

**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA  
 CONTRATACIÓN DE UN SERVICIO DE ESTUDIO GEOLÓGICO-  
 GEOTÉCNICO E HIDROGEOLÓGICO DE UNA PLATAFORMA  
 DE ALMACENAMIENTO EN EL C.A. EL CABRIL  
 Nº EXPEDIENTE: 035-CO-SU-2020-0005**

Clave: 035-ES-SU-0070

Páginas 1 de 40

## ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. APLICACIÓN.....	2
3. TRABAJOS A REALIZAR.....	4
4. ALCANCE Y METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS .....	6
4.1. Reconocimientos de campo .....	6
4.2. Ensayos de laboratorio.....	19
4.3. Contenido de los estudios .....	21
5. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE.....	25
6. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS .....	27
6.1. Presentación de Informes .....	28
6.2. Presentación de Mapas, Perfiles, Cortes y Modelos .....	31
7. SUPERVISIÓN Y ACEPTACION DE LOS TRABAJOS.....	33
8. EQUIPO DE TRABAJO Y MEDIOS TÉCNICOS.....	34
9. GARANTÍA DE CALIDAD.....	36
10. IDIOMA OFICIAL.....	37
11. DOCUMENTACIÓN ADMINISTRATIVA Y PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....	38

PREPARADO: Ignacio Cienfuegos Hevia	REVISADO: Paula Rodríguez Martínez Teresa López Fernández	GESTIÓN DE CALIDAD: Julián Herrero García	Vº Bº DIRECTOR RESPONSABLE: Mariano Navarro Santos	APROBACIÓN ÓRGANO DE CONTRATACIÓN: Mª Aurora Saeta del Castillo
--	---	--	---	--

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 2 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	--------------------

## 1. INTRODUCCIÓN

En aplicación del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RINR) la caracterización del emplazamiento del Centro de Almacenamiento de Residuos Radiactivos de Sierra Albarrana (C.A. El Cabril) es un requisito para la autorización y vigilancia en operación de la instalación, así como para la realización de cualquier obra o modificación relacionada con las unidades de almacenamiento de RBMA (media y baja actividad) y RBBA (muy baja actividad), por lo que para solicitar cualquier autorización se deberá incluir la caracterización de la zona del emplazamiento para la que se proponga la solicitud.

Durante la caracterización inicial del emplazamiento, se realizaron estudios para todo el ámbito del emplazamiento (Finca de El Cabril) y de su zona de influencia, así como estudios de mayor detalle de la zona de ubicación de las plataformas de almacenamiento y de los diferentes edificios de la instalación (tanto los nucleares como los convencionales).

En este sentido se ha planteado realizar estudios de caracterización geológico-geotécnica e hidrogeológica en la zona donde se pretende ubicar la plataforma para la construcción de varias celdas de almacenamiento de residuos radiactivos de media y baja actividad (RBMA), con el fin de mejorar el conocimiento del subsuelo y disponer de la información necesaria para el cumplimiento de los requerimientos de seguridad necesarios para el proyecto, la construcción y la operación de la instalación.

## 2. APLICACIÓN

Este Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT) aplica a la determinación de los estudios y trabajos a realizar para obtener los parámetros característicos del terreno mediante la contratación de un servicio para la redacción de un estudio geológico-geotécnico e hidrogeológico en el Centro de Almacenamiento de Residuos Radiactivos de Sierra Albarrana (C.A. El Cabril), situado en las estribaciones de la Sierra de Albarrana, en el término municipal de Hornachuelos, provincia de Córdoba.

El servicio consistirá en la realización de las siguientes actividades:

### **Trabajos de campo, laboratorio y gabinete:**

- Cartografía geológica de detalle
- Reconocimientos Geofísicos
- Trincheras de Investigación y Calicatas
- Investigaciones geotécnicas de superficie
- Estaciones geomecánicas
- Reconocimiento de taludes
- Realización de sondeos
- Ensayos en el interior de sondeos
- Ensayos de laboratorio

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 3 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	--------------------

#### **Contenido de los estudios:**

- Estudio Geológico-Estructural
- Estudio Hidrogeológico
- Estudio Geotécnico

#### **Resultados:**

- Informes de seguimiento técnico-económicos
- Informes Técnicos e Informe Final de Resultados
- Mapas, Perfiles, Cortes y Modelos 3D
- Apéndices y soporte digital

El alcance de estos estudios (en adelante el Trabajo) consistirá en determinar las características geológico-geotécnicas e hidrogeológicas de la zona objeto de estudio, lo que permitirá justificar los condicionantes de proyecto y constructivos para incidir en una mayor seguridad durante la operación de la instalación.

Los criterios con que deben ser interpretados responderán a los principios de eficacia y economía, contemplando en todo caso como prioritarios los que guarden relación con la seguridad de las personas y de los bienes, con una mayor observancia de los requisitos de sostenibilidad y con el respeto al medio ambiente.

Desde este marco de actuación se dictarán en los informes que se realicen, mediante juicio técnico competente y fundado, las condiciones geológico-estructurales, hidrogeológicas y geotécnicas de la zona estudiada.

Previamente al inicio del Trabajo, Enresa pondrá a disposición del contratista los datos y documentos disponibles referidos a la zona objeto de estudio, así como otros que puedan ser necesarios para la correcta interpretación de los obtenidos con este servicio.

Se facilitará la información referente a la ubicación de la zona, la topografía del ámbito de estudio y su entorno próximo, y la relación de la información relativa a los estudios previos (geología, hidrogeología y geotecnia), así como la información en soporte digital en los formatos tipo de Enresa.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 4 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	--------------------

### 3. TRABAJOS A REALIZAR

Se realizarán las investigaciones de detalle para la elaboración de los estudios geológico-geotécnicos e hidrogeológicos necesarios para la obtención de los parámetros de diseño para la construcción de la plataforma para nuevas celdas de RBMA.

Partiendo de los estudios geológico-estructural, hidrogeológico y geotécnico elaborado en trabajos anteriores, se ha delimitado una la zona de estudio del entorno próximo a la plataforma de almacenamiento que ocupará un área aproximada de unas 45 ha.

Para esta zona se deberá actualizar y completar la información geológica e hidrogeológica, así como para el ámbito de la plataforma en la que se deberá determinar las características del macizo y las condicionantes geológico-geotécnicos en relación con los parámetros considerados necesarios para la construcción de las estructuras de almacenamiento.

El alcance de las investigaciones se ha determinado conforme a las condiciones de contorno de partida planteadas para una plataforma con 27 celdas de almacenamiento de RBMA, las cuales se resumen a continuación:

- La superficie de estudio alberga a la plataforma de dimensión aproximada 360 x 100 metros y zonas colindantes correspondientes a taludes de desmonte y bermas.
- La excavación máxima desde la zona más elevada del terreno actual hasta el fondo de excavación para explanación general se ha estimado en unos 34 m, con una excavación media considerada de unos 25 m. La excavación máxima hasta el fondo de las galerías de la Red de Control de Infiltraciones (RCI), se estima en unos 4 m por debajo de la explanación general.
- Se consideran 27 celdas o edificios nuevos a diseñar.
- Cada una de las celdas tendrá unas dimensiones internas de 23,8x19,3 m en planta y una altura total de 9,6 m, con su base de cota de la plataforma de operación. Por debajo se excavarán unos 0,6 m para la losa de cimentación, de 0,5 m de canto y unos 2,8 m para las galerías RCI.

Enresa pondrá a disposición del contratista los informes de investigaciones previas y las condiciones de contorno de ingeniería para la plataforma de almacenamiento.

Para un correcto desarrollo del Trabajo, se describe de manera pormenorizada en los siguientes apartados y el alcance de las campañas de campo y de la información necesaria para los estudios geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos que se solicitan.

A continuación, se muestra un resumen de los trabajos a realizar:

1. Recopilación de datos previos, interpretación y valoración del conocimiento de la zona de estudio.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 5 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	--------------------

2. Revisión de la información previa disponible: geológico-estructural, hidrogeológica (evolución piezométrica y modelo hidrogeológico) y geotécnica.
3. Evaluación de las características físicas del emplazamiento (relieve, pendientes, red de drenaje natural, etc.).
4. Planificación de los trabajos de campo necesarios para definir adecuadamente las características de los terrenos a estudiar.
5. Actualización de la cartografía geológico-estructural (mapas y cortes).
6. Realización de la campaña de reconocimientos de campo, que incluirá los siguientes trabajos:
  - Campaña de perfiles de tomografía sísmica de refracción-y tomografía eléctrica
  - Campaña de trincheras de investigación.
  - Campaña de catas de reconocimiento geotécnico
  - Levantamiento de estaciones geomecánicas.
  - Levantamiento de fichas de taludes.
  - Campaña de sondeos, verticales e inclinados, para el reconocimiento geológico-estructural, hidrogeológico y geotécnico.
  - Toma de muestras de suelo y roca (en trincheras, catas y sondeos) para identificación de las propiedades mecánicas y deformacionales del terreno y estudio petrográfico mediante lámina delgada.
  - Geofísica en interior de sondeo mediante sondas multiparamétrica, sónico de onda completa (SOC), down-hole y televiewer óptico y acústico.
  - Ensayos hidráulicos en sondeos (Lugeon, Pulse/Slug/inyección finita en sondeo único, estimación de gradiente hidráulico vertical mediante obturadores, interferencia, etc.)
  - Construcción de piezómetros para el control hidrogeológico.
7. Realización de ensayos de laboratorio.
8. Estudio geológico-estructural, que incluirá la descripción de la geología regional y la geología local en relación con las distintas litologías y estructuras de la zona de estudio (mapas y cortes).
9. Estudio hidrogeológico mediante la realización de sondeos, la medición de niveles, la interpretación de ensayos hidráulicos y el análisis de la evolución piezométrica (mapas y cortes). Se definirán los parámetros característicos desde el punto de vista hidrogeológico para las distintas unidades, así como direcciones preferentes del flujo de agua, gradientes hidráulicos e hidrogeoquímica de la zona de estudio.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 6 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	--------------------

10. Estudio geotécnico mediante la interpretación de la información geológica, hidrogeológica y geotécnica, con el siguiente contenido mínimo:

- Descripción de los reconocimientos realizados.
- Identificación de las unidades y parámetros geotécnicos característicos de cada una de ellas, teniendo en cuenta las unidades geológicas, las diferencias de propiedades geotécnicas y, si procede, la diferenciación si está por encima o por debajo el nivel freático.
- Definición de los parámetros geotécnicos de las unidades geotécnicas, para los que se describirán los valores medidos y deducidos de los reconocimientos realizados y se definirán los valores característicos o de cálculo que se deberán utilizar en el proyecto geotécnico.
- Definición de la geometría del modelo geotécnico, formado por cada una de las unidades geotécnicas identificadas.
- En los suelos se definirán, como mínimo, los parámetros de identificación, de estado y de resistencia, los parámetros de resistencia y deformación. Así mismo, se indicará el método de excavación más apropiado, su utilidad para la formación de rellenos, la agresividad de los suelos a los hormigones y cualquier otro parámetro de interés para el proyecto geotécnico.
- En las rocas se definirán, como mínimo, las propiedades de la matriz, de las litoclasas de cada familia diferenciada y las propiedades del macizo rocoso. Así mismo, se definirán los métodos de excavación, la utilidad de la roca para la formación de pedraplenes o todo uno, y cualquier otro parámetro de interés para el proyecto geotécnico.

11. Interpretación de resultados e informes finales.

#### **4. ALCANCE Y METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS**

##### **4.1. Reconocimientos de campo**

Cada prospección quedará determinada por coordenadas, que quedarán representadas en los mapas geológico-geotécnicos y se realizarán fotografías de campo de todos los reconocimientos, con buena calidad y referencias visibles de paisaje.

