Con respecto a las características del entorno, se debe tener en cuenta el impacto medioambiental, tanto visual como contaminante en un hipotético accidente nuclear, una buena accesibilidad debido al transporte seguro de material radioactivo, disponibilidad de agua ya que esta es necesaria para los sistemas de refrigeración de la central y juega un papel determinante en la seguridad y buscar la lejanía a núcleos urbanos por motivos de seguridad y para disminuir la presión social que este tipo de instalaciones conlleva.

Con respecto al proyecto SIG, se habrán tenido en cuenta aquellos factores demográficos georreferenciados que se podrán haber analizado. Según las directrices de esta norma, se han tenido en cuenta para la selección de una nueva ubicación de una central nuclear los siguientes campos:

- Peligrosidad Sísmica en España
- Ríos principales de España
- Líneas Eléctricas de Alta Tensión
- Carreteras Principales de España
- Núcleos de población
- Zonas Protegidas Españolas
- Costa Española
- Aeropuertos españoles

Con la finalidad de explicar y esquematizar los datos a utilizar se han creado los siguientes esquemas que muestran los factores que se deben tener en cuenta a la hora del emplazamiento, a su vez que su distancia con respecto a la central. Se han diferenciado dos grupos, aquellos que requieren a la central aislada de ellos y los que requieren una gran proximidad.



DATOS



Todos los datos se han obtenido del Centro de Descargas Nacional de Información Geográfica, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y del Instituto Geológico y Minero de España, han sido capas shapefiles de entidades vectoriales y poligonales. Las capas utilizadas han sido las siguientes:

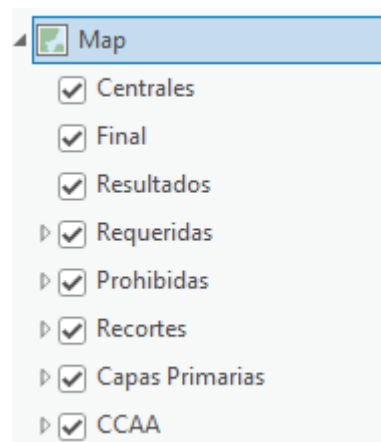
	Nombre de la capa	Tipo de entidad	Fuente
1	Peligrosidad Sísmica en España	shp poligonal	IGME
2	Ríos	shp vectorial	CNIG
3	Líneas Eléctricas	shp vectorial	CNIG
4	Carreteras de España	shp vectorial	CNIG
5	Núcleos de población	shp poligonal	CNIG
6	Zonas Protegidas	shp poligonal	MTERD
7	Límite administrativo de España	shp vectorial	CNIG

METODOLOGÍA



Para poder regirse a las normas establecidas ya descritas y una vez obtenidos todos los datos, se trabajará con ArcGIS PRO, que permitirá realizar consultas espaciales con el cometido de obtener las zonas de interés. Aquí se ha creado un proyecto con un sistema de coordenadas ETRS89 / UTM zona 30N (25830), que usa el Sistema de Referencia Europeo 1989 con la proyección Universal Transversal de Mercator en la zona 30 N. En este proyecto se han cargado todas las capas, dividiéndolas en grupos: *Capas Primarias*, *Recortes*, *Prohibidas*, *Requeridas*, *Resultados*, *Final* y *Centrales*.

La carpeta *Capas Primarias* contiene todas las capas descargadas con sus atributos iniciales; la carpeta *Recortes* tiene aquellas capas que han necesitado un "filtro" para que pueda ser más eficiente su manejo por la aplicación; *Prohibido*, hace referencia a todas aquellas capas que tienen atributos que por su cualidad demográfica deben estar alejados una cierta distancia de la central nuclear; *Requeridas*, capas que por su naturaleza demográfica deben encontrarse a una distancia cercana a la central; *Resultados*, contiene las uniones de los grupos clasificados; *Final*, la capa en la que se encuentran las zonas permitidas para la construcción de la central y *Centrales*, carpeta en la que se encuentran las entidades puntuales de las centrales eléctricas de España. Esta estructura ha sido la misma tanto en el entorno de trabajo como en la geodatabase utilizada para el desarrollo del proyecto "ProyectoSIG"

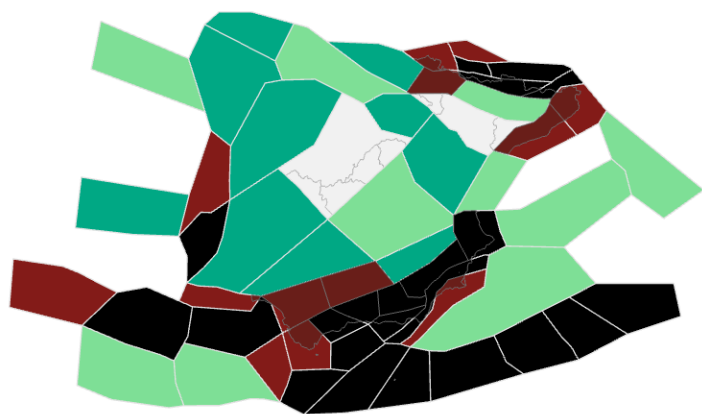


Entorno de trabajo.

