

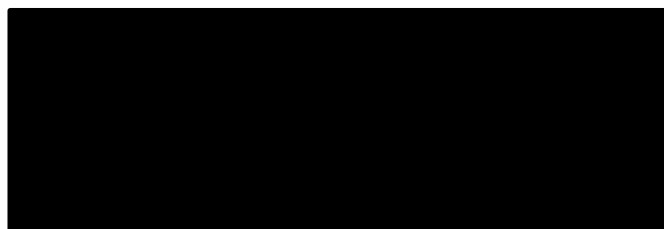


# MEMORIA AMBIENTAL Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN

## PERMISO DE INVESTIGACIÓN PARA GEOTERMIA “CIBELES ESTE NORTE”

*PROVINCIA DE MADRID*

*(COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID)*



**JUNIO 2023**





presenta el siguiente documento de memoria ambiental y de medidas de protección medioambiental del Permiso de Investigación para Geotermia (PIG) denominado “Cibeles Este Norte” ubicado en la provincia de Madrid (Madrid).

Realiza el documento, la empresa “*Gabinete de Estudios Ambientales y Agronómicos. Ingenieros, S.L.*” con domicilio a efecto de notificaciones en la ciudad de Ávila (España), calle Cronista Eduardo Ruiz Ayucar, nº 10, CP:05004 - Tlfno. (+34) 920 049 235 / (+34) 658 416 249 y e-mail: [director@geaingenieros.com](mailto:director@geaingenieros.com)

Junio de 2023

*Este documento es propiedad intelectual de GABINETE DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y AGRONÓMICOS. INGENIEROS S.L quedando prohibida su reproducción y/o publicación a través de impresión o de cualquier otro medio de transmisión como fotocopias o grabación, entre otros, sin previo consentimiento por escrito de GABINETE DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y AGRONÓMICOS. INGENIEROS S.L.*

*GABINETE DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y AGRONÓMICOS. INGENIEROS S.L autoriza al Cliente el uso de este documento con el propósito expresado en el mismo y en las condiciones acordadas entre el Cliente y GABINETE DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y AGRONÓMICOS. INGENIEROS S.L.*



## **CONSULTOR**

GA. INGENIEROS  
Gabinete de Estudios Ambientales y Agronómicos. Ingenieros, S.L  
CIF: B-05.208.871  
C/Cronista Eduardo Ruiz Ayucar, nº 10  
05004 - Ávila  
director@geaingenieros.com  
www.geaingenieros.com

## **PROMOTOR**

## ÍNDICE GENERAL

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>                    | <b>1</b>  |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA                               | 1         |
| 1.2 JUSTIFICACION ENERGÉTICA                            | 1         |
| 1.3 JUSTIFICACION DEL DOCUMENTO                         | 1         |
| <b>2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO</b>                     | <b>2</b>  |
| <b>3. DESCRIPCIÓN DE LAS LABORES DEL PROYECTO</b>       | <b>3</b>  |
| 3.1 INTRODUCCIÓN  | 3         |
| 3.2 POTENCIAL GEOTÉRMICO DE LA ZONA NORTE DE MADRID     | 5         |
| 3.2.1 GEOTERMIA DE ALTA ENTALPÍA                        | 5         |
| 3.2.2 GEOTERMIA DE MEDIA ENTALPÍA                       | 6         |
| 3.2.3 GEOTERMIA DE BAJA ENTALPÍA                        | 6         |
| 3.3 ESTIMACIÓN DEL RECURSO GEOTÉRMICO                   | 8         |
| 3.4 ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN                        | 8         |
| 3.4.1 EXPLORACIÓN SISMOLOGÍA. SÍSMICA DE REFLEXIÓN      | 8         |
| 3.4.2 PERFORACIÓN                                       | 11        |
| 3.4.3 CONTROL DIRECCIONAL                               | 17        |
| 3.4.4 PROGRAMA DE TRABAJO                               | 19        |
| 3.4.5 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN                           | 22        |
| 3.4.6 RESUMEN DE INVERSIONES                            | 22        |
| <b>4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ENTORNO</b>             | <b>23</b> |
| 4.1 MEDIO FÍSICO  | 24        |
| 4.1.1 CLIMATOLOGÍA                                      | 24        |
| 4.1.2 HIDROLOGÍA  | 30        |
| 4.1.3 GEOLOGÍA  | 31        |
| 4.1.4 EDAFOLOGÍA  | 34        |
| 4.2 VEGETACIÓN, FLORA Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO | 35        |
| 4.2.1 VEGETACIÓN POTENCIAL                              | 36        |
| 4.2.2 INVENTARIO DE FLORA                               | 37        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.2.3     | VEGETACIÓN ACTUAL   | 38        |
| 4.2.4     | HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO   | 39        |
| 4.3       | FAUNA   | 41        |
| 4.4       | RED NATURAL DE MADRID   | 43        |
| 4.5       | MEDIO PERCEPTUAL  | 45        |
| 4.5.1     | DESCRIPCIÓN GENERAL   | 46        |
| 4.5.2     | CALIDAD Y FRAGILIDAD DEL PAISAJE  | 47        |
| 4.6       | POBLACIÓN Y SALUD HUMANA  | 51        |
| 4.6.1     | UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL   | 51        |
| 4.6.2     | POBLACIÓN   | 52        |
| 4.6.3     | ECONOMÍA  | 61        |
| 4.6.4     | USO RECREATIVO DEL SUELO  | 62        |
| 4.7       | OTRAS FIGURAS DE IMPORTANCIA  | 63        |
| 4.7.1     | VÍAS PECUARIAS  | 63        |
| 4.7.2     | MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA Y MONTES PRESERVADOS   | 64        |
| 4.7.3     | PATRIMONIO CULTURAL   | 65        |
| <b>5.</b> | <b>MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS O COMPENSATORIAS PARA LA ADECUADA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE</b> | <b>66</b> |
| 5.1       | MEDIDAS GENERALES   | 66        |
| 5.2       | MEDIDAS PARTICULARES  | 67        |
| 5.2.1     | SALUD HUMANA  | 67        |
| 5.2.2     | FLORA   | 67        |
| 5.2.3     | FAUNA   | 68        |
| 5.2.4     | RED NATURAL DE MADRID   | 68        |
| 5.2.5     | INFRAESTRUCTURAS Y VÍAS PECUARIAS   | 69        |
| 5.2.6     | MEDIO AMBIENTE ATMOSFERICO  | 69        |
| 5.2.7     | HIDROLOGÍA  | 69        |
| 5.2.8     | PAISAJE   | 70        |
| 5.2.9     | PATRIMONIO  | 70        |
| 5.2.10    | SUELO   | 71        |

---

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 5.2.11 VERTIDOS                      | 71        |
| <b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> | <b>72</b> |

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>Figura 1.</b>  | Localización del proyecto .....   | 2  |
| <b>Figura 2.</b>  | Planta tipo Flash (elaborado por Celestino García de la Noceda Márquez – IGME) .....  | 4  |
| <b>Figura 3.</b>  | Planta tipo ORC (elaborado por Celestino García de la Noceda Márquez – IGME).....   | 5  |
| <b>Figura 4.</b>  | Diferentes vehículos utilizados en la adquisición de sísmica de reflexión en tierra.....  | 9  |
| <b>Figura 5.</b>  | Diferentes vehículos utilizados en la adquisición de sísmica de reflexión en tierra.....  | 9  |
| <b>Figura 6.</b>  | Esquema de la metodología utilizada para la construcción de modelos geológicos 3D, partiendo de datos sísmicos y geológicos de diferentes fuentes. En cada uno de los pasos se detalla el software usado. ....                    | 10 |
| <b>Figura 7.</b>  | Línea sísmica RV-71V interpretada a partir de los sondeos Facheca, El Sogre y Castell de Castells. Acuífero Mediodía. Línea sísmica y corte 8 se posicionan en la figura 9B (el acuífero principal es el Cretácico Superior)..... | 11 |
| <b>Figura 8.</b>  | Plataforma de perforación .....   | 12 |
| <b>Figura 9.</b>  | Esquema con los principales elementos a la plataforma de perforación.....   | 13 |
| <b>Figura 10.</b> | Esquemas de dos tipos de sistemas de prevención de surgencias (BOP). ....   | 18 |
| <b>Figura 11.</b> | Esquemas de dos tipos de sistemas de prevención de surgencias (BOP). ....   | 19 |
| <b>Figura 12.</b> | Dominios climáticos de la Comunidad Autónoma de Madrid. ....  | 24 |
| <b>Figura 13.</b> | Distribución de los valores de temperaturas medias anuales en Madrid. ....  | 26 |
| <b>Figura 14.</b> | Distribución de los valores de precipitación media anual en Madrid. ....  | 27 |
| <b>Figura 15.</b> | Distribución anual de las precipitaciones. ....   | 27 |
| <b>Figura 16.</b> | Red hídrica presente en el entorno del Permiso de Investigación según BTN25.....  | 30 |
| <b>Figura 17.</b> | Mapa geológico de la zona de estudio (IGME). ....   | 33 |
| <b>Figura 18.</b> | Edafología en el entorno de “Cibeles Este Norte” .....  | 35 |
| <b>Figura 19.</b> | Unidades de vegetación dentro del área delimitada para el Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.....  | 39 |
| <b>Figura 20.</b> | Hábitats de Interés Comunitario dentro de la delimitación del área de “Cibeles Este Norte”. ....  | 41 |
| <b>Figura 21.</b> | Red natural de Madrid con respecto al Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”. ....   | 45 |
| <b>Figura 22.</b> | Unidades de paisaje dentro del área del PIG “Cibeles Este Norte”.....   | 47 |
| <b>Figura 23.</b> | Términos municipales ubicados en la zona del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte” ....   | 52 |
| <b>Figura 24.</b> | Cotos de caza en el área del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”. ....  | 63 |
| <b>Figura 25.</b> | Vías Pecuarias en el Área de estudio.....   | 64 |
| <b>Figura 26.</b> | Montes de Utilidad Pública y Montes Preservados en el entorno de “Cibeles Este Norte”. ....   | 65 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Gráfica 1.</b> | Reparto anual de temperaturas .....                                  | 26 |
| <b>Gráfica 2.</b> | Distribución anual de las precipitaciones.....                       | 28 |
| <b>Gráfica 3.</b> | Diagrama ombrotérmico.....   | 28 |
| <b>Gráfica 4.</b> | Gráficas de los términos municipales.....                            | 53 |
| <b>Gráfica 5.</b> | Saldo migratorio para los términos municipales del proyecto.....     | 55 |
| <b>Gráfica 6.</b> | Crecimiento vegetativo de los términos municipales del proyecto..... | 57 |
| <b>Gráfica 7.</b> | Pirámides de población de los municipios del proyecto .....          | 59 |
| <b>Gráfica 8.</b> | Economía en la provincia de Madrid.....                              | 62 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabla 1.</b>  | Vértices de la cuadrícula objeto de estudio. ....   | 2  |
| <b>Tabla 2.</b>  | Datos de la estación termopluviométrica de Prado Herrero. ....  | 25 |
| <b>Tabla 3.</b>  | Temperaturas medias mensuales de Prado Herrero.....   | 25 |
| <b>Tabla 4.</b>  | Índices climáticos.....   | 29 |
| <b>Tabla 5.</b>  | Longitud de red hídrica dentro del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”. ....                                    | 31 |
| <b>Tabla 6.</b>  | Superficies de representatividad de las unidades de vegetación en el área de “Cibeles Este Norte”.<br>.....               | 38 |
| <b>Tabla 7.</b>  | Superficie de ocupación de los Hábitats de Interés Comunitario dentro de la delimitación de<br>“Cibeles Este Norte”. .... | 39 |
| <b>Tabla 8.</b>  | Zonas de Red Natura en el interior de “Cibeles Este Norte” .....  | 44 |
| <b>Tabla 9.</b>  | Valoración de la calidad del paisaje del entorno de ubicación del PIG “Cibeles Este Norte”.....                           | 49 |
| <b>Tabla 10.</b> | Variables consideradas en la valoración de la fragilidad de las unidades paisajísticas propuesto por<br>YEOMANS. ....     | 50 |
| <b>Tabla 11.</b> | Superficie y porcentaje de solape del Permiso “Cibeles Este Norte” con los términos municipales<br>afectados. ....        | 52 |
| <b>Tabla 12.</b> | Datos sobre el territorio. Términos municipales afectados por el Permiso “Cibeles Este Norte”. ....                       | 53 |
| <b>Tabla 13.</b> | Cotos de caza ubicados dentro de la zona del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte” .....                          | 62 |
| <b>Tabla 14.</b> | Vías pecuarias en el interior del área estudiada.....   | 64 |
| <b>Tabla 15.</b> | Montes de Utilidad Pública (MUP) y preservados en el interior del área estudiada. ....                                    | 65 |

## **1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

El potencial geotérmico de la Cuenca de Madrid fue descubierto en 1980 gracias a un pozo exploratorio de petróleo perforado por Shell-Campsa que mostró temperaturas de 88°C y 156°C grados a 1700 m y 3400 m de profundidad respectivamente. Esa energía geotérmica de baja entalpía. El yacimiento fue evaluado adicionalmente por cuatro pozos exploratorios. El último pozo fue perforado en 1990. Estos pozos han identificado un recurso geotérmico confiable, alojado en un reservorio de arenisca terciaria, clástica y consolidada consistente en una gruesa secuencia multicapa (200-800m) con temperaturas que van desde 70º a 90°C y profundidades de 1500 a 2150 m., sobre una secuencia mesozoica, adecuada para ser explotada para usos térmicos en varias redes de calefacción urbana de Madrid en zonas que presenten cargas térmicas adecuadas.

También se identificó un reservorio de entalpía media en el contacto entre calizas del Mesozoico Cretácico y basamento fracturado granitos a 3400m de profundidad, con temperaturas medidas de 156°C, que podría ser desarrollado y aprovechado mediante un combinado esquema de producción de energía y calor (CPH) dentro del áreas suburbanas.

### **1.2 JUSTIFICACION ENERGÉTICA**

La geotermia, como energía renovable, cumple con todos los requisitos que la normativa europea exige ahora mismo. Es renovable, eficiente (ahorros energéticos en sus aplicaciones térmicas de calefacción y refrigeración), autóctona (nos reduce la dependencia energética exterior) y, por supuesto, es una energía limpia (mínimo impacto medioambiental y escasa emisión de gases de efecto invernadero). Por otra parte, es también gestionable, constante y conlleva unos demostrados beneficios socioeconómicos (desarrollo regional y generación de nuevos puestos de trabajo).

Todo ello justifica el esfuerzo en fomentar la energía geotérmica, ya que resulta imprescindible para alcanzar los objetivos establecido por la UE, en términos de consumo mínimo de energía final con energías renovables.

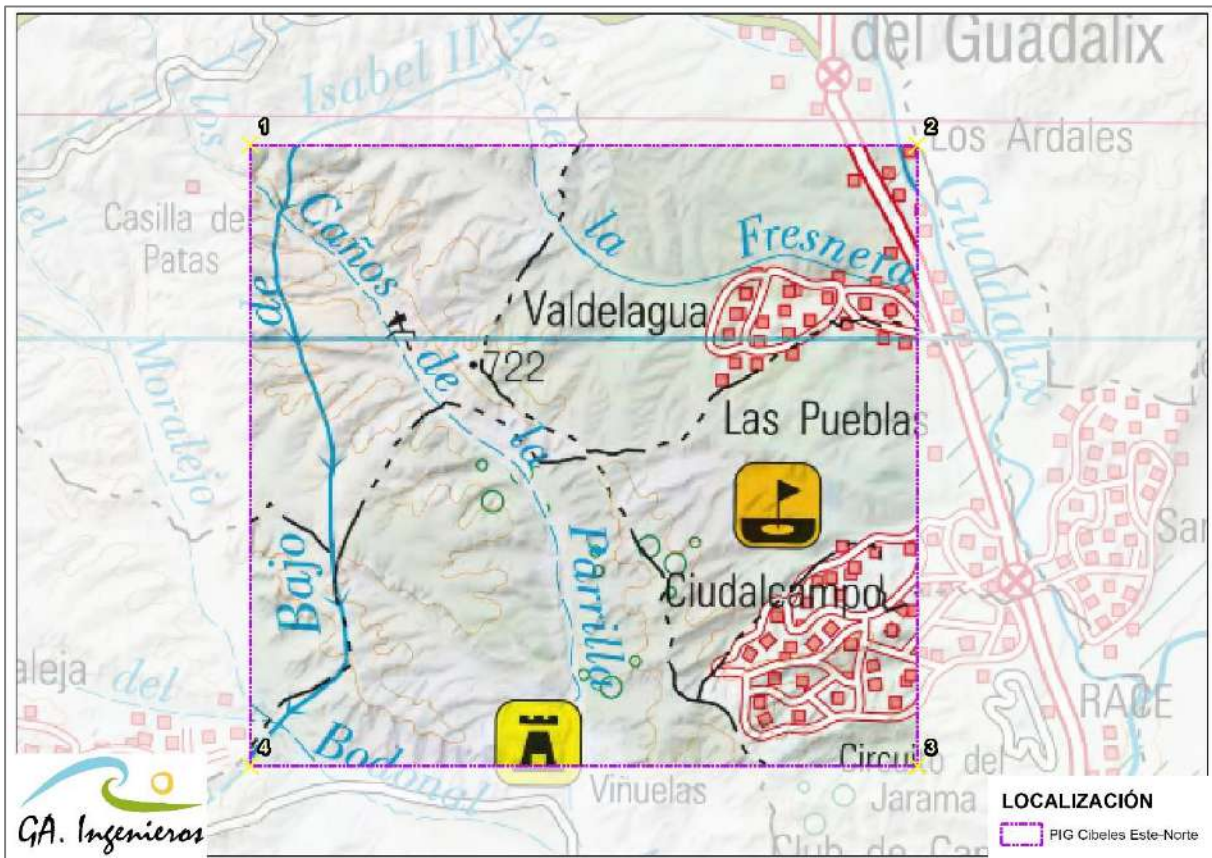
### **1.3 JUSTIFICACION DEL DOCUMENTO**

Se presenta la siguiente Memoria Ambiental y Medias de Protección, como parte de la documentación a aportar para confirmar la viabilidad no sólo económica si no ambiental de las labores a realizar en el marco de los trabajos asociados al Permiso de Investigación del recurso de la sección D), complementando así al documento de Plan de Trabajo e Inversiones.

## 2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto de Investigación para Geotermia tiene unas grandes dimensiones, concretamente de 4.086,74 Hectáreas y queda enmarcado de forma íntegra en la Comunidad de Madrid, en los términos municipales de Colmenar Viejo, Madrid y Tres cantos, San Agustín de Guadalix y San Sebastián de los Reyes. En la siguiente imagen, se puede ver la ubicación de los vértices y el recinto de análisis sobre el mapa cartográfico del IGN.

**Figura 1.** Localización del proyecto



A continuación, se muestran las coordenadas de los vértices del área de estudio:

**Tabla 1.** Vértices de la cuadrícula objeto de estudio.

| ETRS 89 HUSO UTM 30N |               |               |
|----------------------|---------------|---------------|
| VÉRTICES             | COORDENADAS X | COORDENADAS Y |
| VÉRTICE 01           | 442.616,50    | 4.501.928,00  |
| VÉRTICE 02           | 449.243,50    | 4.501.928,00  |
| VÉRTICE 03           | 449.243,50    | 4.495.761,20  |
| VÉRTICE 04           | 442.616,50    | 4.495.761,20  |

### 3. DESCRIPCIÓN DE LAS LABORES DEL PROYECTO

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

La geotermia es fundamentalmente un recurso minero, tal como reconoce la propia legislación minera al incluirla dentro de la sección D) de los recursos minerales, no obstante, su marco jurídico y especialmente técnico no se ha desarrollado convenientemente para las instalaciones, sobre todo para las de muy baja entalpía, que ya se están introduciendo en España, si bien no todas las instalaciones llevan el mismo tratamiento administrativo.

Antes el aprovechamiento geotérmico requería una serie de condiciones (temperatura, profundidad y existencia de agua), que era lo que conocíamos como yacimientos hidrogeotérmicos, y que hoy día ya no son pilares rígidos, sino que han ido evolucionando.

La estructura de la Tierra está ordenada en capas en las que a medida que penetramos en ellas va aumentando la temperatura. Lógicamente, nosotros sólo podemos alcanzar las capas más superficiales. Luego, en cualquier caso, la Tierra está emitiendo calor desde el interior. Nos encontramos por lo tanto con una corteza terrestre afectada por un aporte de calor desde el interior, pudiéndose distinguir zonas de mayor intensidad (donde se está formando nueva corteza, dorsales oceánicas o zonas donde se destruye corteza chocando dos placas) de las zonas donde hay menos (mucho más estables donde prima el desprendimiento de calor por radiación).

En cualquier caso, vemos que nos encontramos un yacimiento geotérmico cuando se produce una concentración de calor concentrado en un fluido en el interior de la tierra. En ese sentido, hablamos de tipos de yacimientos según su entalpía, la cual la podemos asimilar a la temperatura:

- Yacimientos de baja temperatura (menos de 100°C) donde no se puede producir electricidad, pero resultarían útiles para acondicionamiento en la edificación.
- Yacimientos de alta temperatura (más de 150°C), adecuados para producir directamente electricidad.
- Finalmente, se habla también de yacimientos de media temperatura (entre 100°C y 150°C), los cuales se podrían usar para producción de electricidad mediante ciclos binarios (uso de fluido intermedio).

Sin embargo, ésta no es la clasificación que permite determinar su régimen normativo, sino que es el uso del recurso el que va a determinar su proceso de autorización al amparo de la Ley de Minas o excluida de ella.

Una característica de los yacimientos geotérmicos es que el aprovechamiento del recurso debe hacerse en el mismo lugar del yacimiento, ya que el transporte de calor es complejo y poco eficiente. Así, por ejemplo, para el aprovechamiento de manera directa del recurso de baja temperatura para

calefacción se utilizan perforaciones muy profundas, parecidas a las usadas en perforaciones petrolíferas, pero en las proximidades del lugar donde se hará la misma edificación. Una dificultad con la que se encuentran estas plantas es la concentración de sales que suele aparecer en el fluido de recurso.

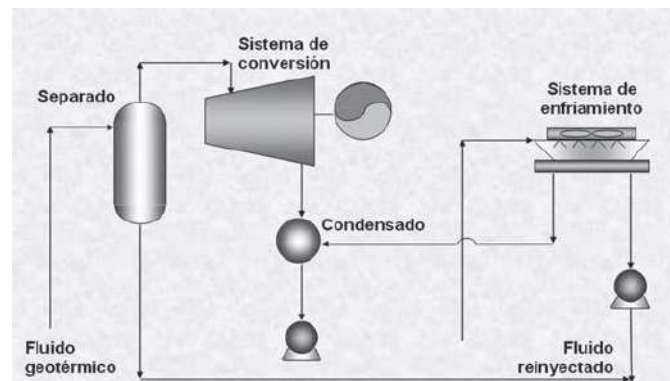
En cuanto a la producción de electricidad con geotermia, ésta no es muy diferente a la de otros métodos. La diferencia fundamental es la caldera (en este caso es el suelo quien hace las veces de esta) y la red de tuberías que lleva el calor hacia la superficie. Según el tipo de recurso y fluido que contiene el calor bajo la tierra, el sistema de aprovechamiento cambiará.

Podemos clasificar los distintos tipos de plantas como sigue:

- Plantas de vapor seco:
  - **Ciclo directo sin condensación.**
  - **Ciclo directo con condensación.**
  - **Ciclo indirecto con condensación y recuperación de aguas mineralizadas.**
- Plantas flash:
  - **Simple flash.**
  - **Doble flash.**
- Plantas binarias:
  - **ORC.**
  - **Kalina.**

Las primeras, plantas de vapor seco, son menos abundantes dada la dificultad de encontrar un recurso con vapor sin humedad. Son mucho más habituales sin embargo las de tipo flash, donde el recurso se encuentra en forma de mezcla de vapor-agua.

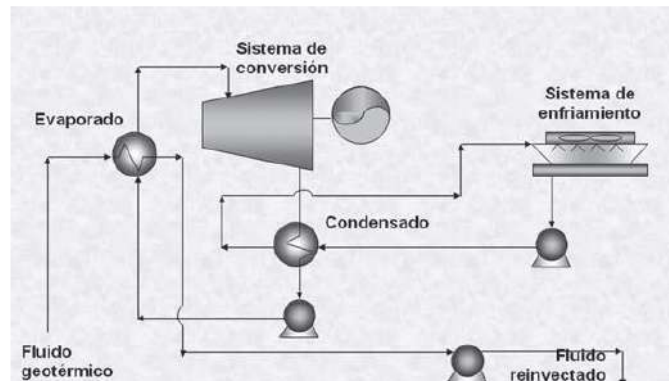
**Figura 2.** Planta tipo Flash (elaborado por Celestino García de la Noceda Márquez – IGME)



La figura 1 muestra como en ellas se utiliza directamente el agua del recurso, separándose el vapor del líquido y llevándose sólo el vapor a la turbina. Puede ser el vapor separado en una única fase (simple

flash) o en dos fases, lo cual es más eficiente desde el punto de vista energético y tecnológico. En el caso del aprovechamiento de baja temperatura, el calor una vez extraído del yacimiento es introducido en un ciclo de potencia Kalina u ORC (Ciclo Rankine Orgánico), como puede verse en la figura 2, que utiliza un fluido de trabajo adecuado (circuito binario) elegido de tal manera que tenga un bajo punto de ebullición. Algo así también se haría en el caso de que el fluido primario (el del recurso) estuviera demasiado cargado en sales.

**Figura 3.** Planta tipo ORC (elaborado por Celestino García de la Noceda Márquez – IGME)



### 3.2 POTENCIAL GEOTÉRMICO DE LA ZONA NORTE DE MADRID

El volumen y calidad técnica de la información generada en el área norte de la comunidad de Madrid nos permite tener datos muy detallados para poder valorar en detalle el potencial del almacén geotérmico de baja temperatura encajado en los niveles permeables de arenas y areniscas terciarias localizados a profundidades que oscilan entre los 1.500 y los 2.000 m. También permite definir con bastante fiabilidad el potencial del posible almacén geotérmico situado en el límite Cretácico-basamento Hercínico, si bien en este caso, aunque se confirmen las temperaturas por encima de 150°C quedaría por estudiar y definir los caudales de producción que podrían obtenerse de manera natural en los materiales cretácicos o de forma estimulada en el basamento granítico fracturado. (Ver figura 1).

#### 3.2.1 GEOTERMIA DE ALTA ENTALPÍA

Existe un interés creciente de esta energía, especialmente desde que se conoce el potencial de las tecnologías de geotermia estimulada (EGS). Sin embargo, para lograr el éxito es imprescindible tener un profundo conocimiento del potencial geotérmico. Aunque el plan energético nacional de los años 70 y 80 incluye investigaciones al respecto, desafortunadamente el esfuerzo inicial no tuvo continuidad, por lo que no se llegó a definir con detalle el potencial.

En el caso de la cuenca de Madrid podrían verse representados por los recursos geotérmicos potenciales del acuífero confinado cretácico en contacto con el basamento granítico que alcanza temperaturas superiores a los 150° en el sondeo petrolífero Pradillo-1 perforado por la compañía SHELL.

### **3.2.2 GEOTERMIA DE MEDIA ENTALPÍA**

Este capítulo se centra en los aspectos de la producción de energía eléctrica a partir de yacimientos geotérmicos de media temperatura, que pueden ser de tres tipos: natural, de roca caliente seca (HDR, Hot Dry Rock) y estimulados (EGS, Enhanced Geothermal System). Los yacimientos naturales vienen siendo explotados desde hace años (el primero data de 1904, en Italia), y utilizan una tecnología relativamente convencional.

Los de roca caliente seca se explotan de forma experimental desde los años 70 del siglo pasado, siendo los estimulados de concepción más reciente y habiendo despertado gran interés debido a que permitirían extender la geotermia para la producción eléctrica de forma decisiva en el futuro.

Los yacimientos geotérmicos de tipo natural que se pueden calificar de media entalpía son aquéllos que producen agua a una temperatura de entre 90 y 150°C con una profundidad no excesiva. El gradiente térmico habitual es de unos 30°C/km, que en profundidades de 3 a 4 km produce temperaturas entre 90 y 120°C. Existen yacimientos con gradiente más acusado, entre 40 y 50°C/km, que en profundidades entre 2,5 y 3 km producen temperaturas entre 90 y 150°C. Además del gradiente térmico, un yacimiento natural requiere de la existencia de rocas permeables que contengan agua, que será aprovechada posteriormente.

La permeabilidad de las rocas y la presencia del agua pueden crearse artificialmente, dando lugar a los yacimientos de roca caliente seca y estimulados. Los primeros (HDR) constan de rocas calientes secas (de entre 180°C y 200°C) por las que se hace circular agua a presión a través de fracturas naturales en la roca o creadas artificialmente. La permeabilidad será muy baja o nula, y la profundidad elevada (5 a 6 km), a no ser que los gradientes de temperatura con la profundidad sean altos (en cuyo caso la profundidad sería de unos 4 km). Están en investigación desde los años 70 del siglo pasado, encontrándose hoy en día cerca de su operación comercial.

Finalmente, los yacimientos geotérmicos estimulados (EGS) están basados en el hecho de que las técnicas de HDR se pueden extender a yacimientos de baja permeabilidad, de modo que se aumente su nivel de fracturación. Así se pueden recuperar yacimientos considerados poco productivos, extendiendo la geotermia a muchas más regiones.

