

INFORME GEOTÉCNICO

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA

Peticionario: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE
NAVARRA



Referencia: 85638-BIS

Fecha: 24 de abril de 2023

Índice

Documento 1. MEMORIA

1	INTRODUCCIÓN	2
2	DATOS GENERALES DE LA OBRA.....	3
2.1	MARCO GEOGRÁFICO	3
2.2	DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA	4
2.3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
3	ENCUADRE GEOLÓGICO	5
3.1	ESTRATIGRAFÍA.....	6
3.2	TECTÓNICA	7
3.3	GEOMORFOLOGÍA	7
3.4	HIDROGEOLOGÍA Y NIVEL FREÁTICO	8
3.5	SISMICIDAD	8
4	CAMPAÑA GEOTÉCNICA.....	9
4.1	TRABAJOS DE CAMPO	9
4.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	9
5	ANÁLISIS GEOTÉCNICO	10
5.1	PERFIL LITOLÓGICO	10
5.2	DESCRIPCIÓN Y PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES	11
6	ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	13
6.1	PARÁMETROS DE CÁLCULO.....	13
7	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	15

Documento 2. CROQUIS Y PERFILES

Documento 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Documento 4. TRABAJOS DE CAMPO

1 INTRODUCCIÓN

Con fecha, abril de 2022, el peticionario solicita a Cecteco, la realización de un informe geotécnico para el proyecto de construcción de un centro de interpretación en la parcela 343 del polígono 11 de Fustiñana, Navarra.

Cecteco realiza el presente informe siguiendo las prescripciones marcadas en el código técnico de la edificación CTE, documento básico SE-C Cimientos. El informe geotécnico es el compendio de información cuantificada en cuanto a las características del terreno en relación al edificio previsto.

Cecteco (Centro de Control y Técnicas especiales S.L.) está en el Registro General de Laboratorios Acreditados del Ministerio de vivienda en varias áreas de acreditación. Oficialmente dispone de las autorizaciones pertinentes por el departamento de Obras Públicas del Gobierno de Navarra y del Ministerio de Vivienda, para la realización de este proyecto geotécnico a nivel nacional, cumpliendo lo especificado en el Real Decreto 410/2010 de 31 de marzo.

Las áreas acreditadas de trabajo de Cecteco y que afectan a este informe son:

A-ENSAYOS DE GEOTECNIA (GT)

- 1- IDENTIFICACION Y ESTADO DE SUELOS
- 2- RESISTENCIA Y DEFORMACION DE SUELOS
- 3- AGRESIVIDAD DE LOS SUELOS
- 4- SUELOS
- 5- RESISTENCIA Y DEFORMACION DE ROCAS
- 6- DURABILIDAD
- 7- AGRESIVIDAD DE AGUAS AL HORMIGON
- 8- TOMA DE MUESTRAS
- 9- ENSAYOS DE PERFORACION Y PENETRACION

La Normativa utilizada para el desarrollo de este informe geotécnico es:

- Código Técnico de la Edificación (Documento Básico SE-C Cimientos)
- NCSR-02. Norma de la construcción sismo resistente: Parte general y edificación
- Normas UNE, relativas a los procedimientos de ensayo ejecutados “in situ” o en el laboratorio
- Código Estructural, Real Decreto 470/2021

El objetivo principal del informe geotécnico es la caracterización del terreno tanto en profundidad como lateralmente para poder establecer los parámetros geotécnicos adecuados para analizar el tipo de cimentación más adecuada y/o recomendable en función de las características de la edificación.

Se plantean como objetivos de este informe geotécnico:

- La distribución de las unidades geotécnicas y la identificación de sus parámetros geotécnicos.
- Caracterización y situación del nivel freático.
- La recomendación de las alternativas de cimentación más recomendables según los datos del terreno y de las características de la cimentación.
- Además, se realizan otra serie de recomendaciones en cuanto a parámetros de estabilidad y excavabilidad, agresividad del terreno al hormigón y aceleración sísmica según norma NCSE-02.