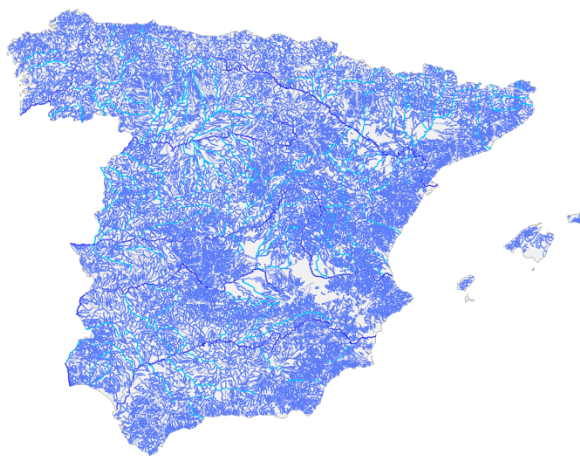
A continuación, una vez visto la distribución de carpetas de datos, se utilizarán estas para explicar el flujo de trabajo.

Capas Primarias

Son los shapefiles base de los datos en crudo descargados, aquí se guardan todas las entidades que se van a estudiar.



Capa Peligrosidad Sísmica.

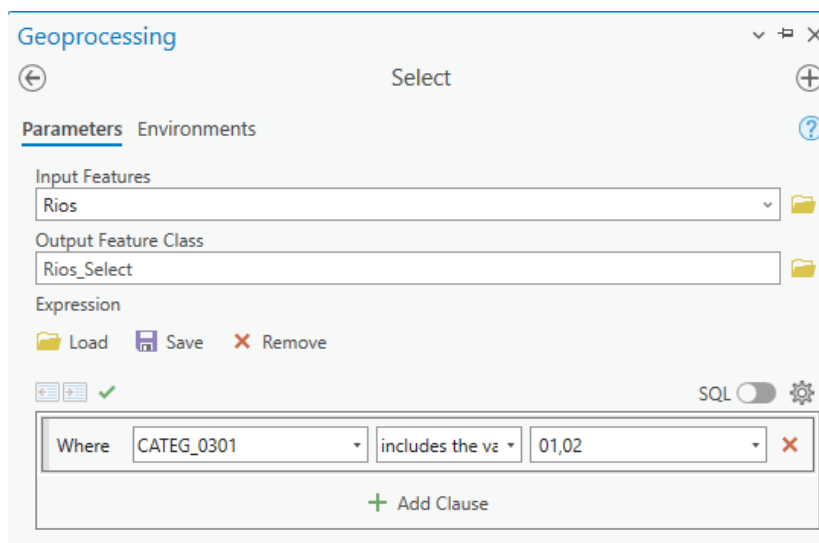


Capa Ríos.

Recortes

Producto de los atributos por selección, clip o erase de las entidades necesarias de las capas primarias.

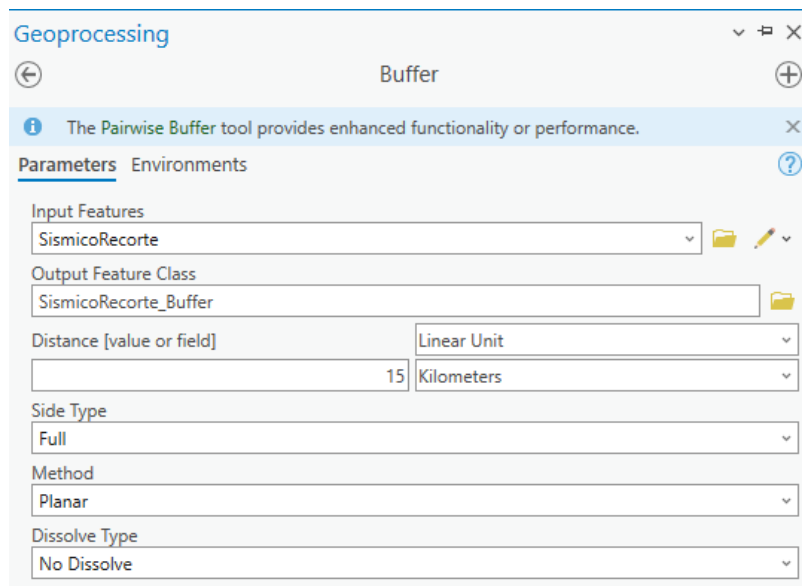
Con la herramienta de Análisis Espacial, Selección, se han filtrado aquellos campos que son necesarios para el estudio. Por ejemplo, para los ríos, se han tenido que seleccionar, en la herramienta Selección, de la capa Ríos, aquellos que fuesen ríos de régimen permanente de categorías primera y segunda (excluyendo, por ejemplo, arroyos) pues son necesarios para los sistemas de refrigeración de la central. Así, la imposibilidad de situarse en zonas con cierta peligrosidad sísmica provoca que las zonas de peligrosidad sísmica "Muy Alta" y "Alta" sean incompatibles para ubicar la central. Para las vías de comunicación, con el objetivo de permitir el acceso tanto de personal como de los recursos necesarios (uranio), sólo se han considerado autopistas, autovías y carreteras nacionales. Además, se necesitarán líneas de alta tensión para tener una buena conexión a la red eléctrica. Por otro lado, se tienen que tener en cuenta solo aquellos núcleos de población de más de 100 000 habitantes.