### **3.2.3 GEOTERMIA DE BAJA ENTALPÍA**

El potencial de geotermia somera en España, el cual tiene un enorme alcance, pues se trata de una energía renovable disponible, a priori, en cualquier emplazamiento en el que esté previsto construir un edificio. Las limitaciones de esta tecnología son principalmente de índole económica y están relacionadas con el coste de ejecución del sistema de intercambio geotérmico, la demanda energética del edificio y los precios de la energía. Con la relación de costes actual se está trabajando en una horquilla de periodos de retornos simple, comprendidos entre los 5 y los 15 años.

La energía térmica que las bombas de calor transfieren entre el edificio y el terreno multiplica la energía eléctrica consumida por un factor entre 3 y 5. Técnicamente resultaría posible, mediante mejora tecnológica de elementos e integración de los componentes más avanzados disponibles en el mercado, incrementar dicho efecto multiplicador hasta un rango entre 6 y 8, hasta el límite teórico próximo a 14. Siguiendo la filosofía de la Directiva Europea de Renovables, la diferencia entre el flujo de energía térmica útil generada por el sistema geotérmico y la energía primaria consumida se considera como energía térmica renovable a efectos de la consecución de los objetivos de la Directiva. Por todo ello, queda patente el elevado potencial de ahorro energético y de generación de energía renovable de los sistemas geotérmicos someros.

### **CONTINUIDAD Y POTENCIA DEL ALMACÉN DE BAJA TEMPERATURA**

En el caso de la cuenca de Madrid, en términos generales puede decirse que el acuífero multicapa del paleógeno superior se halla presente en toda la Cuenca de Madrid. Sin embargo, su espesor es muy variable desde los más de 600 metros en la zona más próxima a la Sierra hasta los 50 metros en las áreas al Sur de Madrid (Pinto, Arganda, etc.).

La información de los cuatro sondeos geotérmicos profundos y los estudios de sismica de reflexión han permitido realizar una estimación precisa de las posibilidades y potencial geotérmico de la formación, que confirma la continuidad del almacén al menos dentro de un área de 50 Km<sup>2</sup> constituida por el límite de los sondeos, si bien entendemos que el área de influencia del almacén y por tanto su potencial geotérmico se extiende hacia el norte, este y oeste principalmente.

La potencia estimada para el tramo productivo de la formación en esta zona de 50km<sup>2</sup> (figura 5) está comprendida entre los 300 y los 600 metros, ENADIMSA (1983). Los datos de los límites litológicos de techo y muro reconocidos por estos sondeos se recogen en la tabla 1. La continuidad lateral y el rango de potencias confirmado permiten asignar una buena capacidad productiva.

Durante la perforación del sondeo petrolífero El Pradillo-1 se obtuvieron los primeros valores de temperatura en profundidad; dos medidas dentro del acuífero terciario detrítico (67°C a 1.500 m y 88°C a 1.750 m), ADARO (1981). La perforación posterior de los otros tres sondeos profundos permitió confirmar un nivel térmico superior a los 70°C dentro del área de estudio. Los datos de temperatura disponibles se recogen en la tabla 2. A partir de ellos se obtuvieron los valores del gradiente geotérmico en dos de los sondeos, con los siguientes resultados: en el sondeo Tres Cantos el gradiente calculado es de 3,04°C por cada 100 metros de profundidad; en el sondeo San Sebastián de los Reyes la temperatura varía a razón de 3,25°C por cada 100 metros de profundidad. Ambos valores son muy similares y pueden considerarse correspondientes a un gradiente geotérmico normal, en cuencas sedimentarias.



### 3.3 ESTIMACIÓN DEL RECURSO GEOTÉRMICO

En 2008, P. Ungemach et al., llevaron a cabo una primera tentativa al cálculo de los potenciales recursos geotérmicos que alberga la cuenca de Madrid; particularmente en su zona norte. Se han realizado dos estimaciones: La primera considera un área de 150 km<sup>2</sup> que se circunscribe a la zona reconocida por sondeos descritos en los capítulos anteriores. La segunda contempla un área más amplia, de 1.400 Km<sup>2</sup> sin una información tan detallada como la que se encuentra en los sondeos pero que se circunscribe a un entorno geológico similar donde se esperan obtener resultados de temperatura flujo térmico, caudales, etc similares a los encontrados en los sondeos ejecutados hasta ahora.

El potencial geotérmico profundo ha sido evaluado por debajo de los 1000 m y hasta profundidades de 5 kilómetros, estimándose tanto los recursos de baja temperatura susceptibles de ser aprovechados para usos térmicos, como los de media temperatura que podrían tener doble aplicación; la generación de energía eléctrica y los usos térmicos.

Según estos cálculos se estima que el recurso geotérmico profundo potencialmente explotable en la zona norte de la cuenca de Madrid es de unos 22.000 Petajulios lo que correspondería aproximadamente a 20 veces el consumo anual de toda la energía eléctrica de España.

### 3.4 ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

#### 3.4.1 EXPLORACIÓN SISMOLOGÍA. SÍSMICA DE REFLEXIÓN

La exploración sismológica utiliza ondas elásticas generadas artificialmente para localizar depósitos de minerales (incluyendo hidrocarburos, yacimientos minerales, agua, **depósitos geotérmicos**, etc.). Mediante la exploración sismológica se obtienen datos correlacionados con otros datos geofísicos, obtenidos de pozos de sondeos y geológicos, y con conceptos de física y geología, pueden proporcionar información sobre la estructura y distribución de diversos tipos de rocas.

Los métodos de exploración sísmica se sustentan básicamente de la misma forma que las mediciones de los terremotos. A diferencia de los terremotos, las fuentes de energía de la exploración sísmica están controladas y son móviles; las distancias entre la fuente y los puntos de registro son relativamente pequeñas. Gran parte del trabajo sísmico consiste en la cobertura continua, en donde la respuesta de porciones sucesivas de tierra se muestra a lo largo de líneas de perfilaje.

Los explosivos y otras fuentes de energía se usan para generar ondas sísmicas, y los tendidos de sismómetros o geófonos para detectar el movimiento de tierra resultante. Usualmente los datos se registran en forma digital en cinta magnética, de modo que se puedan usar procedimientos de computadora para acentuar las señales con respecto al ruido, extraer información significativa y presentar visualmente los datos de tal forma que se efectúe rápidamente una interpretación geológica.

Generada la onda sísmica se mide el tiempo requerido para que estas viajen desde la fuente hasta una serie de geófonos, distribuidos usualmente a lo largo de una línea recta orientada hacia la fuente. Si se conoce los tiempos de viaje hasta los diversos geófonos y la velocidad de las ondas, entonces se pueden reconstruir las trayectorias de las ondas sísmicas.

El objetivo de la exploración sísmica consiste en deducir información acerca de las rocas, especialmente de las posiciones de las capas, partir de los tiempos de llegada observados y (hasta cierto límite) de las variaciones en la amplitud, frecuencia y forma de las componentes longitudinales y transversales de la onda sísmica.

**Figura 4.** Diferentes vehículos utilizados en la adquisición de sísmica de reflexión en tierra.



**Figura 5.** Diferentes vehículos utilizados en la adquisición de sísmica de reflexión en tierra.

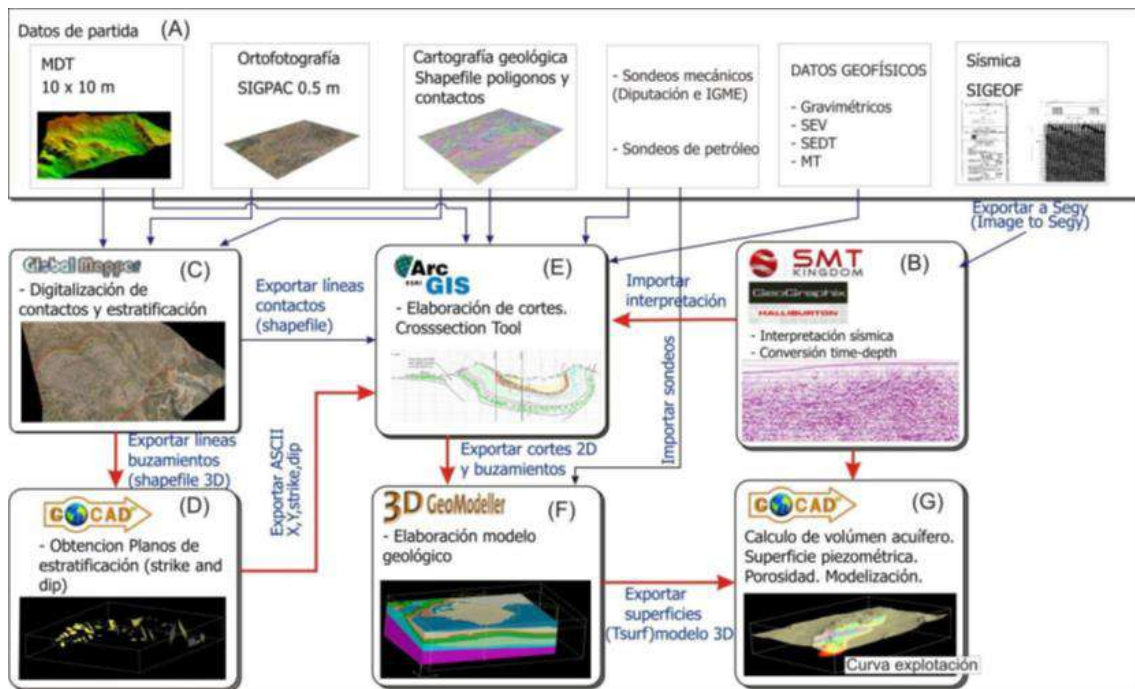


El procesamiento consiste en la elección y posterior aplicación de los parámetros y algoritmos de tratamiento adecuados a los datos sísmicos adquiridos en el campo (datos brutos) con el fin de obtener secciones sísmicas de calidad. El objetivo fundamental de todo procesado multiseñal es aislar en los registros las reflexiones de los otros eventos sísmicos que se superponen a ellas (ruido ambiental, GR, onda aérea, etc.).

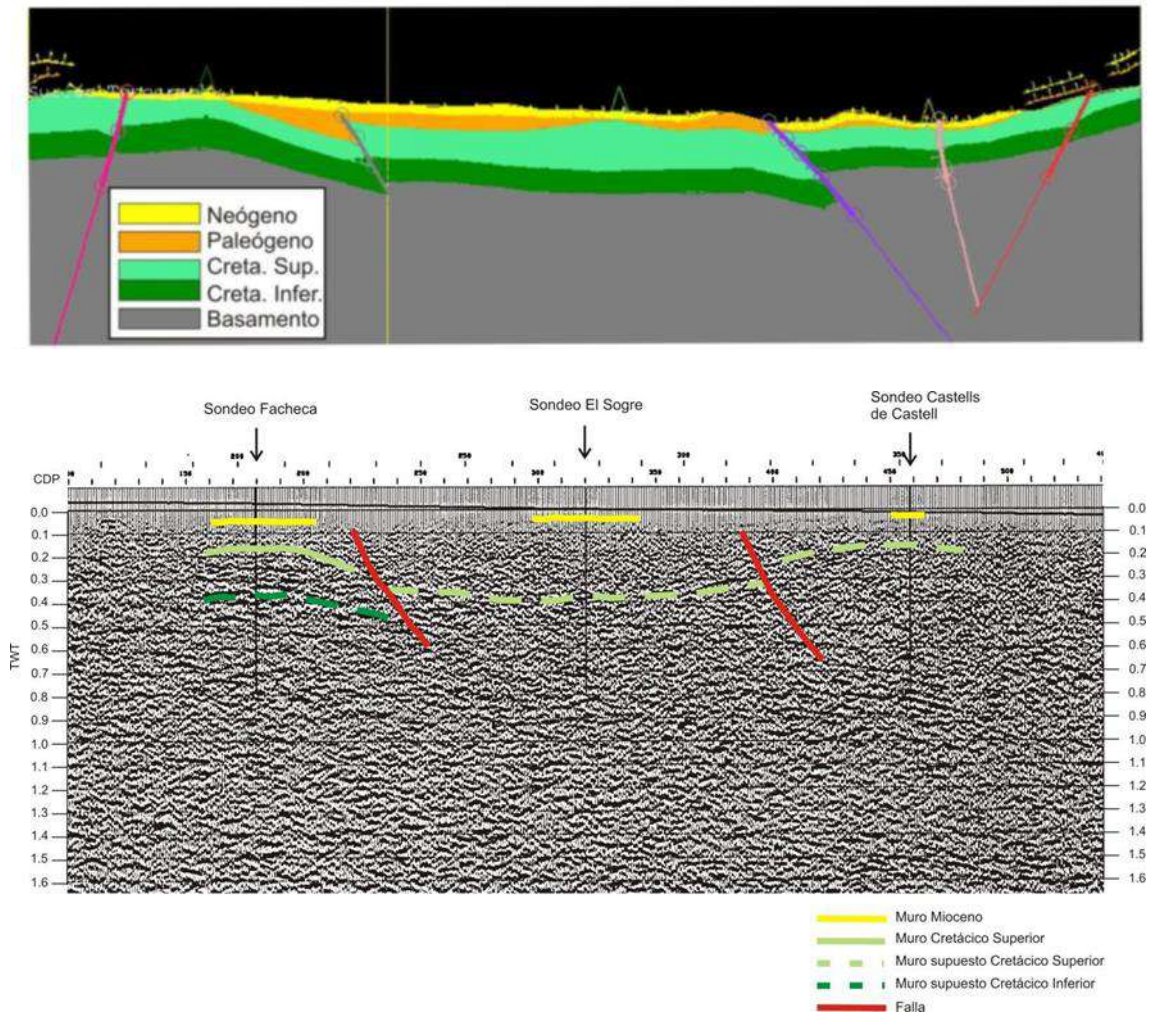
Actualmente, debido al gran incremento del volumen de datos (mayor capacidad instrumental) y al desarrollo de nuevos algoritmos (mayor potencia de cálculo), el dominio de las técnicas de procesado es el pilar básico de la prospección geofísica. Otro factor decisivo en sismica de alta resolución que afecta al procesamiento es la necesidad de preservar las altas frecuencias ya que las estructuras geológicas superficiales están en el límite de la detectabilidad sísmica y la aplicación de filtros para suprimir los eventos que no pertenecen a reflexiones caen, a menudo, en el mismo rango de frecuencias, de manera que cualquier disminución de este rango supone una menor definición de la sección sísmica.

Es también un precepto que todo algoritmo empleado durante el procesado debe preservar el máximo posible las reflexiones originales, de manera que su aplicación no se superponga a éstas creando "artefactos" que puedan considerarse como falsas reflexiones.

**Figura 6.** Esquema de la metodología utilizada para la construcción de modelos geológicos 3D, partiendo de datos sísmicos y geológicos de diferentes fuentes. En cada uno de los pasos se detalla el software usado.



**Figura 7.** Línea sísmica RV-71V interpretada a partir de los sondeos Facheca, El Sogre y Castell de Castells. Acuífero Mediodía. Línea sísmica y corte 8 se posicionan en la figura 9B (el acuífero principal es el Cretácico Superior).



### 3.4.2 PERFORACIÓN

El proceso de perforación descrito en el presente apartado incluye los trabajos necesarios para alcanzar la profundidad a la que se ubican las formaciones objetivo. Dichos trabajos de perforación siguen una metodología similar a la empleada para la perforación de pozos de agua, con la excepción de la perforación de tramos horizontales. Esta perforación horizontal, permite alcanzar las formaciones objetivo con una mayor superficie de contacto del pozo con dicha formación.

Los trabajos de perforación son ejecutados por una torre de perforación instalada a tal efecto que perfora el terreno mediante rotación. Los diámetros de perforación para cada tramo serán establecidos en el proyecto de perforación para cada pozo. Dichos diámetros, de mayor tamaño que las tuberías a emplazar, permiten la cementación del espacio anular (espacio entre la tubería y el terreno perforado).

El material natural perforado, llamado ripio de perforación, es retirado mediante el uso de lodos de perforación, que además constituyen un elemento estabilizador del agujero perforado. A continuación, se procede a explicar el alcance de los trabajos de perforación previstos, desde su diseño hasta sus elementos de control.

### **PLATAFORMA DE PERFORACIÓN**

La disposición de equipos en fase de perforación se muestra en la siguiente figura, la cual muestra un detalle de una plataforma de trabajo similar a la que se podría utilizar en este proyecto con la distribución de equipos inicialmente planteada para la fase de perforación. El tamaño y distribución específica de los diferentes elementos en el emplazamiento sólo son indicativos, pero se prevé que todos los emplazamientos en este proyecto tengan unas dimensiones y configuración similares.

**Figura 8.** Plataforma de perforación



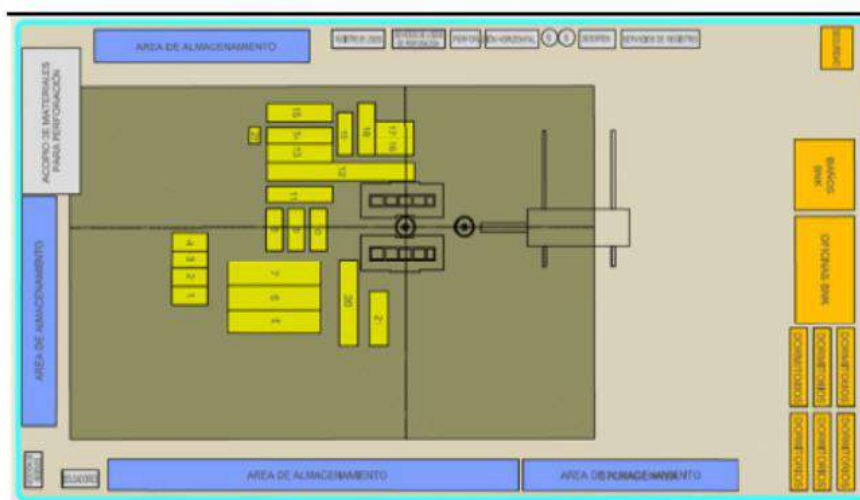
Durante las actividades de perforación dentro de la citada plataforma se instalarán los siguientes equipos o unidades:

- Torre de perforación. Generalmente divide en dos partes la subestructura y la torre o mástil de perforación. La subestructura es la parte inferior de la torre que está sobre la plataforma de perforación. Es un conjunto de vigas o módulos resistentes, que soportan las cargas de otros equipos como el mástil o torre de perforación.
- Línea de lodos. Este sistema proporciona los equipos, materiales y áreas de trabajo que se necesitan para la preparación, el mantenimiento y la verificación de las características

físicas de los fluidos de perforación. El lodo de perforación se conduce a través del stand pipe al interior de la sarta de perforación.

- Bastidores metálicos para el almacenamiento de tuberías. En el perímetro de la plataforma de trabajo se acopiarán las tuberías de perforación y tuberías de revestimiento. En el catwalk se van posicionando las tuberías para ser introducidas en el pozo a medida que se va perforando.
- Grupo generador eléctrico y almacenamiento de combustible. Para el funcionamiento de la mayoría de los equipos de perforación serán necesarios generadores, siendo los más comunes los generadores diésel. Además, se cuenta con salas de control que equilibran y controlan la energía hasta los elementos utilizados en la perforación.

Figura 9. Esquema con los principales elementos a la plataforma de perforación



#### EQUIPO DE PERFORACIÓN

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1-4: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL | 16-17: ALMACENAMIENTO DE RIPIOS |
| 5-7: GENERADORES ELÉCTRICOS              | 18-19: LIMPIEZA DE LODOS        |
| 8-10: BOMBAS DE LODOS                    | 20: CASETA DE CONTROL SCR       |
| 11-14: TANQUES DE LODOS                  | 21: BOP CONTROL                 |
| 15: ALMACENAMIENTO DE AGUA LIMPIA        | 22: MEZCLADOR DE LODOS          |

Adicionalmente, adyacentes a esta zona se localizarán las balsas de almacenamiento de aguas de escorrentía y la balsa o el depósito de almacenamiento de agua para las operaciones (agua limpia).

Las instalaciones en los emplazamientos para alojar a los trabajadores serán mínimas ya que se considera que la mayoría del personal se hospedará en los alojamientos disponibles en el entorno de los emplazamientos.

### LODOS DE PERFORACIÓN

Los trabajos de perforación requieren de la utilización de los denominados lodos de perforación, elemento esencial en la tecnología moderna de perforación y que está diseñado para cumplir entre otras con las siguientes funciones:

- Transportar a la superficie los ripios durante la perforación.

- Mantener en suspensión los ripios, en el caso de que se suspenda la circulación del lodo. Esta función es posible gracias a su carácter tixotrópico.
- Controlar la presión de la formación, gracias a la presión hidrostática que ejerce la columna del fluido.
- Enfriar y lubricar la barrena y sarta de perforación.
- Mantener estables las paredes del pozo, evitando así cerramientos y fricciones durante el movimiento de rotación.
- Sustener en suspensión la sarta, debido al empuje del fluido de perforación conocido (flotación).
- Mejorar la limpieza del agujero y aumentar la velocidad de perforación.
- Transmitir la energía hidráulica, a los motores de fondo en la perforación horizontal.

Para la perforación del Pozo Vertical y los tramos verticales del resto de pozos se utilizarán exclusivamente lodos en base agua (WBM, del inglés water based muds). Para la perforación del tramo horizontal y de partes del tramo vertical (en contacto con las formaciones objetivo) se usarán lodos sintéticos en base aceite (SBM, del inglés synthethic oil based muds).

El uso de los lodos sintéticos en base aceite es muy extendido en la industria, dadas las ventajas que tienen respecto a los lodos base agua:

- Buen comportamiento a altas temperaturas.
- Reduce el riesgo de atascamiento de la tubería.
- Mejor rendimiento como lubricante.
- Excelente comportamiento en ambientes con presencia de hidratos.
- Conservar el diámetro del hoyo, disminuyendo la formación de ripios.

El lodo en base agua es una suspensión de partículas minerales, sales disueltas, y compuestos orgánicos en agua y se pueden dividir en varias categorías. En cada categoría existen muchas composiciones alternativas con propiedades ligeramente diferentes. La mayoría de estos aditivos son añadidos en pequeñas cantidades para cambiar las propiedades del lodo y están destinados a resolver necesidades técnicas específicas del pozo (asociadas a las condiciones que la perforación encuentra según se alcanzan mayores profundidades). Además del agua, que constituye un porcentaje superior al 95%, los ingredientes más abundantes en la mayoría de los WBM son la barita y la bentonita.

Se puede observar cómo durante la perforación de la primera sección, la composición se limitará al uso de agua, bentonita, un controlador de la alcalinidad y celulosa polianiónica. En las zonas más profundas por razones de seguridad y de integridad del pozo es recomendable la inclusión de aditivos adicionales que permitan trabajar con las condiciones de temperatura y presión esperadas.

Como en cualquier otra operación de perforación, la proporción exacta de agua, bentonita y aditivos se tendrá que refinar en continuo según la perforación atraviese las diferentes formaciones geológicas

(por ejemplo, para incrementar o reducir la densidad del lodo, modificar ligeramente el pH, etc.). Esto es importante tanto para una mayor eficacia en la perforación (acortar tiempos e incrementar la eficiencia de las operaciones) como para garantizar que se mantienen las condiciones de seguridad en las operaciones.

### **ENTUBADO Y CEMENTACIÓN**

El pozo está diseñado para asegurar que tanto el fluido que será bombeado a través del pozo, que será eventualmente recogido queden confinados dentro de la estructura del pozo. Para ello, y como primer elemento, según se perforan las diferentes secciones del pozo se coloca el entubado (tubería de revestimiento).

Estas tuberías de revestimiento, en concreto la de producción, soporta presiones de prueba de 800 bares (siendo la presión máxima admisible de la tubería 1.000 bares) y con un peso que varía entre los aproximadamente 140 kilos por metro lineal para las tuberías de mayor diámetro y los 35 kilos por metro lineal. Estas tuberías cumplirán con los estándares API 5CT para tubos de revestimiento y producción.

Al finalizar la perforación de cada tramo, el espacio entre el entubado y el sondeo (espacio anular), se rellena con una lechada de cemento. Este proceso se repite en cada sección usando diámetros menores de entubado cada vez, hasta alcanzar la formación geológica objetivo de acuerdo con el esquema de entubación que se haya propuesto en el diseño del pozo. Se rellena con cemento el espacio existente entre la TR de superficie y hasta un mínimo de 150 metros por encima de cada cambio de diámetro para el resto. De esta manera se cuenta con múltiples barreras de protección formadas por cemento y entubado metálico.

El entubado y el cemento forman el principal componente estructural del pozo y cumple varias funciones de gran importancia:

- Evita hundimientos de las paredes del sondeo.
- Aísla las diferentes formaciones, evitando flujos de fluidos o gases.
- Permite el control de los fluidos de la formación, de los gases y de la presión, mientras la perforación avanza.
- Permite la presencia de un equipo de control de presión en superficie, así como un equipo para evitar la pérdida de control del pozo por presión. Estos equipos se denominan habitualmente como BOP (del inglés, Blowout Preventer).

Para la cementación se empleará lechada formada por cemento tipo G. Dicho cementos seguirán el estándar API Spec. 10 A (Cementos y material para proceso de cementación en pozos), y están formados exclusivamente por materiales inertes. Los cementos tipo G se han diseñado específicamente para actividades de la industria de gas y petróleo para cementaciones en profundidades elevadas.



Los esfuerzos a los que se ve sometido el pozo producen estados de tensión o fatiga por este motivo la industria utiliza cementos en los que entre sus características se cuenta con la capacidad de sellar posibles grietas producidas durante estos procesos.

La cementación se realiza mediante bombeo de la lechada desde el interior de la tubería de revestimiento. La presión ejercida por el bombeo empuja la lechada hasta el fondo de la perforación haciendo que desde ahí ascienda por el espacio anular rellenándolo completamente hasta la superficie o las profundidades previstas. Durante este proceso, con el objetivo de garantizar una correcta cementación y asegurar la integridad del pozo, se seguirán las mejores prácticas, enumeradas a continuación:

- Para las actividades de cementación de la tubería superficial (instalada desde superficie y hasta aproximadamente 550 metros de profundidad) durante el proceso dicha tubería será sometida a rotación con objeto de mejorar la adherencia y distribución del cemento en el espacio anular.
- Control continuo de la presión y velocidad de bombeo, así como de los volúmenes y densidad de la lechada bombeada.
- Uso de centralizadores con objeto de asegurar la posición correcta de la tubería y de rascadores con objeto de permitir una limpieza exterior de la tubería de manera que se mejore la adherencia de la lechada.

Se prevé que durante la cementación pequeñas cantidades de cemento, tanto en estado líquido como en estado sólido, retornen a la superficie. Ambos tipos de cemento serán recogidos y gestionados en una planta autorizada de gestión de residuos.

La composición del cemento y aditivos utilizados, sobre todo en los primeros metros (TR de superficie) donde se encuentran los acuíferos de agua dulce explotables para consumo de agua potable, no difieren en los comúnmente utilizados en otros ámbitos como la construcción de pozos de agua.

Todos los parámetros, tales como, la densidad de la lechada de cemento, la velocidad y presión de bombeo y las concentraciones de los aditivos, serán calibrados en el laboratorio a medida que se obtengan más datos durante las operaciones de perforación.

### **ELEMENTO DE CONTROL DE LA PERFORACIÓN**

Los trabajos de perforación y los elementos que en ellos intervienen cuentan con una serie de elementos o medidas de control para asegurar la correcta ejecución de los trabajos de perforación planeados y para evitar la generación de eventos no esperados.

Los principales elementos de control son:

- Controles en continuo de las operaciones.
- Sistemas de válvulas, que será específico para el equipo de perforación.

- Registro de los controles.

A continuación, se incluye un mayor nivel de detalle de algunos elementos de control:

### **3.4.3 CONTROL DIRECCIONAL**

El mantenimiento de la verticalidad del sondeo (tramos verticales) se comprueba a intervalos regulares mediante la medición de la inclinación del sondeo, utilizando herramientas específicas. En caso de detectarse desviaciones respecto a la verticalidad, se modificarán los parámetros de la tubería de perforación, para corregir la inclinación y mantener el sondeo en una trayectoria lo más próxima a la verticalidad posible.

En los tramos horizontales se utilizarán herramientas MWD (Measuring While Drilling – Medición durante la perforación) que proporcionan información en tiempo real de la posición de la broca de perforación y permiten controlar la trayectoria de los sondeos. Igualmente se usarán herramientas LWD (Logging While Drilling - Registro durante la perforación) para asegurar el correcto posicionamiento de la broca de perforación a lo largo de la formación objetivo en la dirección esperada.

Los parámetros de perforación se envían en tiempo real a través de sistemas telemétricos integrados en los equipos de perforación, las compañías de servicios de perforación horizontal, los geólogos e ingeniero de perforación monitorean estos parámetros de perforación y los ajustan según se va avanzando el pozo. Los informes se envían cada 3 horas todo el personal implicado en las operaciones para que tengan un seguimiento del avance de la perforación y de los parámetros clave.