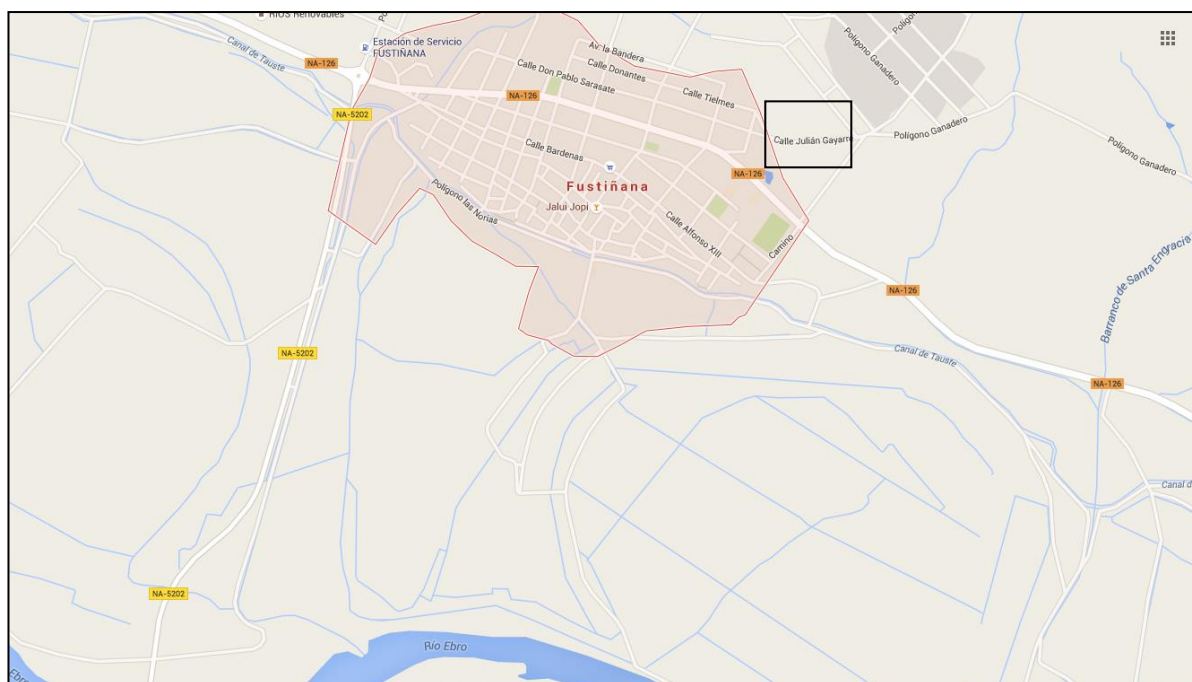
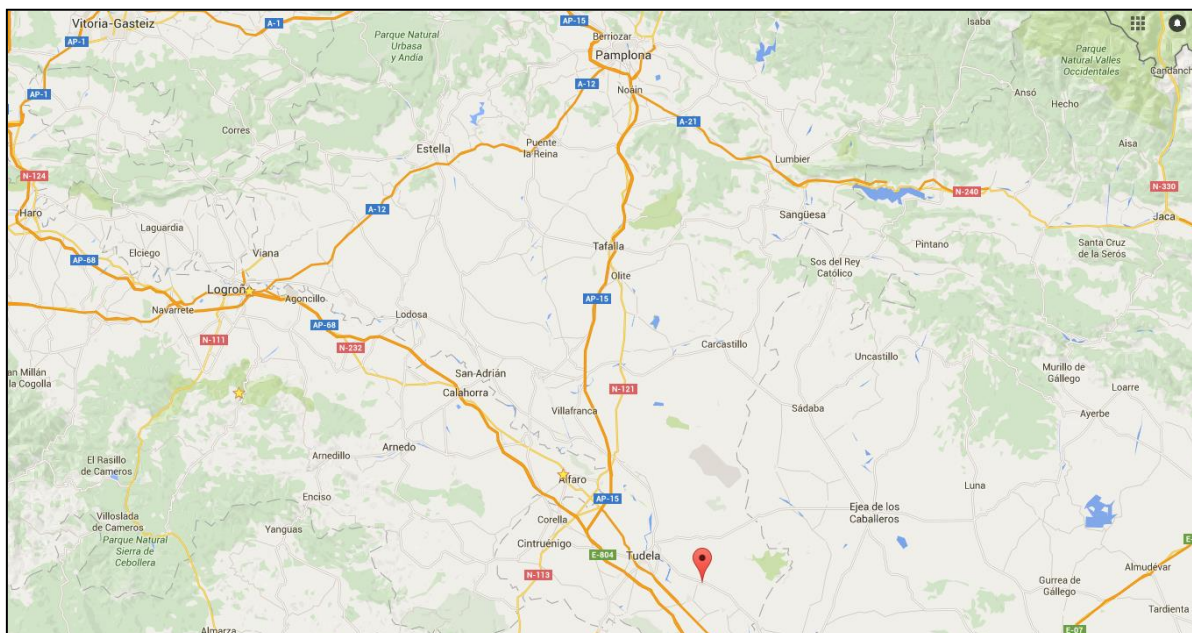
El objeto y el ámbito de la realización de este informe quedan limitados al entorno inmediato de la parcela, no siendo objeto de este informe las posibles inestabilidades regionales que pueden afectar a un área de mayores dimensiones (movimientos o deslizamientos de grandes masas, presencia de dolinas a grandes profundidades...) ya que estas requieren un estudio mucho más general y profundo que lo solicitado para el presente informe.