Para el emplazamiento del C.A. El Cabril las coordenadas de referencia son las UTM del Datum Europeo de 1950 (ED-50) y las cotas se deberán referenciar con la cota en m.s.n.m. incrementada en 4 m.

La posición y el alcance de todas las prospecciones obedecerán a criterios técnicos justificados, por lo que no deben variarse a menos que un impedimento obligue a establecer una posición alternativa la que, en todo caso y con antelación, debe ser acordada con Enresa.

Durante la ejecución de las prospecciones, los técnicos especialistas supervisarán los distintos trabajos de modo permanente y suscribirán, de manera responsable, cada uno de los registros de campo.

Estos técnicos serán responsables de las descripciones e interpretaciones de los materiales y de

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 7 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	--------------------

la veracidad y fiabilidad de los datos obtenidos. Se encargarán de la toma de muestras y de la realización de los ensayos de campo que se llevarán a cabo según los procedimientos indicados en la normativa técnica de referencia para la presente especificación.

Los trabajos de reconocimiento específicos que se pretenden realizar y el número máximo aproximado de unidades a ejecutar quedan recogidos a continuación.

### **Cartografía y Cortes Geológico-Estructurales**

Desde el punto de vista geológico, se revisará y realizará la cartografía geológica del entorno de la zona de estudio (45 ha), donde se deberá representar toda la información litológico-estructural de las diferentes formaciones y unidades cartográficas, así como la identificación expresa de los afloramientos rocosos existentes con la representación de los datos estructurales representativos de cada uno de ellos.

Se realizará la actualización de la cartografía geológico-estructural a escala 1:1.000 sobre la base topográfica del C.A. El Cabril, que recogerá tanto los datos de las cartografías previas como las nuevas observaciones de campo (afloramientos, taludes de caminos, líneas geofísicas, trincheras, catas y sondeos) tomadas durante este Trabajo. Se completará la cartografía geológico-estructural para un área aproximada de 45 ha, abarcando la zona de la plataforma con una banda de unos 225 m alrededor de los límites exteriores de la plataforma.

Se cartografiarán, de forma detallada, los rasgos geomorfológicos principales y los accidentes geológicos que puedan afectar a los taludes y a las cimentaciones, prestando especial atención a corrimientos de ladera, zonas fracturadas y depósitos/suelos recientes que puedan afectar a la estabilidad del terreno durante la construcción.

En la cartografía se representarán los afloramientos y las estaciones geomecánicas analizadas y se incluirán sus fotografías en el apéndice correspondiente. Además, se cartografiarán todos los procesos dinámicos como: deslizamientos y hundimientos, áreas inestables, surgencias y otros posibles riesgos geológicos.

Se realizará un censo de litoclasas en las zonas de afloramientos rocosos y en los taludes de los caminos, así como la identificación de las distintas familias y medida de sus orientaciones y espaciamientos.

Como mínimo, la cartografía geológico-estructural deberá contener:

- Base topográfica.
- Posición de las prospecciones realizadas (reconocimientos previos y actuales).
- Unidades y subunidades geológicas, y tipos de contactos.
- Estructuras geológicas (fracturación y plegamiento).
- Elementos geomorfológicos de interés en cuanto a las condiciones de estabilidad.
- Medidas de estratificación, esquistosidades y estructuras en afloramiento.
- Leyenda (edad o posición, descripción general del material, aspecto, color y composición).

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 8 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	--------------------

- Simbología (contactos, estratificaciones, esquistosidades, fracturación y toda aquella anotación que pueda resultar de interés para la interpretación de la cartografía).

La nomenclatura de unidades se ajustará a la previamente utilizada en la zona.

Se realizarán suficientes cortes geológico-estructurales de forma que reflejen las propiedades y estructura del subsuelo. Los cortes se actualizarán con base en la información que se vaya adquiriendo de las distintas investigaciones ya sean de tipo geológico, geotécnico, geofísico, hidrogeológico o de cualquier otra naturaleza que incida en interés del Trabajo.

El número y dirección de los cortes se determinará en función de la morfología, rasgos tectónicos, variación litológica y complejidad de las unidades y se realizarán con la misma nomenclatura y simbología que la utilizada para la cartografía.

### **Reconocimientos Geofísicos**

En las zonas donde no existan buenos afloramientos y sea necesario reconocer cambios litológicos (contactos) o estructuras tectónicas (fallas, diques, etc.) se realizarán perfiles de geofísica (sísmica de refracción y tomografía eléctrica) al objeto de conocer mejor las características del macizo rocoso, su estructura tectónica y aspectos relacionados con la fracturación.

La prospección geofísica de superficie deberá estar en consonancia con las estructuras geológicas y adaptarse a los objetivos del reconocimiento.

Se utilizarán, en su caso, las técnicas geofísicas más idóneas para la determinación de:

- La profundidad a la que se encuentra la roca sana.
- Los cambios litológicos laterales, que impliquen cambios geomecánicos.
- El límite ripabilidad/voladura.
- El sistema hidrogeológico que afecta al subsuelo

#### *Tomografía eléctrica*

Los perfiles de tomografía eléctrica se realizarán con el objeto de caracterizar la estructura y fracturación del subsuelo.

Los perfiles se realizarán con varios dispositivos de medida, concretamente dispositivos Schlumberger-Wenner, Dipolo-Dipolo y Multigradiente, seleccionando el más apropiado para los materiales presentes en la zona. Se medirán por duplicado y de modo recíproco para garantizar el principio de reciprocidad de los datos de campo. Además, se reprocesarán con perfiles mixtos, con la combinación de los anteriores.

La separación de electrodos será menor de 3 m, y con la suficiente resolución para el estudio, y la longitud de los perfiles, tal que permita reconocer el terreno bajo la plataforma hasta la cota 350

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 9 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	--------------------

es decir con una profundidad de investigación en torno a los 40/60 m, y con suficiente resolución para el estudio.

Se presentarán los resultados con los valores de resistividad natural en ohmios por metro y los valores de espesor en metros, confeccionándose perfiles geoeléctricos, teniendo en cuenta la corrección topográfica, de escala 1:1.000 o mayor.

Para poder obtener el modelo de resistividades del subsuelo de la plataforma, se realizarán líneas de tomografía eléctrica adicionales a las realizadas en estudios anteriores, en la huella y en la zona perimetral a ella (unos 50 m de banda), resultando 2 líneas longitudinales de 450 m y 4 transversales de 200 m para conseguir un espaciado aproximado de unos 50 m entre líneas (total de 1.700 m).

#### *Tomografía Sísmica de refracción*

Con el fin de conocer mejor las características mecánicas del subsuelo de la plataforma, se realizarán líneas de tomografía sísmica de refracción adicionales a las realizadas en fases anteriores.

Los perfiles deberán tener una disposición en cuanto al número de geófonos (de forma solapada) hasta conseguir posteriormente la longitud deseada, para obtener suficiente precisión hasta una profundidad de reconocimiento bajo la cota de plataforma igual o superior a los 30 m con buena resolución. La separación de geófonos será de 3 m, y el número mínimo de geófonos será de 48 simultáneamente. Se deberá obtener mayor profundidad de investigación generando ondas fuera de los extremos de la línea de geófonos.

Los trabajos geofísicos mediante la técnica de sísmica de refracción se realizarán con un equipo capaz de trabajar con registros analógico y digital, y con geófonos tanto horizontales como verticales. Cada equipo dispondrá de un número adecuado de canales independientes, con resolución de ganancias, amplificación de la señal recibida y con memoria independiente para cada canal.

Se proporcionará el registro digital de cada disparo y las curvas dromocrónicas del conjunto de la línea y a partir de estos datos se efectuará la interpretación tanto de las superficies refractoras y los valores de velocidades  $V_p$  y  $V_s$  de cada capa, como de las curvas de isovalores de  $V_p$  y  $V_s$ , a partir de los cuales se deducirán los módulos de Young y de corte y los coeficientes de Poisson.

Se realizarán líneas de tomografía sísmica, en la huella y en la zona perimetral a ella (unos 50 m de banda), resultando necesarias unas 7 líneas transversales de unos 200 m para conseguir un espaciado aproximado de unos 30-40 m entre líneas (total de 1.400 m).

#### **Trincheras de Investigación y Calicatas**

La realización de trincheras de investigación tiene como fin la observación directa de suelo y roca para evaluar su entidad y estructura, y la posible existencia de estructuras de deformación por

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 10 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

rotura (fallas). En estas trincheras, además de su registro geológico-estructural continuo y su levantamiento fotográfico, se tomarán muestras de suelo/roca para realizar los ensayos necesarios.

Se planificará la realización de trincheras de investigación (con profundidad de 2 a 3 m, suficiente para reconocer el nivel de roca con una fracturación media y con un grado de meteorización ISRM menor o igual a IV, y longitudes de 50 hasta 100 m, con un total de 500 m de trincheras para reconocimiento de las litologías y estructuras en superficie en zonas donde existan dudas en la interpretación geológica.

Se realizarán calicatas orientadas a determinar espesores de suelos, roca alterada y/o presencia de agua. Los datos obtenidos deberán contener una descripción detallada del perfil de alteración, la matriz y discontinuidades en cuanto a orientación, espaciado, continuidad y persistencia, rugosidad, resistencia de las paredes, relleno y filtraciones.

Se realizarán unas 20 calicatas en aquellas zonas de la plataforma donde sea necesario conocer las condiciones del terreno para la excavación de taludes y apoyo de terraplenes.

Las trincheras y calicatas se realizarán con una retroexcavadora, con potencia suficiente para la excavación hasta una profundidad de 2 a 3 metros, tanto de suelos como de roca con una fracturación media y un grado de meteorización ISRM igual o menor de IV.

Se tomará muestra en todos los casos, aun tratándose de fragmentos de roca o encostramiento de suelos.

Las trincheras y las calicatas se rellenarán y se restaurará el terreno de forma inmediata después de su levantamiento geológico-geotécnico, salvo que Enresa determine mantenerlas abiertas hasta su revisión. Mientras estén abiertas se protegerá su contorno con un balizamiento de seguridad.

Tanto en el registro de la testificación de las trincheras como de las calicatas se deberá recoger, como mínimo, la siguiente información:

- Coordenadas UTM y cota proyecto Cabril
- Unidades Cartográficas excavadas
- Dificultades de excavación, aparición de agua en el fondo o en las paredes de la excavación con indicación estimada del caudal y estabilidad del corte.
- Estimación de la consistencia de los materiales cohesivos (ensayos de campo de penetrómetro y de Vane test).
- Perfil geológico estructural y geotécnico de la excavación.
- Fotografía de fondo y pared de excavación y del acopio de material y cuando las condiciones topográficas lo permitan, se realizará fotografía de la/s trinchera/s en toda su longitud.

Los registros de trincheras y calicatas incluirán claramente la ubicación de las muestras tomadas para los ensayos de laboratorio.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 11 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

## **Estaciones geomecánicas e inventario de taludes**

Se realizará el levantamiento de estaciones geomecánicas en afloramientos, trincheras y calicatas donde sea posible una buena la observación del macizo rocoso, realizando una descripción detallada de los materiales, tanto de la matriz rocosa como de las discontinuidades.

También se realizará el levantamiento de taludes preexistentes, realizando una descripción detallada de su geometría las características básicas del terreno y su comportamiento en cuanto a erosionabilidad y estabilidad.

## **Realización de Sondeos**

Se realizarán sondeos al objeto de completar el estudio de las características geológicas, hidrogeológicas y geotécnicas; en su interior se tomarán muestras de roca y de agua para determinar en laboratorio las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del subsuelo. Como parte de la investigación en aquellas zonas donde la información sea insuficiente se realizarán sondeos inclinados para el estudio de las características de los diferentes litotipos en profundidad.