### **CONTROL GEOLÓGICO DURANTE LA PERFORACIÓN**

Los datos de los parámetros de perforación y de las unidades de registro de lodos se cargan en tiempo real en sistemas informáticos de geo navegación y ubicación del pozo. El geólogo en campo actualizará todas las ventanas de perforación y se lo comunicará a la cuadrilla de perforación. Durante toda la operación de perforación se contará con la presencia de una unidad de registro de lodos para recoger rípidos de sondeo y controlar si se da cualquier signo de la presencia de recurso geotérmico. Se comunicará al geólogo responsable mediante informes comúnmente denominados mud log/strip log. En estos informes se detalla la descripción de las formaciones atravesadas, los análisis de presencia de recurso geotérmico y los parámetros de perforación.

Se recogerán muestras cada 10 metros en la capa cretácica y cada 5 metros en la capa objetivo. En el tramo horizontal se recogerán muestras cada 5 metros en la sección curva y cada 10 en la horizontal. Como mínimo, se harán dos juegos de muestras inalteradas para uso de Tervalis. Durante la operación de perforación se recogerán muestras de IsoTube y IsoJar. Se analizará la composición de cualquier recurso geotérmico contenido en estas muestras para conocer cuál es la madurez termal de la roca. Se recogerán muestras cada 100 metros de profundidad en la capa cretácica, cada 30 metros en el

Dogger y cada 10 metros a lo largo de la formación objetivo. Además, se recogerá un juego de muestras adicional por cada indicador de presencia de recurso (se considerará un indicador de presencia de recurso geotérmico cuando se produzca un aumento de más del 50% respecto a las lecturas de base).

Además, durante la perforación se realizarán diagráfias de sondeo para registrar y evaluar las características de la roca y las propiedades mecánicas del reservorio, junto con tecnología de cromatografía de gas, los cuales consisten en el análisis en tiempo real de la concentración de gas.

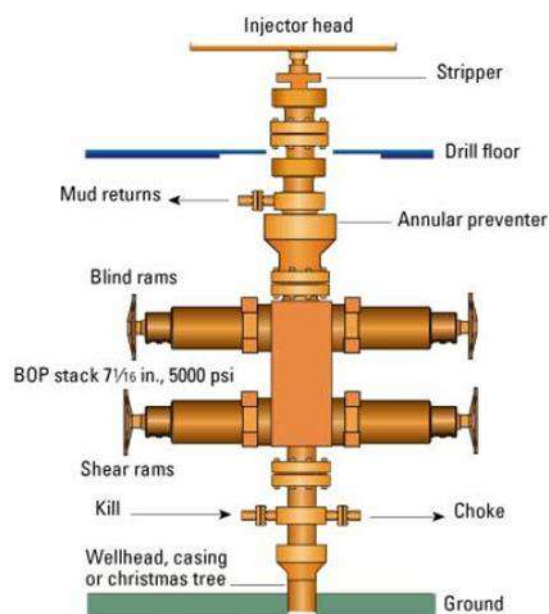
### **CONTROL DE SURGENCIA**

A lo largo del proceso de perforación se instalarán diferentes sistemas de válvulas de seguridad cuyo objetivo fundamental será impedir surgencias. Este sistema, más conocido como BOP (blow out preventer), ayuda a controlar de forma segura los posibles flujos no esperados de fluidos de la formación (surgencia imprevista de presión) durante la perforación.

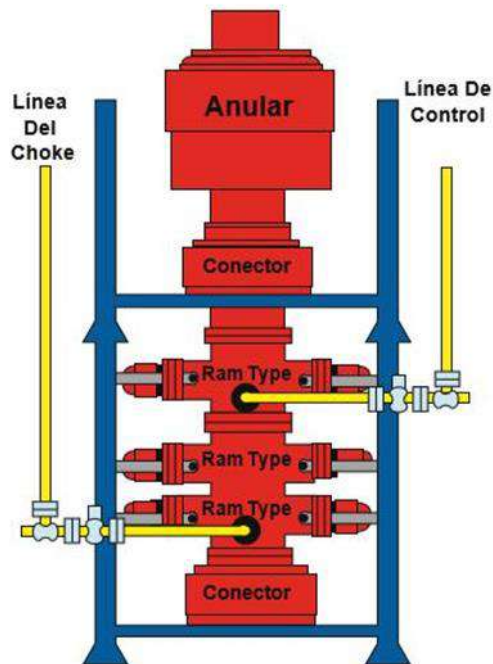
En la línea del BOP, y conectado al mismo, se encuentran los estranguladores, juego de válvulas instaladas como parte del sistema, resistentes a altas presiones. En caso de surgencia el sistema actúa cerrando el pozo y enviando el lodo y fluidos hacia los depósitos de circulación de lodos a través de la línea del estrangulador hasta quedar controlado el golpe de fluido.

Los sistemas BOP están diseñados para soportar presiones muy altas. Si se diese un flujo inesperado de fluido de la formación, el pozo se cerrará en la superficie con un sistema de válvulas capaz de cortar el flujo en cualquier tubería de acero dentro del pozo. Tras lo cual, el BOP permitiría bombear la circulación de lodo al pozo para retirar el flujo de fluido de la formación y retomar el control del pozo para continuar con las operaciones normales.

**Figura 10.** Esquemas de dos tipos de sistemas de prevención de surgencias (BOP).



**Figura 11.** Esquemas de dos tipos de sistemas de prevención de surgencias (BOP).



La verificación y las pruebas de presión de los equipos de control de surgencia serán realizadas una vez instalados y posteriormente con una periodicidad mínima de 21 días.

### **REGISTRO DE LOS CONTROLES**

Regularmente se generarán los siguientes registros de controles:

- Parte diario de perforación, donde se incluye un resumen detallado de las operaciones correspondiente a las últimas 24 horas, un resumen de los datos de los lodos de perforación, costes, y alguna otra información que se pueda considerar relevante.

Al finalizar el sondeo se realizará asimismo un informe final del sondeo, en el cual se incluirán todas las actividades realizadas.

### **3.4.4 PROGRAMA DE TRABAJO**

El programa de trabajo de un Proyecto de exploración debe ser flexible, en cuanto a las operaciones específicas a realizar, para poder así adaptarse a los resultados obtenidos en sus varias fases de trabajo. Esta flexibilidad permite la obtención de un mayor rango de datos y evaluar de un modo más preciso el potencial económico del recurso contenido en el reservorio de la concesión.

Los trabajos previstos en este programa de trabajos para el primer año de vigencia del permiso de investigación representan un compromiso firme. Al final del primer año, en función del análisis de los datos obtenidos de los trabajos realizados, se podrá optar, si fuese necesario, por la renuncia del permiso; disponiendo asimismo de dicha opción de renuncia año a año para el resto del programa.

A continuación, se detallan las labores previstas, así como las inversiones a realizar:

### **PRIMER AÑO**

La primera fase del programa de exploración se tratará de establecer los modelos conceptuales, establecer correctamente la geología, la geoquímica y la hidrogeología. El objetivo es localizar las áreas con mejores posibilidades de albergar un almacén geotérmico.

Los trabajos consistirán en volver a examinar la sismica existente, historial de los pozos, y la construcción de mapas detallados del subsuelo para identificar las condiciones más favorables para la ubicación de los pozos. Es nuestra intención, si es posible utilizar las ubicaciones previas de pozos antiguos tanto para el control de las operaciones de extracción de muestras, así como para minimizar el impacto ambiental. En líneas generales estas son las actividades a realizar:

- Recopilación, escaneo y reprocesado de información sísmica disponible en el área.
- Reprocesado de información sísmica aún no reprocesada (en formato digital).
- Digitalización, procesado y evaluación de logs pertenecientes a pozos perforados en el área.
- Estudio de análisis de velocidades para sísmicas disponibles en el área.
- Interpretación sísmica regional, evaluación de necesidades para una nueva campaña sísmica y diseño de esta si fuera necesaria.
- Recogida de muestras aflorantes para estudios y evaluación geoquímica.
- Diseño preliminar de ubicaciones para un sondeo de exploración.
- Obtener permiso e iniciar programa de sísmica 2D o 3D, entre 75 y 200 kms, en el caso 2D y entre 30 y 50 km. en el caso 3D; en función de los resultados del procesado de la información existente.

Según los resultados obtenidos durante cada año, podrá continuarse con el plan de trabajos para el siguiente periodo, ser modificado, o solicitarse la renuncia del permiso.

**La inversión mínima a realizar durante el PRIMER año de vigencia del permiso será de 200.000€.**

### **SEGUNDO AÑO**

En función de los resultados obtenidos durante el primer año de investigación, se propone el siguiente plan de labores con el objetivo de determinar el modelo geotérmico preliminar y seleccionar la mejor ubicación de los pozos de investigación

- Campaña sísmica. Finalización de los trabajos de reprocesado de sísmicas comenzado el primer año, e inicio de la campaña sísmica 2D o 3D y por lo tanto realizar inicio del procesado de los datos obtenidos.
- Recogida de muestras de testigos de pozos poco profundos para estudios geoquímicos y geomecánicos, y su evaluación económica.
- Iniciación de los trámites para la obtención de la autorización para el primer pozo con los consecuentes estudios de la viabilidad técnica y económica de la perforación del pozo. En

el caso de decidir perforar, comienzo de un estudio de impacto medioambiental del sondeo.

Según los resultados obtenidos durante cada año, podrá continuarse con el plan de trabajos para el siguiente periodo, ser modificado, o solicitarse la renuncia del permiso.

**La inversión mínima a realizar durante el SEGUNDO año de vigencia del permiso será de 1.000.000€.**

La segunda fase del programa de exploración consistirá en la perforación de un pozo exploratorio que permita el estudio del reservorio geotermal y empezar la confirmación viabilidad (proof of concept). Para el pozo exploratorio, los acuíferos de agua dulce serán aislados con un entubado especial de cemento. La profundidad total del pozo se determina en base a los resultados de la primera fase. El tamaño de la perforación será de tamaño suficiente para permitir la posibilidad de una reentrada horizontal basada en los resultados del programa de pruebas.

### **TERCER AÑO**

Mientras que se perforan los pozos, se tomaran muestras de testigo de los principales tramos de las litologías con mayor potencial. El objetivo de estos núcleos será determinar la mineralogía, la porosidad, la saturación, geoquímica, y el análisis de resistencia de la roca. Para ayudar a determinar la permeabilidad del sistema, tenemos previsto llevar a cabo pruebas de producción en todos los intervalos posibles. En esta prueba se inyecta un pequeño volumen de agua salada en la formación. Después de la inyección, el pozo se cierra con indicadores de presión de control de fugas. A partir de esta información se será capaz de determinar el esfuerzo de cierre, la permeabilidad del sistema, y la presión de poros.

Los trabajos a realizar durante el tercer año de vigencia del permiso de investigación son los siguientes:

- Perforación pozo monitor, estudio de reentrada con perforaciones horizontales y test de producción del primer pozo.
- Inicio de los trámites para la obtención e inicio de la ejecución potencial del segundo pozo. Estudios de la viabilidad técnica y económica de la perforación de un pozo de exploración. En el caso de decidir perforar, comienzo de un estudio de impacto medioambiental del sondeo.

Según los resultados obtenidos durante cada año, podrá continuarse con el plan de trabajos para el siguiente periodo, ser modificado, o solicitarse la renuncia del permiso.

**La inversión mínima a realizar durante el TERCER año de vigencia del permiso será de 1.500.000€.**

En la perforación de los sondeos siempre se considerará una cuidadosa planificación y diseño de los trabajos junto con los estudios de impacto ambiental si fuesen requeridos. En la ejecución de los sondeos se realizarán todas las pruebas pertinentes, así como toma de muestras, como ya se ha comentado anteriormente, con las consiguientes pruebas de laboratorio sobre las muestras. Con estos datos se procederá a la evaluación de los datos sísmicos integrando los con los datos de sondeo para

realizar una modelización geológica de la estructura. Estos datos son los que harán posible la evaluación final de la viabilidad técnica y económica del sondeo.

En el caso de que las autorizaciones requeridas a las instituciones competentes, medioambientales o de otro tipo, así como los retrasos o no disponibilidad de maquinaria adecuada fundamentalmente para la realización de la sísmica o de la perforación de los sondeos,

se ruega que los compromisos económicos de este programa sean pospuestos hasta la obtención de dichas autorizaciones o exista la disponibilidad de la maquinaria.

Del mismo modo las inversiones comprometidas se podrán anticipar a cualquiera de los años anteriores, computándose no obstante para la suma total de compromisos al final del periodo de vigencia.

### 3.4.5 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Se muestra a continuación un diagrama resumen con los trabajos propuestos y el cronograma de ejecución de los mismos.

**Tabla 2.** Cronograma de ejecución de los trabajos propuesto.

| TRABAJO                | AÑO |   |   |
|------------------------|-----|---|---|
|                        | 1   | 2 | 3 |
| Modelos conceptuales   |     |   |   |
| Campaña Sísmica        |     |   |   |
| Pozos someros          |     |   |   |
| Tramitación de sondeos |     |   |   |
| Sondeo Monitor         |     |   |   |

### 3.4.6 RESUMEN DE INVERSIONES

En la siguiente tabla, se puede ver el resumen general de las inversiones previstas a realizar por el presente proyecto.

**Tabla 3.** Resumen de las inversiones propuestas.

| Año          | Inversión          |
|--------------|--------------------|
| 1º Año       | 200.000 €          |
| 2º Año       | 1.000.000 €        |
| 3º Año       | 1.500.000 €        |
| <b>Total</b> | <b>2.700.000 €</b> |

## 4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ENTORNO

A continuación, se describe la metodología aplicada para lograr la caracterización ambiental del medio en el que se encuentra ubicada el área de influencia del proyecto.

### - Recopilación de información bibliográfica existente.

Se estudió la información existente procedente de fuentes bibliográficas y documentales, consiguiendo así una primera aproximación de los valores naturales de la zona. Así pues, se recopiló la información referente a los siguientes temas:

- Climatología
- Edafología
- Hidrología
- Población
- Flora
- Usos del suelo
- Vías pecuarias
- Montes de Utilidad Pública
- Espacios Naturales Protegidos y Catalogados
- Fauna

A continuación, se describe la metodología utilizada para el tratamiento de la bibliografía existente:

- **Climatología.** Los factores climáticos han sido estudiados a partir de la información disponible en base a informes detallados del Instituto Nacional Meteorológico, cartografías, bases de datos y cálculos numéricos, dotando así al presente documento de una caracterización detallada de cada uno de los factores a los que se hace referencia.
- **Geología.** Para la descripción del entorno geológico se ha realizado una revisión de distintas fuentes de información secundaria, basada en informes detallados y diferentes cartografías publicadas por el IGME.
- **Edafología.** Las características edafológicas fueron extraídas en base a datos cartográficos detallados publicados por la FAO.
- **Hidrología.** Para la descripción de la hidrología de la zona se recopiló información de diversas fuentes especializadas en el ámbito hidrogeológico, basándose la misma en informes, estudios y cartografías pertenecientes al IGME, CHT, IDEMadríd, etc.
- **Vegetación y fauna.** Se explica en ambos apartados del inventario ambiental la metodología seguida para realizar los trabajos.
- **Paisaje:** Se explica en el apartado de medio perceptual la metodología seguida.
- **Población.** La información referente a la población de los alrededores del proyecto minero ha sido contrastada y recopilada a partir de informes con datos estadísticos oficiales elaborados por Organismos públicos competentes en dicho ámbito, como el Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Instituto de Estadística de Madrid.



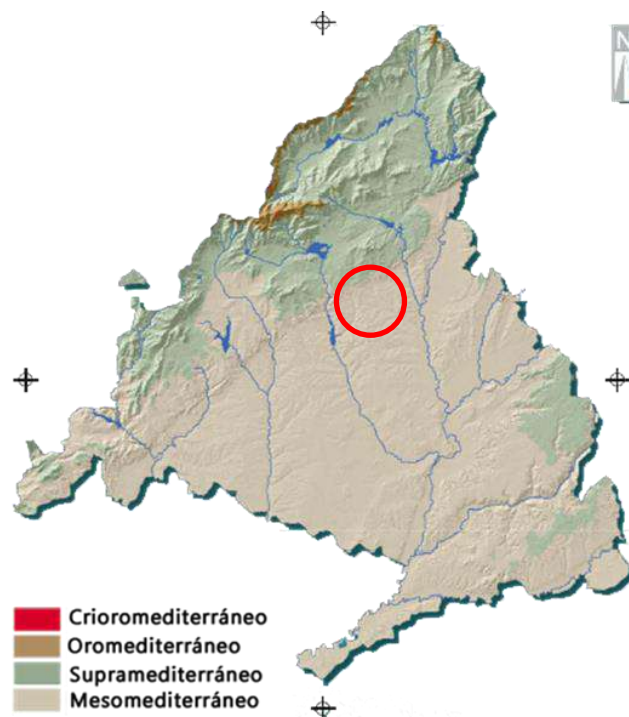
- **Vías pecuarias.** Información extraída a partir de cartografía disponible del IDEMadrid.
- **Montes de Utilidad Pública.** Información extraída a partir de cartografía existente y contrastada con la ubicación del Permiso de Investigación. Dicha cartografía fue proporcionada por la Sección de Estudios y Cartografía de la Infraestructura de Datos Espaciales de Madrid (IDEMadrid).
- **Espacios protegidos y catalogados.** Información extraída a partir de cartografía existente y contrastada con la ubicación del Permiso de Investigación, además de recurrir a bases de datos e informes como, por ejemplo, la Red Natura 2000.

## 4.1 MEDIO FÍSICO

### 4.1.1 CLIMATOLOGÍA

La división climática de la Comunidad Autónoma de Madrid, la cual ha sido tomada del Atlas Climático de Madrid, señalando con un círculo rojo la zona de implantación del proyecto.

**Figura 12.** Dominios climáticos de la Comunidad Autónoma de Madrid.



Según los datos climatológicos aportados por AEMET para el caso de Madrid, en la zona puede distinguirse una única clasificación según Köppen y Giger, esta es **Csb**, que se corresponden con los **dominios Oceánico de verano seco y Atlántico**.

El clima de la zona de ubicación del proyecto se clasifica como templado y se caracteriza por un periodo marcadamente seco en verano (Csb). La temperatura media anual se establece en los 12º, mientras

que las mínimas absolutas bajan hasta los casi -5º en el mes de enero, y las máximas absolutas alcanzan los 34,7º en julio.

A continuación, se realiza una descripción de los factores climatológicos de mayor importancia, siendo éstos la temperatura, la pluviometría y la evapotranspiración, tomando como fuente para la obtención de datos una estación termopluviométrica del Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA), ubicada en la provincia de Madrid, denominada “Prado Herrero”. A continuación, se van a mostrar los datos de la estación de Prado Herrero.

**Tabla 4.** Datos de la estación termopluviométrica de Prado Herrero.

|  |                  |                    |
|--|------------------|--------------------|
| <b>SOTO DEL REAL<br/>'PRADO HERRERO'</b> | <b>Código</b>    | 3183E              |
|  | <b>Tipo</b>      | Termopluviométrica |
|  | <b>Provincia</b> | Madrid             |
|  | <b>T.M.</b>      | Soto del Real      |

**TEMPERATURA**

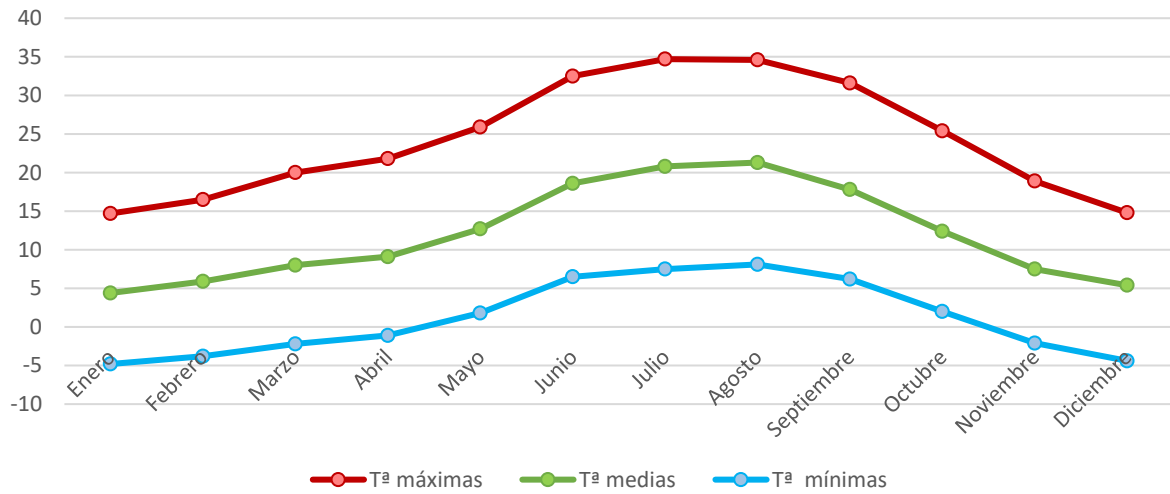
Con respecto a los datos de temperatura, se muestran a continuación las temperaturas máximas, medias y mínimas de los últimos años.

**Tabla 5.** Temperaturas medias mensuales de Prado Herrero

|                   | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Annual |
|-------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--------|
| <b>Tª máximas</b> | 14,7  | 16,5    | 20,0  | 21,8  | 25,9 | 32,5  | 34,7  | 34,6   | 31,6       | 25,4    | 18,9      | 14,8      | 24,3   |
| <b>Tª medias</b>  | 4,4   | 5,9     | 8,0   | 9,1   | 12,7 | 18,6  | 20,8  | 21,3   | 17,8       | 12,4    | 7,5       | 5,4       | 12,0   |
| <b>Tª mínimas</b> | -4,8  | -3,8    | -2,2  | -1,1  | 1,8  | 6,5   | 7,5   | 8,1    | 6,2        | 2,0     | -2,1      | -2,1      | 1,1    |

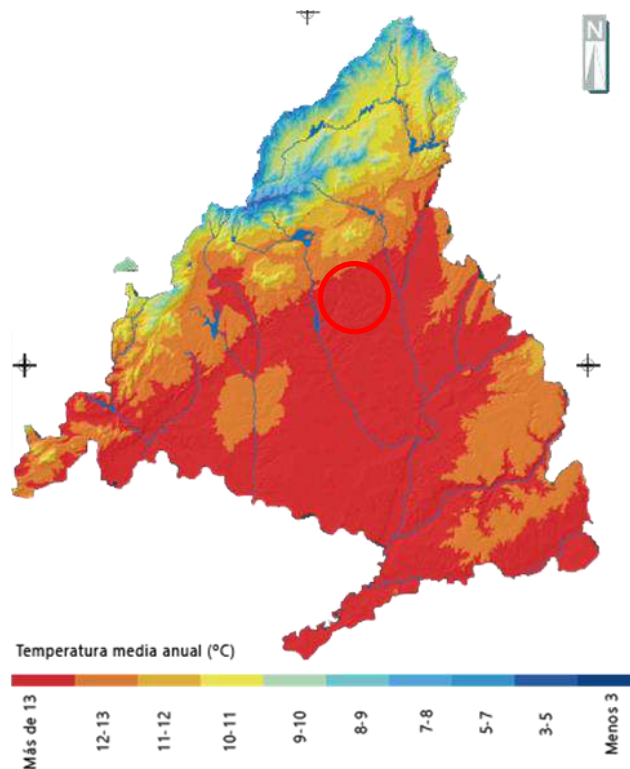
Teniendo en cuenta los datos que aparecen en la tabla, estos han sido representados en la siguiente gráfica con la finalidad de obtener una visión más diáfana de los mismos:

**Gráfica 1.** Reparto anual de temperaturas



La siguiente imagen, muestra un mapa del reparto de temperaturas medias anuales en la comunidad de Madrid.

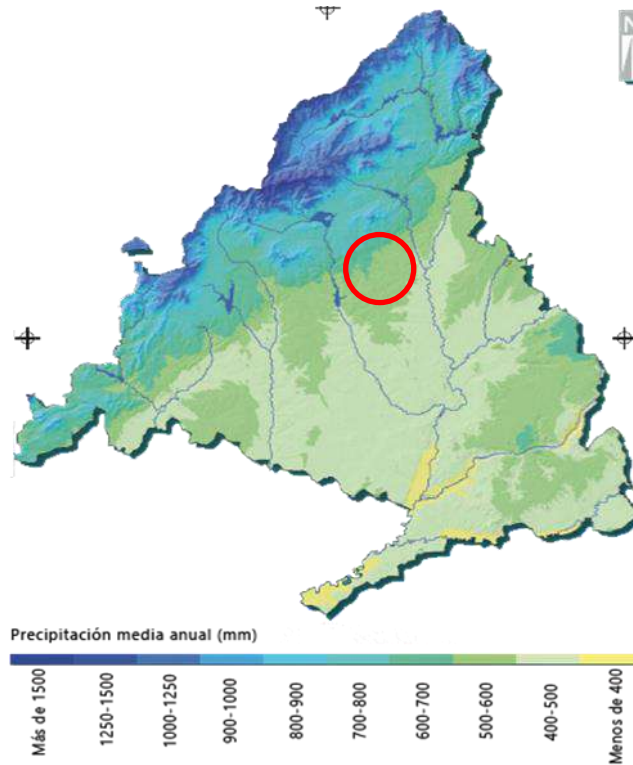
**Figura 13.** Distribución de los valores de temperaturas medias anuales en Madrid.



## **PLUVIOMETRÍA**

El siguiente mapa muestra la distribución de los valores de precipitaciones en la Comunidad Autónoma de Madrid (elaborados a partir de los datos del Instituto Nacional Meteorológico). Se reseña con un círculo rojo el ámbito motivo de estudio.

**Figura 14.** Distribución de los valores de precipitación media anual en Madrid.



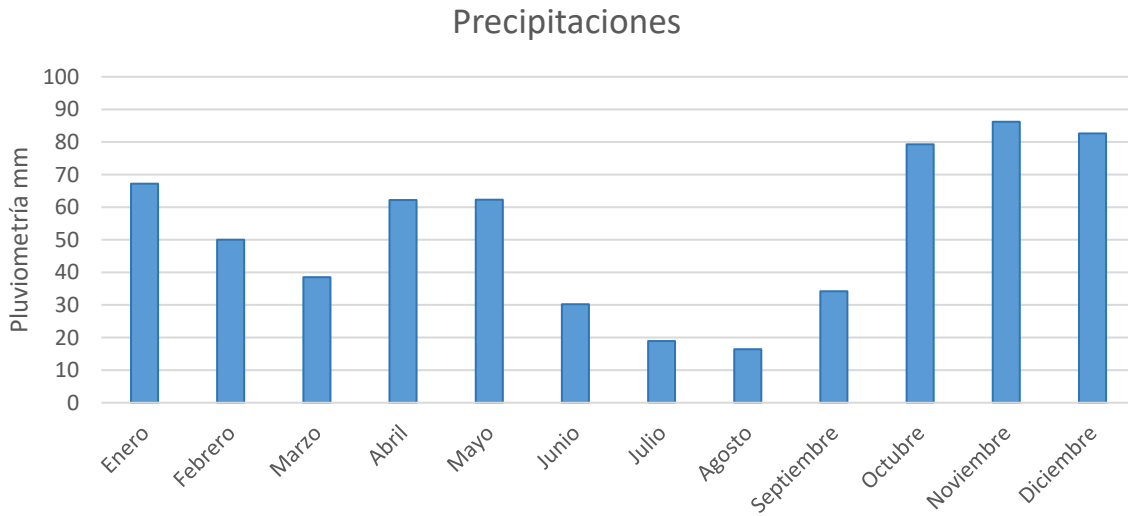
El valor medio anual en la zona de estudio es de 628 mm. Estos datos reflejan un régimen anual atlántico, dándose precipitaciones durante todo el año, siendo más intensas en primavera y otoño. El meteoro pluviométrico que predomina es la lluvia, ya que las nevadas invernales son prácticamente inexistentes y de poca significación. En la siguiente tabla se muestra el reparto de precipitación a lo largo del año:

**Figura 15.** Distribución anual de las precipitaciones.

|                         | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Anual |
|-------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pluviometría media (mm) | 67,2  | 50,0    | 38,5  | 62,2  | 62,3 | 30,2  | 18,9  | 16,4   | 34,2       | 79,3    | 86,2      | 82,6      | 628,0 |

A partir de estos datos, se hace la siguiente representación gráfica de elaboración propia en base a la estación pluviométrica anteriormente mencionada.

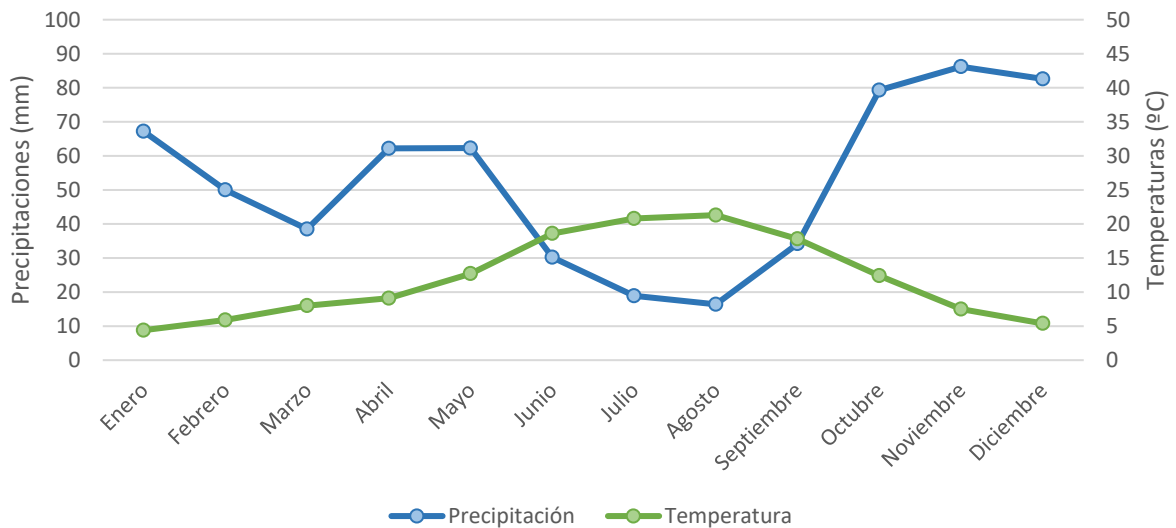
Gráfica 2. Distribución anual de las precipitaciones.