2 DATOS GENERALES DE LA OBRA

2.1 MARCO GEOGRÁFICO

El estudio se realiza en Fustiñana un municipio situado en la comarca de la Ribera de Navarra, en el sur de la Comunidad Foral de Navarra, a algo más de 100 km. de la capital de la comunidad. A una altitud de 258 m.s.n.m., limita al norte con las Bardenas Reales.

La localidad presenta un talud al sur que limita con las tierras fértiles del valle del Ebro, y adyacente a ese talud discurre el Canal de Tauste. El río Ebro se encuentra a pocos kilómetros de la localidad.



Situación geográfica. Fuente: <https://es.wikipedia.org> y <https://www.google.es/maps/>

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Según la sede del catastro del Gobierno de Navarra, la parcela donde se proyecta construir el centro de interpretación se corresponde con la parcela 343 del polígono 11 de Fustiñana, Navarra, y tiene la siguiente referencia catastral: 31000000002301173GB.



Se trata de una parcela de morfología triangular, con una superficie de 13.146,29 m² según catastro. La parcela no presenta edificaciones en su interior ni de forma colindante. Perimetralmente limita al norte y este con caminos sin asfaltar mientras que al oeste limita con parcelas sin edificar de características semejantes. La parcela presenta una topografía plana, sin desniveles significativos, estando cubierta en su mayor parte por vegetación de pequeña altura.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Según los datos facilitados por el peticionario, este informe se realiza con el objetivo de conocer las características generales del terreno, ya que tanto la ubicación del centro de interpretación como sus características aun no han sido definidas. No obstante, se interpreta como una edificación de una o dos alturas, con una superficie construida total superior a los 300 m². Por lo que según el SE-C Cimientos del CTE, se considera una construcción de tipo: C-1: Otras construcciones de menos de 4 plantas.

Tabla 3.1. Tipo de construcción	
Tipo	Descripción ⁽¹⁾
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m ²
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 a 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas.
⁽¹⁾ En el cómputo de plantas se incluyen los sótanos.	