Se detallan a continuación los tipos de sondeos en función de su utilidad para el estudio:

- Sondeos inclinados (a 45° y 75 m de longitud) cuyo objetivo principal será el reconocimiento geológico-estructural del subsuelo de la plataforma.
- Sondeos verticales (profundidades entre 11 y 100 m) cuyo objetivo principal será el reconocimiento geotécnico de los materiales debajo de la plataforma.
- Sondeos verticales (profundidades entre 20 y 60 m) cuyo objetivo principal será el reconocimiento hidrogeológico en el entorno de la plataforma, por lo que se realizarán localizados fuera de la zona de las futuras obras y completarán la red de control piezométrica durante la construcción y explotación de las estructuras de almacenamiento.

La planificación de la campaña de sondeos (localización, inclinación, profundidad y secuencia de realización) deberá ser consensuada con Enresa, aunque se podrá ir adaptando en función de los resultados obtenidos y la información que se vaya adquiriendo sobre el terreno.

En zonas próximas a la plataforma donde se haya detectado la posible existencia de alguna estructura geológica con cierta incertidumbre sobre su entidad e importancia, se propone la realización de sondeos inclinados para su reconocimiento de detalle. Se estima unos 4 sondeos, inclinados 45° y unos 75 m de longitud, con un total de 300 m.

Se realizarán una serie de sondeos verticales en la zona de apoyo de las celdas, unos 3 sondeos hasta unos 100 m de profundidad para ensayos sísmicos (SOC y Down-Hole) necesarios para los cálculos de los parámetros dinámicos del terreno (unos 70 m bajo el nivel de cimentación), unos

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 12 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

5 sondeos entre 57 y 66 m de profundidad (unos 35 m bajo el nivel de cimentación) y unos 6 sondeos entre 28 y 39 m de profundidad (unos 10 m bajo el nivel de cimentación). En un total serán unos 14 sondeos con un total de 817 m de perforación.

También se realizarán en el exterior de la plataforma para estudiar, en su caso, los taludes de desmonte que se generen, optando en este caso por la realización de sondeos que alcancen, al menos, 6 m de profundidad bajo el nivel de máxima excavación para las galerías de RCI. Se ha estimado un total de 12 sondeos entre 11 y 27 m de profundidad, con un total de 246 m de perforación.

Además, podrá ser necesario realizar algún sondeo corto en cimentaciones de rellenos en los que las calicatas hayan sido insuficientes para profundizar hasta la roca o el terreno competente. Se ha estimado que serán sondeos de menos de 10 m de profundidad, con un total de 40 m de perforación.

En el entorno de la plataforma, para la caracterización hidrogeológica de las aguas subterráneas, se plantea la necesidad de realizar unos 8 sondeos largos, hasta unos 60 m de profundidad, con un total de 480 m de perforación y que quedarán equipados como piezómetros. De los sondeos verticales realizados para geotecnia en plataformas, 6 sondeos se prepararán para control hidrogeológico, para lo que habrá que profundizar más de 10 m por debajo de nivel freático, estimando necesario realizar unos 100 m más de perforación. En zonas donde se necesite controlar el gradiente hidráulico, se realizarán otros 4 sondeos cortos, de unos 20 m de profundidad, con un total de 80 m de perforación. En total se estima realizar un total de 660 m de perforación.

En total se estima la realización de un total de 42 sondeos, con unos 300 m de sondeos inclinados 45° para geología estructural y unos 1.763 m de sondeos verticales, para geotecnia e hidrogeología. Se perforarán en total unos 2.063 m de sondeo.

Los sondeos mecánicos se realizarán a rotación, con agua como fluido de perforación. Todos los sondeos se realizarán con un diámetro de testigo superior a los 75 mm y de pozo superior a los 101 mm, pudiendo, en caso de ser necesario, a partir de cierta profundidad (>50 m) se podrá pasar a diámetros de testigo superior a los 65 mm y de pozo superior a 86 mm o bien HQ (63,5 de testigo y 96 de pozo), siempre que sea justificado y con la aprobación por parte de Enresa.

En zonas fracturadas que presenten baja recuperación, las maniobras no podrán exceder un metro de perforación y, para estos tramos se empleará batería triple.

Los sondeos para ensayos down-hole se perforarán con diámetro de pozo superior a los 101mm para toda su longitud y se cementarán con una tubería de PVC de tramos roscados y diámetro interior mayor de 65mm.

Los sondeos hidrogeológicos largos se perforarán, como el resto, con diámetro de testigo superior a los 75 mm y de pozo superior a los 101 mm, procediendo después a su reperforación con mayor diámetro exterior (>135 mm) de manera que permita su acondicionamiento como piezómetros. La

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 13 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

construcción de los piezómetros para estos sondeos se realizará siguiendo las directrices y recomendaciones de la Norma ASTM D5092, con tubería ciega con tapón de fondo de PVC roscado en el fondo del sondeo (1 a 2 m), tubería piezométrica de PVC ciega/ranurada roscada y con juntas selladas (75 mm de diámetro exterior y espesor 4/5 mm), centradores (cada 5 o 6 m), relleno del espacio anular sondeo-revestimiento (grava silíceas lavada y seleccionada de 4-6 mm de diámetro, arena fina más bentonita en pellets o mezcla de cemento-bentonita, según tramos) y emboquille metálico cementado en superficie (desde roca sana hasta sobresalir al menos 0,5 m de la superficie) recibido con mortero de cemento, rematándose en superficie con un dado o cono de este mismo material. En estos sondeos se deberá preparar una embocadura metálica cementada hasta roca sana (más de 3 m de profundidad), tomada con mortero en superficie, con tapa roscada y cartel indicativo del sondeo con el modelo habitual de los sondeos de la Instalación. Así mismo en los sondeos que Enresa determine, se colocará un babero circular de lámina impermeable en la superficie del terreno alrededor del sondeo hasta un radio de 1 a 2 m. Se estima unos 480 m de perforación y construcción de piezómetros, y la preparación de 8 emboquilles metálicos cementados.

Para la determinación de gradientes hidráulicos y control del flujo subsuperficial utilizarán varios sondeos geotécnicos y se realizarán varios sondeos cortos, todos perforados como el resto con diámetro de testigo superior a los 75 mm y de pozo superior a los 101 mm, que quedarán revestidos con tubería de PVC ranurada en toda su longitud, con una embocadura metálica cementada hasta roca sana (una media de 5 m de profundidad). El emboquille metálico cementado consistirá en la perforación del tramo superficial de suelos y roca alterada, con un diámetro mayor de 120 mm hasta roca sana (profundidad media de 5 m), colocación de una tubería metálica de diámetro interior mayor de 101 mm y la cementación del espacio anular. Se estima realizar esta embocadura metálica cementada en unos 10 sondeos (en 6 sondeos de geotecnia y 4 sondeos cortos para control hidrogeológico) y un total de unos 426 m tubería de PVC ranurada.

En la realización de las perforaciones se preparará un parte diario del sondista y un registro de datos tomados en campo por el técnico que realice la testificación. En el parte diario del sondista se indicarán las incidencias durante la ejecución, como pérdida súbita de agua, cambio de la coloración del agua, mayor o menor rapidez en el avance, caída brusca de batería, desgastes anormales de coronas, falsos rechazos, y cualquier otra que pudiera resultar de interés para la posterior interpretación de los resultados.

El registro de datos de campo de la testificación de sondeos reflejará la totalidad de propiedades analizadas y se utilizará la misma nomenclatura que la establecida por Enresa en otros estudios previos. Los datos de los sondeos se presentarán en fichas que deberán contener, como mínimo, la siguiente información:

a) Cuadro de datos generales:

- Identificación y anagrama de la empresa
- Técnico responsable de la testificación geológica.
- Equipo de perforación utilizado.
- Fecha de inicio y fin del sondeo.
- Coordenadas UTM ED50 y cota proyecto Cabril del emboquille.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 14 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

- Diámetro de perforación, tipo de batería y corona empleada.
- Leyendas de símbolos: litologías, fracturación (tipo y relleno), alteraciones, ensayos y muestras.

b) Columnas gráficas y de descripción:

- Sistema y diámetro de perforación.
- Maniobras
- Revestimiento y tramo de emboquille cementado
- Escala de profundidad (m)
- Porcentaje de testigo recuperado (RQD)
- Columna gráfica color/tramas (litologías y estructuras)
- Descripción geológico-estructural del testigo, indicando profundidad de la base o muro de cada unidad geológico-geotécnica, aumento o descenso relevante del grado de meteorización (GM), índice de calidad de la roca (RQD), tramos de fracturas, nivel freático estabilizado (NF), etc.
- Grado de resistencia o consistencia de los tramos de roca
- Grado de meteorización según la ISRM
- Fracturación (tipo, dirección buzamiento, buzamiento, apertura, rugosidad y relleno), indicando espaciado de fracturas según la BGD de la ISRM.
- Indicación de muestras y ensayos (longitud >50 cm, que, en roca, puede conseguirse en dos o más trozos de longitud parcial > 25 cm y total > 60 cm).

Las fichas de sondeos incluirán la ubicación de todas las muestras tomadas para los ensayos de laboratorio.

En documentos independientes se presentarán las fotografías de las cajas de los testigos (sondeo, número de caja, profundidad entre maniobras, profundidad inicial-final de la caja e identificación de las muestras extraídas), los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el interior de los sondeos y los ensayos de laboratorio de las muestras de sondeos.

Los gráficos y tablas de presentación de los resultados obtenidos de los sondeos serán presentados y autorizados por Enresa previamente a su utilización en los informes.

Enresa establecerá los sondeos que deban ir provistos de entubación piezométrica y/o construcción de piezómetros (tubería, arena y bentonita). Se estima que sea necesaria introducir tubería piezométrica en unos 426 m de sondeo, y la construcción de piezómetros (tubería PVC y espacio anular con grava, arena o bentonita) para unos 480 m sondeo, siendo para el total la parte de tubería ranurada de fábrica del aproximadamente el 60%.

Los sondeos que no se utilicen para seguimiento de los niveles piezométricos deberán ser sellados con lechada de cemento; en total, entre los sondeos realizados en estudios anteriores y los realizados durante estos trabajos, se estiman unos 1.200 m de sondeo a cementar. La lechada de cemento deberá introducirse desde el fondo del sondeo hacia la boca, con el fin de asegurar que no queden tramos del sondeo sin sellar.

Se deberá realizar el transporte y colocación de las cajas de los sondeos en la zona de

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 15 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

almacenamiento de sondeos (ubicada a una distancia inferior a 3 km).

### **Ensayos en el interior de sondeos**

Durante la perforación de los sondeos, en función de su secuencia de perforación y finalización de estos, y antes de proceder a su entubación, se realizarán los siguientes ensayos en el interior de los sondeos:

#### **Ensayos Dilatómétricos**

Se realizarán con el objeto de obtener información sobre la deformabilidad del macizo rocoso

Durante la perforación de los sondeos, se realizarán ensayos dilatómétricos tipo PBP (en sondeo previamente perforado) conforme a lo siguiente:

- Se utilizará un equipo que permita aplicar presiones de hasta 20 MPa y que disponga de al menos tres direcciones horizontales de medidas de deformaciones, uniformemente distribuidas.
- El tramo en el que se vaya a realizar un ensayo dilatómétrico se deberá perforar con un diámetro no mayor del diámetro del dilatómetro en vacío más 5 mm.
- El ensayo se realizará con un ciclo intermedio de descarga-recarga y posteriormente se llevará hasta alcanzar la rotura del terreno o hasta agotar la capacidad de deformación del dilatómetro.
- Las lecturas de presiones y de deformaciones radiales se corregirán por las presiones y las deformaciones achacables a la membrana. Los resultados de cada ensayo se interpretarán calculando el módulo presiométrico en primera carga y en descarga-recarga y, si se supera el tramo pseudoelástico pero no se alcanza la rotura del terreno, se obtendrá también el valor de la presión límite por extrapolación de las últimas lecturas con los diferentes procedimientos disponibles.