### DIAGRAMA OMBROTÉRMICO

Si se analizan de manera conjunta las temperaturas y la precipitación, se puede obtener el diagrama ombrotérmico de la zona de estudio.

Gráfica 3. Diagrama ombrotérmico.



Como se puede ver en la gráfica anterior, las precipitaciones son muy distribuidas durante todo el año, siendo más lluviosos los meses de primavera y otoño.

## ÍNDICES CLIMÁTICOS

A continuación, se exponen algunas clasificaciones climáticas elaboradas a partir de los datos climáticos que se han expuesto anteriormente, el primer estudio será de la estación de Prado Herrero.

- **Índice de aridez ( $I_a$ ) de Martonne (1926):**

$$I_a = \frac{P}{T+10} = 18,56 \quad \text{sub-húmedo (30 < } I_a < 60)$$

P = Precipitaciones anuales (mm)

T = Temperatura media anual

- **Índice de Emberger (1930):**

$$Q = \frac{100 \times P}{\bar{T}_{max}^2 - \bar{T}_{min}^2} = 52,79 \quad \text{Subhúmedo (90 > } Q > 50)$$

P = Precipitaciones anuales (mm)

Mi = Mes más cálido de las Temperaturas máximas (°C)

mi = Mes más frío de las Temperaturas mínimas (°C)

- **Índice de Dantin & Revenga (1940):**

$$DR = 100 \times \frac{T}{P} = 1,91 \quad \text{España húmeda (0 > } DR > 2)$$

P = Precipitaciones anuales (mm)

T = Temperatura media anual (°C)

- **Índice de erosión potencial de Fournier (1960):**

$$K = \frac{P_i^2}{P} = 6,18 \quad \text{Muy bajo (K < 60)}$$

Pi = Mes de mayor precipitación media (mm)

P = Precipitaciones anuales (mm)

**Tabla 6.** Índices climáticos

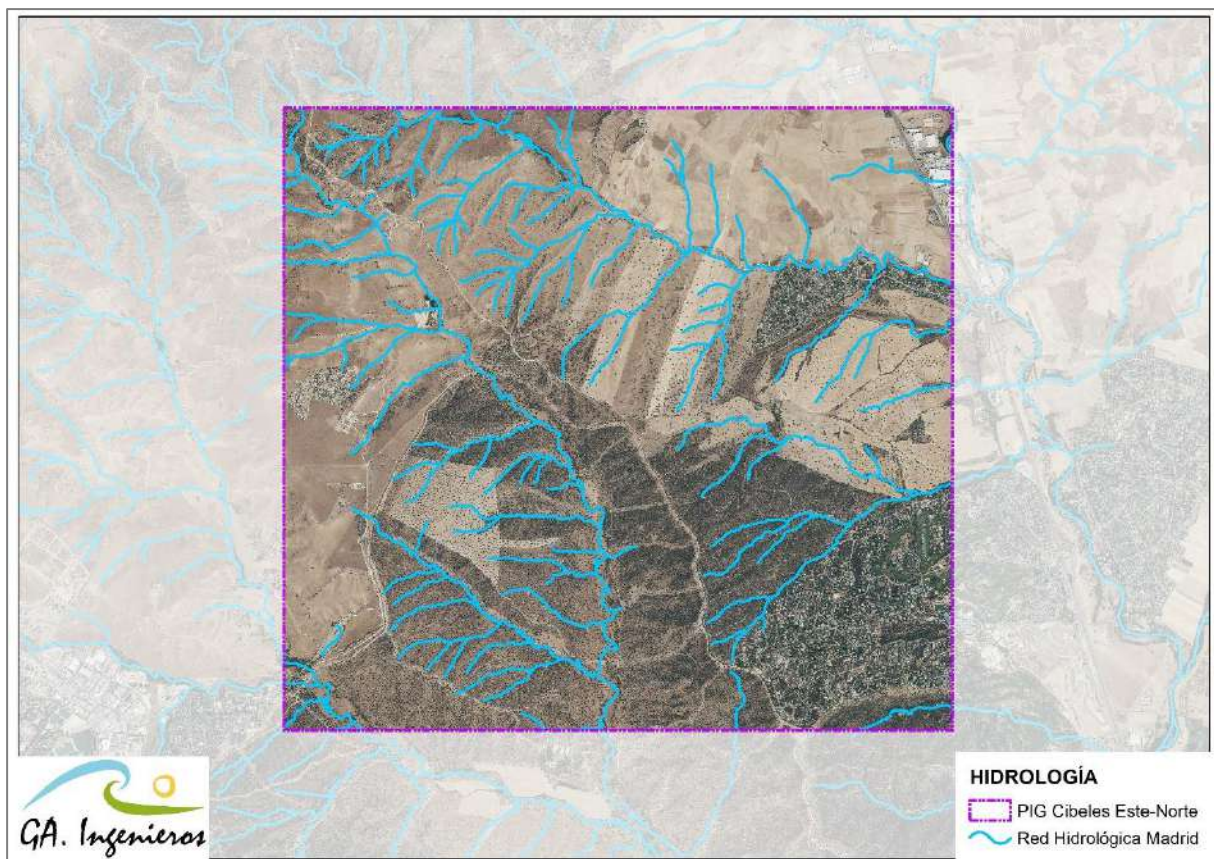
| ÍNDICE             | VALOR | CLASIFICACIÓN | RANGO  |
|--------------------|-------|---------------|--------|
| ÍNDICE DE MARTONE  | 28,56 | Sub-húmedo    | 20 -30 |
| ÍNDICE DE EMBERGER | 52,79 | Sub-húmedo    | 90-50  |
| ÍNDICE DE DANTIN   | 1,91  | España húmeda | 0 - 2  |
| ÍNDICE DE UNEP     | 0,91  | Húmedo        | >0.65  |
| ÍNDICE DE FOURNIER | 6,18  | Muy bajo      | <60    |

#### 4.1.2 HIDROLOGÍA

Se identifican y caracterizan los cauces y masas de agua superficial, así como las zonas protegidas por la planificación hidrológica existentes en el ámbito del proyecto, que puedan verse afectadas de alguna manera por las acciones del proyecto. La zona a estudio se enmarca dentro del ámbito territorial del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.

Utilizando la cartografía oficial de la Base Topográfica Nacional escala 1:25.000 (BTN25), pues es la que mejor se ajusta sobre ortofotografía aérea, se han identificado los principales cauces existentes dentro del área del Permiso de Investigación "Cibeles Este Norte". Se realiza el estudio de la longitud de los ríos que cruzan el área del permiso de investigación, correspondientes a la red hidrológica del Tajo. La longitud total es de 106,63 km.

**Figura 16.** Red hídrica presente en el entorno del Permiso de Investigación según BTN25.



Los cuerpos de agua de mayor importancia identificados en el área del permiso de investigación se corresponden con El Arroyo de las Cañas de la Parrilla y el Arroyo de la Fresneda. En la siguiente tabla, se puede ver la longitud de los elementos más importantes de la red hídrica que quedarían dentro del área de estudio:

**Tabla 7.** Longitud de red hídrica dentro del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.

| <b>LONGITUD DE LA RED HÍDRICA EN LA CHT</b> |                      |
|---|----------------------|
| <b>Nombre</b>                               | <b>Longitud (km)</b> |
| Arroyo Arena                                | 3,44                 |
| Arroyo Colmenarejo                          | 0,88                 |
| Arroyo de Almenara                          | 0,74                 |
| Arroyo de Cabeza Cana                       | 0,14                 |
| Arroyo de la Fresneda                       | 6,74                 |
| Arroyo de la Pastelera                      | 0,94                 |
| Arroyo de las Cañas de la Parrilla          | 8,61                 |
| Arroyo de las Carcavillas                   | 1,65                 |
| Arroyo de las Horcajas                      | 1,22                 |
| Arroyo de los Camorchones                   | 0,33                 |
| Arroyo de Majapán                           | 1,07                 |
| Arroyo de Valdemajadas                      | 1,66                 |
| Arroyo del Barranco Hondo                   | 1,29                 |
| Arroyo del Bodonal                          | 1,21                 |
| Arroyo del Casetón                          | 1,98                 |
| Arroyo del Escobar                          | 0,53                 |
| Arroyo del Gitano                           | 1,26                 |
| Arroyo del Llano de los Labradores          | 1,05                 |
| Arroyo del Moralejo                         | 0,51                 |
| Arroyo del Registro                         | 1,16                 |
| Arroyo del Tallar                           | 1,07                 |
| Arroyo del Tejar                            | 1,69                 |
| Arroyo del Valle Grande                     | 0,69                 |
| <i>Arroyo Sin Nombre</i>                    | 49,65                |
| Barranco de Hierba                          | 1,09                 |
| Barranco de la Reina                        | 1,66                 |
| Barranco de la Tablilla                     | 0,82                 |
| Barranco de Labradores                      | 3,96                 |
| Barranco de los Chopos                      | 1,96                 |
| Barranco de los Mochuelos                   | 1,15                 |
| Barranco de Valviejo                        | 1,74                 |
| Barranco del Barrenoso                      | 2,74                 |
| Barranco del Borrigo                        | 0,62                 |
| Barranco del Valle de los Pájaros           | 1,14                 |
| Río Guadalix                                | 0,25                 |
| <b>Total</b>                                | <b>106,63</b>        |

#### 4.1.3 GEOLOGÍA

El área de estudio del permiso de investigación para geotermia se ubica sobre la hoja 534 “Colmenar Viejo” de la serie MAGNA del IGME.

La Hoja 534 se encuentra situada en el sector central de la provincia de Madrid, inmediatamente al norte del núcleo urbano de la capital, cuyo extremo más septentrional prácticamente está incluido



dentro de la Hoja. En su mayor parte pertenece a la Depresión del Tajo, si bien en el ángulo noroccidental se elevan las estribaciones meridionales de la Sierra del Guadarrama.

La mayor parte de este último dominio se encuentra por encima de los 800 m de altitud, sobrepasando los 1000 m en el ángulo noroccidental, en las proximidades del paraje de La Dehesilla. Pese a que en él se encuentran los relieves más destacados de la Hoja, no existen contrastes importantes, excepto a lo largo de los valles del río Manzanares, y su afluente, el arroyo del Jaramillo, cuyas vertientes superan el centenar de metros de desnivel.

El relieve correspondiente a la Depresión del Tajo se caracteriza por configurar una superficie dispuesta entre 700 y 800 m de altitud, profundamente disectada por una densa red fluvial, de entre la que destacan los ríos Manzanares y Jarama, disección que ha dado lugar a una gran variedad de formas, como cárcavas, escarpes y terrazas, siendo precisamente en el valle del Jarama donde se localizan las altitudes mínimas, inferiores a 580 m.

### **PRECÁMBRICO-PALEOZOICO**

Se incluyen en el presente apartado aquellos materiales relacionados con el ciclo hercínico y que constituyen el zócalo regional. Forman parte del Sistema Central cuya representación en la Hoja comprende un conjunto de rocas ígneas y metamórficas ubicadas en el borde meridional de la Sierra de Guadarrama, pudiendo distinguirse tres tipos de materiales en función de su génesis:

- Rocas metamórficas. Generadas por acción del metamorfismo hercínico sobre una serie sedimentaria preordovícica, intruida por cuerpos granodioríticos y graníticos. Afloran al E de Colmenar Viejo.
- Rocas plutónicas hercínicas. Corresponden a intrusiones tardías constituyentes de la mayor parte de los afloramientos del zócalo, reconociéndose cuatro unidades de intrusión que, de más antigua a más moderna son: granitos de Colmenar Viejo, leucogranitos de El Pendolero, granitos de Hoyo de Manzanares y leucogranitos de grano fino.
- Rocas filonianas. Encajan en el conjunto anterior, configurando una densa red de diques de composición variable, habiéndose distinguido dos tipos en la cartografía: diques de microdioritas, pórfidos y aplitas y diques de cuarzo.

### **MESOZOICO-CENOZOICO**

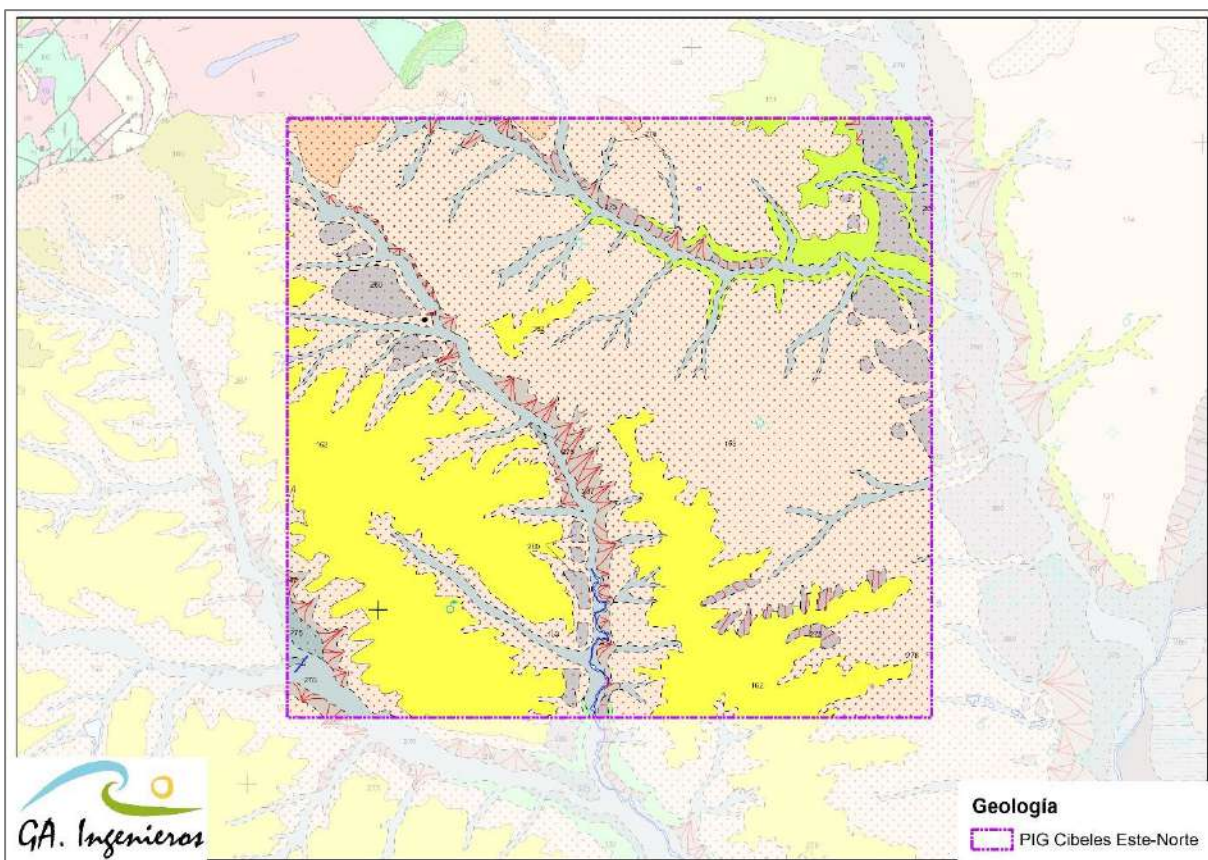
Se incluyen en el presente apartado todos aquellos materiales cuyo depósito está relacionado con el ciclo alpino y que se disponen sobre el zócalo hercínico descrito en el apartado anterior, en el ámbito de la Cuenca de Madrid. Sus afloramientos pueden dividirse en tres grupos en función de su edad y características sedimentarias, de más antiguos a más modernos:

- Materiales cretácicos de origen marino, aflorantes a modo de retazo en las proximidades de Colmenar Viejo; su aparición tiene lugar a favor del contacto, de naturaleza tectónica, entre los dominios del Sistema Central y la Cuenca de Madrid.

- Sedimentos miocenos de carácter continental, integrantes del relleno más reciente de la Cuenca de Madrid y que constituyen la mayor parte de los afloramientos de la Hoja.
- Depósitos cuaternarios relacionados con el modelado más reciente de la región y que presentan su máxima representación en los valles de los ríos Jarama y Manzanares.

Aunque dichos afloramientos podrían sugerir una serie mesozoico-terciaria con importantes lagunas estratigráficas dentro de la Cuenca de Madrid, la columna litológica proporcionada por el sondeo El Pradillo-1 ha señalado la existencia de una serie prácticamente continua entre el Cretácico superior y el Mioceno, cuyo espesor supera los 3.000 m, si bien el conjunto cretácico-paleógeno se encuentra soterrado bajo la cobertera miocena.

**Figura 17.** Mapa geológico de la zona de estudio (IGME).



Por otro lado, se han identificado dos lugares de interés geológico (**LIG**) en el entorno del proyecto:

- **“Cabalgamiento del zócalo granítico sobre el Cenozoico de la cuenca de Madrid en el puente de la Marmota”**, ubicado a 10 km al suroeste del Permiso de Investigación. Al sur de Colmenar Viejo, en el valle del Manzanares y en las proximidades del Puente de la Marmota, muy próximo al límite norte del monte de El Pardo, se puede reconocer el cabalgamiento del zócalo granítico sobre las facies proximales de los depósitos miocenos de este borde de la Fosa del Tajo, en concreto de la Cuenca de Madrid. Además, en ese paraje se puede observar también el encajamiento del río sobre los granitos y el contraste de la apertura y el cambio paisajístico de este valle en la zona de contacto con los depósitos sedimentarios de la cuenca de Madrid.

Este contacto tectónico, en general difícil de reconocer en detalle a lo largo del borde norte del Sistema Central, se puede ver en la pista a La Sacera, en la margen derecha del valle, así como en alguna barranquera próxima o bien en las proximidades del puente, ya en la margen izquierda junto a la antigua central eléctrica. Hacia el sur se puede observar el valle del Manzanares y una gratificante e inusual vista de este sector de la cuenca hacia Madrid.

- **“Yacimiento Paleontológico del Mioceno inferior de La Encinilla”**, ubicado a 1,5 km al oeste del Permiso de Investigación. Se trata de un yacimiento formado en una depresión a pie de los materiales graníticos de la Sierra de Madrid (Sistema Central), encontrándose los fósiles dispersos en una matriz arcósica muy dura, lo que dificulta mucho su extracción. No ha sido excavado de manera sistemática y los restos obtenidos son relativamente escasos.

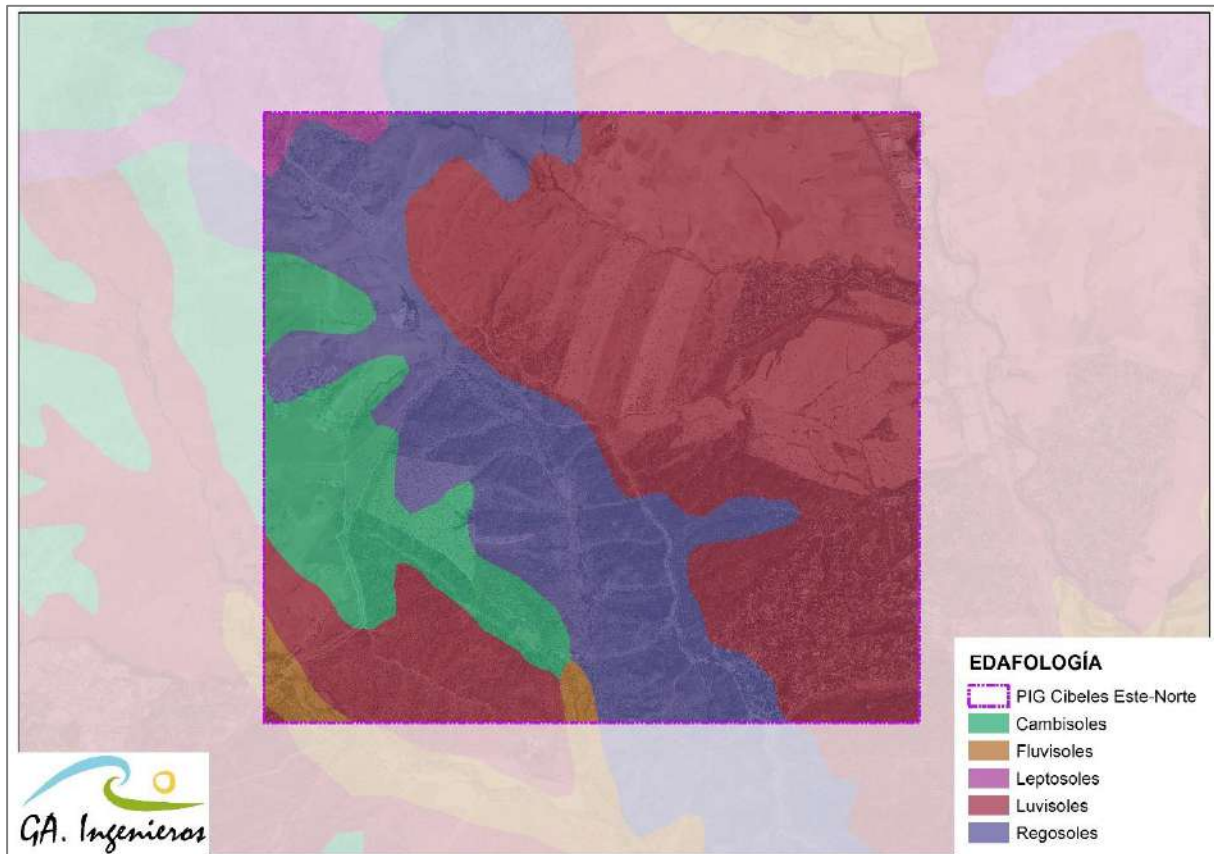
#### 4.1.4 EDAFOLOGÍA

Según la cartografía puesta a disposición por IDE Madrid, el tipo de suelo existente en la zona de ubicación del área de investigación objeto de estudio, se corresponde principalmente con cuatro categorías: Luvisoles, Regosoles, Cambisoles y Fluvisoles, siendo las dos primeras mayoritarias.

- **Cambisoles.** Son suelos moderadamente desarrollados. Se caracterizan por una estructura y un color diferente al del material original. El horizonte B se caracteriza por una alteración débil a moderada del material original, por la ausencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica y compuestos de hierro y aluminio, de origen fluvial. Permiten una amplia gama de posibles usos agrícolas. Sus principales limitaciones están asociadas a la topografía, bajo espesor, pedregosidad o bajo contenido de base.
- **Regosoles.** Son suelos poco desarrollados en materiales no consolidados que carecen de un horizonte mólico o úmbrico, no son muy delgados o muy ricos en fragmentos gruesos (Leptosoles), tampoco arenosos (Arenosoles), ni con materiales flúvicos (Fluvisoles). Los Regosoles son muy extensos en tierras erosionadas y zonas de acumulación, en particular en zonas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos.
- **Luvisoles.** Se desarrollan principalmente sobre una gran variedad de materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales. Predominan en zonas llanas o con suaves pendientes de climas templados fríos o cálidos pero con una estación seca y otra húmeda, como el clima mediterráneo. El amplio rango de materiales originales y condiciones ambientales, otorgan una gran diversidad a este grupo. Cuando el drenaje interno es adecuado, presentan una gran potencialidad para un gran número de cultivos a causa de su moderado estado de alteración y su, generalmente, alto grado de saturación.
- **Fluvisol.** El material original lo constituyen depósitos, predominantemente recientes, de origen fluvial, lacustre o marino. Se encuentran en áreas periódicamente inundadas, a menos que estén protegidas por diques, de llanuras aluviales, abanicos fluviales y valles pantanosos. Los Fluvisoles suelen utilizarse para cultivos de consumo, huertas y, frecuentemente, para pastos. Es habitual que requieran un control de las inundaciones, drenajes artificiales y que se utilicen bajo regadío.
- **Leptosol.** El material original puede ser cualquiera tanto rocas como materiales no consolidados con menos del 10 % de tierra fina. Aparecen fundamentalmente en zonas altas

o medias con una topografía escarpada y elevadas pendientes. Se encuentran en todas las zonas climáticas y, particularmente, en áreas fuertemente erosionadas. El desarrollo del perfil es de tipo AR o AC, muy rara vez aparece un incipiente horizonte B. En materiales fuertemente calcáreos y muy alterados puede presentar un horizonte Móllico con signos de gran actividad biológica. Son suelos poco o nada atractivos para cultivos; presentan una potencialidad muy limitada para cultivos arbóreos o para pastos.

Figura 18. Edafología en el entorno de “Cibeles Este Norte”



Por otra parte, **no** se ha **identificado** ningún posible **elemento** protegido por su **valor** agrológico o edafológico.

#### 4.2 VEGETACIÓN, FLORA Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

Se realiza una descripción de la flora y vegetación presente en el entorno del Permiso de Investigación Minera “Cibeles Este Norte”. Para ello, se distinguen los siguientes apartados.

- **Vegetación potencial.** En este apartado se nombran y describen las series de vegetación donde se asienta el proyecto, con el fin de reconocer el hábitat de la zona.
- **Unidades de vegetación actual.** A partir del Mapa Forestal de España escala 1:50.000.
- **Inventario de flora.** Se realiza una búsqueda de las especies de flora potenciales del entorno del proyecto. Posteriormente, se analiza la presencia de las diferentes especies

inventariadas para ver si presentan algún estado de amenaza, recogido en los Catálogos Nacional y Regional.

- **Hábitats de Interés Comunitario.** A partir de la cartografía disponible en el Inventario Nacional de Biodiversidad (2005), se distinguen los Hábitats de Interés Comunitario y se calcula la superficie de cada tipo de hábitat ubicado dentro de la poligonal del Permiso de Investigación.

#### 4.2.1 VEGETACIÓN POTENCIAL

Se han analizado las series de vegetación potencial (según Rivas – Martínez, 1987) en el área delimitada para el Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”. El resultado es que en el área de estudio existe una única serie de vegetación predominante 24ab y una porción de la serie I:

- **24a) Serie supra-mesomediterránea guadarrámica, ibérico-soriana, celtibérico-alcarreña y leonesa silicícola de la encina o *Quercus rotundifolia* (*Junipero oxycedri-Querceto rotundifoliae sigmetum*).**

La serie silicícola de la encina ocupa, de forma discontinua, los territorios situados al suroeste de la depresión del Ebro, ya pertenecientes a la provincia Carpetano-Ibérico-leonesa (sector Ibérico-Soriano) o a la provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega (sector Maestracense). Se desarrolla sobre suelos ácidos formados sobre los sustratos de esta misma naturaleza frecuentes en estas áreas (cuarcitas, areniscas silíceas, pizarras o conglomerados silíceos, etcétera).

El bosque que representa a la etapa madura de esta serie (clímax) es un encinar pobre en arbustos y hierbas vivaces en donde, a menudo, la propia encina o carrasca en forma de arbusto constituye su primera etapa de sustitución. Además de la encina (*Quercus rotundifolia*) y enebros (*Juniperus oxycedrus*) son frecuentes ciertas lianas y nanofanerófitos como esparragueras (*Asparagus acutifolius*), torvisco (*Daphne gnidium*), rubia (*Rubia peregrina*), etcétera. Actualmente el bosque prístino se encuentra bastante alterado debido a los usos ganadero, agrícola y forestal del territorio. En el ámbito del proyecto, más concretamente nos encontramos una faciación de esta serie: la mesomediterránea o de *Retama sphaerocarpa* (24ab).

- **I) Geomegaseries riparias mediterraneas y regadíos.**

La existencia de esta serie se encuentra condicionada por la presencia de suelos semi-acuáticos o acuáticos, típicamente asociados a riberas y cursos de agua. Se diferencian dos grupos dentro de estas geomegaseries, las correspondientes con alamedas negras (*Populus nigra*) y las correspondientes con las alamedas blancas (*Populus alba*).

Las alamedas negras tienen en la cabecera de serie la asociación *Rubo-Salicetum atrocineræe*, la cual en sus orlas se asocia a arbustedas espinosas del *Rubo ulmifolii-Rosetum corymbiferae*, en las orlas próximas al cauce abundan *Salix salviifolia* y *Salix atrocineræa*, los cuales conforman la asociación *Salicetum salvifolio-lambertianæe*.

En el caso de las alamedas blancas, algo más termófilas que las anteriores, tienen en la cabecera de serie las asociaciones *Rubio tinctorum-Populetum albae* y *Salici atrocineræe Populetum albae*, las cuales se componen principalmente de un estrato arbóreo denso de

*Populus alba*, bajo el cual aparecen arbustadas espinosas de las asociaciones *Pruno-Rubion ulmifolii* y *Clematido campaniflorae-Rubetum ulmifolii*, en las zonas próximas a las riberas aparecen saucedas de *Salix salviifolia* y *Salix atrocinerea* pertenecientes a la asociación *Salicetum salvifolio-lambertianae*.