Herramienta Selección construida para seleccionar atributos de Ríos.

Requeridas

En esta carpeta se guardan el resultado de ejecutar un buffer sobre las capas de Recortes de aquellas capas que son necesarias que estén cerca de la central nuclear, es decir, cumplen la condición de ser "Requeridas". Este buffer dependerá del atributo de estudio y de los requisitos que son necesarios para cada uno.



Un buffer es una herramienta que permite crear polígonos de zona de influencia alrededor de un campo de entrada a una distancia que se debe determinar. Para poder crear las zonas de influencia se tendrá que seleccionar qué método utilizar, en este caso se ha usado el método planar que, identifica automáticamente qué método se va a utilizar en función del sistema de coordenadas de las entidades de entrada. Y además, se ha seleccionado No disolver, que, las zonas de influencia se superpondrán donde confluyan las áreas de estas.

Herramienta Buffer construida para crear una zona de influencia de Ríos.

Prohibidas

En esta carpeta se guardan el resultado de ejecutar un buffer sobre las capas de Recortes de aquellas capas que son necesarias que estén lejos de la central nuclear, es decir, cumplen la condición de ser "Prohibidas". Este buffer dependerá del atributo de estudio y de los requisitos que son necesarios para cada uno. La herramienta buffer se encuentra en las Herramientas de Análisis.

Resultados

Se encuentran los buffers de unión e intersección de las carpetas Prohibidas y Requeridas. Para crear la capa de zonas prohibidas, se ha utilizado la herramienta de análisis, Unión. Permite crear una unión geométrica a partir de los parámetros de entrada, las entidades, el resultado de salida será la combinación de las geometrías de entrada. Por otro lado, la capa final de las entidades requeridas se ha obtenido ejecutando la herramienta Intersección, que ha seleccionado aquellas entidades que se superponen con todas las otras entidades de la capa añadida.

Se han definido así las herramientas ya que, si una condición "Prohibida" se cumple, el área en el que se encuentra esta será automáticamente peligrosa, aunque ninguna otra capa se localice en la misma zona. No obstante, se considerarán zonas seguras y requeridas aquellas que cumplan con las cuatro condiciones descritas, cercanía a ríos, carreteras, ubicación en zonas en desuso y líneas de alta tensión.

FinalRelieve

Una vez obtenidas las zonas en las que se puede emplazar una central nuclear, usando la herramienta Erase entre las capas de *Requeridas* y *Prohibidas*, se ha tenido que tener en cuenta finalmente el relieve de España. Como es evidente, ningún tipo de industria, ni una central, se pueden ubicar en un monte, en la sierra o en zonas montañosas. Con los resultados obtenidos, se ha podido ver como se han seleccionado zonas en las que se encuentran zonas de relieve, como las ubicaciones dentro de Sierra Morena o el Sistema Ibérico. Para tener una visualización general de este problema, se han usado los mapas bases de ArcGIS PRO y se ha observado, eliminado aquellas ubicaciones que han resultado dentro de las zonas mencionadas. Al haber obtenido pocas entidades, este trabajo se ha podido realizar manualmente, en otros casos, cuando los datos son más abundantes se tendría que haber descargado un archivo ráster del Modelo Digital del Terreno y haber creado una consultado SQL que filtrase por aquellas entidades que se encontrasen en regiones de relieve.