Estos ensayos se realizarán a las profundidades que determine Enresa.

#### **Testificación de diagráfias mediante Sonda Multiparamétrica**

Se realizará la testificación de diagráfias mediante Sonda Multiparamétrica en todos los sondeos (verticales e inclinados) con el fin de detectar flujos anómalos de agua y se obtendrá el registro de gamma natural, resistividad, conductividad y temperatura. Se estima que será necesario reconocer unos 1.943 m de sondeo.

#### **Testificación geofísica mediante Sónico de Onda Completa (SOC)**

Se realizará la testificación de Sónico de Onda Completa en todos los sondeos que se ubiquen en plataforma (verticales e inclinados) para la determinación de manera continua en toda la longitud

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 16 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

del sondeo de las velocidades de propagación, a través del terreno, de las ondas longitudinales,  $V_p$ , y transversales,  $V_s$ . Esta información hará posible calcular el coeficiente de Poisson, el módulo de elasticidad y el módulo de corte, dinámicos, del terreno investigado. Se estima que será necesario reconocer unos 1.463 m de sondeo.

#### Testificación geofísica mediante Down-Hole

La testificación geofísica Down-Hole deberá proporcionar valores continuos de las características mecánicas de subsuelo con un procedimiento diferente del utilizado en la testificación geofísica mediante la técnica de sónico de onda completa.

La testificación geofísica Down-Hole se realizará en la huella de la plataforma hasta una profundidad por debajo de la cota de cimentación tal que permita el análisis de interacción suelo-estructura.

Para estos ensayos requerirán la colocación de tubería de PVC de tramos roscados, cementada (de diámetro interior mayor de 65 mm) y la instalación de, al menos, dos bases de golpeo que generen ondas hacia el sondeo en dirección de la esquistosidad y en su perpendicular. (viga metálica de doble T cementada en hueco de aproximadamente 1m de profundidad). Si este mecanismo de golpeo se daña durante la realización del ensayo, debido a mala calidad o a que se requiera un número elevado de golpes, Enresa podrá exigir que se dispongan otras dos bases de golpeo adicionales.

Se estima necesario realizar mediante esta técnica 3 sondeos de aproximadamente 100 m de profundidad cada uno, por lo que será necesario reconocer unos 300 m de sondeo.

#### Testificación mediante Televiever Óptico y Acústico

En algunos sondeos, en los inclinados  $45^\circ$  y en los verticales para down-hole, se realizará testificación con televiever óptico al objeto de identificar con mayor exactitud los contactos entre unidades y litotipos, los planos de esquistosidad y la existencia de diaclasas y fracturas.

Con este método se podrá realizar la representación espacial de los diferentes planos ( $S_0$  y  $S_p$ ), de juntas (diaclasas y fracturas), así como comprobar sus características y realizar el análisis de las diferentes familias en términos estructurales.

El contratista estará obligado a disponer durante la testificación con el Televiever Óptico de uno Acústico, que se utilizaría en el caso de no poder utilizar la sonda óptica por la turbidez del agua.

Para que varias de las testificaciones geofísicas proporcionen resultados óptimos, se han de realizar con los sondeos desnudos, descubiertos y llenos de agua. Será por cuenta del Contratista la presencia de las cubas de agua necesarias para rellenar los sondeos a testificar en caso de que estos perdieran agua.

Se estima necesario realizar Televiever Óptico y Acústico en los 4 sondeos inclinados y en los 3

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 17 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

sondeos para down-hole, con un total de 600 m de sondeo.

### Ensayos Hidráulicos

Para la caracterización y modelación de la hidrogeología, se realizarán los siguientes ensayos hidráulicos:

- Ensayos tipo Lugeon: Se llevarán a cabo unos 80 ensayos tipo Lugeon al avance de la perforación, que se realizarán en los intervalos de mayor interés, con longitud de unos 10 m.
- Ensayos hidráulicos a sondeo único: se obtendrán datos sobre la conductividad hidráulica de los terrenos mediante la realización de unos 20 ensayos hidráulicos dentro de los sondeos. Se prevé la realización de ensayos de pulso y slug o cuchareo en tramos obturados, en los intervalos menos permeables, y de extracción o inyección finita en los más transmisivos.
- Ensayos de interferencia: Se prevé la realización de, un ensayo de interferencia. La duración del periodo de extracción o inyección inicialmente considerada es de 7 días, pudiendo variar ligeramente según la evolución de este.
- Determinación de gradientes hidráulicos verticales: para obtener información sobre la naturaleza del gradiente hidráulico vertical en diferentes sectores de la zona de estudio se llevarán a cabo unos 10 ensayos de obturación temporal de sondeos, midiendo los niveles piezométricos periódicamente en los dos tramos diferenciados. La duración de la división del sondeo no será inferior a 12 horas.

### Control Piezométrico

Todos los sondeos de investigación hidrogeológica que estén acondicionados como piezómetros, tanto los previos como los realizados en este Trabajo serán controlados periódicamente.

Existirán sondeos hidrogeológicos en la propia plataforma y otros fuera de ella para completar la red de control piezométrico, así como piezómetros realizados en estudios anteriores.

El control piezométrico se llevará a cabo en continuo mediante la instalación, de registradores automáticos sumergibles tipo Diver en todos los piezómetros. Algunos de ellos, sobre todo los más profundos, se instalará cable de comunicación sumergible para la descarga directa de datos desde superficie.

Se estima necesario controlar entorno a unos 40 sondeos hidrogeológicos, incluyendo la descarga mensual de datos de todos registradores instalados en la zona, la medida manual del nivel del agua con hidronivel, el mantenimiento de los equipos instalados, así como la elaboración y actualización de un hidrograma de evolución piezométrica por cada punto de control.

Se analizarán las variaciones piezométricas al objeto de confeccionar mapas de isopiezas, se

Revisión:  035-ES-SU-0070	Revisión:  0	Fecha:  Agosto 2020	Página:  18 de 40
---------------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------

estimarán las direcciones de flujo.

### Determinación de las características físico-químicas e hidrogeoquímica

Para el análisis hidrogeoquímico se realizará la toma de muestras de agua en los sondeos y la determinación de la composición química de las aguas subterráneas. Los análisis de agua se deberán adaptar a los que se hacen sistemáticamente en el Programa de Vigilancia Hidrogeológica del C.A. El Cabril.

Los parámetros de muestreo serán:

- Localización y profundidad de la muestra, caudal o nivel piezométrico, volumen muestreado y aspecto de la muestra.
- Parámetros físico-químicos “in situ” mediante sonda multiparámetrica en interior del sondeo: pH, Eh, T<sup>a</sup>, oxígeno disuelto y CE.
- Análisis de los siguientes elementos y compuestos: F (ppm), Cl (ppm), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (ppm), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ppm), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (ppm), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (ppm), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ppm), TOC mgC/L, Na (ppm), K (ppm), Mg (ppm), Ca (ppm), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (ppm), Fe (ppm), SiO<sub>2</sub> (ppm), U (ppm).

### Resumen de reconocimientos de campo

<b>RESUMEN DE LOS RECONOCIMIENTOS DE CAMPO</b>		
<b>Investigaciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>
Ha. Cartografía geológico-estructural	45	Zona entorno a la huella
Ml. Tomografía eléctrica	1.700	6 líneas
Ml. Tomografía sísmica de refracción	1.400	7 líneas
Ml. Trincheras de investigación	500	Varias trincheras (Prof. 2 a 3 m)
Ud. Calicatas	20	Calicatas (Prof. 2 a 3/4 m)
Ml. Sondeos inclinados (45°)	300	4 sondeos, Prof. 75 m / Incl. 45°
Ml. Sondeos verticales	1.763	38 sondeos (10 a 100 m de profundidad)
Ud. Ensayos dilatométricos	3	Mecánicos
Ml Geofísica Multiparamétrica	1.943	Geofísica sondeos geotécnicos-hidrogeológicos
Ml Geofísica SOC	1.463	Geofísica sondeos geotécnicos
Ml Geofísica Down-Hole	300	Geofísica sondeos geotécnicos
Ml. Geofísica Televiewer (Opt. y Sonic.)	600	Geofísica sondeos inclinados y verticales de 100m
Ud. Ensayos Lugeon	80	Hidráulicos en sondeo
Ud. Ensayos en sondeo único (pulse/slug/inyección finita)	20	Hidráulicos en sondeo
Ud. Gradiente vertical con obturadores	10	Hidráulicos en tramos de sondeo
Ud. Ensayo de Interferencia	1	Hidráulicos en sondeos
Ud. Láminas delgadas	20	Muestras afloramiento y sondeo
Ud. Toma muestras para laboratorio	100	20 calicatas y 30 sondeos
Ud. Toma muestras para análisis aguas	30	15 muestras en sondeos x 2 campañas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pistas de acceso para la implantación de los sondeos: 1.000 m (ancho de 4 m con pasos de agua, cunetas y plataforma para el emplazamiento de la máquina y útiles de perforación).</li> <li>- Emboquille metálico cementado hasta roca sana (unos 5 m de media) para 18 sondeos.</li> <li>- Tubería PVC y cementado (300 m) y preparación puntos de golpeo (4) para ensayo Down-Hole.</li> </ul>		

Revisión:  035-ES-SU-0070	Revisión:  0	Fecha:  Agosto 2020	Página:  19 de 40
---------------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------

- Instalación de tubería piezométrica (PVC) para 426 m y construcción de piezómetros para 480 m de sondeo (aproximadamente un 50% de tubería ranurada).
- Sellado mediante lechada de cemento para 1.200 m de sondeo (previos y nuevos).

## 4.2. Ensayos de laboratorio

Los ensayos que se realicen deben ofrecer una población de datos que permitan obtener los parámetros característicos de las distintas unidades geotécnicas que existan en la zona de influencia de la plataforma. Se realizarán ensayos de laboratorio de identificación, estado, resistencia, deformabilidad y químicos. Las condiciones de drenaje en los ensayos de corte y triaxiales serán las representativas de las condiciones que se quieren estudiar. En suelos se realizarán ensayos de identificación, estado, Proctor, CBR y colapso; y en rocas ensayos de identificación, estado, resistencia, deformabilidad, durabilidad y estudio petrográfico mediante lámina delgada. Se realizarán análisis químicos para acidez, contenido de sulfatos solubles y sulfuros (en suelos y rocas) y análisis químico del agua y de agresividad al hormigón.

El acta de laboratorio indicará la naturaleza del testigo ensayado en cuanto a la unidad geológica-geotécnica, litología, composición y color. En los ensayos de laboratorio se hará constar la fecha de calibración de los equipos, así como las observaciones de incidencias que se presenten durante la ejecución, circunstancias que invaliden el ensayo y en consecuencia determinen su repetición, y cualquier otra que pudiera resultar de interés para la posterior interpretación de los resultados.

El transporte de las muestras al laboratorio se realizará de forma que se evite cualquier deterioro y las muestras se almacenarán por un periodo de un año desde la recepción del Trabajo; en todo caso, transcurrido este plazo, el Contratista lo notificará a Enresa quien resolverá sobre el lugar al que deban ser enviados para continuar éste con su custodia o, en su caso, sobre la falta de interés justificado en ello, momento en que el control del material almacenado pasará a ser del Contratista.