Con frecuencia estos bosques de galería han sido roturados y alterados, principalmente por excesiva presión agrícola, con frecuencia son sustituidos por diversas formaciones hidrófilas, entre las que destacan los juncales y diversas comunidades de helófitos.

#### 4.2.2 INVENTARIO DE FLORA

Se ha obtenido un listado de especies presentes en el ámbito de estudio a partir de una búsqueda bibliográfica, considerando como ámbito de estudio la delimitación de los Permisos de Investigación de Geotermia “Cibeles”. Se han utilizado principalmente 3 fuentes de información: **Inventario Nacional de Biodiversidad** (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, actualización de 2015), Programa **Anthos** (Ministerio de Medio Ambiente, CSIC y Real Jardín Botánico) y el **programa GBIF** (Global Biodiversity Information Facility).

Se han inventariado un total de 1.338 taxones de flora vascular en las cuadrículas UTM10x10 en las que se localizan los proyectos (30TVL30, 30TVL40, 30TVK38, 30TVK39, 30TVK48 y 30TVK49).

A continuación, se analiza la presencia de las diferentes especies inventariadas en cuanto al grado de protección según los Catálogos Nacional y Autonómicos. Según el **Real Decreto 139/2011**, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del **Catálogo Español** de Especies Amenazadas (BOE núm. 46, del 23 de febrero de 2011).

**No se han encontrado especies protegidas bajo el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Sólo se han identificado las siguientes especies listadas:**

- ✓ **Narcissus pseudonarcissus**
- ✓ **Narcissus triandrus**

Según el **Decreto 18/1992**, de 26 de marzo, aprobación del **Catálogo Regional de Madrid** de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres y creación de la categoría de Árboles Singulares, se han encontrado las siguientes especies protegidas en el ámbito de estudio:

- ✓ **1 especie en categoría “Peligro de extinción”:** *Narcissus pseudonarcissus*.
- ✓ **5 especies en categoría de “Vulnerable”:** *Amelanchier ovalis*, *Hypericum androsaemum*, *Narcissus cantabricus*, *Prunus padus* y *Littorella uniflora*.
- ✓ **12 especies en categoría de “Interés especial”:** *Arbutus unedo*, *Betula pendula*, *Corylus avellana*, *Fagus sylvatica*, *Gentiana lutea*, *Malus sylvestris*, *Prunus avium*, *Quercus robur*, *Quercus suber*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia* y *Viburnum opulus*.

- ✓ **9 especies en categoría “Sensible a la alteración de su hábitat”:** *Fraxinus excelsior*, *Hyacinthoides non-scripta*, *Ilex aquifolium*, *Juniperus thurifera*, *Lilium martagon*, *Pyrus bourgaeana*, *Taxus baccata*, *Ulmus glabra* y *Isoetes velatum*.

#### 4.2.3 VEGETACIÓN ACTUAL

Se ha realizado un análisis de las unidades de vegetación y usos del suelo presentes actualmente en el área delimitado para la realización del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”, para esto se ha utilizado como base la cartografía oficial asociada al Mapa Forestal de España para la provincia de Madrid escala 1:50.000. En la siguiente tabla se pueden ver las superficies de cada unidad de vegetación identificadas:

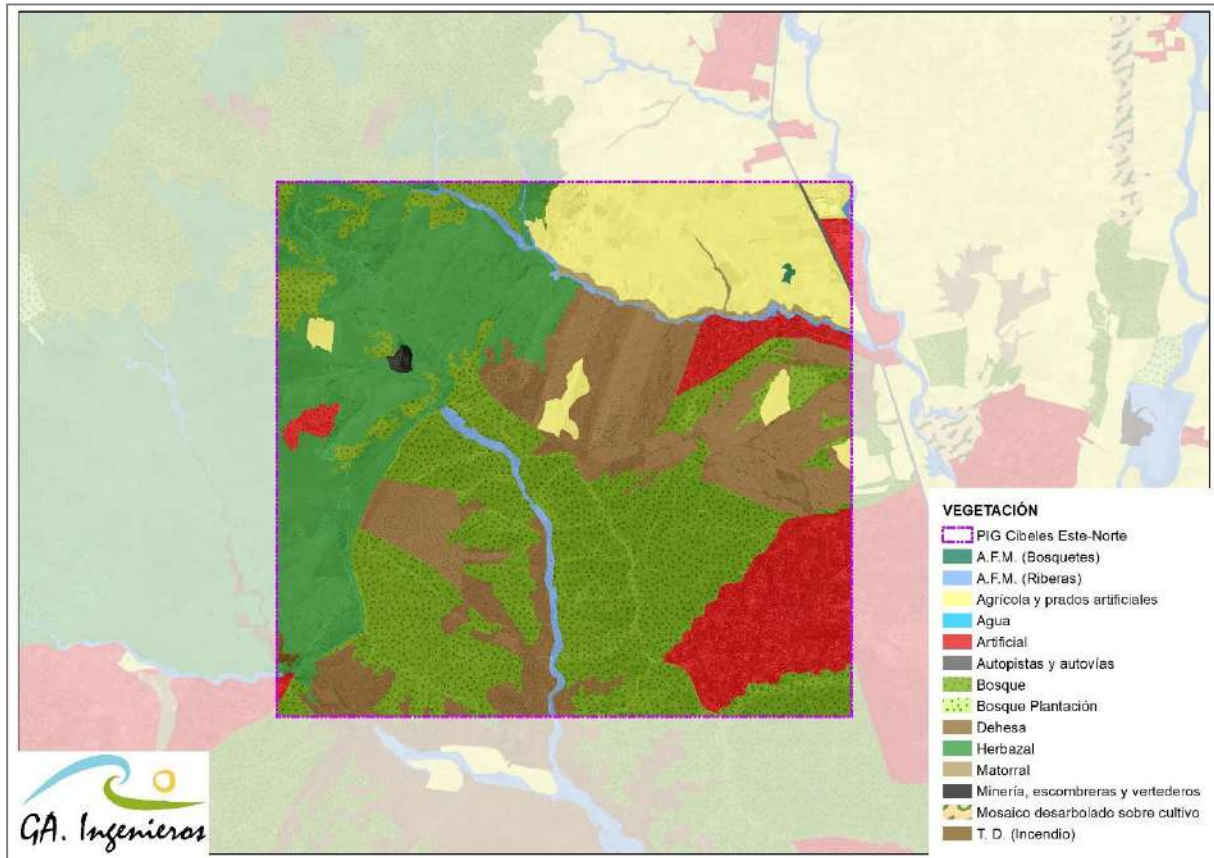
**Tabla 8.** Superficies de representatividad de las unidades de vegetación en el área de “Cibeles Este Norte”.

| SUPERFICIES DE UNIDADES DE VEGETACIÓN |                 |                |
|---------------------------------------|-----------------|----------------|
| UNIDADES                              | ÁREA (Ha)       | PORCENTAJE (%) |
| A.F.M. (Bosquetes)                    | 2,20            | 0,05%          |
| A.F.M. (Riberas)                      | 68,07           | 1,67%          |
| Agrícola y prados artificiales        | 515,22          | 12,61%         |
| Artificial                            | 402,65          | 9,85%          |
| Autopistas y autovías                 | 5,28            | 0,13%          |
| Bosque                                | 1.344,71        | 32,90%         |
| Dehesa                                | 822,67          | 20,13%         |
| Herbazal                              | 891,64          | 21,82%         |
| Matorral                              | 23,19           | 0,57%          |
| Minería, escombreras y vertederos     | 6,77            | 0,17%          |
| T. D. (Incendio)                      | 4,35            | 0,11%          |
| <b>TOTAL</b>                          | <b>4.086,74</b> | <b>100%</b>    |

Como se puede ver en la tabla anterior, la unidad más representada es el bosque seguida del herbazal o monte desarbolado y de la dehesa. Entre las unidades menos representativas se localizan las autopistas y autovías, los terrenos dedicados a minería y los terrenos incendiados.

En la siguiente imagen, se puede ver la distribución de las unidades de vegetación anteriormente mostradas en la tabla, con respecto al Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.

**Figura 19.** Unidades de vegetación dentro del área delimitada para el Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.



#### 4.2.4 HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

Se han identificado los Hábitats de Interés Comunitario dentro de la delimitación del área asociado al Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”, según la cartografía disponible en el Inventario Nacional de Biodiversidad (2005). En total, dentro de dicho área, se han identificado un total de 3.124,20 ha de superficie, asociadas a 7 hábitats diferentes, uno de ellos de carácter prioritario. En la siguiente tabla, se puede ver la representatividad de cada tipo de HIC.

**Tabla 9.** Superficie de ocupación de los Hábitats de Interés Comunitario dentro de la delimitación de “Cibeles Este Norte”.

| HICs<br>HABLAY (CODUE) | ÁREA (ha)     | HICs<br>HABLAY (CODUE) | ÁREA (ha)     | HICs<br>HABLAY (CODUE) | ÁREA (ha)     |
|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| <b>5330</b>            | <b>195,08</b> | <b>6310</b>            | <b>260,76</b> | <b>9340</b>            | <b>643,12</b> |
| 134035                 | 0,86          | 134553                 | 5,79          | 134035                 | 2,72          |
| 134165                 | 1,48          | 134778                 | 84,15         | 134165                 | 1,48          |
| 134256                 | 106,66        | 135274                 | 70,19         | 134256                 | 106,66        |
| 134553                 | 1,93          | 135303                 | 95,77         | 135134                 | 43,30         |
| 134778                 | 84,15         | 135756                 | 2,54          | 135159                 | 145,47        |
| <b>6220*</b>           | <b>232,30</b> | 135902                 | 2,33          | 135202                 | 37,98         |
| 134035                 | 0,86          | <b>6420</b>            | <b>182,01</b> | 135423                 | 193,28        |
| 134165                 | 1,48          | 133746                 | 9,83          | 135562                 | 109,91        |



| HICs           | ÁREA (ha) | HICs           | ÁREA (ha) | HICs           | ÁREA (ha)    |
|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|--------------|
| HABLAY (CODUE) |           | HABLAY (CODUE) |           | HABLAY (CODUE) |              |
| 134256         | 106,66    | 134085         | 1,37      | 135901         | 2,33         |
| 134553         | 1,93      | 134165         | 1,48      | <b>91B0</b>    | <b>61,46</b> |
| 134778         | 84,15     | 134256         | 106,66    | 134934         | 0,11         |
| 135562         | 34,71     | 134882         | 0,20      | 135116         | 0,56         |
| 135756         | 0,49      | 135116         | 0,18      | 135129         | 41,54        |
| 135901         | 0,47      | 135129         | 13,12     | 135502         | 0,40         |
| 135902         | 1,55      | 135134         | 8,38      | 135835         | 18,85        |
|                |           | 135152         | 0,19      | <b>92A0</b>    | <b>35,47</b> |
|                |           | 135342         | 0,02      | 133746         | 13,10        |
|                |           | 135502         | 0,13      | 134085         | 2,06         |
|                |           | 135562         | 34,71     | 134759         | 1,94         |
|                |           | 135835         | 3,65      | 134882         | 0,20         |
|                |           | 135855         | 0,08      | 134934         | 0,11         |
|                |           | 135901         | 0,47      | 135116         | 0,18         |
|                |           | 135902         | 1,55      | 135129         | 13,12        |
|                |           |                |           | 135502         | 0,13         |
|                |           |                |           | 135835         | 3,65         |
|                |           |                |           | 135855         | 0,99         |

En la siguiente figura, se puede ver la ubicación de estos Hábitats con respecto a la delimitación del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.

Figura 20. Hábitats de Interés Comunitario dentro de la delimitación del área de “Cibeles Este Norte”.



#### 4.3 FAUNA

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica para reunir la información existente sobre Se ha realizado una búsqueda bibliográfica para reunir la información existente sobre diversidad faunística en el ámbito de estudio. Entre las fuentes consultadas, destaca el **Inventario Español de Especies Terrestres (IEET)**, regulado mediante el RD 556/2011, de 20 de abril, el cual recoge la distribución, abundancia y estado de conservación de la fauna y flora terrestre española.

La información contenida en el IEET es aplicable al cumplimiento de diferentes compromisos nacionales e internacionales de España, como los derivados del informe periódico de aplicación de las directivas 2009/147/CEE y 92/43/CEE, de aves y hábitats respectivamente, los informes anuales sobre el estado del patrimonio natural y la biodiversidad (artículo 10 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre) y los informes de evaluación periódica del estado de conservación de las especies protegidas (artículo 9 del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero).

Este inventario reúne información de distintas fuentes, como son los seguimientos realizados por organizaciones conservacionistas (SECEM, SEO-BirdLife), los atlas y libros rojos existentes para los diferentes grupos faunísticos, así como seguimientos específicos. En este Inventario se incluye también la información relativa al anillamiento científico de aves y murciélagos, coordinado a escala nacional por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a través de la Oficina de Especies

Migradoras (OEM). Asimismo, también se incluyen los Censos de Aves Acuáticas Invernantes y los resultados de proyectos realizados en relación a los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad en España.

Teniendo en cuenta el alcance y amplitud de este inventario, se ha considerado adecuada su consulta para obtener una imagen fiable de la biodiversidad del ámbito de estudio y detectar la presencia de especies sensibles a la instalación del proyecto. Cabe mencionar que el grado de precisión de el IEEET es la cuadrícula UTM 10x10. Puesto que las cuadrículas abarcan un área significativamente mayor que el área de implantación del proyecto, se tomará la presencia de estas especies como potencialmente presentes.

En total, se identificaron un total de 237 especies diferentes, 9 de ellas anfibios, 150 pertenecientes a aves, 34 mamíferos, 13 insectos, 15 peces continentales y 16 reptiles, en las mismas cuadrículas UTM 10x10 en las que se ha realizado el inventario de flora.

A continuación, se analiza la presencia de las diferentes especies inventariadas en cuanto al grado de protección según el Catálogo Nacional. Según el **Real Decreto 139/2011**, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del **Catálogo Español** de Especies Amenazadas (BOE núm. 46, del 23 de febrero de 2011). Las siguientes especies catalogadas según el Catálogo Español de Especies Amenazadas están presentes en el ámbito de estudio:

- ✓ **125** especies en la categoría "**Listadas**".
- ✓ **8** especies en categoría "**Vulnerable**". *Aegypius monachus*, *Aquila fasciata*, *Ciconia nigra*, *Circus pygargus*, *Microtus cabrerae*, *Miniopterus schreibersii*, *Rhinolophus euryale* y *Tetrax tetrax*.
- ✓ **2** especies en "**Peligro de Extinción**": *Milvus milvus* y *Aquila Adalberti*.

En cuanto al **Catálogo Regional** de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres de **Madrid**, aprobado por el **Decreto 18/1992**, de 26 de marzo, se citan las siguientes especies catalogadas en el ámbito de estudio:

- ✓ **24** especies en la categoría de "**Interés especial**".
- ✓ **3** especies en categoría "**Sensibles a la alteración de su hábitat**": *Ceratophyus martinezi*, *Lxobrychus minutus* y *Tetrax tetrax*.
- ✓ **10** especies en categoría "**Vulnerable**". *Bubo bubo*, *Ciconia ciconia*, *Circus pygargus*, *Coracias garrulus*, *Falco peregrinus*, *Hyla arborea*, *Lucanus cervus*, *Microtus cabrerae*, *Milvus milvus* y *Rhinolophus euryale*.
- ✓ **6** especies en "**Peligro de Extinción**": *Aegypius monachus*, *Aquila adalberti*, *Aquila fasciata*, *Emys orbicularis*, *Falco naumanni* y *Lutra lutra*.

#### 4.4 RED NATURAL DE MADRID

Se ha realizado una revisión pormenorizada de los espacios naturales protegidos y de la Red Natura 2000 de Madrid ubicados dentro del perímetro del polígono del PIG “Cibeles Este Norte”, con el objetivo de conocer la incidencia del proyecto sobre los distintos ámbitos de protección definidos por la normativa ambiental vigente.

##### **ZEC “CUENCA DEL RÍO MANZANARES”**

El LIC/ZEC Cuenca del río Manzanares se encuadra biogeográficamente en la región mediterránea ibérico-atlántica, registrándose una cierta diversidad climática dependiendo de diversos factores como la altitud, orografía, régimen de vientos. La temperatura media anual oscila entre los 3,5º C, en las cumbres de Cabeza de Hierro, y los 13,5º C, en su extremo más meridional. De la misma forma, aparece un amplio rango de precipitaciones medias anuales, desde los 1.600-2.000 mm en las cumbres de Cabeza de Hierro hasta los 450 mm en el extremo opuesto. Hidrológicamente domina la cuenca del río Manzanares, aunque algunos arroyos drenan a las cuencas de los ríos Guadarrama y Jarama. Cabe destacar la presencia de dos embalses principales, el de El Pardo y el de Santillana, en los cuales invernan y residen numerosas poblaciones de aves acuáticas.

En la cuenca existen diversos sistemas naturales, entre los que destacan, además de los encinares y robledales, los pinares de *Pinus sylvestris* sobre suelos silíceos, por su reconocido valor ambiental, naturalidad y excelente estado de conservación. En ella habitan especies singulares de cumbres y canchales (*Armeria caespitosa*, *Saxifraga pentadactylis*, *Drosera rotundifolia*, *Sphagnum spp.*, *Iberolacerta cyneri*, *Podarcis muralis*, *Lissotriton boscai*, *Luscinia svecica*, *Pyrhocorax pyrrhocorax*, etc.), de pinares y robledales (*Actias isabelae*, *Pernis apivorus*, *Hieraetus pennatus*, *Ficedula hypoleuca*, *Phylloscopus Bonelli*, *Barbastella barbastellus*, etc.) y de encinares (*Cerambyx cerdo*, *Euphydryas aurinia*, *Lucanus cervus*, *Aegypius monachus*, *Aquila adalberti*, *Ciconia nigra*, etc.).

##### **ZEC “CUENCA DEL RÍO GUADALIX”**

El espacio abarca todo el curso del río Guadalix, desde el embalse de Pedrezuela hasta su confluencia con el río Jarama. Climatológicamente se caracteriza por un dominio del clima mediterráneo continental, con influencias montanas dada la cercanía al macizo Guadarrámico. Las formaciones vegetales predominantes son los encinares, sobre todo en el monte de la Dehesa de Moncalvillo. Aparecen igualmente pastos submontanos, y la vegetación ribereña se reduce a una estrecha franja en el curso medio y bajo del río, apareciendo principalmente *Populus nigra* y *Fraxinus sp.* y, en menor medida, *Ulmus sp.* y *Alnus glutinosa*.

La importancia del lugar radica en dos aspectos principales: por un lado, al incluir la vegetación y fauna mediterránea asociada al Monte de Utilidad Pública Dehesa de Moncalvillo, y por otro lado, al incluir las comunidades acuáticas e invernantes asociadas al curso del río Guadalix y al embalse de Pedrezuela. Respecto a las formaciones mediterráneas de la Dehesa de Moncalvillo, destacan por su

extensión y buen estado de conservación las formaciones de enebrales pertenecientes a la asociación fitosociológica *Junipero oxycedri-Quercetum rotundifoliae*, de interés al encontrarse incluidos en los hábitat de interés comunitario 5210 y 9340. Respecto a los ambientes acuáticos, destacan las formaciones ribereñas de *Alnus glutinosa* (prioritarias), las poblaciones de fauna piscícola (que incluye cinco especies de interés comunitario: *Rutilus alburnoides*, *Cobitis taenia*, *Chondrostoma polylepis*, *Rutilus arcasii* y *Barbus comiza*) y de *Lutra lutra*, así como las comunidades de aves acuáticas invernantes en el embalse.

### **ZEPA “SOTO DE VIÑUELAS”**

El territorio de la ZEPA se caracteriza por su relieve suave y ondulado, dominado por un marcado clima mediterráneo-continental. La vegetación típica de la ZEPA se compone de encinares acompañados de jarales (*Cistus sp.*) y torviscos (*Daphne gnidium*). La red fluvial se encuentra escasamente representada, distinguiéndose únicamente unos pocos arroyos con desembocadura al río Jarama.

El Soto de Viñuelas aporta un típico e importante ejemplo de bosque esclerófilo mediterráneo, con la particularidad de encontrarse en unas buenas condiciones de conservación, y de características muy similares a las de la colindante ZEPA Monte de El Pardo. Cercano a la capital, Madrid, se halla en buena parte limitado por grandes urbes: al oeste por Tres Cantos y al sur por San Sebastián de los Reyes. En la ZEPA están representadas un total de 9 especies de aves del Anexo I de la Directiva 2009/147/CE. Presenta un alto interés faunístico de conservación al albergar parejas reproductoras de *Aquila adalberti*, además de otras rapaces forestales como *Hieraetus pennatus*, *Milvus migrans* y *Milvus milvus*.

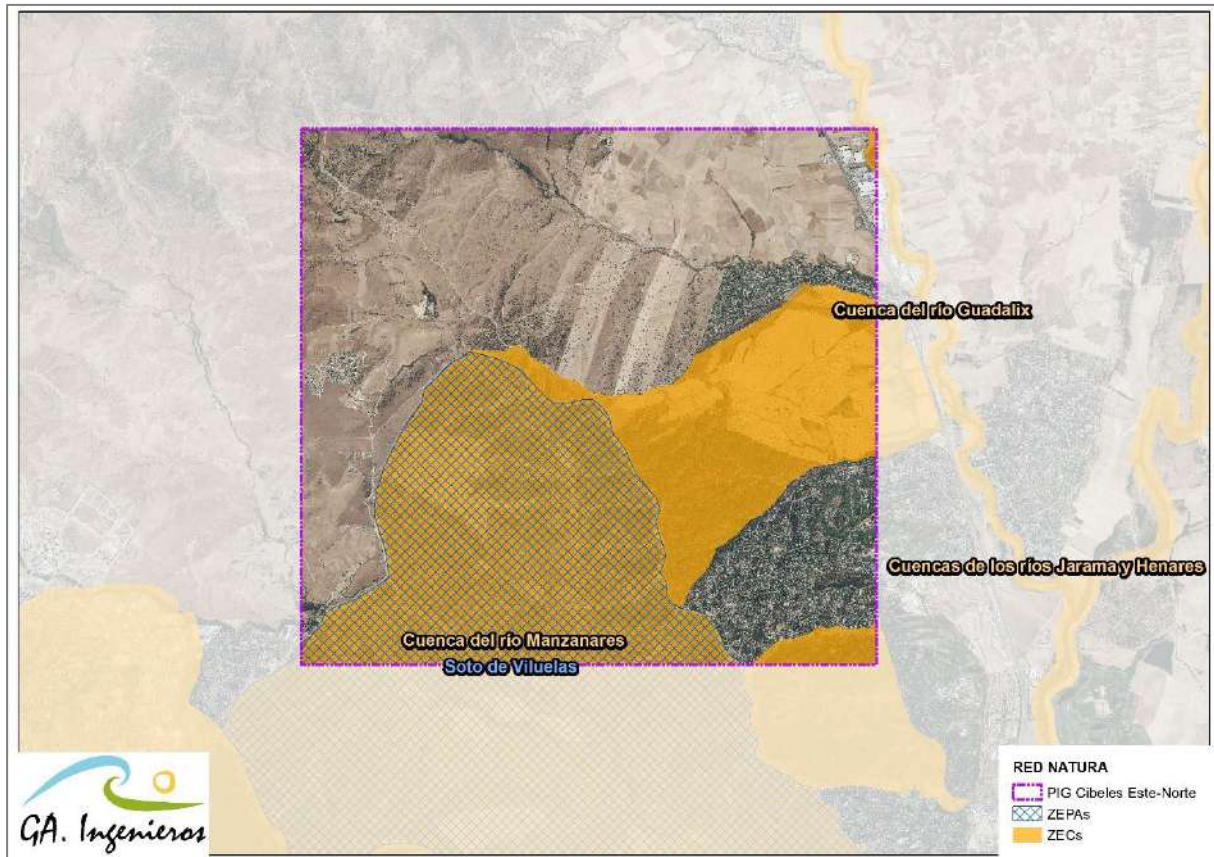
En la siguiente tabla, se pueden observar las 3 zonas de red natura, una ZEPA y dos ZEC. En la tabla, se observan los nombres, código europeo, y área que ocupan en la zona de investigación para geotermia:

**Tabla 10.** Zonas de Red Natura en el interior de “Cibeles Este Norte”

| CÓDIGO    | NOMBRE                    | RN2000 | ÁREA (ha) |
|-----------|---------------------------|--------|-----------|
| ES3110003 | Cuenca del río Guadalix   | ZEC    | 4,63      |
| ES3110004 | Cuenca del río Manzanares | ZEC    | 1.759,35  |
| ES0000012 | Soto de Viñuelas          | ZEPA   | 1.074,52  |

En la siguiente imagen, se puede ver la ubicación de los 2 espacios con respecto al área asociado al Permiso de Investigación.

**Figura 21.** Red natural de Madrid con respecto al Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.



No se espera afectar a los espacios RN2000 identificados, y la ubicación concreta de los trabajos se realizarán, en la medida de lo posible, fuera del área coincidente de esta con el Permiso de Investigación. En caso de que fuera necesario realizar labores dentro las áreas, previa a la realización de estos, se elaborará un Informe de Repercusiones sobre la Red Natura 2000, que contará con metodología, análisis de impactos y medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias.

#### 4.5 MEDIO PERCEPTUAL

Expresión externa del medio polisensorialmente perceptible expresado en términos de una serie de unidades de paisaje: porciones del territorio que se perciben de una sola vez o que presentan unas características homogéneas desde el punto de vista de la percepción.

La degradación paisajística producida en las últimas décadas ha puesto de manifiesto la necesidad de tratar lo que anteriormente constituía un mero fondo estético, como un recurso cada vez más limitado que hay que fomentar y, sobre todo, proteger.

Para la realización de este documento, vamos a valorar cuantitativamente el paisaje como un recurso. Para ello haremos un análisis de los elementos que conforman el paisaje, su calidad y, sobre todo, su fragilidad frente a la actuación propuesta.

Este valor, difícil de objetivar, se debe materializar en una variable de más fácil comprensión denominada capacidad de acogida, que nos indique la capacidad del terreno para soportar, desde el punto de vista paisajístico, la instalación prevista.

Existen tres enfoques distintos para expresar, definir y poder valorar el factor paisaje:

- **Paisaje estético:** Alude a la armoniosa combinación de las formas y los colores del territorio.
- **Paisaje cultural:** Desarrolla al hombre como agente modelador del medio que nos rodea.
- **Paisaje ecológico y geográfico:** Alude a los sistemas naturales que lo configuran.

#### 4.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El área del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”, se encuentra dentro de dos unidades de paisaje definidas en el **Atlas de Paisaje de España**: “El Pardo San Agustín-Guadalix” y “Madrid y su área metropolitana”. El tipo de paisaje se asocia a “Campañas de la meseta sur” y “Grandes ciudades y áreas metropolitanas” respectivamente. A continuación, se describen los tipos de paisaje mencionados:

**Campañas de la meseta sur:** Los paisajes campiñeses de la Meseta meridional no tienen ni la continuidad ni la extensión que presentan en Andalucía o en la cuenca del Duero. Tampoco son comparables en dimensión a las planicies castellanomachegas, de las que en muchos casos son vecinos, pero constituyen conjuntos claramente diferenciados por sus formas suavemente onduladas, por su absoluto aprovechamiento agrícola y por redes de poblamiento concentrado. El predominio de los labradíos y de las formas campiñesas obedece siempre a la presencia de litologías superficiales y suelos con significativa presencia de arcillas sobre materiales miocenos en tierras extremeñas y de la fosa del Tajo, paleógenos en algunos paisajes conquenses y triásicos en las campiñas del Campo de Montiel.

**Grandes ciudades y áreas metropolitanas:** La definición de un tipo de paisaje metropolitano obedece a la amplitud e intensidad que los procesos de urbanización han alcanzado en torno a algunas ciudades españolas. En estas ciudades, los elevados crecimientos demográficos, especialmente en los últimos decenios, han propiciado la creación de áreas metropolitanas: extensas zonas donde el suelo urbanizado es predominante en sus distintas formas y usos, sustituyendo a las anteriores utilidades rústicas del territorio. La progresiva concentración de población y actividades en estos ámbitos ha provocado la aparición de enormes extensiones urbanizadas en torno a estas ciudades, centros de amplias aglomeraciones integradas en un mismo mercado laboral y de viviendas.

**Figura 22.** Unidades de paisaje dentro del área del PIG "Cibeles Este Norte".



#### 4.5.2 CALIDAD Y FRAGILIDAD DEL PAISAJE

##### CALIDAD DEL PAISAJE

Para valorar la calidad del paisaje empleamos el método que ha diseñado el profesor I. Cañas Guerrero y A. García de Celis (Ayuga, 2001), modificado para adaptarlo a las necesidades de este tipo de estudios.

El concepto manejado por este método es el de considerar el paisaje como un aspecto visual de una porción de espacio. Realmente nos fijaremos en todo el terreno pues no se pueden aislar unidades ni elementos paisajísticos de un todo que supone el entorno visual de una localidad o comarca.