Emplazamientos Finales

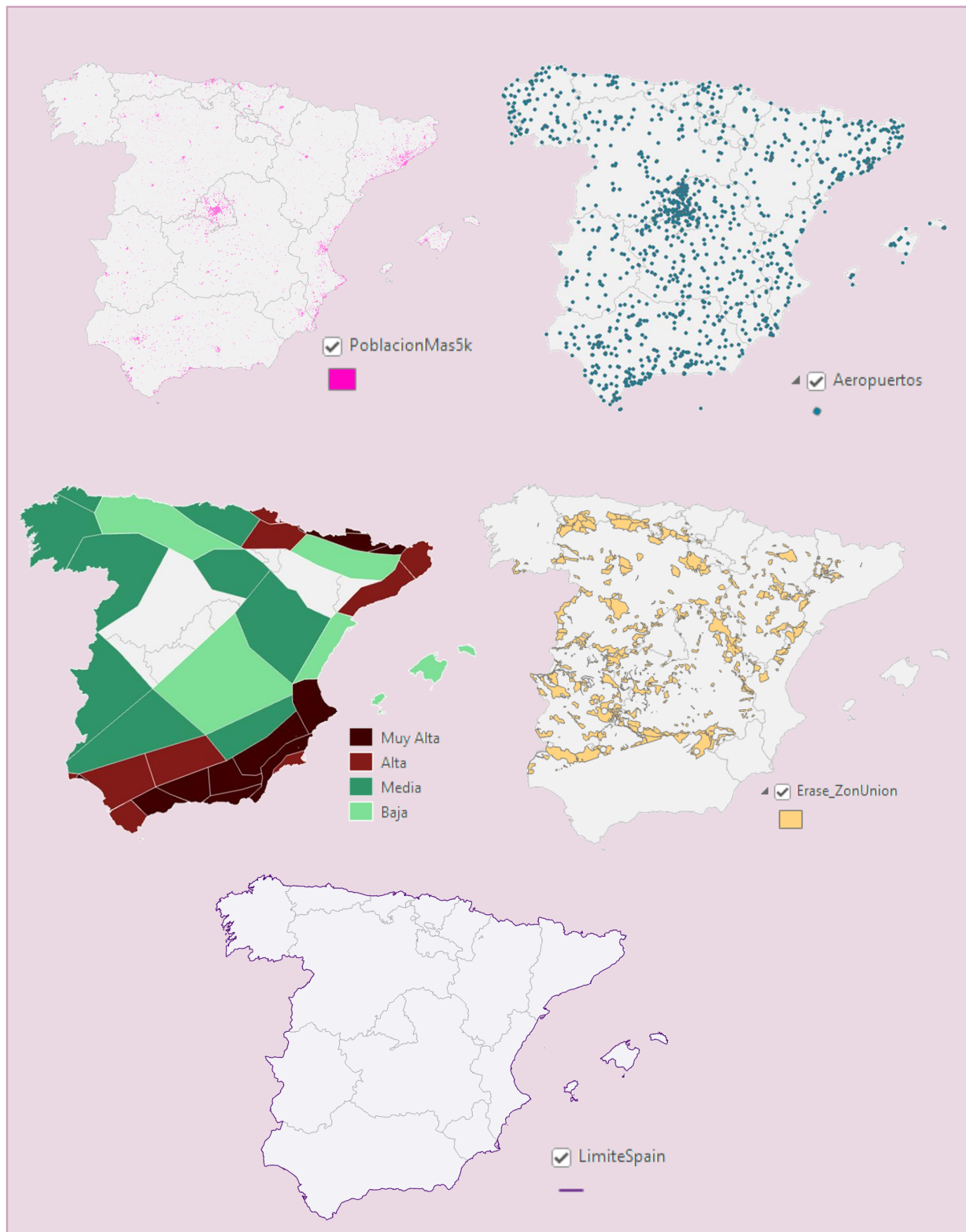
Garantizadas las zonas sin relieve, y con 26 entidades poligonales en toda España, se ha pasado a la elección de los mejores emplazamientos. Para este propósito se han considerado aquellas zonas que se encuentren lo más alejadas de las zonas prohibidas establecidas con un mínimo de 2 km. Con esta selección, finalmente, se habrá quedado con las entidades que tengan una superficie superior a 0.8 km^2 , ya que, las centrales nucleares ocupan entre 0.8 y 2.5 km^2