Se deberán realizar los siguientes tipos de ensayos:

### *Ensayos específicos para suelos*

- Identificación (granulometría por tamizado y límites líquido / plástico)
- Peso específico de partículas.
- Ensayos de estado (humedad, densidad).
- Proctor normal, Proctor modificado, CBR y colapso.
- Clasificación USCS e índice de grupo.

### *Ensayos específicos para rocas*

- Petrografía (mediante estudio de lámina delgada).
- Humedad, peso específico y porosidad.
- Ensayos de deformabilidad en probetas: compresión simple y determinación del módulo de elasticidad (Young) y el coeficiente de Poisson mediante la medida con bandas extensométricas y mediante ensayo de velocidad sónica.
- Ensayos de compresión triaxial y tracción.

Revisión:	Revisión:	Fecha:	Página:
035-ES-SU-0070	0	Agosto 2020	20 de 40

- Sequedad-Humedad-Desmoronamiento.
- Estabilidad al desmoronamiento en agua.
- Estabilidad frente a los ciclos de humedad sequedad.
- Desgaste en la máquina de Los Ángeles.
- Friabilidad de la arena (ensayo MicroDeval Húmedo).
- Resistencia al ataque por los sulfatos.

### *Ensayos químicos*

- Acidez de suelos
- Agresividad química del agua y de los suelos en cuanto a las clases generales de exposición relativas a la corrosión de armaduras y tipo de ataque según la EHE.
- Contenido de materia orgánica, sulfatos y sales solubles.
- Análisis químico completo de aguas

### *Relación de ensayos de laboratorio*

- Preparación de muestra para los ensayos de suelos (UNE 103-100/95).
- Determinación humedad de suelo mediante secado estufa (UNE 103-300/93).
- Determinación de densidad de suelo. Método de la balanza hidrostática (UNE 103-301/94).
- Determinación de peso específico de las partículas de un suelo (UNE 103-302/94)
- Análisis granulométrico de suelos por tamizado (UNE 103-101/95)
- Determinación límite líquido de suelo por el método de Casagrande (UNE 103-103/94)
- Determinación del límite plástico de un suelo (UNE 103-104/93)
- Compactación Proctor normal (UNE 103-500/94)
- Compactación Proctor modificado (UNE 103-501/94)
- Índice C.B.R. en laboratorio de un suelo (UNE 103-502/95)
- Colapso en suelos (NLT-254/99)
- Estudio petrográfico con recuento mineralógico (UNE-EN 12407)
- Peso específico de los materiales pétreos (UNE 7067:1954)
- Compresión simple de probetas de roca (UNE 22950-1/90)
- Compresión simple con bandas extensométricas (UNE 22950-3/90)
- Resistencia a la compresión triaxial de las rocas (UNE 22950-4:1992)
- Resistencia a tracción de las rocas (ensayo brasileño) (UNE 22950-2/90)
- Durabilidad al desmoronamiento de rocas blandas, Slake Durability (NLT-251/91)
- Estabilidad áridos y fragmentos de roca frente a desmoronamiento en agua (NLT-255/99)
- Estabilidad áridos y fragmentos de roca frente a ciclos de humedad-sequedad (NLT-260/99)
- Estabilidad áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico (NLT-158)
- Desgaste en la máquina de Los Ángeles. UNE-EN 1097-2/98
- Friabilidad de la arena (ensayo MicroDeval Húmedo)
- Resistencia al ataque por los sulfatos
- Determinación cuantitativa de materia orgánica. UNE 103204/93
- Contenido de sales solubles UNE 103201: 1996.
- Acidez en suelos (método Bauman Gully)

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 21 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

- Contenido de sulfuros solubles UNE 1744-1/98.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 22 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

### 4.3. Contenido de los estudios

A partir de los datos obtenidos de las campañas descritas, se redactarán los documentos integrantes del Trabajo, provisionalmente en informes técnicos de campañas y estudios, y definitivamente en el informe final de resultados.

La memoria descriptiva del informe final deberá incluir aspectos relativos a los antecedentes del encargo, descripción de los trabajos, medios técnicos y humanos empleados, situación geográfica, información utilizada y operaciones realizadas, trabajos de campo, ensayos de laboratorio, trabajos de cartografía, toma de datos estructurales y cualquier otro de interés para la redacción del Trabajo.

#### Estudio Geológico-Estructural

Este estudio será coordinado por un Técnico Responsable de la Cartografía Geológico-Estructural, Testificación y Ensayos "in situ", quien supervisará la realización de las actividades, la interpretación de los datos y los informes correspondientes a este estudio.

Se realizará un estudio geológico-estructural que recoja los datos de interés para el objeto del Trabajo, en el que se describirá el encuadre geológico, litología, estratigrafía, geomorfología, tectónica y riesgos geológicos.

En primer lugar, se analizará toda la información geológica previa a fin de planificar las campañas de reconocimiento (geofísica de superficie, trincheras, catas y sondeos), con el fin de mejorar el conocimiento geológico de la zona de estudio. Dicha planificación podrá sufrir modificaciones en función de los resultados que se vayan obteniendo.

Con la información que se obtenga de los reconocimientos se delimitarán en detalle las unidades y subunidades geológicas, que se analizarán desde el punto de vista geológico-estructural al objeto de determinar tanto las litologías como el tipo y orientación la fracturación, así como sus características espaciales (anchura, longitud y profundidad) y tectónicas.

El objetivo final de este estudio será definir las características litológicas y estructurales, y analizar el posible impacto que pueda suponer para la construcción.

Los resultados del estudio final se recogerán en un informe en el que se incluirá la metodología empleada, los trabajos realizados, todos los datos disponibles, indicando la validez y representatividad de estos.

El estudio incluirá los mapas y cortes adecuados para describir con suficiente detalle las principales conclusiones del estudio, y esquemas o modelos 3D donde se representarán los elementos que expliquen de una forma clara la estructura geológica de las zonas de estudio.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 23 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

## **Estudio Hidrogeológico**

Este estudio será coordinado por un Técnico Responsable de los Estudios Hidrogeológicos, quien supervisará la realización de las actividades, la interpretación de los datos y los informes correspondientes a este estudio.

Se deberá analizar toda la información disponible (geológica, hidrogeológica y geotécnica preexistente) a fin de mejorar el conocimiento del esquema de funcionamiento hidráulico para la zona de estudio, y se realizarán visitas de campo para la ubicación exacta de piezómetros y la determinación de los tramos de ensayo.

Se llevará a cabo una definición y delimitación de las unidades hidrogeológicas desde el punto de vista geológico e hidrogeológico al objeto de determinar su naturaleza litológica, el tipo y grado de fracturación, la orientación de las fracturas y su comportamiento en profundidad.

Se llevarán a cabo los trabajos necesarios para estimar las características hidráulicas de los diferentes materiales, los parámetros que rigen el flujo subterráneo (permeabilidad, porosidad eficaz y coeficiente de almacenamiento), la recarga de estos materiales y la superficie freática.

Durante los reconocimientos de campo, en el caso de que se estime necesario, se determinarán los parámetros físico-químicos "in situ" y se verificará la toma de muestras de agua en puntos seleccionados por su representatividad. Estas determinaciones están orientadas a la clasificación geoquímica de las muestras como apoyo a la definición del esquema de flujo del agua subterránea.

Se estudiará el esquema hidrológico superficial para determinar su relación con el esquema de flujo subterráneo en condiciones naturales. Se identificarán zonas de recarga y descarga que puedan afectar en cada zona.

El objetivo final de este estudio será definir el esquema de funcionamiento conceptual hidrogeológico, así como el posible impacto que sobre el mismo pueda producir la realización de algún la obra o construcción a realizar.

Los resultados del estudio final se recogerán en un informe en el que se incluirá la metodología empleada, los trabajos realizados, todos los datos disponibles, indicando la validez y representatividad de estos.

Se incluirán tablas, gráficos y mapas adecuados para explicar de una forma clara las principales conclusiones del estudio, que serán claramente descritas, y se elaborarán mapas de isopiezas y cortes hidrogeológicos explicativos.

Se realizarán recomendaciones sobre los trabajos complementarios que sean necesarios realizar para completar la información sobre la caracterización hidrogeológica de la zona de estudio.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 24 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

## Estudio Geotécnico

Este estudio será coordinado por un Técnico Responsable de Análisis Geotécnico, quien supervisará la realización de las actividades, la interpretación de los datos y el informe correspondiente a este estudio.

El informe final describirá la metodología empleada, los trabajos realizados, un resumen de los datos disponibles, indicando la validez y representatividad de estos. Se describirán con detalle las unidades geotécnicas encontradas, la agresividad de suelos, rocas y aguas y los parámetros resistentes y deformacionales obtenidos para cada nivel geotécnico, y se incluirá un documento de síntesis que refleje todos los aspectos relevantes tratados en apartados anteriores relativos a las unidades geológicas existentes y sus parámetros geológicos, hidrogeológicos y geofísicos característicos.

Se presentarán las cartografías geotécnicas de la zona de la plataforma a escala 1:1.000 o 1:500, incluyendo una planta geotécnica a cota del fondo de excavación proyectado y perfiles geotécnicos, longitudinales y transversales, extendiéndose tanto a la plataforma como a los taludes de excavación y a los ejes de los accesos. En ellas se definirán las unidades geotécnicas existentes en base a sus propiedades físicas y mecánicas. Se indicará el espesor de suelos, formaciones superficiales, rocas alteradas, discontinuidades y datos estructurales, condiciones hidrogeológicas y geomorfológicas. Así como los procesos dinámicos y riesgos geológicos y toda aquella información de interés para la caracterización geotécnica.

En el estudio se definirán los valores, característicos del terreno según el Eurocódigo UNE-EN 1997. Para definirlos, se utilizará toda la información disponible, se confeccionarán tablas con la presentación simultánea de los resultados de los ensayos realizados y se efectuarán los análisis de toda la información, incluyendo gráficos y explicaciones de las correlaciones entre diferentes parámetros y el camino por el que se llega a los valores característicos. Como mínimo se darán los siguientes parámetros geotécnicos requeridos para los cálculos del proyecto:

### Definición de unidades geotécnicas y modelo geotécnico

- Unidad geotécnica
- Litología y, en su caso, textura
- Relación con las unidades geológicas (profundidad, cotas y espesores)
- Extensión vertical y horizontal de cada unidad geotécnica en plantas y perfiles, definiéndola en la medida de lo posible en profundidades, cotas y espesores

### Parámetros dinámicos in situ de cada unidad geotécnica

- Velocidad de Onda Primaria ( $V_p$ ) (m/s)
- Velocidad de Onda Secundaria ( $V_s$ ) (m/s)
- Módulo de Corte a pequeña deformación ( $G_0$ ) (GPa)
- Coeficiente de Poisson dinámico ( $\nu$ )
- Curva de Módulo de Corte en función de la deformación cíclica
- Curva de Amortiguamiento en función de la deformación cíclica

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 25 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

#### Parámetros generales in situ de cada unidad geotécnica

- Peso específico de las partículas de suelo o de la matriz de roca ( $\text{kN/m}^3$ )
- Peso específico aparente sobre el nivel freático ( $\text{kN/m}^3$ )
- Peso específico saturado ( $\text{kN/m}^3$ )
- Peso específico seco ( $\text{kN/m}^3$ )
- Humedad sobre el NF (%)
- Humedad de saturación (%)
- Agresividad al hormigón.