Con este método de valoración se va a dar un valor al paisaje en el cual la máxima valoración que se puede llegar a obtener es de 100 unidades adimensionales. A partir de este valor podremos establecer comparaciones con otros paisajes o bien con el mismo lugar en un momento posterior a la ejecución de las obras o de otras obras posteriores. De esta forma el método posee un alto grado de sensibilidad, es decir, que es sensible a pequeños cambios que sucedan en el paisaje, al quedar estos reflejados en la valoración o en sus notas. Por otra parte, al separar los llamados recursos físicos de los estéticos, podemos saber si la calidad se debe a unos o a otros.



Con el fin de que la estimación no se vea influenciada por los elementos distorsionadores no se considera en el paisaje ni el cielo, ni los elementos del primer plano (0-50 m) no obstante para la valoración de las vistas se consideran los elementos a partir de 300 m. La escala de valoración que vamos a dar a los valores que obtengamos con este método son los siguientes:

|                         |                       |                        |                       |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| < 20 <i>degradado</i>   | 33-44 <i>mediocre</i> | 57-68 <i>notable</i>   |                       |
| 20-32 <i>deficiente</i> | 45-56 <i>bueno</i>    | 69-80 <i>muy bueno</i> | > 80 <i>excelente</i> |

Esta escala se ha reclasificado posteriormente, en cuatro grupos de valores, para poder introducir los valores en la Matriz de integración calidad paisajística (C.A.V.)

No debemos olvidar que cualquier método de valoración que implique una asignación de valores en función de parámetros que responden a criterios personales puede ser calificado como subjetivo. En principio en el momento que es una persona la que valora bajo su criterio ya se puede calificar un método como subjetivo.

Al hacer un estudio del paisaje bajo un amplio número de conceptos y valorándolos desde diferentes puntos de vista pretendemos reducir el margen en el que la valoración final depende de los criterios de la persona que realiza el estudio.

De esta forma pretendemos convertir la calificación de un paisaje (elemento subjetivo del que cada persona que lo analice podría emitir un juicio de valor) en un método que sea lo menos dependiente posible de criterios subjetivos.

Obtendremos una valoración que nos permita realizar comparaciones entre diferentes paisajes y analizar distintas situaciones del mismo lugar en función de la evolución del paisaje en el tiempo y las distintas afecciones a que se puede ver sometido. Bien sean impactos de origen antrópico o natural o la aplicación de diversas medidas correctoras o compensatorias.

A continuación, se describen los parámetros que se han utilizado:

- Atributos físicos
  - o Agua (se incluye 5 variables: tipo, orillas, movimiento, calidad y visibilidad).
  - o Forma del terreno (1 variable: tipo).
  - o Vegetación (5 variables: cubierta, diversidad, calidad, tipo y visibilidad).
  - o Nieve (1 variable: cubierta).
  - o Recursos culturales (2 variables: presencia, tipo visibilidad interés)
  - o Fauna (3 variables: presencia, interés y visibilidad).
  - o Usos del suelo (1 variables: tipo).
  - o Vistas (2 variables: amplitud y tipo)
  - o Sonidos (2 variables: presencia y tipo).
  - o Olores (2 variables. presencia y tipo).



## FRAGILIDAD

El concepto de Fragilidad Visual, también designado como vulnerabilidad, puede definirse como “la susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla un uso sobre el mismo” (Cifuentes, 1979), dicho de otra forma, la fragilidad o vulnerabilidad visual sería “el potencial de un paisaje para absorber o ser visualmente perturbado por las actividades humanas” (Litton, 1974). La fragilidad visual de un paisaje es la función inversa a la capacidad de absorción de las alteraciones sin pérdida de su calidad.

Para estudiar la fragilidad de este paisaje se ha utilizado la metodología para la evaluación de la Capacidad de Absorción Visual (CAV), propuesta por YEOMANS, que maneja el concepto de capacidad de absorción visual, definido como la capacidad del paisaje para acoger actuaciones sin que se produzcan variaciones en su carácter visual. Su valoración se realiza a través de factores biofísicos similares a los considerados para determinar la calidad de las unidades. Estos factores se integran en la siguiente fórmula:

$$CAV = S \cdot (E+R+D+C+V)$$

|   |  |
|---|--|
| <b>S</b> = pendiente                                  | <b>D</b> = diversidad de la vegetación |
| <b>E</b> = erosionabilidad                            | <b>C</b> = actuación humana            |
| <b>R</b> = capacidad de regeneración de la vegetación | <b>V</b> = contraste suelo-vegetación  |

Los valores asignados a los distintos parámetros se muestran en el cuadro adjunto.

**Tabla 12.** Variables consideradas en la valoración de la fragilidad de las unidades paisajísticas propuesto por YEOMANS.

| Factor                                      | Características   | Valores de CAV |
|---|---|----------------|
| Pendiente (S)                               | Inclinado (pte. >55%)   | BAJO           |
|   | Inclinado suave (25-55%)  | MODERADO       |
|   | Poco inclinado (0-25%)  | ALTO           |
| Diversidad de la vegetación (D)             | Eriales, prados y matorrales  | MODERADO       |
|   | Coníferas, repoblaciones  | MODERADO       |
|   | Diversificado (mezcla de claros y bosque)                               | ALTO           |
| Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E) | Restricción alta, derivada de alto riesgo de erosión e inestabilidad    | BAJO           |
|   | Restricción moderada, debido a cierto riesgo de erosión e inestabilidad | MODERADO       |
|   | Poca restricción por riesgo bajo de erosión e inestabilidad             | ALTO           |
| Contraste suelo-vegetación (V)              | Alto contraste entre suelo y vegetación                                 | BAJO           |
|   | Contraste visual moderado entre el suelo y la vegetación                | MODERADO       |
|   | Contraste visual bajo entre el suelo y la vegetación                    | ALTO           |
| Regeneración de la vegetación (R)           | Potencial de regeneración bajo  | MODERADO       |
|   | Potencial de regeneración moderado                                      | MODERADO       |
|   | Regeneración alta   | MODERADO       |
| Actuación humana (C)                        | Fuerte presencia antrópica  | BAJO           |
|   | Presencia moderada  | BAJO           |
|   | Casi imperceptible  | ALTO           |

Una vez asignado valor a los distintos puntos del territorio se procede a su clasificación según el valor resultante de la suma de los distintos parámetros:

- **Clase MF:** El paisaje es MUY FRÁGIL, áreas de elevada pendiente y difícilmente regenerables (CAV de 5 a 15), es decir, con muchas dificultades para volver al estado inicial.
- **Clase FM:** El paisaje es de FRAGILIDAD MEDIA, áreas con capacidad de regeneración potencia media (CAV de 16 a 29).
- **Clase PF:** El paisaje es POCO FRÁGIL, áreas con perfiles con gran capacidad de regeneración (CAV de 30 a 45).

Esta escala se ha reclasificado posteriormente, en cuatro grupos de valores, para poder introducir los valores en la Matriz de integración calidad paisajística (C.A.V.).

Para el caso de la zona donde se encuentra la futura infraestructura, la valoración de la fragilidad del paisaje se muestra en la tabla siguiente:

| FRAGILIDAD DEL PAISAJE                      |           |   |
|---|-----------|---|
| Factor                                      | Valor     |   |
| Pendiente (S)                               | Moderado  | 2 |
| Diversidad de la vegetación (E)             | Bajo      | 1 |
| Estabilidad del suelo y erosionabilidad (R) | Moderado  | 2 |
| Contraste Suelo-Vegetación (D)              | Moderado  | 2 |
| Regeneración de la Vegetación (R)           | Moderado  | 2 |
| Antropización humana (C)                    | Alto      | 3 |
| <b>Capacidad de Absorción Visual</b>        | <b>20</b> |   |
| CAV = S • (E+R+D+C+V)                       |           |   |
| <b>CLASIFICACIÓN DEL PAISAJE</b>            |           |   |
| <b><u>FRAGILIDAD MEDIA</u></b>              |           |   |

Una vez valorada la fragilidad del paisaje de la zona de ubicación del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”, se puede concluir que esta es **MEDIA**.

## 4.6 POBLACIÓN Y SALUD HUMANA

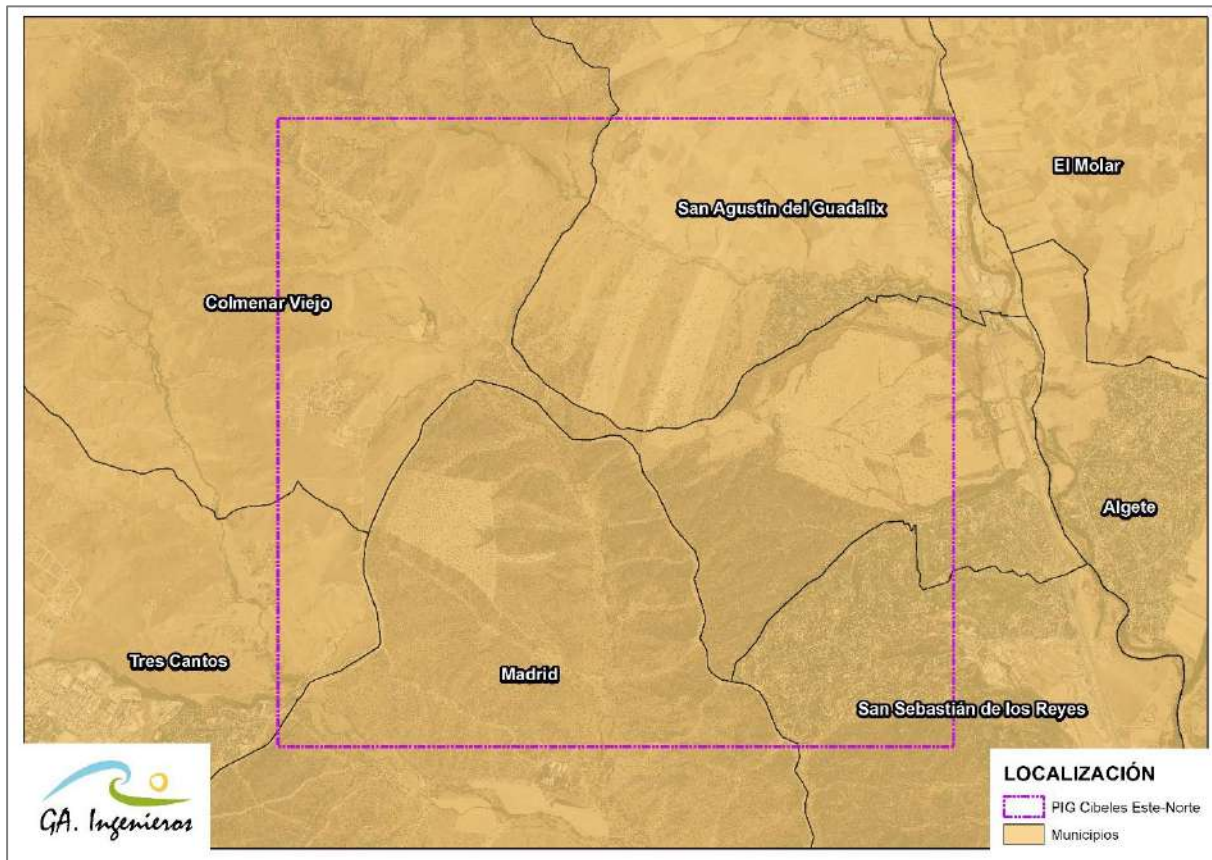
### 4.6.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL

El área determinada para el Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”, suma un total de 4.086,74 ha de superficie, pertenecientes a los términos municipales de Madrid, Tres Cantos, San Agustín del Guadalix, San Sebastián de los Reyes y Colmenar Viejo, ubicados en la provincia de Madrid, Comunidad Autónoma de Madrid. En la siguiente tabla, se puede ver la parte proporcional del Permiso “Cibeles Este Norte” que queda ubicada dentro de cada término, y en la imagen adjunta, la ubicación relativa con respecto a estos.

**Tabla 13.** Superficie y porcentaje de solape del Permiso “Cibeles Este Norte” con los términos municipales afectados.

| <b>MUNICIPIOS AFECTADOS</b> |                          |                        |            |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------|------------|
| Municipio                   | Área Total del T.M. (ha) | Área afectada PIG (ha) | Porcentaje |
| Colmenar Viejo              | 18.284,68                | 1.572,08               | 8,60%      |
| Madrid                      | 60.459,16                | 1.076,14               | 1,780%     |
| San Agustín del Guadalix    | 3.824,29                 | 944,79                 | 24,70%     |
| San Sebastián de los Reyes  | 5.920,89                 | 337,39                 | 5,70%      |
| Tres Cantos                 | 3.795,99                 | 156,34                 | 4,12%      |

**Figura 23.** Términos municipales ubicados en la zona del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.



#### **4.6.2 POBLACIÓN**

La demografía es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución y características generales, considerados desde un punto de vista cuantitativo. Por tanto, la demografía estudia estadísticamente la estructura y la dinámica de las poblaciones humanas y las leyes que rigen estos fenómenos.

En la siguiente tabla quedan reflejados los datos generales de población de los municipios afectados por el proyecto. Las cifras de población están expresadas en habitantes, las de superficie en km<sup>2</sup> y las de densidad en habitantes por km<sup>2</sup>.

**Tabla 14.** Datos sobre el territorio. Términos municipales afectados por el Permiso “Cibeles Este Norte”.

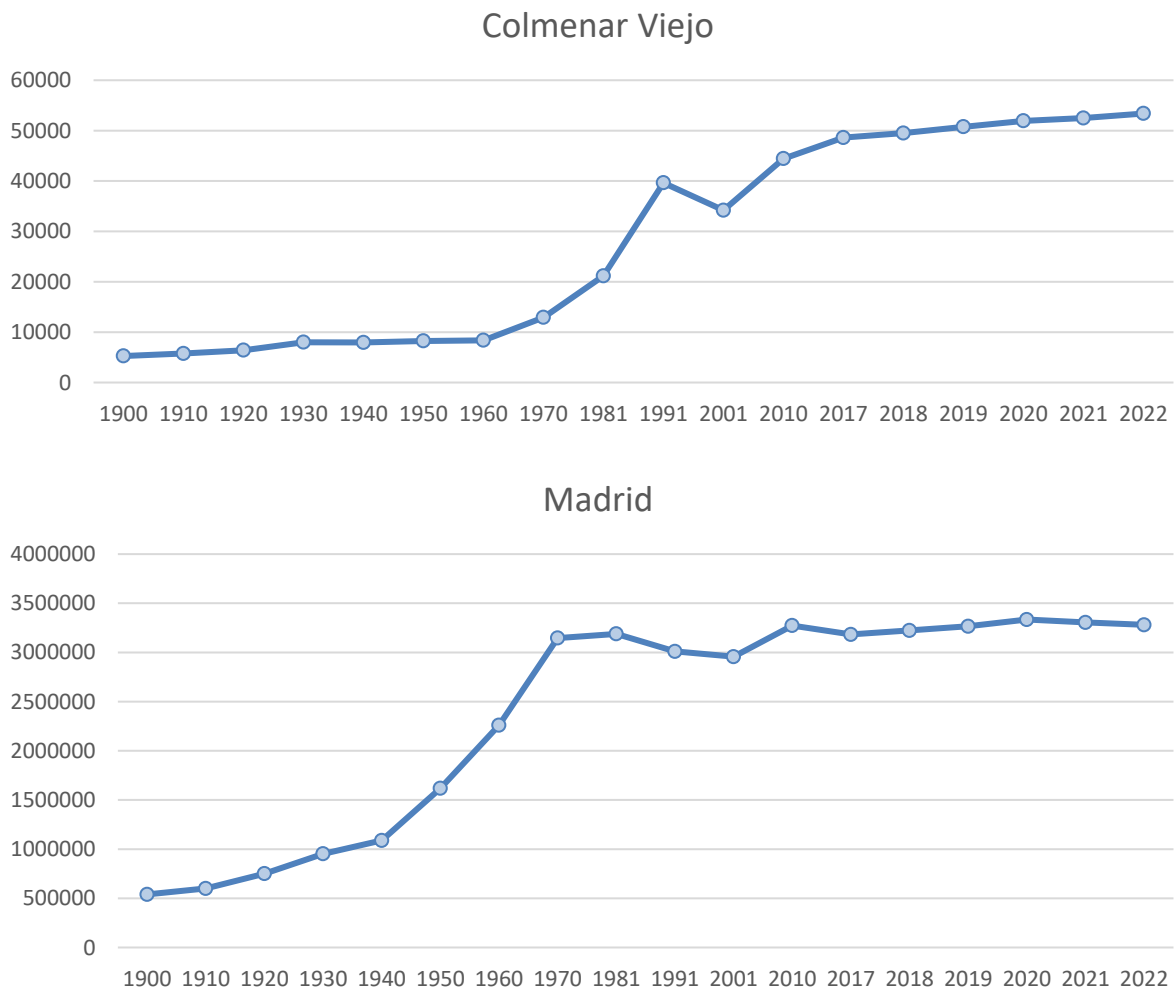
| <b>DENSIDAD DE POBLACIÓN</b> |                               |                 |                                 |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Municipio                    | Superficie (km <sup>2</sup> ) | Total población | Densidad (hab/km <sup>2</sup> ) |
| Colmenar Viejo               | 182,85                        | 53.389          | 291,99                          |
| Madrid                       | 604,59                        | 3.280.782       | 5.426,44                        |
| San Agustín del Guadalix     | 38,24                         | 13.608          | 355,83                          |
| San Sebastián de los Reyes   | 59,21                         | 91.083          | 1.538,33                        |
| Tres Cantos                  | 37,96                         | 50.187          | 1.322,10                        |

Dicha tabla es de elaboración propia a partir de los últimos datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), correspondientes al 1 de enero de 2022.

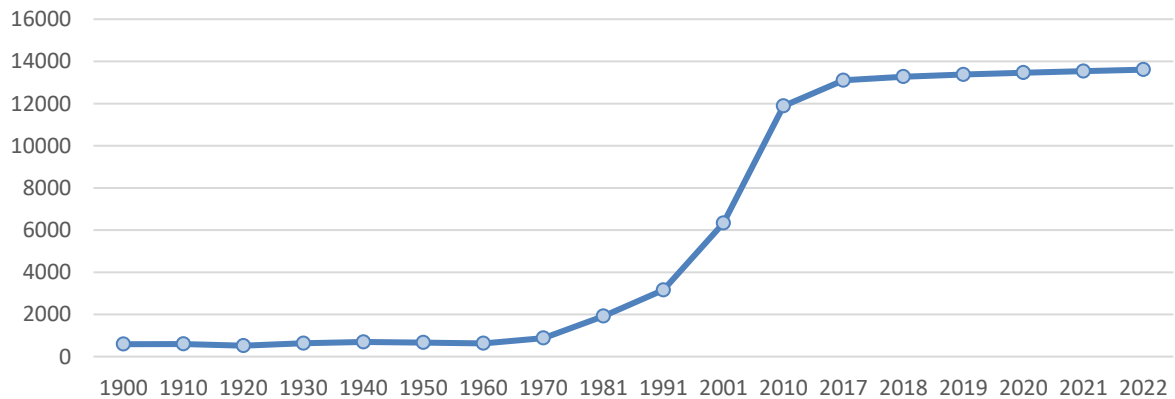
### **EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN**

Las siguientes gráficas muestran la evolución de la población de los términos municipales de la zona de estudio.

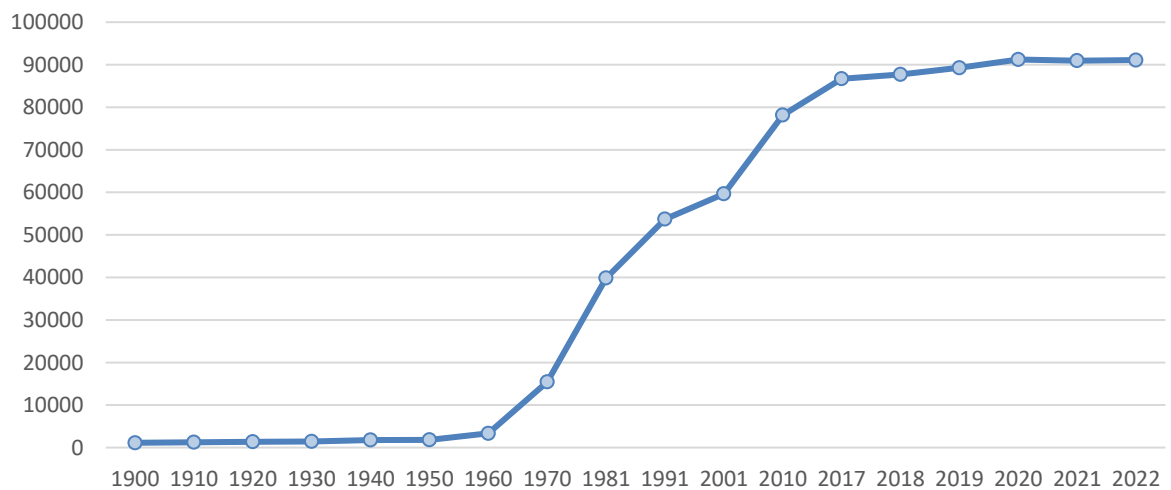
**Gráfica 4.** Gráficas de los términos municipales



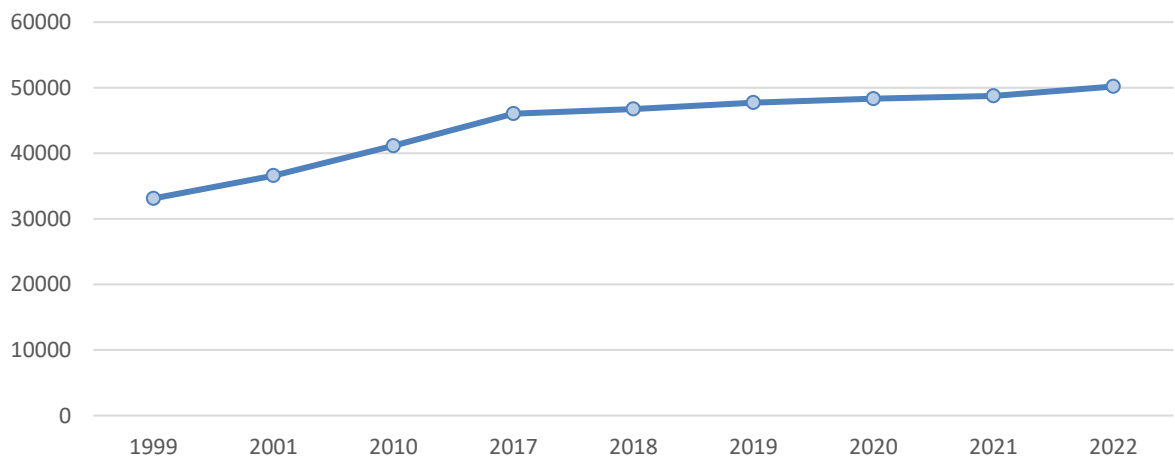
### San Agustín del Guadalix



### San Sebastián de los Reyes



### Tres Cantos



Como se puede ver la población de los términos municipales, las gráficas muestran grandes cambios demográficos en los últimos 120 años. Teniendo un auge en su población en la década de los 90 en el caso del municipio de Tres Cantos y en los años 70 en el caso de Colmenar Viejo y San Agustín del

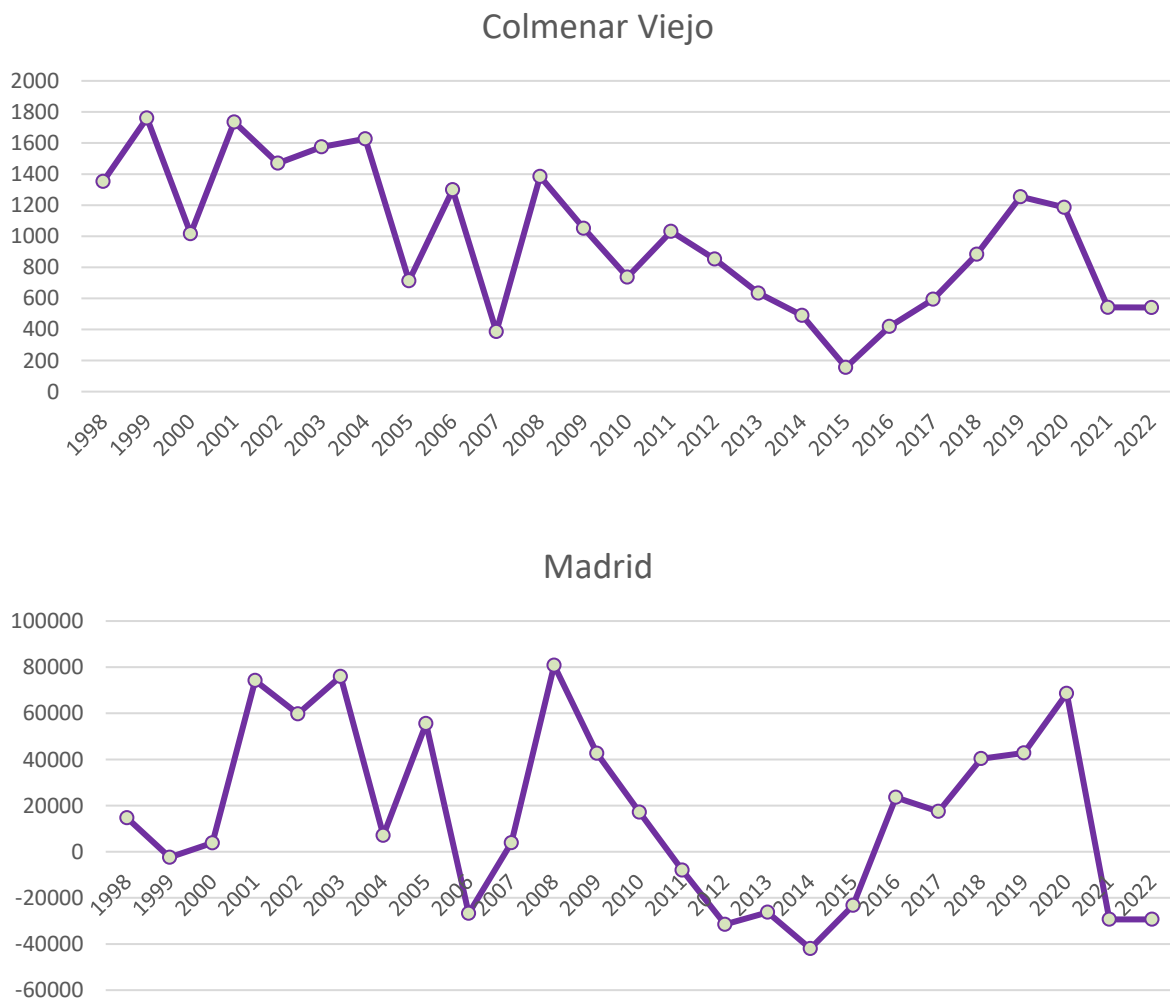
Guadalix. En la gráfica del municipio de Madrid, se puede apreciar un aumento significativo de la población en la década de los 40 del siglo pasado hasta alcanzar un crecimiento estable. En la gráfica del municipio de San Sebastián de los Reyes se muestra un rápido aumento de la población desde los años 60 hasta el año 2017 donde la gráfica comienza a estabilizarse.

**MIGRATORIOS**

Los movimientos migratorios son causados generalmente por motivos socioeconómicos, donde grupos más o menos masivos de personas se instalan de manera provisional, estacional o definitiva para encontrar una mejor calidad de vida. El indicativo comúnmente usado para analizar este tipo de flujos de la población es el saldo migratorio. El saldo migratorio es el balance que existe entre la inmigración y la emigración en un determinado lugar.

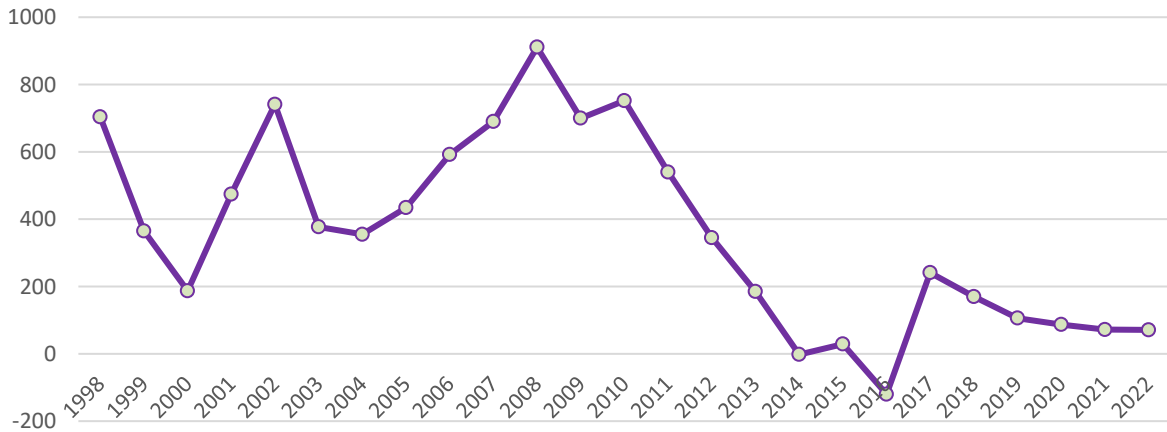
En la siguiente gráfica realizada a partir de los datos del padrón del INE, podemos ver el movimiento de la población en los municipios de los últimos 24 años.