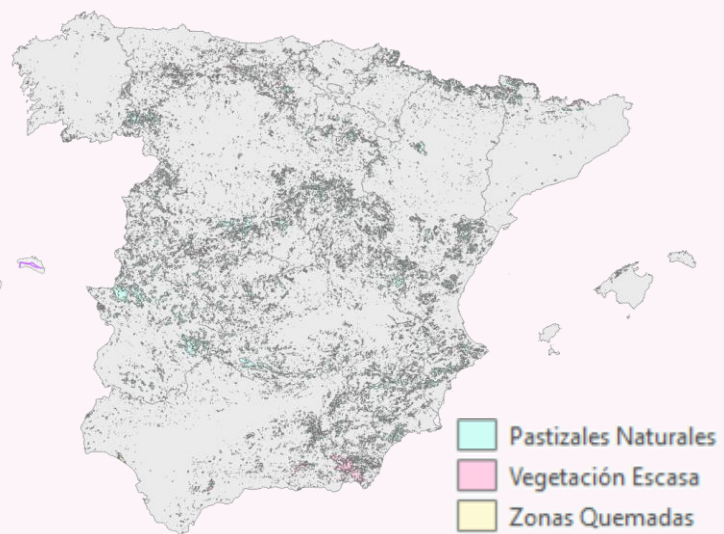
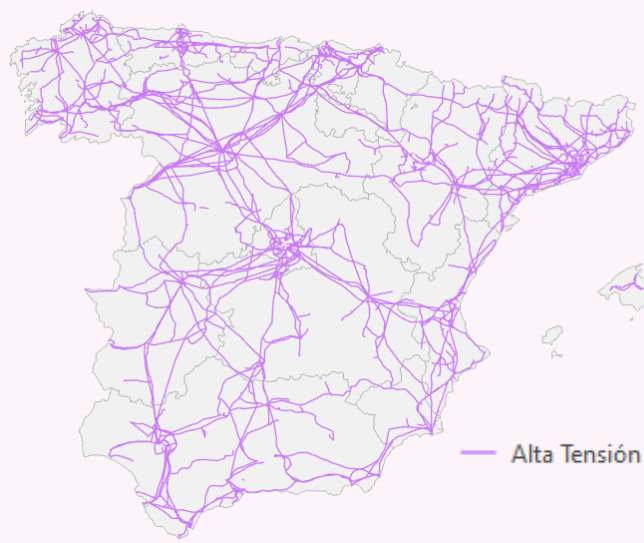
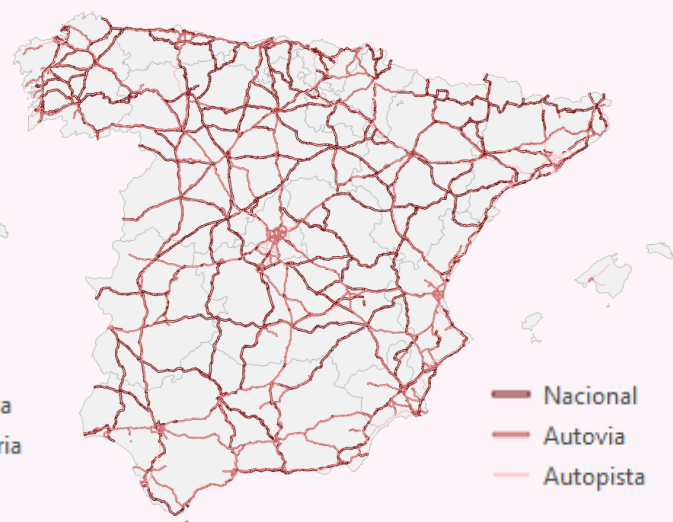
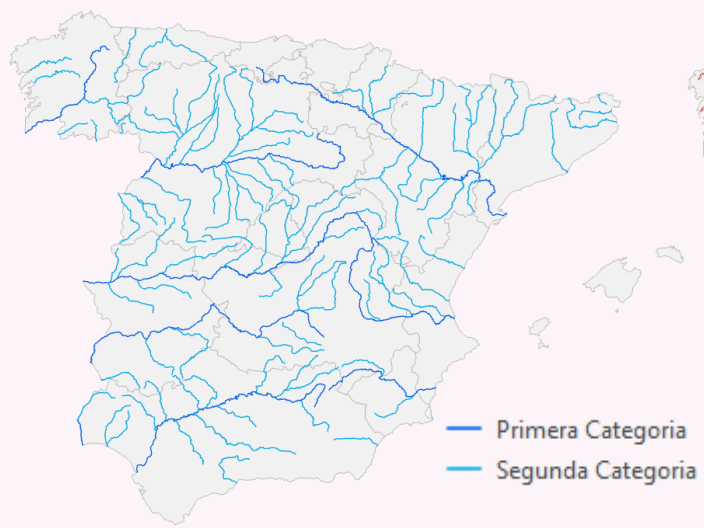
Centrales

Aquí se guardan las entidades puntuales de todas las centrales eléctricas españolas, así como las ubicaciones encontradas en el proyecto. La finalidad de esta capa es meramente informativa y ayudará para conocer la distribución demográfica de estas entidades y comprender mejor los resultados.

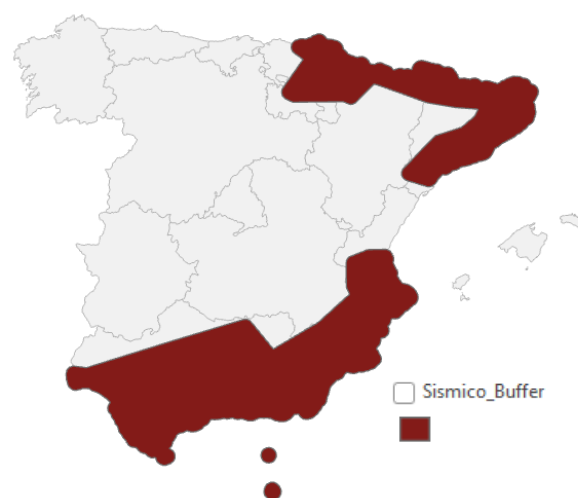
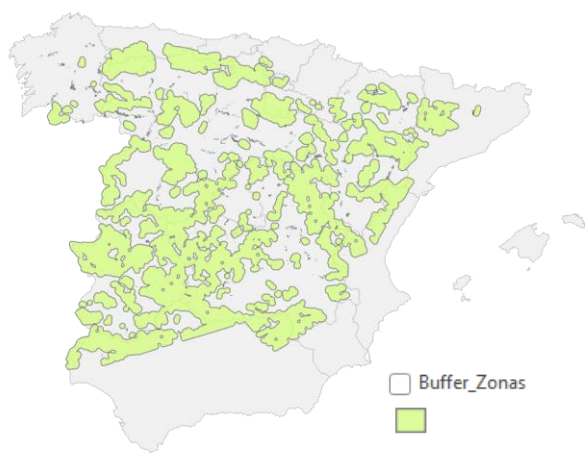
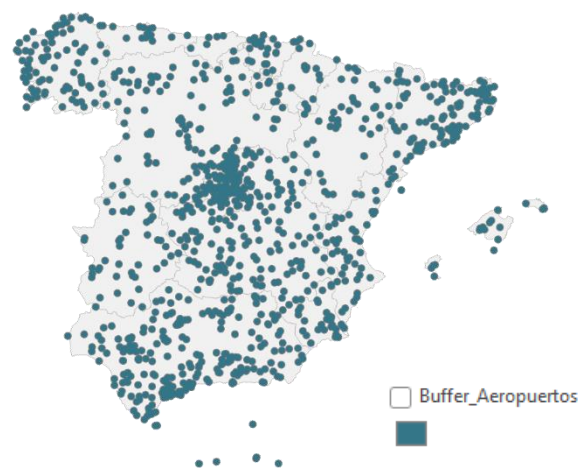
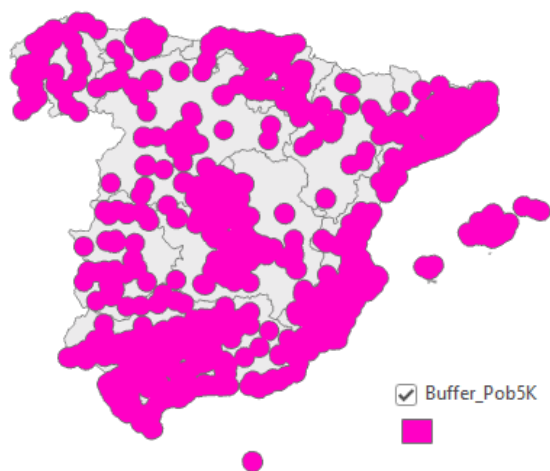