#### Parámetros específicos in situ de las unidades de suelo

- Granulometría y plasticidad
- Clasificación para rellenos según el PG-3
- Cohesión efectiva ( $c'$ ) ( $\text{kN/m}^2$ )
- Ángulo de rozamiento efectivo ( $\varphi'$ ) ( $^\circ$ )
- Módulo de Young (E) para nivel de tensiones del 50% de la de rotura (GPa)
- Coeficiente de Poisson (n)

#### Parámetros específicos in situ de las unidades de roca

##### *Roca matriz*

- Resistencia a Compresión Simple (MPa)
- Resistencia a Tracción (MPa)
- Módulo de Young (E) (GPa)

##### *Juntas*

- Número de familias de juntas
- Buzamiento y dirección de buzamiento (moda y rango) de cada familia de juntas
- Ángulo de rozamiento de cálculo de cada familia de juntas

##### *Macizo*

- Fracturación (espaciado y RQD)
- Índices RMR y GSI
- Cohesión efectiva ( $c'$ ) ( $\text{kN/m}^2$ ) y Ángulo de rozamiento efectivo ( $\varphi'$ ) ( $^\circ$ ) para varios rangos de niveles tensionales
- Módulo de Young (E) (GPa)

#### Parámetros específicos de los materiales una vez excavados

- Excavabilidad de la roca a diferentes profundidades
- Organización más probable de la excavación (independientemente cada unidad geotécnica o mezcla de varias)
- Clasificación como rellenos según el PG-3 dependiendo de la organización de la excavación
- Resistencia de los rellenos dependiendo de la organización de la excavación

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 26 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

- Utilidad de cada unidad geotécnica como áridos de hormigón según la EHE

En los casos en que sea importante se definirá la precisión de la información obtenida y los reconocimientos adicionales que pueda ser necesario realizar durante la construcción.

Así mismo se definirán recomendaciones para el proyecto con base en los datos del estudio. Entre otras se tendrán en cuenta las siguientes:

- Modelo conceptual de las cimentaciones de las celdas.
- Singularidades que puedan aparecer en el terreno de cimentación de las celdas (capas de menor resistencia, zonas de fractura...) y recomendación de las medidas a tomar.
- Modelo conceptual de las cimentaciones de los o rellenos.
- Singularidades que puedan aparecer en el terreno de cimentación de los rellenos (apoyo a media ladera de elevada pendiente, presencia localizada de suelos más blandos o menos resistentes...) y medidas recomendables a tomar.
- Modelo conceptual de los cálculos de estabilidad de los desmontes.
- Singularidades que puedan aparecer en el terreno del talud de los desmontes (geometría del diaclasado más desfavorable, zonas de fractura...) y medidas recomendables a tomar.

## 5. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

Durante el desarrollo del servicio se observarán todas las normas, instrucciones, recomendaciones y pliegos oficiales vigentes y demás disposiciones técnicas aplicables que regulen aspectos del objeto del Contrato, en todos aquellos términos que no contradigan las disposiciones del presente Pliego de Prescripciones Técnicas.

En cuanto a la normativa nuclear que será de aplicación, se atenderá a lo establecido en las siguientes normas de la USNRC, que definen adecuadamente los estudios, ensayos y parámetros geotécnicos necesarios para la caracterización de una central nuclear, graduando la intensidad del trabajo para adaptarlo a las condiciones de una instalación nuclear del tipo a la proyectada:

- USNRC RG 1.132, "Site investigations for foundations of nuclear power plants", Rev 2, octubre 2003.
- USNRC RG 1.138, "Laboratory Investigations of Soils and Rocks for Engineering Analysis and Design of Nuclear Power Plants", Rev 3, diciembre 2014.

Para la redacción se tendrá en consideración lo establecido en los Eurocódigos Estructurales, en el Documento Básico de Seguridad Estructural-Cimientos (CTE-DB-SE-C) del Código Técnico de Edificación en el ámbito de la Seguridad Estructural.

Revisión:  035-ES-SU-0070	Revisión:  0	Fecha:  Agosto 2020	Página:  27 de 40
---------------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------

- CTE DB SE-C “Documento Básico de Seguridad Estructural: Cimientos”, Código Técnico de la Edificación (CTE). Marzo 2016.

Además, las Normas y Guías, nacionales e internacionales, que deben ser tenidas en cuenta o pueden contener aspectos que deben aplicar a los estudios propuestos, son:

- NRC IP45052 NRC Inspection manual review of geotechnical and site characterization activities.
- NRC 10 CFR 72 “Licensing Requirements for the Independent Storage of Spent Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste”.
- NRC 10 CFR 100.23 “Geologic and seismic siting criteria”.
- NUREG-1567 “Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Installations”, Final Report, March 2000.
- NUREG/CR 1536 Rev.1, Standard Review Plan for Dry Cask Storage Systems.
- NUREG/CR-5738, Field Investigations for Foundations of Nuclear Power Facilities.
- NUREG/CR-5739, Laboratory Investigations of Soils and Rocks for Engineering Analysis and Design of Nuclear Power Facilities.
- ANSI/ANS 57.9 Design criteria for an independent spent fuel storage installation (dry type)
- EN 1997-1:2004. Eurocode 7: “Geotechnical Design-Part 1: General Rules”.
- EN 1997-1:2004. Eurocode 7: “Geotechnical Design-Part 2: Ground Investigation and Testing”.
- OIEA Safety Standards N° NS-R-3 - “Site Evaluation for Nuclear Installations - Safety Requirements”.
- OIEA Safety Standards N° NS-G-3.6: “Geotechnical aspects of site evaluation and foundations for nuclear power plants”.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3). Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera de Ministerio de Fomento.
- Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con Eurocódigo 7 (2019).
- ROM 0.5-05, Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias.
- Recomendaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica (ISSMGE).
- Recomendaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM).
- ASTM 2013. Designation: D5521/D5521M-13 “Development of Groundwater Monitoring Wells in Granular Aquifers”.
- ASTM D2487, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes.
- ASTM D5878, Standard Guides for Using Rock-Mass Classification Systems for Engineering Purposes.
- ASTM 2008. Designation: D4044 – 96 (Reapproved 2008) “Field Procedure for Instantaneous Change in Head (Slug) Tests for Determining Hydraulic Properties of Aquifers.
- ASTM 2010. Designation: D5092-04 (Reapproved 2010) “Design and Installation of Groundwater Monitoring Wells”.
- UNE-EN ISO 14688. Investigación y ensayos geotécnicos. Identificación y clasificación de suelos.
- UNE-EN ISO 14689. Investigación y ensayos geotécnicos. Identificación descripción y clasificación de rocas.

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 28 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

- UNE-ISO/IEC 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- UNE-EN ISO 22282. Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos hidrogeológicos.
- UNE-EN ISO 22475. Investigación y ensayos geotécnicos. Métodos de toma de muestras y mediciones piezométricas.
- UNE-EN ISO 22476. Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de campo.

## 6. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

El idioma oficial para el desarrollo de los trabajos descritos en este pliego será el castellano. Todo el personal del equipo de trabajo adscrito al contrato deberá hablar, leer y escribir en castellano.

Se entregarán informes de planificación, mensuales de seguimiento técnico-económico, calidad, prevención de riesgos laborales e informes parciales de carácter técnico. Estos informes se entregarán en formato digital (pdf), aunque también se podrán solicitar copias de planos en formato papel.

Como documento provisional, al final del trabajo se entregará una copia en papel del informe final de resultados en formato UNE: A-4, con los gráficos, figuras y las fotografías a color, encuadernado en carpetas de plástico con anillas, y con portada y lomo en la que se indicará la fecha de entrega y Documento Provisional. Así mismo, se entregará una copia de los planos del informe en el formato UNE: A-3 o excepcionalmente hasta tamaño UNE: A-1.

Finalmente, del trabajo que Enresa apruebe como definitivo, se presentarán dos ejemplares en papel, completos debidamente encuadernados, con su correspondiente memoria USB que incluirá un único fichero completo con memoria, mapas, cortes y anejos en formato pdf, y en carpetas aparte toda la información auxiliar (textos, tablas, cartografía, cortes, columnas, diagramas, fotografías, etc.).

Para la información auxiliar se utilizarán los siguientes formatos digitales:

- Memorias en Microsoft Word (doc) y Adobe (pdf).
- Tablas en Excel y/o Access.
- Mapas en Dwg y/o ArcGis y publicados en Adobe (pdf).
- Figuras y Fotografías (resolución original) en jpg.
- Datos nativos de geofísica: sismogramas y resistividad aparente (SG-2, SGY y XLS)

Para la información cartográfica y los datos asociados a elementos espaciales, se entregarán almacenados en formato de Sistema de Información Geográfica y respetando una estructura previamente definida, de forma que puedan ser directamente integrados en el SIG de Enresa.

El formato del documento de texto de los informes respetará la siguiente presentación:

- La documentación escrita se presentará en formato UNE: A-4.
- Los textos de los distintos documentos se escribirán con letra Arial, tamaño 11, con interlineado

Revisión:  035-ES-SU-0070	Revisión:  0	Fecha:  Agosto 2020	Página:  29 de 40
---------------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------

menos a 1,5 y márgenes izquierdo 3 cm / derecho 2 cm (recomendados).

- En el índice se relacionarán los diferentes títulos, capítulos y apéndices indicando el número de página del documento.
- En la portada de documentos figurará el anagrama del Contratista, título del Trabajo, título del informe, códigos de expediente y de adjudicación, y fecha de realización (formato mes-año).
- El encabezado y pie de página contendrán el anagrama del Contratista, el título del informe y el número de página. La paginación será independiente para cada una de las partes que compongan el documento (memoria, anexos, planos, ...)
- Los planos en DIN A-3 irán plegados en la memoria, mientras que los de dimensiones mayores se introducirán en carpetillas de plástico transparente (DIN A-4 exterior).

En los planos cartográficos se representarán orientados respecto al norte de la cuadrícula (coordenadas UTM ED50 y cotas proyecto Cabril), con escala gráfica y numérica, cotas altimétricas, la principal toponimia y los objetos más notables de la zona.

Los planos que para mejor comprensión así lo requieran, se dibujarán a varias tintas, de forma que los colores seleccionados sean identificables en copias de blanco y negro.

Los apéndices contendrán toda la información relativa a los registros de las prospecciones, actas de laboratorio, proyecciones, fotografías y cálculos realizados para la redacción del Trabajo.

El Contratista deberá presentar el formato de los registros de campo y el de las fichas de presentación de resultados para ser validados por Enresa antes de que se empiecen a cumplimentar.

Enresa podrá modificar en función de las circunstancias particulares del estudio, aspectos de su presentación en lo referente a índice de contenidos y formato de planos y croquis.

## **6.1. Presentación de Informes**

El contratista deberá emitir los siguientes informes:

- Informe de planificación inicial e informes de seguimiento técnico-económico mensual (12).
- Informe del estudio geológico-estructural e informes de testificación de los reconocimientos de campo: cartografía, trincheras, catas y sondeos (5).
- Informes de reconocimientos geofísicos: superficie y sondeos (2).
- Informe del estudio hidrogeológico (1)
- Informe del estudio geotécnico (1).
- Plan Específico de Calidad, inspecciones y dossier de calidad (3).
- Plan Específico de PRL e informes de control y seguimiento (3).

El trabajo se concretará en el Informe Final de Resultados que quedará integrado por los siguientes documentos:

- A) Memoria descriptiva

Revisión:  035-ES-SU-0070	Revisión:  0	Fecha:  Agosto 2020	Página:  30 de 40
---------------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------

- B) Estudio geológico-estructural
- C) Estudio hidrogeológico e hidrogeoquímico
- D) Estudio geotécnico.
- E) Mapas, perfiles y cortes
- F) Anexos: fichas de presentación de resultados de los trabajos de campo y de laboratorio
- G) Anexo digital (SIG y datos nativos de reconocimientos)

#### A) Memoria descriptiva

Deberá incluir aspectos relativos a los antecedentes del encargo, descripción de los trabajos previos y de los realizados en esta fase, medios técnicos y humanos empleados, situación geográfica, información utilizada y operaciones realizadas, trabajos de campo, ensayos de laboratorio, trabajos de cartografía, toma de datos estructurales, y cualquier otro de interés para la redacción del Informe.