**Gráfica 5.** Saldo migratorio para los términos municipales del proyecto.

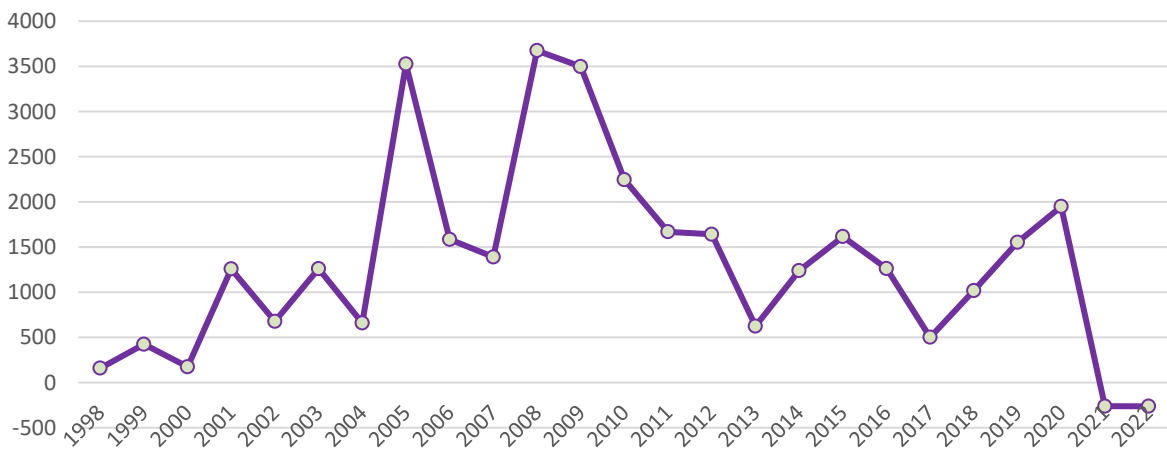




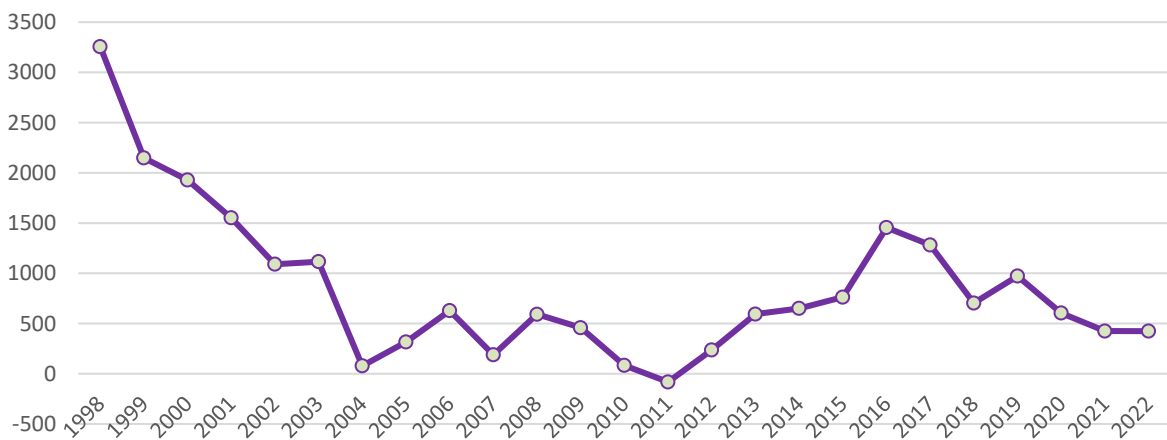
### San Agustín del Guadalix



### San Sebastián de los Reyes



### Tres Cantos

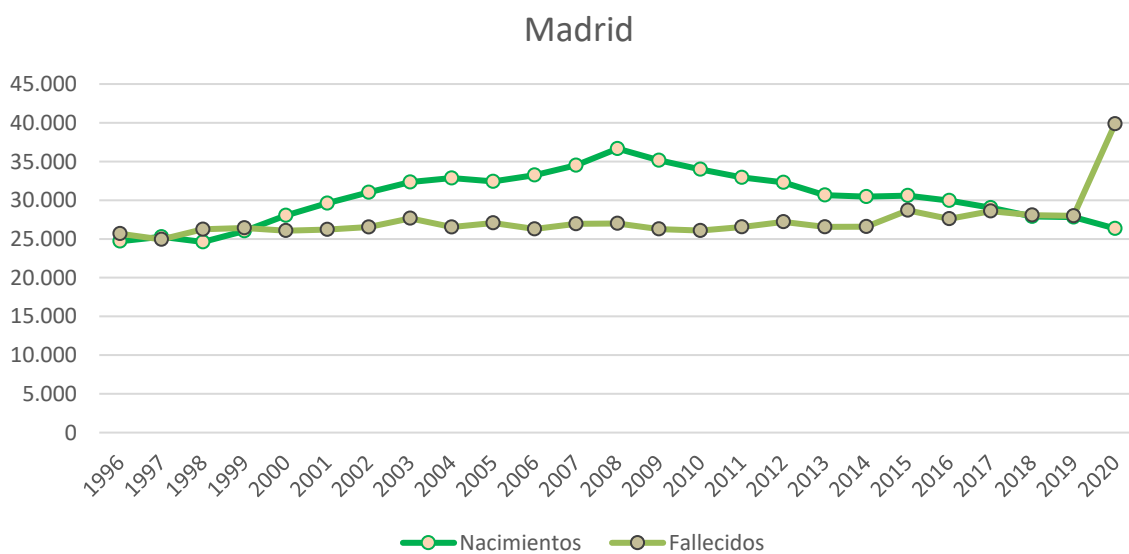
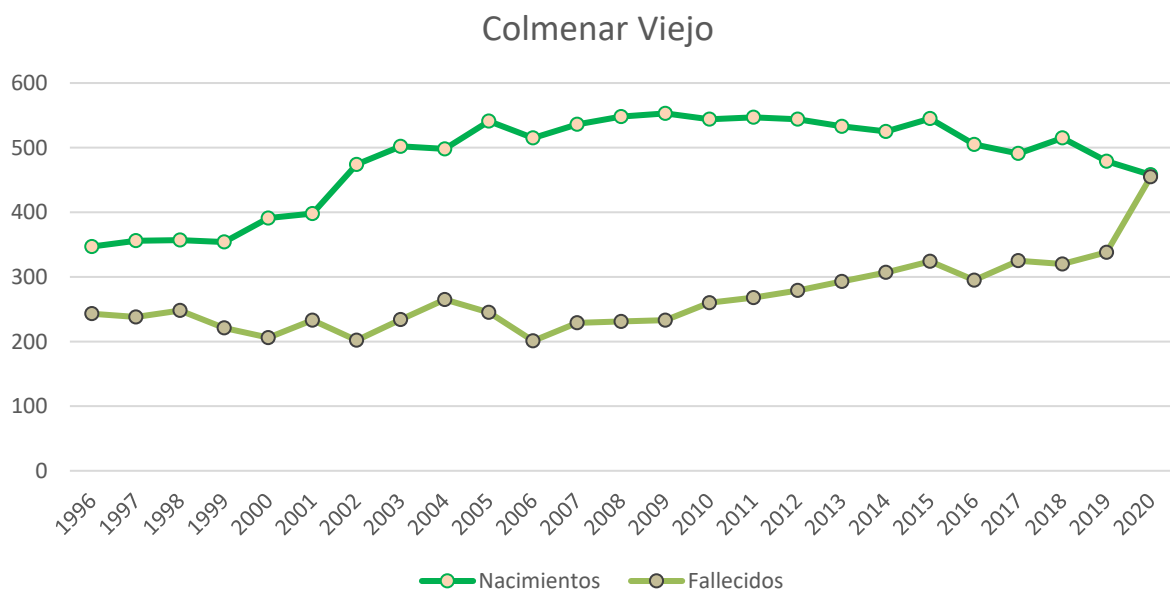


Como se puede observar en las imágenes anteriores, el saldo migratorio es muy variable, y no sigue ninguna tendencia, ya que hay numerosos cambios de saldo positivo y negativo entre un año y otro.

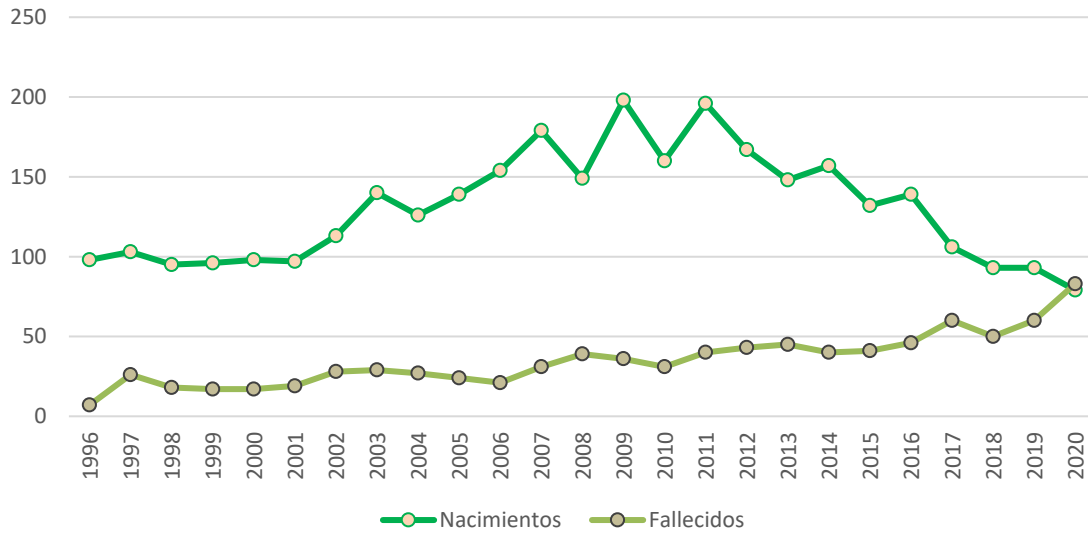
**MOVIMIENTOS POBLACIONALES**

El movimiento natural de la población se refiere a los cambios vitales de las distintas poblaciones (nacimientos, defunciones, etc.). El índice indicativo para estudiar este tipo de movimientos es el crecimiento vegetativo. El crecimiento natural (o vegetativo) es la diferencia entre el número de nacimientos y el número de defunciones de una población.

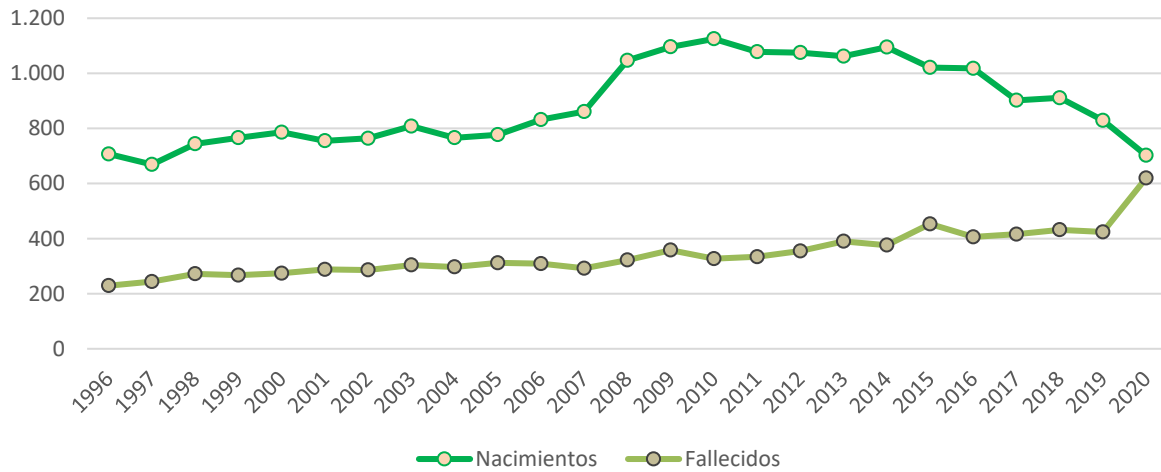
**Gráfica 6.** Crecimiento vegetativo de los términos municipales del proyecto.



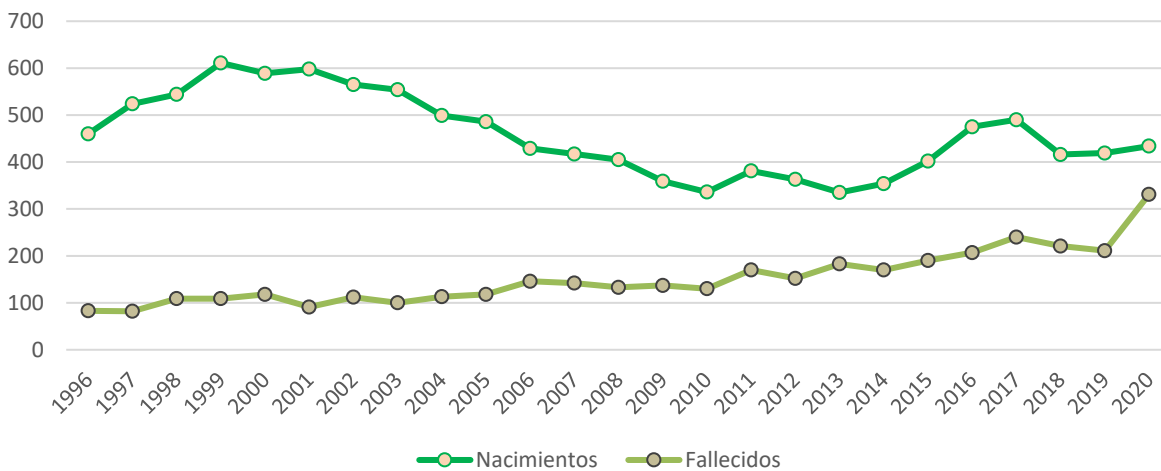
### San Agustín del Guadalix



### San Sebastián de los Reyes



### Tres Cantos



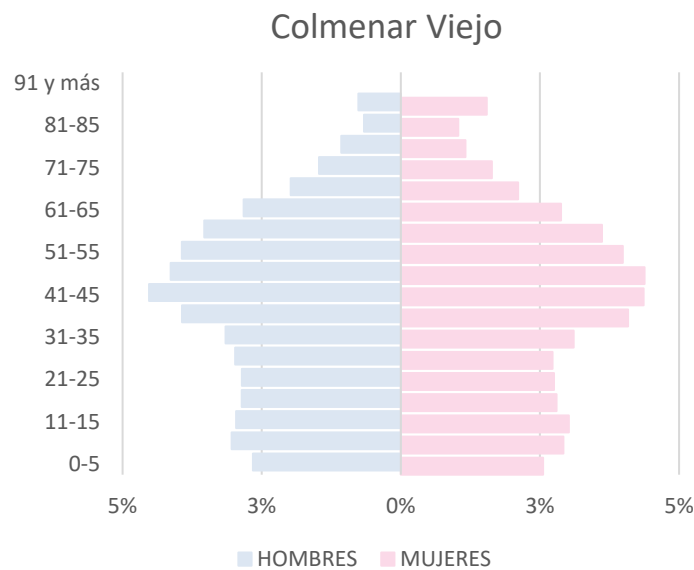
Como se puede ver en las gráficas anteriores, en el municipio de Colmenar Viejo el número de fallecimientos iguala el número de nacimientos, mientras que en los municipios de Madrid y San Agustín del Guadalix el número de defunciones supera al de nacimientos. Los municipios de Tres Cantos y San Sebastián de los Reyes mantienen un saldo positivo de nacimientos.

### **PIRÁMIDE DE POBLACIÓN**

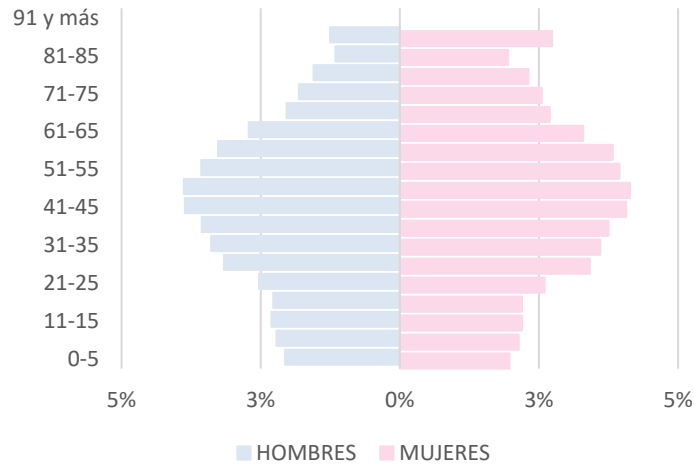
La pirámide de población es una forma gráfica de representar datos estadísticos básicos, sexo y edad, de la población de una zona, que permite la rápida percepción de varios fenómenos demográficos tales como el envejecimiento de la población, el equilibrio o desequilibrio entre sexos, e incluso el efecto demográfico de catástrofes y guerras.

A partir de los últimos datos publicados, por el Instituto Nacional de Estadística, a 1 enero 2022, podemos observar la siguiente gráfica:

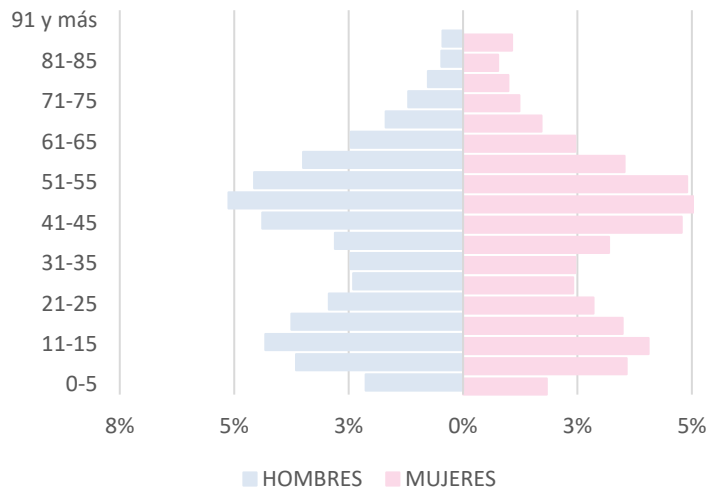
**Gráfica 7.** Pirámides de población de los municipios del proyecto



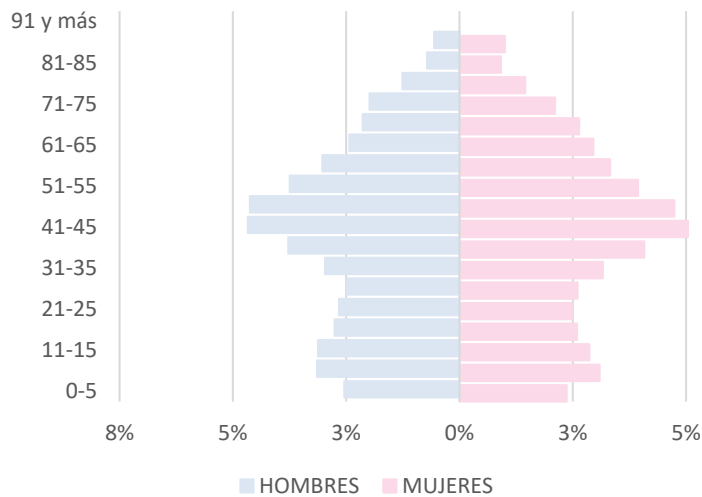
### Madrid

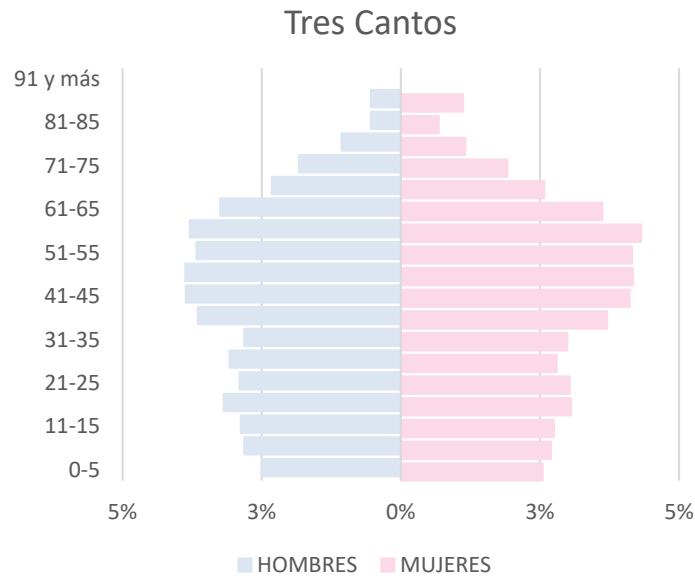


### San Agustín del Guadalix



### San Sebastián de los Reyes



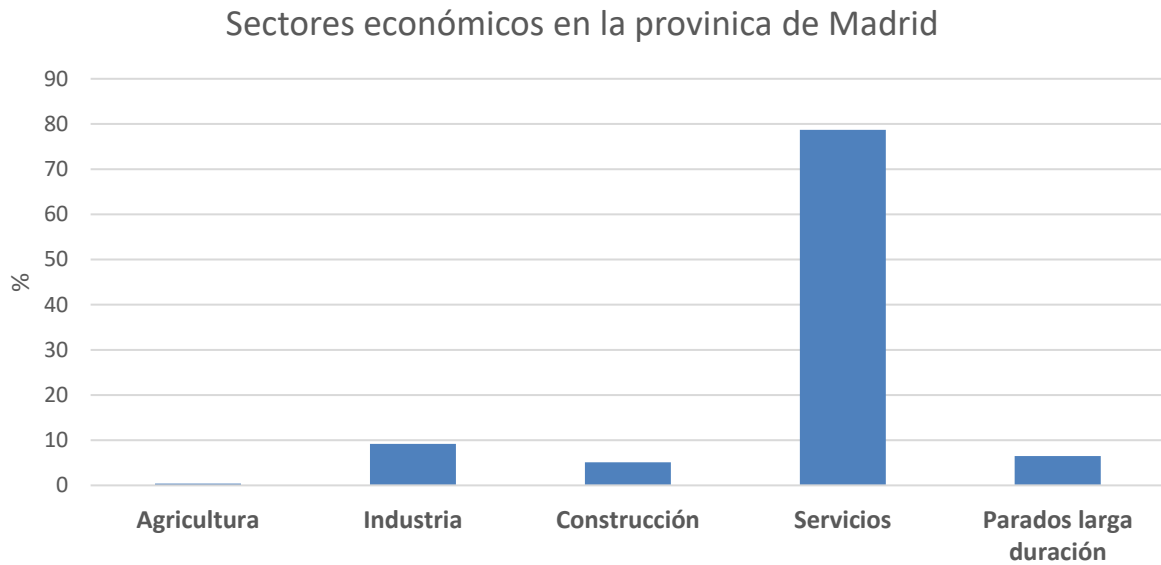


Como se puede observar en las gráficas, el mayor número de población se acumula en las personas mayores de 35 años, siendo la población mayor de 75 años, la que menos porcentaje de población representa en los tres municipios. La conclusión, de estas pirámides de población es que los municipios presentan un mayor porcentaje de habitantes adultos.

#### **4.6.3 ECONOMÍA**

Se analizará la economía de la provincia de Madrid, en dónde se encuentra la mayoría del área del permiso de investigación minera. Para estudiar la economía de la zona, se realizará la consulta en el INE en el apartado de distribución porcentual de los activos por sector y por provincia, correspondiente al tercer trimestre de 2022. En este caso, se ha realizado un análisis de los sectores de agricultura, industria, construcción, servicios y personas en paro de larga duración.

**Gráfica 8.** Economía en la provincia de Madrid.



Como se puede observar en la anterior gráfica, el sector servicios es notablemente el más importante de la provincia. Siendo la agricultura, el sector con menor importancia en esta provincia.

#### 4.6.4 USO RECREATIVO DEL SUELO

Con respecto al uso recreativo del suelo, se destaca la actividad cinegética de la zona, ya que, según la cartografía oficial consultada de la Infraestructura de Datos Espaciales de Madrid, se han identificado un total de 707 cotos de caza entre privados y públicos en la comunidad de Madrid, quedando emplazados dentro de los límites del Permiso de Investigación un total de 7. En la siguiente tabla se puede ver la identificación del coto, así como el tipo de caza y la superficie que ocupa con respecto al área del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.

**Tabla 15.** Cotos de caza ubicados dentro de la zona del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.

| USOS RECREATIVOS CINEGÉTICOS |           |                         |                 |                    |            |
|------------------------------|-----------|-------------------------|-----------------|--------------------|------------|
| Nombre                       | Matricula | Caza                    | Área Total (ha) | Área afectada (ha) | Porcentaje |
| CERRO DEL AGUILA             | M-10904   | MENOR                   | 1.738,77        | 888,09             | 51,08%     |
| CABEZA CANA                  | M-10433   | MENOR                   | 1.590,27        | 719,15             | 45,22%     |
| VALFONDO                     | M-11022   | MENOR DE PELO           | 57,89           | 7,25               | 12,52%     |
| LAS PUEBLAS                  | M-10065   | MENOR                   | 240,97          | 131,84             | 54,71%     |
| LAS CARRIZOSAS               | M-10781   | MAYOR Y MENOR           | 1.072,27        | 12,89              | 1,20%      |
| PUEBLAS ALTAS                | M-10220   | MENOR                   | 481,78          | 477,71             | 99,15%     |
| CASTILLO DE VIQUELAS         | M-10001   | MAYOR Y MENOR COMERCIAL | 3.074,68        | 1.075,94           | 34,99%     |

**Figura 24.** Cotos de caza en el área del Permiso de Investigación "Cibeles Este Norte".



## 4.7 OTRAS FIGURAS DE IMPORTANCIA

### 4.7.1 VÍAS PECUARIAS

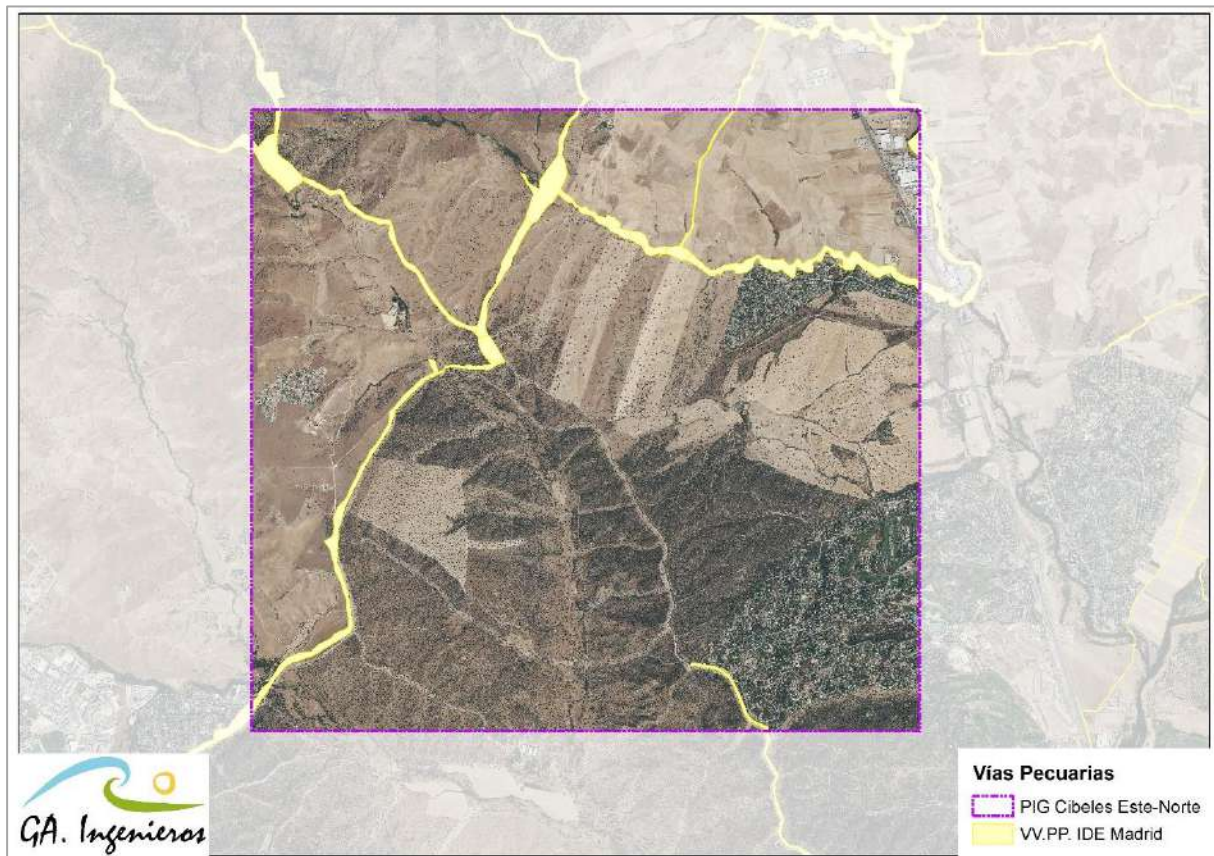
Se ha realizado una consulta a la cartografía oficial disponible en la Infraestructura de Datos Espaciales de Madrid, así como a la base cartográfica vectorial del Instituto Geográfico Nacional (IGN). En la siguiente tabla se muestran las vías pecuarias y su superficie, en el interior de la zona estudiada.