Recortes

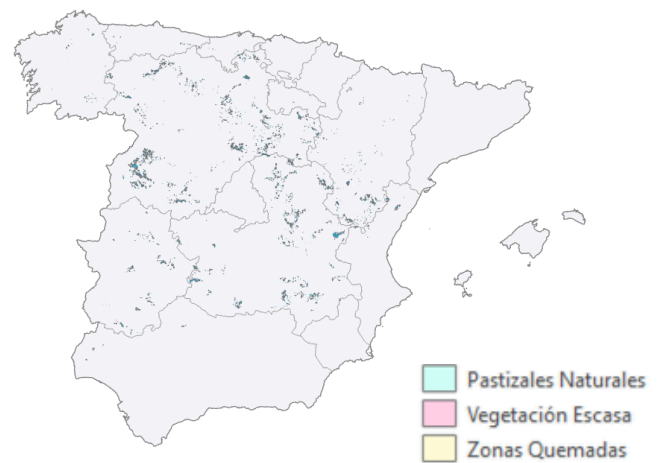
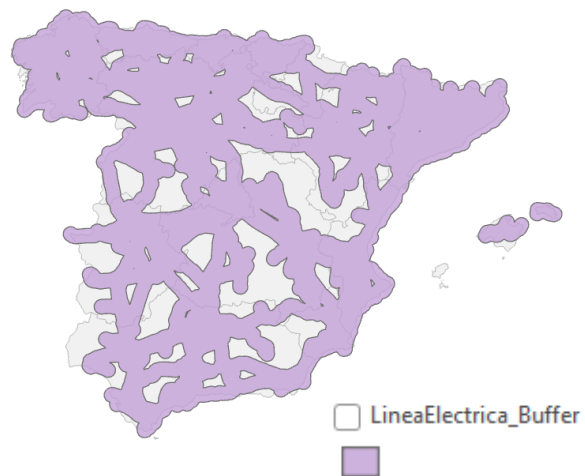
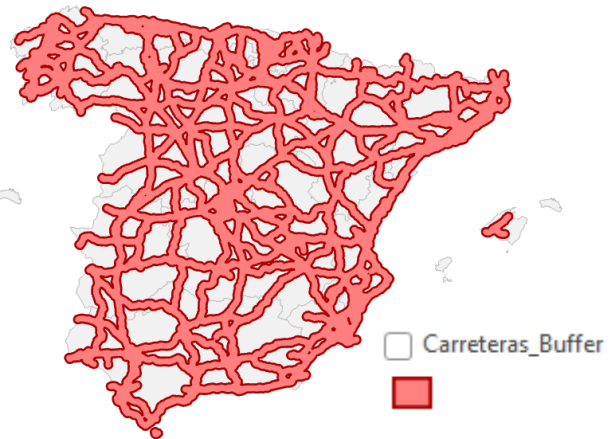
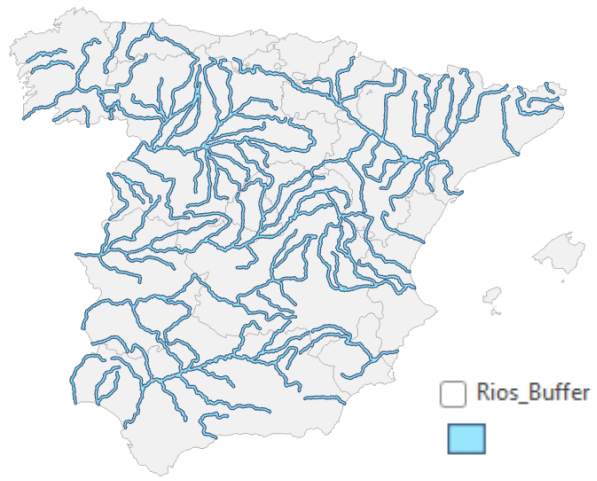