- 1. Antecedentes del encargo
- 2. Descripción del trabajo
  - 2.1. Descripción de los medios técnicos
  - 2.2. Descripción de los medios humanos
- 3. Situación geográfica
- 4. Información utilizada
- 5. Trabajos realizados
  - 5.1. Trabajos de campo
    - 5.1.1. Cartografía geológico-estructural
    - 5.1.2. Reconocimientos geofísicos
    - 5.1.3. Trinchera y calicatas
    - 5.1.4. Sondeos mecánicos
    - 5.1.5. Ensayos “in situ”
  - 5.2. Ensayos de laboratorio

#### B) Estudio Geológico-Estructural

Se detallará la metodología empleada en su obtención y los trabajos realizados. Se describirá el encuadre general, la litología, la tectónica y la sismicidad.

- 1. Introducción
  - 1.1. Objeto
  - 1.2. Metodología empleada
  - 1.3. Trabajos realizados
- 2. Estudio geológico-estructural
  - 2.1. Encuadre general
  - 2.2. Litología
  - 2.3. Estructuras
- 3. Tectónica
- 4. Sismicidad

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 31 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

## 5. Riesgos geológicos

### C) Estudio Hidrogeológico e Hidrogeoquímico

Se determinarán los valores de los parámetros de diseño necesarios y para la evaluación de la seguridad de la instalación, las características hidráulicas de las formaciones del subsuelo, los niveles piezométricos y el flujo subterráneo de la zona.

1. Introducción
  - 1.1. Objeto
  - 1.2. Metodología empleada
  - 1.3. Trabajos realizados
2. Hidrogeología
  - 2.1. Hidrogeología del emplazamiento y local
  - 2.2. Piezometría
  - 2.3. Parámetros hidráulicos
  - 2.4. Modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico
  - 2.5. Revisión crítica de los datos
3. Hidrogeoquímica
  - 3.1. Metodología y representatividad de los datos
  - 3.2. Aguas subterráneas a escala de emplazamiento y local
  - 3.3. Funcionamiento hidrogeoquímico en la interacción agua-roca
  - 3.4. Síntesis hidrogeoquímica
4. Consideraciones para las bases de diseño
  - 4.1. Permeabilidad del subsuelo
  - 4.2. Profundidad del nivel freático
  - 4.3. Velocidad de circulación del agua
  - 4.4. Implicaciones de la hidrogeología e hidrogeoquímica en la geotecnia.

### D) Estudio Geotécnico

Se describirán con detalle las unidades geotécnicas encontradas, la agresividad de suelos, rocas y aguas y los parámetros obtenidos para cada unidad geotécnica. Contendrá las características geotécnicas de los materiales, las condiciones locales del agua subterránea y las propiedades dinámicas del terreno ( $V_s$ ,  $V_p$ ,  $V_s30$ ,  $G$  y Coeficiente de Poisson).

Se determinarán los diferentes parámetros geotécnicos obtenidos que apliquen a un proyecto de construcción, que deberá extenderse a todas las infraestructuras señaladas en la información que aportara Enresa.

1. Introducción
2. Unidades geotécnicas
3. Agresividad
  - 3.1. Agresividad de suelos y/o rocas
  - 3.2. Agresividad de aguas

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 32 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

4. Parámetros obtenidos para cada unidad geotécnica
5. Documento de síntesis
6. Consideraciones geotécnicas
7. Recomendación de la campaña complementaria

#### E) Mapas, perfiles y cortes

1. Planta
  - 1.1. Mapa Topográfico y de implantación
  - 1.2. Mapa Geológico-Estructural
  - 1.3. Mapa Hidrogeológico e Hidrogeoquímico
  - 1.3. Mapa Geológico-Geotécnico
2. Cortes y perfiles
  - 2.1. Cortes Geológico-Estructurales
  - 2.2. Cortes hidrogeológicos
  - 2.3. Perfiles geofísicos
  - 2.4. Perfiles geotécnicos
3. Modelos
  - 3.1. Modelo Geológico-Estructural
  - 3.2. Modelo Hidrogeológicos 3D Conceptual
  - 3.3 Modelo Geológico-Geotécnico

#### F) Anexos

Fichas de presentación de resultados de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio.

Contendrán toda la información relativa a los registros de las prospecciones, actas de laboratorio, proyecciones, fotografías y cálculos realizados para la redacción del Trabajo.

1. Registros geofísicos
2. Registros trincheras
3. Registros de calicatas
4. Estaciones geomecánicas
5. Registros de sondeos
6. Ensayos de laboratorio
7. Anejo fotográfico
8. Anejos de cálculo

#### G) Anexo digital (SIG y datos nativos de reconocimientos)

Contendrán toda la información georreferenciada, así como ficheros naticos de las prospecciones geofísicas, tablas digitales y fotografías de campo realizados para la realización del Trabajo.

### 6.2. Presentación de Mapas, Perfiles, Cortes y Modelos

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 33 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

Se describe a continuación los mapas que deberán realizarse para diferentes ámbitos de la zona de estudio, a escalas de representación 1:500 para la zona de la plataforma y 1:1.000 para la zona de estudio:

- Mapa Topográfico, representando la altimetría y planimetría, y red de drenaje natural.
- Mapa Geológico-Estructural, representando afloramientos y estaciones.
- Mapa Hidrogeológico, con representación de isopiezas y líneas de flujo que reflejen las condiciones hidrogeológicas.
- Mapa Geotécnico, con representación de las estructuras a proyectar y la totalidad de prospecciones realizadas con la misma nomenclatura que la utilizada para los registros de las prospecciones de campo.

La leyenda y simbología de cada uno de los Mapas será presentada a previamente a Enresa para su aprobación.

Además, Enresa podrá solicitar la elaboración de mapas a otras escalas, 1:2.000, 1:5000 y/o 1:10.000, para representar aspectos que puedan ser de interés representar para ámbitos más amplios (p.e. riesgos geológicos, piezometrías, hidrogeoquímica, ...).

Los perfiles y cortes deben realizarse a escalas adecuadas para representar la información disponible. La escala horizontal, será la que presente el mapa y la escala vertical la que resulte apropiada para una adecuada representación de la información que contengan.

La profundidad debe ser igual a la alcanzada por la investigación no debiéndose incluir interpretaciones subjetivas si no se dispone de datos suficientes.

Los perfiles, cortes y modelos a realizar serán, como mínimo, los siguientes:

- Perfiles Geofísicos Sísmicos y Eléctricos reflejarán las características de las unidades afectadas y se destacarán las heterogeneidades detectadas.
- Cortes Geológico-Estructurales, con un número de cortes para una adecuada interpretación de la estructura del subsuelo.
- Cortes hidrogeológicos, representando variaciones piezométricas, líneas de flujo y gradientes, preferentemente coincidiendo con los cortes geológico-estructurales.
- Modelos Hidrogeológicos 3D conceptuales con diferentes orientaciones representado isopiezas y litologías.
- Perfiles Geotécnicos, que deberán aunar las características principales deducidas de los cortes geológicos y de los hidrogeológicos, y con representación de las estructuras a proyectar. Se realizarán suficientes perfiles para reflejar las características geotécnicas del subsuelo. Los perfiles deberán mostrar como mínimo las litologías, los contactos (netos, transicionales, mecánicos, ...), el grado de meteorización, el nivel freático y la información básica de los

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 34 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

resultados de los ensayos de campo y de laboratorio (resistencia y estabilidad del terreno), así como la proyección de las estructuras de la instalación (celdas, base de excavación, explanación, galería RCI y taludes).

- Modelo Geológico-Estructural, representando las formaciones, estructuras y posibles movimientos relativos.
- Modelo Hidrogeológico, conceptual con diferentes orientaciones representado litologías, isopiezas, gradiente y flujos.
- Modelo Geotécnico, representando la geología, hidrogeología y las obras a realizar.

## 7. SUPERVISIÓN Y ACEPTACION DE LOS TRABAJOS

El responsable del contrato de por parte de Enresa, se comunicará con el responsable o coordinador del contrato por parte del Contratista, que será el responsable de la supervisión del Trabajo y que velará por el cumplimiento del Contrato.

Al inicio de los trabajos, se presentará un programa de actuación detallado y un plan específico de calidad que deberán ser aprobados por Enresa.

El contratista no realizará más labores que las recogidas en la presente especificación técnica.

Durante la ejecución de los trabajos:

- Serán de obligado cumplimiento los Procedimientos y Especificaciones Técnicas del C.A. El Cabril, así como los requisitos de acceso a la Instalación, de los cuales Enresa informará al contratista en aquellos aspectos que estén relacionados con los servicios prestados.
- Será responsabilidad del contratista, en base a la planificación aprobada por Enresa, informar de los trabajos que van a realizar con la suficiente antelación y solicitar si se precisa de la colaboración o presencia de algún servicio de la instalación. Enresa no se responsabiliza de los tiempos muertos producidos por gestiones de descargos y falta de coordinación del Contratista.
- El contratista deberá contemplar que para el acceso al C.A. El Cabril se debe recibir formación específica obligatoria en el Plan de Emergencias y de Protección Radiológica, que será impartida por Enresa, siendo la duración de la misma de unas dos horas. Asimismo, deberá preparar y entregar con la suficiente antelación la documentación administrativa y de PRL requerida.
- Los horarios de trabajo deberán ajustarse al horario de apertura y cierre de la Instalación, con un margen razonable para la entrada/salida del personal (aproximadamente 7:30 a 14:30), precisando autorización para realizar actividades fuera del horario fijado.

En cuanto a la aceptación técnica de los trabajos:

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 35 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

- Enresa se reserva el derecho de solicitar todo tipo de aclaraciones, correcciones o adiciones que vengan impuestas por la conformidad del Trabajo, considerándose incluidas cuantas labores de comprobación, refrendo o contraste estime oportuno solicitar para cualquiera de las operaciones descritas en la presente especificación.
- Todas las incidencias que, a juicio de Enresa, no estén convenientemente justificadas, le serán comunicadas por escrito al contratista para su subsanación de conformidad con lo establecido en estas especificaciones técnicas.
- Concluido y entregado el trabajo y una vez superadas satisfactoriamente a juicio de Enresa las observaciones descritas, se procederá a su recepción.

## 8. EQUIPO DE TRABAJO Y MEDIOS TÉCNICOS

El equipo de trabajo adscrito a la ejecución del servicio cumplirá los requisitos de titulación y experiencia requeridos en el apartado de solvencia técnica del Anexo del Pliego de Cláusulas Administrativas y estará compuesto, al menos, por los perfiles descritos a continuación:

1. Responsable o Coordinador del contrato: será el responsable directo del trabajo como autor de este, con poderes para adoptar soluciones siempre que sea necesario y se relacionará con el responsable del contrato de Enresa para resolver cualquier incidencia que se produzca sobre la ejecución de este. Así mismo, será el encargado de la dirección del servicio y de impartir directamente las instrucciones de trabajo al resto de trabajadores del contratista.

Esta condición de responsable del contrato podrá asignarse a cualquiera de los técnicos que de señalan a continuación.