**Tabla 16.** Vías pecuarias en el interior del área estudiada.

| <b>VÍAS PECUARIAS EN EL ÁREA ESTUDIADA</b>      |                  |
|---|------------------|
| <b>Nombre</b>                                   | <b>Área (ha)</b> |
| Colada de las Huelgas del Arroyo de la Fresnera | 29,28            |
| Colada de las Huelgas del Rio Guadalix          | 1,68             |
| Cordel de Valdemilanos y la Vinatea             | 11,28            |
| Cordel de Valdepuerco                           | 0,54             |
| Descansadero de El Tejar                        | 2,45             |
| Descansadero de la Parrilla                     | 12,28            |
| Descansadero de la Vega del Mojón               | 13,28            |
| Descansadero Salto del Lobo                     | 3,91             |
| Descansadero-Abrevadero de El Juncal            | 0,67             |
| Vereda de las Tapias de Viñuelas y de El Pardo  | 34,86            |
| Vereda de Valdelagua o del Camino Ancho         | 2,48             |

**Figura 25.** Vías Pecuarias en el Área de estudio.



#### **4.7.2 MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA Y MONTES PRESERVADOS**

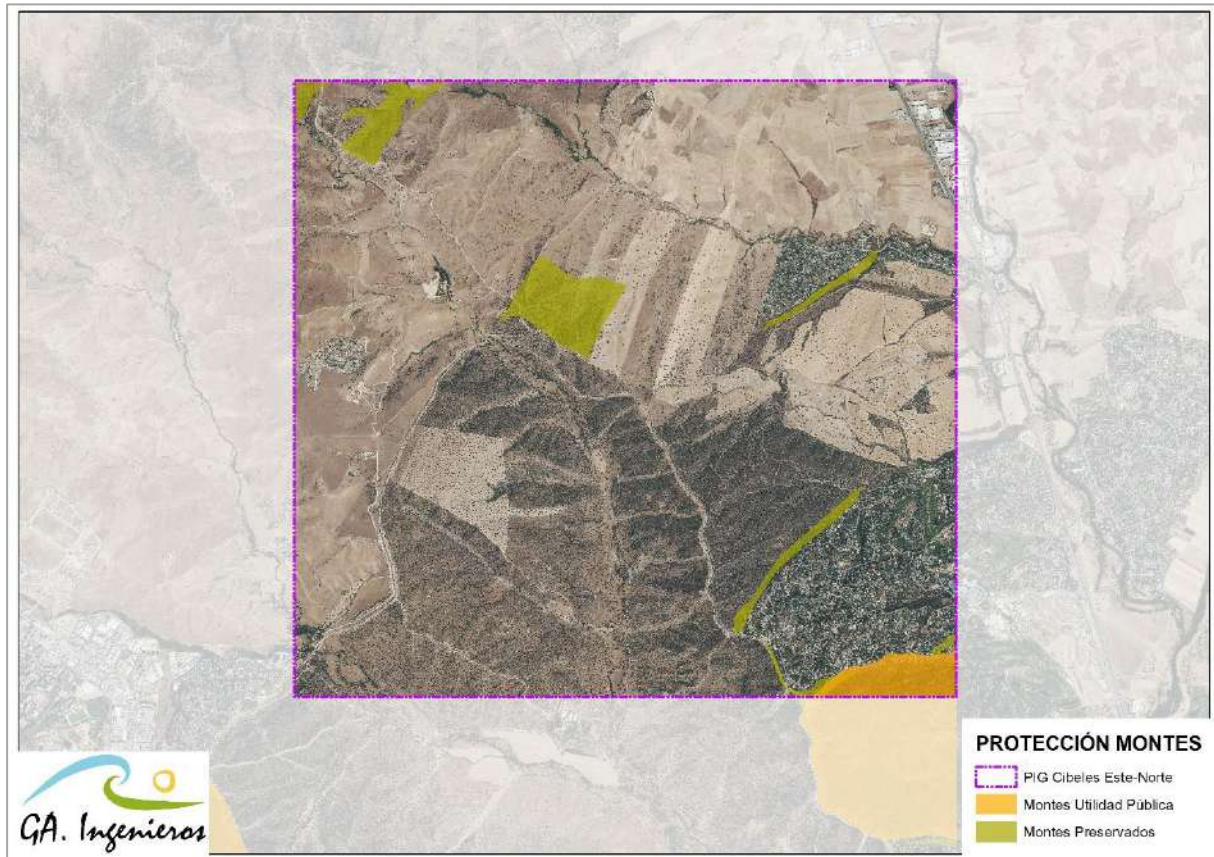
Utilizando la cartografía oficial disponible en la Infraestructura de Datos Especiales de Madrid, se ha realizado un análisis sobre la ubicación de los Montes de Utilidad Pública y los Montes Preservados ubicados en el área del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte”.

**Tabla 17.** Montes de Utilidad Pública (MUP) y preservados en el interior del área estudiada.

| MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA |                            |           |
|----------------------------|----------------------------|-----------|
| Nombre                     | Termino municipal          | Área (ha) |
| Coto Pesadilla             | San Sebastián de los Reyes | 49,09     |

El resultado es que en el área del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte” se ha encontrado un Monte de Utilidad Pública denominado “Coto Pesadilla”. Respecto a los montes preservados, formados por masas arbóreas, arbustivas y subarbustivas de encinar, alcornocal, enebro, sabinar, coscojar y quejigal, se han localizado 130,59 ha en el interior de la zona de estudio.

**Figura 26.** Montes de Utilidad Pública y Montes Preservados en el entorno de “Cibeles Este Norte”.



### 4.7.3 PATRIMONIO CULTURAL

Utilizando la cartografía oficial disponible de la base topográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:25.000 (BTN25), así como los datos asociados disponibles en la Infraestructura de Datos Espaciales de Madrid, se han analizado los Bienes de Interés Cultural, monumentos, edificios históricos y tramos del Camino de Santiago existentes en el área del permiso de investigación.

El resultado es que en el área del Permiso de Investigación “Cibeles Este Norte” no se han localizado ninguno de los bienes citados anteriormente.

## 5. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS O COMPENSATORIAS PARA LA ADECUADA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

### CONSIDERACIONES GENERALES

El permiso de investigación reúne las siguientes características:

- Fácil accesibilidad para las labores de investigación derivado de una buena red de caminos existente en la zona.
- La ejecución del muestreo superficial, así como los sondeos y las acciones que supondrá su desarrollo, no presentan efectos significativos en la red de drenaje superficial, así como en los flujos de aguas subterráneas, dados los fluidos a emplear, y materiales de naturaleza impermeable del terreno.
- Las labores aprovecharán la red de caminos existente desde los actuales caminos, realizándose estas a pie de los mismos, por lo que no será necesaria la apertura de pistas que lleven consigo la alteración de la vegetación o fauna de la zona.
- Se prestará especial atención en la restauración de los espacios naturales afectados por la investigación de este Permiso.

Se enumeran a continuación, las medidas preventivas que se tomarán, de carácter general y particular, durante la ejecución de las actividades del proyecto.

### 5.1 MEDIDAS GENERALES

- Se excluirán de los trabajos enmarcados dentro del permiso de investigación las siguientes zonas:
  - Zonas de vegetación natural donde existan especies arbóreas, teniendo especial cuidado en la zona coincidente con el HIC 92A0, de modo que no se afecte a ningún ejemplar arbóreo u otras especies nobles.
  - Las zonas donde se realice la campaña sísmica serán áreas sin presencia de HIC 6220\*.
  - Los terrenos que constituyen la zona de policía de ríos, estableciéndose una zona de protección de 100 m alrededor de la misma.
- En el caso de que alguno de los puntos de investigación en la malla prevista quedara localizado sobre algún elemento de protección, o que se considerase inadecuado, éste será desplazado a una distancia de seguridad mínima de 10 metros, de manera que no se produzca ninguna afección.
- Se tratará de evitar la afección sobre la vegetación natural, efectuando las labores de investigación en zonas desarboladas o dedicadas al cultivo. En el caso en el que sean necesario realizar labores en estas zonas, se tratará de minimizar el impacto sobre las mismas, reduciendo el tránsito por las mismas.
- No se abrirán pistas o caminos de acceso a los puntos de investigación, debiéndose aprovechar la red de caminos rurales garantizando el libre uso de los mismos y manteniendo su estado de conservación.

- Los trayectos fuera de pistas o caminos se realizarán empleando la misma traza para el acceso y retirada de los vehículos para evitar al máximo la compactación del suelo en estas zonas. Para estos trayectos, se evitará el uso de zonas de vegetación natural siempre que sea posible.
- No se llevarán a cabo labores de mantenimiento de los vehículos o maquinaria a emplear en el proyecto dentro del permiso de investigación a excepción de talleres autorizados en poblaciones, evitando de esta manera, la generación de potenciales derrames o vertidos de aceites o sustancias contaminantes al suelo.
- Se contará con equipos de contención y recogida de vertidos accidentales a consecuencia de averías o roturas de la maquinaria.
- En los trayectos a pie, estos se realizarán evitando en todo momento caminar sobre la vegetación.
- Todos los vehículos y maquinaria de investigación contarán con equipos de extinción de incendios.
- Para reducir el impacto acústico no realizarán trabajos nocturnos y se instalarán silenciadores en los equipos móviles.
- Para evitar la formación de polvo se limitará la velocidad de la maquinaria en los caminos no asfaltados a 30 km/h.
- Se tomarán las medidas necesarias para evitar el arrastre pluvial de tierras de las excavaciones hasta los cauces.

## **5.2 MEDIDAS PARTICULARES**

### **5.2.1 SALUD HUMANA**

En este apartado únicamente se ha de incluir referencias a cuestiones de seguridad en caso de visitas a la zona de trabajos, en caso de realización de trabajos con maquinaria, debiéndose establecer distancias de seguridad frente a la maquinaria a personal no autorizado

### **5.2.2 FLORA**

Las medidas preventivas que proponemos para evitar afección a la vegetación son las siguientes:

- Con anterioridad al paso de los vehículos por los caminos, el técnico que supervise el Plan de Vigilancia recorrerá dichos caminos para determinar y, en su caso, marcar la trayectoria más conveniente para evitar afecciones a ejemplares de vegetación situados en las lindes. De igual forma, supervisará las zonas de posicionamiento donde se realizarán la toma de muestras geoquímicas de superficie y los sondeos con el fin de que en las maniobras y operaciones de acceso y emplazamiento tampoco se afecte a la vegetación colindante.
- Una vez identificados los puntos para la realización de las acciones a desarrollar, se realizará una prospección de flora previa, para evitar la posible afectación a ejemplares de *Narcissus pseudonarcissus*, y será realizada por un experto botánico.
- Se vigilará que todo el material auxiliar se deposite sobre la superficie del terreno sobre zonas desnudas desprovistas de vegetación.
- El técnico ambiental recorrerá los desplazamientos entre puntos de excavación a pie, asegurándose de que no existe en el recorrido ningún elemento que pudiera ser afectado.

- Para reducir al máximo posible la generación de polvo debido a tránsito de los vehículos y la acumulación de polvo sobre las hojas de las plantas adyacentes al camino, se establecerá una limitación de velocidad de 30 km/h.
- No se realizarán acciones que requieran de poda o tala de ejemplares arbóreos presentes en la zona, intentando limitar las labores a zonas de monte desarbolado y sin afectación a matorral.

### 5.2.3 FAUNA

La afección más significativa a la fauna que producirán los trabajos de investigación son los asociados al ruido generado por el tránsito de los vehículos y de la maquinaria de perforación, sin olvidar que los trabajos y desplazamientos son de carácter puntual en el tiempo.

Para evitar o reducir al máximo las posibles molestias a la fauna que campea o cría en las cercanías de los lugares donde se realizarán los sondeos se proponen las siguientes medidas preventivas:

- En caso de que se tuvieran que realizar labores de la Fase de Perforación en época de reproducción de las especies de interés, se contará con un técnico especialista que evaluará *in situ* mediante trabajo de campo las situaciones, caso a caso.
- En caso de presencia o detección en los puntos de trabajo o alrededores de fauna de interés como por ejemplo individuos de Águila Imperial (*Aquila Adalberti*) y Milano Real (*Milvus milvis*), zonas de descanso de aves (dormideros, nidos, etc.) o colonias de quirópteros, entre otros, se procederá a la paralización de las actividades de investigación en dichas zonas.
- Con el objeto de limitar en lo posible emisiones de ruido y polvo, se regulará la velocidad de circulación de los vehículos y la maquinaria a 30 km/h, como velocidad máxima permitida.
- No se realizarán trabajos en horario nocturno para evitar afecciones sonoras y visuales.
- Antes de abandonar la zona de perforación, y como parte de los trabajos de restauración, los miembros del equipo de trabajo deberán chequear la correcta limpieza de la zona y relleno del orificio del sondeo, realizando cualquier otra labor de restauración que se requiera para restituir el emplazamiento a su estado original.
- No se realizarán trabajos de investigación, especialmente los asociados a las labores de la perforación, en zonas que estén catalogadas como sensibles para la fauna.

### 5.2.4 RED NATURAL DE MADRID

No se espera afectar a las ZEPA y ZEC identificadas, y la ubicación concreta de los trabajos se realizarán, en la medida de lo posible, fuera del área coincidente de estas con el Permiso de Investigación. Por prudencia, se establece la siguiente medida.

- No se realizarán trabajos de investigación, especialmente los asociados a las labores de la perforación, en zonas que estén catalogadas como espacios integrantes de la Red Natura 2000.
- Será la administración competente en materia de medio ambiente quien decida las condiciones de las labores, en base a los resultados del informe elaborado.

- En caso de que fueran necesarias la realización de las acciones, se deberá realizar un Informe de Repercusiones sobre la Red Natura 2000 de las labores a ejecutar, que determinará la compatibilidad de estas.
- De forma análoga, los trabajos se realizarán fuera del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, y, en caso de ser necesario, se realizará un informe de compatibilidad para determinar que no hay opción de realizar los trabajos en otra área que no quede ubicado dentro de dicho parque.

### **5.2.5 INFRAESTRUCTURAS Y VÍAS PECUARIAS**

No se van a realizar trabajos sobre las infraestructuras y servicios. Si por alguna remota razón, los trabajos del permiso de investigación afectaran a alguna infraestructura o vía pecuaria, se cursará solicitud de autorización preceptiva con planes de trabajo y restauración a la administración competente.

### **5.2.6 MEDIO AMBIENTE ATMOSFERICO**

#### **RUIDO**

- Se realizará un chequeo diario del correcto funcionamiento de los vehículos y maquinaria de perforación, atendiendo a la existencia de ruidos extraños, pérdidas de líquidos o emisiones de humos, así como respetar las revisiones periódicas que fija el fabricante, evitará el exceso de ruido, de emisiones a la atmósfera y la producción de vertidos de aceites.
- Las labores se realizarán como mínimo, a 1 km de distancia del núcleo poblado más cercano o edificación aislada catalogada como vivienda en el catastro.

#### **EMISIONES**

La afección a la atmosfera que las labores de investigación propuestas pueden producir, por una parte, las propias emisiones de humo de los vehículos y maquinaria que se utilicen y, por otra parte, las emisiones de polvo y ruido que se podrían generar durante su desplazamiento por los caminos.

Como medidas preventivas se establecen:

- Se regulará la velocidad de vehículos y maquinaria por los caminos a 30 km/h, como velocidad máxima permitida, para minimizar el ruido y la emisión de polvo.
- Con el fin de cumplir con la normativa vigente respecto a los niveles de emisión de partículas a la atmósfera y para minimizar dicha emisión, se estará a lo dispuesto por la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. Se aplicarán además las siguientes medidas preventivas.

### **5.2.7 HIDROLOGÍA**

- Correcto mantenimiento de vehículos para evitar vertidos contaminantes de aceites y líquidos hidráulicos en el suelo o las aguas por accidente o avería.

Para minimizar dicho riesgo se aplicará las siguientes medidas preventivas:

- Se seleccionarán empresas de servicios que apliquen planes de mantenimiento de su maquinaria y de gestión de residuos contaminantes, y que sus operarios han recibido la formación adecuada para su manipulación.
- Se establecerá un protocolo de actuación en caso de vertidos por accidente o avería que exigirá la supervisión del técnico encargado del plan de vigilancia ambiental y que incluirá un procedimiento a seguir para la recogida y limpieza de un eventual derrame de líquidos contaminantes y eliminación o tratamiento del material contaminado por un gestor autorizado de residuos, como así se recoge en el Real Decreto 679/2.006, de 2 de junio. Dicho protocolo exigirá que quienes participen en las labores de investigación tengan a mano material absorbente no contaminante y los utensilios necesarios para su uso inmediato ante un eventual derrame.
- En el caso de que dicho derrame no pudiera ser controlado y/o limpiado por los propios operarios y técnicos que participarán en las labores de investigación, el incidente será comunicado al órgano ambiental para obtener la ayuda e instrucciones necesarias para la limpieza del derrame.
- Se dedicará una atención constante y meticulosa al orden la limpieza de la zona de trabajo, eliminando los restos de recortes, desperdicios y basuras generadas por cualquier procedimiento de trabajo.
- Se evitará realizar las actividades más invasivas en las zonas cercanas a los ríos, prohibiéndose dentro de la zona de servidumbre, y evitando, en caso de ser posible, la zona de policía.

### **5.2.8 PAISAJE**

Como ya se ha mencionado en la identificación de impactos, el paisaje no se verá alterado por las labores de investigación propuestas para el permiso de investigación. En cualquier caso, se establecen las siguientes medidas preventivas para evitar afecciones al paisaje:

- Se emplearán siempre cajas o recipientes para los testigos de los sondeos de perforación, evitando la formación de montículos o escombreras que generen un impacto visual o ambiental.
- Sólo se utilizarán los caminos y pistas existentes para el tránsito de los vehículos por la zona quedando prohibida la apertura de nuevas pistas de acceso.
- Se realizará un Plan de Restauración Ambiental centrado en la revegetación de las zonas afectadas, especialmente en la zona de implantación de la plataforma de perforación.

### **5.2.9 PATRIMONIO**

- Se excluirá de la investigación cualquier área incluida en el ámbito de la prevención o protección arqueológica definidas por la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Madrid, como órgano competente en la protección del patrimonio histórico-cultural, de cualquier forma, previamente a la excavación de pocillos de investigación, se realizarán trabajos de prospección por sectores ante la posibilidad de ocurrencia de restos arqueológicos o del patrimonio histórico-artístico.
- Previo a la ejecución de las labores que impliquen una actuación sobre la superficie del terreno, el técnico ambiental recorrerá el sector investigando la presencia de cualquier resto arqueológico o indicios en este sentido.

- En caso de detectarse durante los trabajos cualquier tipo de indicio o restos, se procederá a la detención inmediata de los trabajos en dicho punto y zona limítrofe procediendo a realizar una notificación a la autoridad competente, quien será la que dicte los pasos a seguir.

#### **5.2.10 SUELO**

Como ya se ha explicado, las afecciones que los sondeos podrían producir al suelo son limitadas debido al tipo de labores que se van a realizar. Adicionalmente, y dada la naturaleza de la zona, la cual es principalmente monte desarbolado, las zonas de dichas labores se ajustarán a la presencia de las especies arbóreas, no afectando a estas en las acciones a realizar.

Cabe destacar que el testigo que producirán los sondeos, al ser excavados únicamente con aire y sin fluido de perforación, presentará la misma composición mineralógica que la de los propios materiales geológicos existentes en el entorno, de modo que su reincorporación al terreno no supondrá aporte de elemento mineralógico o químico extraño a los que componen el propio suelo.

En consecuencia, y dado que el riesgo de contaminación del suelo se debería a la misma causa mencionada para la contaminación hídrica, esto es, a eventuales vertidos de fluidos contaminantes procedentes de la maquinaria y los vehículos, las medidas preventivas a aplicar para evitar la afección son las mismas que se han mencionado en el apartado anterior para la prevención de afección sobre la hidrología.

#### **5.2.11 VERTIDOS**

Los únicos vertidos que son susceptibles de producirse serán de tipo accidental o fortuito debido a averías del equipo de perforación o vehículos de transporte. Por ello, se establecerán las siguientes medidas preventivas:

- Todo vehículo y maquinaria estará homologado, garantizando así que las emisiones de ruido y vibraciones son adecuadas con la legislación vigente y acorde a lo dictado por el fabricante.
- Se estará al corriente y se cumplirán las revisiones periódicas pertinentes, llevándose a cabo el programa de mantenimiento, revisión y puesta a punto que definido por el fabricante.
- Las operaciones de revisión nunca se llevarán a cabo en campo, realizándose en zonas o talleres especializados destinados a tal efecto.
- El personal involucrado en los trabajos contará con la cualificación profesional y técnica apropiada requerida por los organismos competentes, incluyendo formación específica en la contención y remediación de vertidos accidentales.
- Los vehículos contarán con equipos específicos de contención, tratamiento y recogida de vertidos.



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILÓ, M., et. al.** (1991) *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenidos y metodologías*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Tercera edición.
- ALLUÉ.,** (1966) *Subregiones Fitoclimáticas de España* (IFIE aproximación 1966).
- ARMBRUST, D. V.** (1986) *Effect of particulates (dust) on cotton growth, photosynthesis, and respiration*. Agronomy Journal, 78: 1078-1081.
- AYUGA, F.,** (2001) *Gestión sostenible de paisajes rurales*. Técnicas e ingeniería. Editorial Mundiprensa
- BAÑARES, A., BLANCA, G., GÜEMES, J., MORENO J. C. Y ORTIZ, S.** (2010) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular amenazada de España*. Adenda 2010. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Madrid.
- BAÑARES, A., BLANCA, G., GÜEMES, J., MORENO J. C. Y ORTIZ, S.** (2009) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular amenazada de España*. Adenda 2008. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Madrid.
- BAÑARES, A., BLANCA, G., GÜEMES, J., MORENO J. C. Y ORTIZ, S.** (2007) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular amenazada de España*. Adenda 2006. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- BAÑARES, A., BLANCA, G., GÜEMES, J., MORENO, J. C. & ORTIZ, S.,** (2003) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid. 1.072 pp.
- BAYCU, G., TOLUNAY, D., ÖZDEN, H. & GÜNEBAKAN, S.** (2006) *Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul*. Environmental Pollution, 143: 545-554.
- BIRLIFE INTERNATIONAL.,** (2004) *Birds in Europe. Population Estimates, Trends and Conservation Status*. Birdlife International.
- BLANCO, J. C. y GONZÁLEZ, J. L.,** (1992) *Libro Rojo de los Vertebrados de España*. ICONA.
- CEREZO, E., ALEDO, E., MARTÍNEZ, J. E. y CALVO, J. F.,** (2004). *Primeros pasos para la recuperación del Águila Perdicera en Murcia*. Quercus 220. Junio 2004.
- CONESA, V.,** (2003) *Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi Prensa.
- DE JUANA, E. y VARELA, J.** (2000), *Guía de las Aves de España*. Península, Baleares y Canarias. SEO/Birdlife.
- DEL MORAL, J. C. y MARTÍ, R.** (1999), *El Buitre Leonado en la Península Ibérica* (III Censo Nacional y I Censo Ibérico Coordinado). Monografía nº 7. SEO/Birdlife.
- DEL MORAL, J. C., MOLINA, B., BERMEJO, A. Y PALOMINO, D.** (2012) *Atlas de las aves en invierno en España 2007-2010*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. SEO/BirdLife. Madrid.
- DÍAZ, J.,** (2004). *Los avatares de las águilas reales jóvenes*. Quercus 223. Septiembre 2004.
- DOADRIO, I.** (Ed). (2001). *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- FARRIS, E., FILIBECK, G., MARIGNANI, M. & ROSATI, L.** (2010) *The power of potential natural vegetation (and of spatial-temporal scale): a response to Carrión & Fernández (2009)*. Journal of Biogeography, 37: 2211-2213.
- FERNÁNDEZ, C. y AZKONA, P.,** (2002) *Tendidos Eléctricos y Medio Ambiente en Navarra*. Gobierno de Navarra.
- FERRER BAENA, M.A.** (2012) *Aves y tendidos eléctricos. Del conflicto a la solución*. Fundación MIGRES, Sevilla.

- GARCÍA DE LA MORENA, E.L., G. BOTA, A. PONJOAN, Y M.B. MORALES.** (2006) *El sisón común en España*. I Censo Nacional (2005). SEO / Birdlife, Madrid.
- GARILLETI R. Y ALBERTOS, B.** (2012). *Atlas y Libro Rojo de los briófitos amenazados de España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- GÓMEZ MANZANEQUE et al.** (1998) *Los Bosques Ibéricos, una interpretación geobotánica*. Editorial Planeta.
- GÓMEZ, D.,** (1999) *Evaluación de Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi Prensa.
- IGME,** (1986) *Mapa Geológico de España*. Escala 1:50.000.
- INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE MADRID.** Cartografía digital y catálogo de metadatos.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA.** Ministerio de Economía y Competitividad. Gobierno de España. *Catálogo de Información Geocientífica de España*. INGEOES.
- LÓPEZ, A. G.,** (2002) *Guía de los Árboles y Arbustos de la Península Ibérica y Baleares*. Ed. Mundi- Prensa.
- MADROÑO, A., GONZÁLEZ, C. & ATIENZA, J. C.** (Eds.), (2004) *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/Birdlife. Madrid.
- MARTÍ, R. Y DEL MORAL, J. C. (EDS.)** (2004). *Atlas de las aves reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.,** (1999) *Mapa forestal de España*. Escala 1:200.000. Darocat.
- NEZADAL, W.** (1989) *La vegetación arvense (Stellarietea mediae) de los cultivos de primavera de Iberia mediterránea*. *Dissertationes Botanicae*, 143: 1-205.
- OLMOS, R. y HERRÁIZ, C.,** ( 2003). *Atlas de los Paisajes de España*. Ministerio de Medio Ambiente.
- PALOMO, L.J., GISBERT, J. Y BLANCO, J.C.** (2007) *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad – SECEM – SECEMU, Madrid, 588 pp.
- PLEGUEZUELOS, J. M., MÁRQUE, R. Y LIZANA, M.** (eds) (2004) *Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española. Madrid.
- PLEGUEZUELOS, J. M., R. MÁRQUEZ y M. LIZANA,** (eds), (2002) *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación herpetológica Española (2ª impresión), Madrid, 587 pp.
- PRAJAPATI, S. K. Y TRIPATHI, B. D.** (2008) *Seasonal variation of leaf dust and pigment content in plant species exposed to urban particulates pollution*. *Journal of Environmental Quality*, 37: 865-870.
- PURROY, F.J.** (ed.) (1996). *Atlas de las Aves de España (1975-1995)*. SEO/BirdLife y Linx edicions. Barcelona.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.,** (1987) *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España*. ICONA.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., DÍAZ, T. E., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F., IZO, J., LOIDI, J., LOUSÃ, M. Y PENAS, A.** (2002). *Vascular plant communities of Spain and Portugal*. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica*, 15: 5-922.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F., LOIDI, J., LOUSÃ, M. Y PENAS, A.** (2001). *Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level*. *Itinera Geobotanica*, 14: 5-341.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., RIVAS SÁENZ, S. Y PENAS, A.** (2011) *Worldwide bioclimatic classification system*. *Global Geobotany*, 1: 1-634.

**SANTOS, T. Y J.L. TELLERÍA.** (2006) *Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas* 2006/2: 3-12

**SANZ, A., MÍNGUEZ, E. y HERNÁNDEZ, V. J.,** (2004) *El radio seguimiento de la pista para conservar a las águilas perdiceras valencianas.* Quercus 220. Junio 2004.

**SERVICIO DE VIDA SILVESTRE. ÁREA DE ACCIONES DE CONSERVACIÓN.** Subdirección General de Medio Natural. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2015. *Inventario Español de Especies Terrestres.* Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

**SISTEMA DE INFORMACIÓN DE DATOS AGRARIOS.** Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2015. *Inventario Español de Especies Terrestres.*

**SUÁREZ et al.** (2006). *La Ganga Ortega y la Ganga Ibérica en España.* SEO/Birdlife.

**SUAREZ, F.** (eds.). (2010) *La alondra ricotí (Chersophilus duponti).* Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid.

**SUAREZ, F., I. HERVÁS, J. HERRANZ Y J.C. DEL MORAL.** (2006) *La ganga ibérica y la ganga ortega en España: población en 2005 y método de censo.* SEO / Birdlife, Madrid.

**TUCKER, G.M. & HEATH, M. F.,** (1994) *Birds in Europe: Their Conservation Status.* Cambridge, U.K.: BirdLife International.

**VALLE TENDERO, F., NAVARRO REYES, F. B. Y JIMÉNEZ MORALES, M. N.** (2004). *Modelos de restauración forestal: datos botánicos aplicados a la gestión del medio ambiente andaluz.* Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.

**VARIOS AUTORES** (2003), *Atlas de los Paisajes de España.* Ministerio de Medio Ambiente.

**VERDÚ, J.R., C. NUMA, E. GALANTE** (Eds.). (2011) *Atlas y Libro Rojo de los invertebrados amenazados de España (especies vulnerables).* Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid.

**VIADA, C.** (1998) *Áreas Importantes para las Aves en España.* Monografía nº 5. SEO/Birdlife.

**WIJAYRATNE, U. C., SCOLES-SCIULLA, S. J. Y DEFLACO, L. A.** (2009) *Dust deposition effects on growth and physiology of the endangered Astragalus jaegerianus (Fabaceae).* Madroño, 56: 81-88.