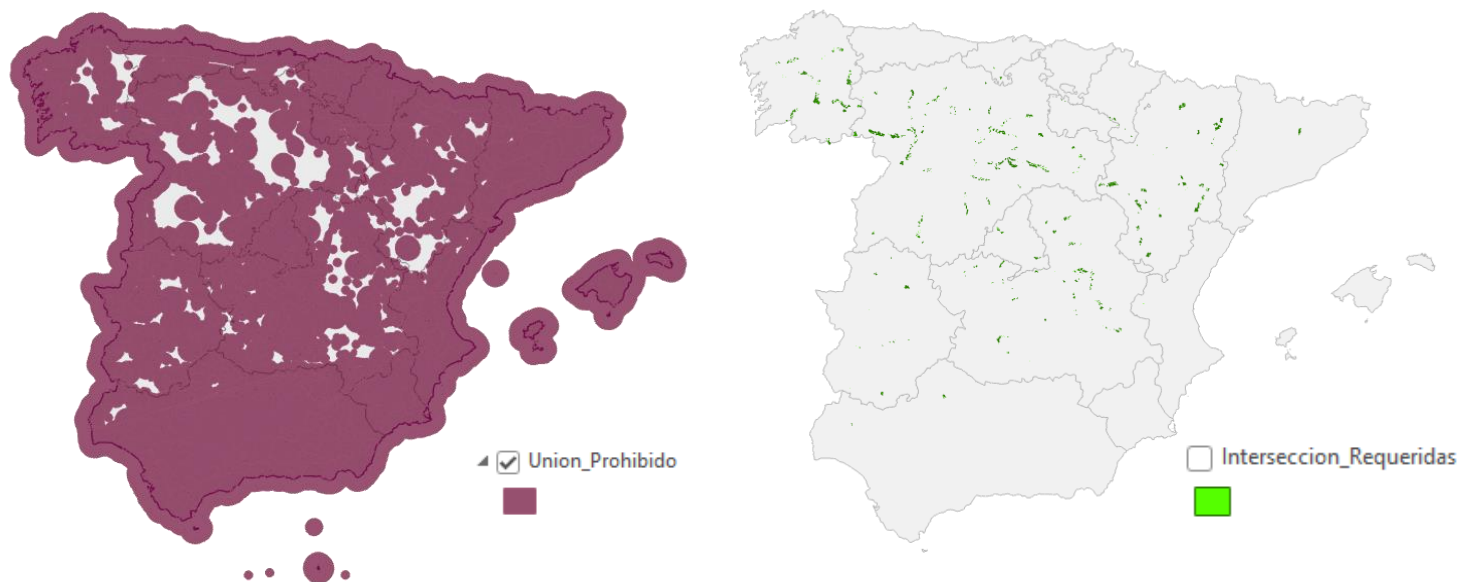
Prohibidas



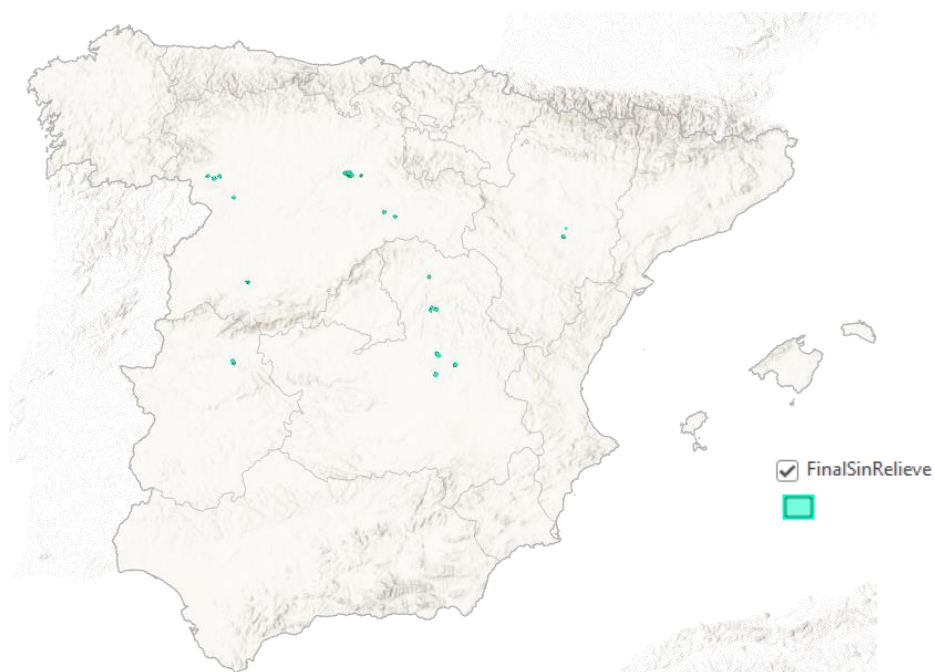
Requeridas



Resultados



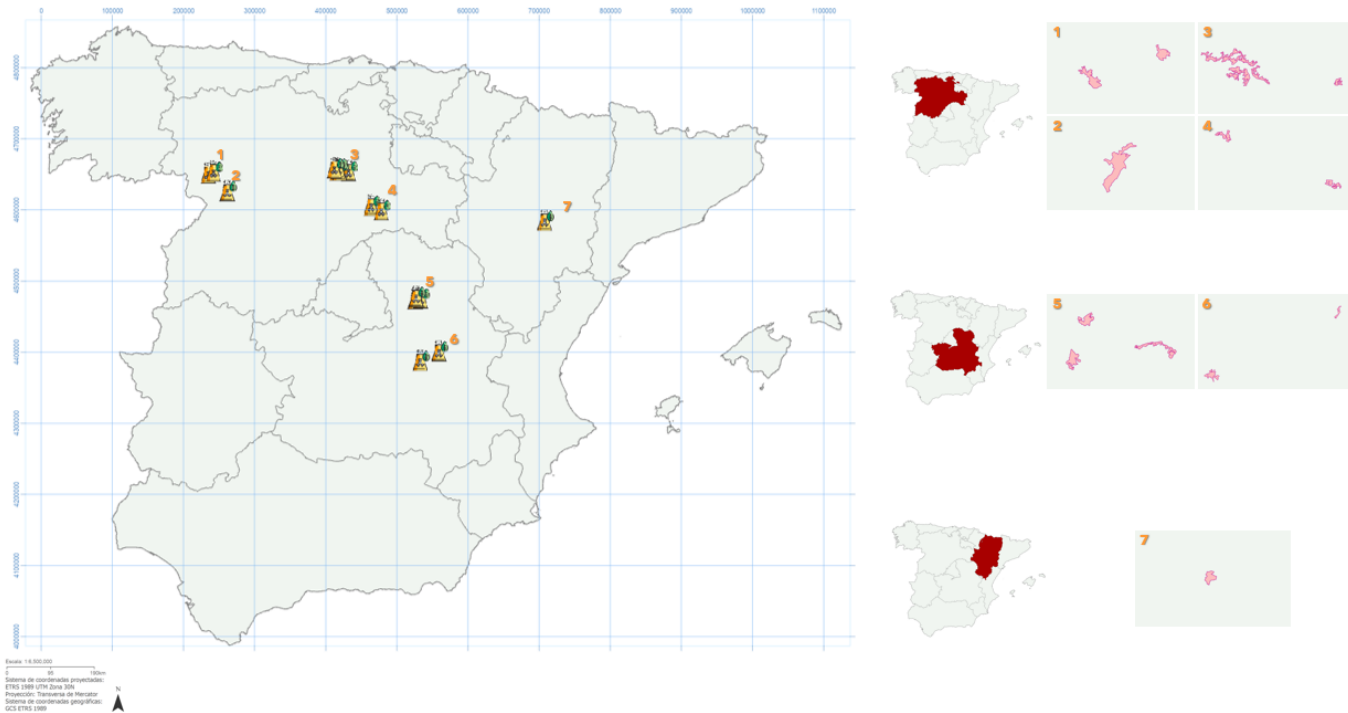
Relieve



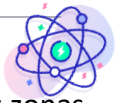
EMPLAZAMIENTOS FINALES



Zonas Posibles para el Emplazamiento de una Central Nuclear



CONCLUSIONES



En este proyecto SIG se han realizado diferentes consultas espaciales que han permitido obtener las zonas de interés para el emplazamiento de una nueva central nuclear en España. Teniendo en cuenta aspectos socio-demográficos que buscan extremar la seguridad ciudadana y medioambiental, se han obtenido diferentes regiones que se encuentran en zonas de España concretas como Castilla-La Mancha o Castilla y León. Estas zonas han demostrado tener las condiciones recogidas en la normativa *Seguridad de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear* que han sido aplicadas en este proyecto. En total se han obtenido 19 zonas, con un área total de 25 km², donde es posible la localización de una central. Estas zonas se pueden volcar a un estudio más exhaustivo donde se puede tener en cuenta la geología y la geotecnia, el impacto visual al ecosistema o un análisis sobre la opinión social, ya que una central nuclear es capaz de dinamizar zonas deprimidas.

Se ha dejado claro que la energía nuclear es una fuente de energía limpia, segura y capaz de asegurar la continuidad de nuestra civilización industrial, dejando atrás el uso de combustibles fósiles, y a la vez, de proteger el medio ambiente. La combinación de energía renovable como fuente de alimentación para usos locales y el uso de energía nuclear como fuente base en la producción de electricidad, es el modelo más fiable para el futuro. La sociedad y la emergencia climática obligarán paulatinamente a todos los países mundiales a utilizar y descubrir estos combustibles, dejando atrás las emisiones de CO₂ y centrándonos en energías limpias.

BIBLIOGRAFÍA



<https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/energia-nuclear-en-espana/>

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference>

<https://www.csn.es/organismos-nucleares-internacionales/oiea>