2. Un Técnico Responsable del Estudio Geológico-Estructural, de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio: encargado de realizar y supervisar permanentemente todas las tareas de investigación de campo, en afloramientos, excavaciones, sondeos y equipos para ensayos "in situ", las cuales serán supervisadas por Enresa, quién podrá solicitar información en cualquier momento sobre aspectos tales como avances, parámetros de perforación, características del terreno, etc.; y de los informes correspondientes.
3. Un Técnico Responsable de los Reconocimientos Geofísicos: será el responsable de la coordinación y dirección de los trabajos geofísicos en campo, medición de perfiles, geofísica de pozo, tratamiento de datos y realización de los informes correspondientes. Los técnicos asignados a la toma de datos en campo estarán en contacto continuo con este responsable, con el objeto de coordinar las actividades adecuadamente.
4. Un Técnico Responsable de los Estudios Hidrogeológicos: supervisará la perforación y testificación de los sondeos hidrogeológicos, el muestreo de aguas, los ensayos hidráulicos en pozo, la construcción de piezómetros y las medidas piezométricas. Realizará la programación de actividades, selección de ensayos, recopilación de datos, análisis de resultados y los

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 36 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

informes hidrogeológicos.

5. Un Técnico Responsable del Análisis Geotécnico: se responsabilizará del estudio geotécnico (revisión ensayos de laboratorio, recopilación de datos, cálculos, análisis de resultados y elaboración de informes), asesorará sobre los ensayos a realizar en campo y coordinará los ensayos en laboratorio, realizando los informes correspondientes.

Todos ellos deberán asistir a las reuniones de seguimiento con Enresa y realizar visitas al emplazamiento durante la duración del contrato a requerimiento de Enresa.

En caso de que sea necesario para el correcto desarrollo de los trabajos, el equipo mínimo se complementará por otros perfiles técnicos que determine el contratista en las siguientes áreas: Garantía de Calidad, Prevención de Riesgos Laborales, Geología, Hidrogeología, Geotecnia y Topografía.

Serán por cuenta del contratista los medios de transporte necesarios para el adecuado desplazamiento del equipo, movilidad en campo y garantizará las comunicaciones entre los miembros del equipo y con Enresa.

El contratista se compromete a la efectiva puesta a disposición de los medios técnicos que se relacionan a continuación:

- Mínimo de 3 máquinas de perforación de sondeos, todas ellas para sondeos con recuperación de testigo, y una máquina adicional para la reperforación a destroza.
- Medios para la perforación y extracción de muestras en cantidad suficiente para que todos los equipos ofertados trabajen simultáneamente a las profundidades máximas de los sondeos: (sistemas de perforación convencional y wireline).
- Equipos de geofísica de superficie (sísmica y eléctrica) y equipos para testificación de sondeos (sonda multiparamétrica, sónica de onda completa, televiewer óptico y acústico y down-hole).
- Dilatómetro de presión máxima igual o superior a 20 MPa y con al menos tres brazos de lectura de deformaciones en distintas direcciones.
- Bombas sumergibles de diferentes caudales (entre 20 y 0,05 m<sup>3</sup>/h). Incluyendo 50 m de tubería o manguera de impulsión acorde a los caudales de extracción.
- Específicamente para la testificación hidráulica, el Contratista dispondrá de un equipo para medios de baja permeabilidad ( $K < 10^{-5}$  m/d). Instrumentación de ensayos para la caracterización hidráulica en tramos independizados, incluyendo el siguiente equipamiento: obturadores inflables, transductores de presión sumergibles (rangos 5 y 10 bar de presión), tubería estanca con válvula de accionamiento remota desde superficie, tubería para el inflado de los obturadores, caudalímetros y registrador automático.
- Sondas hidronivel para la toma de medidas piezométricas en sondeos.
- Programas informáticos de que dispone que consideren de aplicación directa a los trabajos que se solicitan en esta especificación.

Los laboratorios que realicen los ensayos para la obtención de los parámetros geotécnicos deberán cumplir con los requisitos que sean de aplicación de la norma UNE 73.401 o bien cumplir

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 37 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

los requisitos de la UNE-EN ISO 9001 con los requisitos adicionales de aplicación de la UNE 73.401 o estar acreditados por ENAC con la UNE-EN ISO/IEC 17025 para ese tipo de ensayos.

Cualquier cambio en el equipo de trabajo deberá comunicarse a Enresa, y todo personal adscrito al contrato deberá cumplir en todo momento con los requisitos exigidos para la presente especificación y en el pliego de cláusulas administrativas.

El contratista se adaptará a la organización de Enresa para llevar a cabo los servicios objeto de la presente especificación técnica.

Todas las relaciones directas del contratista con Enresa que impliquen aspectos de la planificación, coordinación y dirección del Trabajo se desarrollarán entre el Responsable o Coordinador del Contrato por parte del contratista y el Técnico Responsable del contrato de Enresa.

A requerimiento de Enresa, el contratista informará sobre cualquier aspecto relacionado con el trabajo asistiendo a cuantas reuniones se le soliciten formalmente en las oficinas de Enresa en Madrid, o en el emplazamiento del C.A. El Cabril, en caso de ser necesario.

## 9. GARANTÍA DE CALIDAD

Los trabajos para los que se solicita oferta son de nivel II de calidad, de acuerdo con la graduación de requisitos de Garantía de Calidad de Enresa, por lo que el ofertante tendrá implantado un sistema de calidad que cumpla con la norma UNE 73401 o normas equivalentes, tal y como son descritas en el pliego de cláusulas administrativas.

De forma previa al inicio del contrato, el contratista deberá elaborar un programa o plan de garantía de calidad específico, que deberá enviar a Enresa para su consideración y aceptación, junto con la documentación de gestión elaborada de manera específica para el presente contrato (manuales, procedimientos, programas u otros planes). Este Plan o Programa específico de Calidad incluirá al menos:

- Organización (puesto, responsabilidades, interfaces con el cliente, canales de comunicación, requisitos de cualificación, formación y experiencia del personal).
- Control de diseño
- Control de documentos de compra
- Instrucciones, procedimientos y representaciones gráficas
- Control de documentos
- Control de equipos y servicios adquiridos
- Control de desviaciones
- Acciones correctoras
- Auditorías
- Registros de garantía de calidad.

En aquellos servicios en los que se requiera la utilización de equipos y aplicaciones que contengan

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 38 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

software relacionados con la seguridad el contratista deberá presentar las pruebas correspondientes de verificación y/o validación, así como su versión y manual de usuario.

La empresa adjudicataria deberá informar a Enresa sobre aquellos defectos o incumplimientos existentes que puedan afectar a las funciones de seguridad, todo ello con el fin de que Enresa defina la resolución de la misma y pueda informar al CSN cuando sea aplicable.

En caso de que la empresa contratista tenga prevista la subcontratación de trabajos sometidos a GC, asegurará que, en su documentación de compra a subcontratistas o proveedores subsidiarios, se recogen adecuadamente los niveles de calidad requeridos, e incluyendo la autorización de acceso de Enresa y el CSN a las instalaciones y registros.

La empresa adjudicataria deberá cumplir la Instrucción Técnica de Seguridad del Consejo de Seguridad Nuclear IS-24, por la que se regulan el archivo y los periodos de retención de los documentos y registros de las instalaciones nucleares. Los documentos y registros importantes para la seguridad nuclear y radiológica generados por empresas externas de ingeniería, servicios, agencias de inspección y fabricantes, que por razones de propiedad industrial o intelectual no puedan ser transferidos a Enresa serán archivados y conservados por el contratista, en las condiciones establecidas en dicha Instrucción. Dichos registros deberán quedar claramente identificados en el plan o programa de calidad o procedimientos específicos.

Las actuaciones que realizará Enresa para verificar el cumplimiento de estos requisitos consistirán en las siguientes:

- Evaluación trienal del suministrador: el método de evaluación podrá ser mediante la realización de auditorías trienales que contemplen la totalidad de los alcances de los contratos sometidos a garantía de calidad, o por el mantenimiento de acreditaciones por otra entidad o evaluaciones emitidas por el GES.
- Reuniones de seguimiento de los contratos
- Aceptación de documentos
- Aceptación de no conformidades
- Revisión documental de evidencias objetivas (documentación y registros GC) de cumplimiento con todos los requisitos de la especificación de compras y de los registros de elementos no conformes.

## 10. IDIOMA OFICIAL

El idioma para el desarrollo del servicio objeto del contrato es el castellano.

No obstante, durante el desarrollo de los trabajos podrá ser necesario el uso del inglés para la lectura e interpretación de documentación técnica específica o presentaciones a requerimiento de Enresa.

## 11. DOCUMENTACIÓN ADMINISTRATIVA Y PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Revisión: 035-ES-SU-0070	Revisión: 0	Fecha: Agosto 2020	Página: 39 de 40
-----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------

Para el acceso a las instalaciones del C.A. El Cabril deberá realizarse la entrega de la documentación administrativa y en materia de prevención de riesgos laborales, tanto de la empresa como del personal que va a realizar los trabajos (con al menos cinco días de antelación al inicio de los trabajos en la instalación). Enresa no se responsabiliza de los retrasos debidos a documentación incompleta, incorrecta, o que no se haya entregado con la suficiente antelación.

Para los trabajos a realizar en el C.A. El Cabril, el Contratista presentará la siguiente documentación:

- Fotocopia del D.N.I. del personal que va a ejecutar el trabajo.
- TC2 o fotocopia del alta en la Seguridad Social del personal afectado.
- Ficha de inicio de los trabajos y de colaborador cumplimentada.
- Indicación de la modalidad preventiva adoptada, identificando, en su caso, la entidad ajena concertada y el alcance del concierto.
- Justificante de adscripción a su Mutua Laboral, para casos de accidente, incapacidad y enfermedad profesional.
- Copia de la póliza de responsabilidad civil.
- Identificación del interlocutor para la coordinación de actividades relativas a prevención de riesgos laborales.
- Adhesión al Plan de PRL y PR de Enresa.
- Plan de prevención específico, la correspondiente evaluación de riesgos y la planificación preventiva, con la identificación de los recursos preventivos asignados (o el compromiso de nominarlos en su caso), cuando existan actividades que lo requieran según la normativa se presentará para su aceptación por Enresa.
- Acreditación del cumplimiento de los requisitos en materia de formación e información de los trabajadores sobre los riesgos existentes, las medidas de prevención, así como las cualificaciones profesionales específicas que sean requeridas.
- Compromiso de vigilancia de la salud que tenga asumido el servicio de prevención del Contratista, con indicación del médico del trabajo responsable asignado.
- Aptitud clínico laboral específica para el trabajo a realizar, firmada por el médico del trabajo responsable de la vigilancia de la salud del servicio de prevención propio/ajeno de la empresa a la que pertenezcan.
- Compromiso de entrega a sus trabajadores de los equipos de protección individual necesarios, salvo los aplicables en materia de protección radiológica, que los facilitará Enresa.
- Compromiso de información inmediata de situaciones de emergencia en materia de PRL, y de comunicar los accidentes e incidentes laborales y las bajas producidas por enfermedad común.
- Compromiso de participar en las reuniones periódicas de seguimiento y las acciones de promoción de coordinación de actividades empresariales, según lo establecido en el Plan de PRL de Enresa aplicable.
- Compromiso de devolver las tarjetas de colaborador.

Asimismo, los equipos y vehículos deberán contar con la documentación en regla en base a su normativa aplicable para acceso a las instalaciones.

Para elaborar la documentación de prevención de riesgos laborales, Enresa facilitará el Plan

Revisión:  035-ES-SU-0070	Revisión:  0	Fecha:  Agosto 2020	Página:  40 de 40
---------------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------

Básico de Prevención de Riesgos Laborales del C.A. El Cabril.

Adicionalmente Enresa, previamente al comienzo de los trabajos de campo, al personal que tenga que trabajar en la instalación se le informará sobre los aspectos a tener en cuenta en cuanto a las normas de la instalación y aquellos relacionados con el Plan de Emergencia Interior (charla en la propia instalación del C.A. El Cabril).