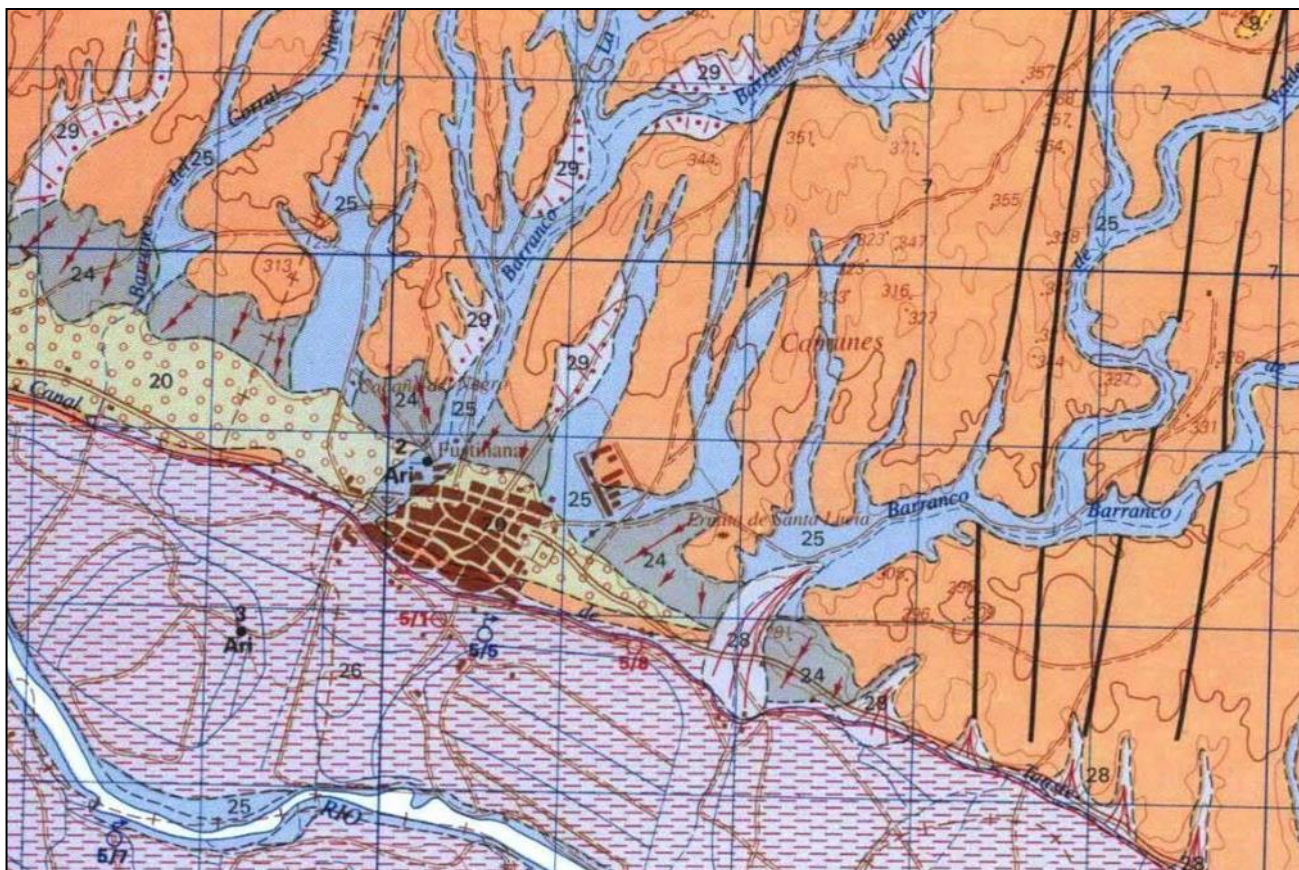
3 ENCUADRE GEOLÓGICO

Geológicamente, la zona estudiada se encuentra ubicada en el dominio de la Cuenca Terciaria del Ebro, en el borde Sur de la depresión. Esta cuenca se estructuró como consecuencia de la orogenia Alpina y de una regresión que tuvo lugar asociada a ésta. La orogenia Alpina produjo el levantamiento de las cordilleras Ibérica y Pirenaica y una serie de fallas que facilitaron la formación de una fosa.

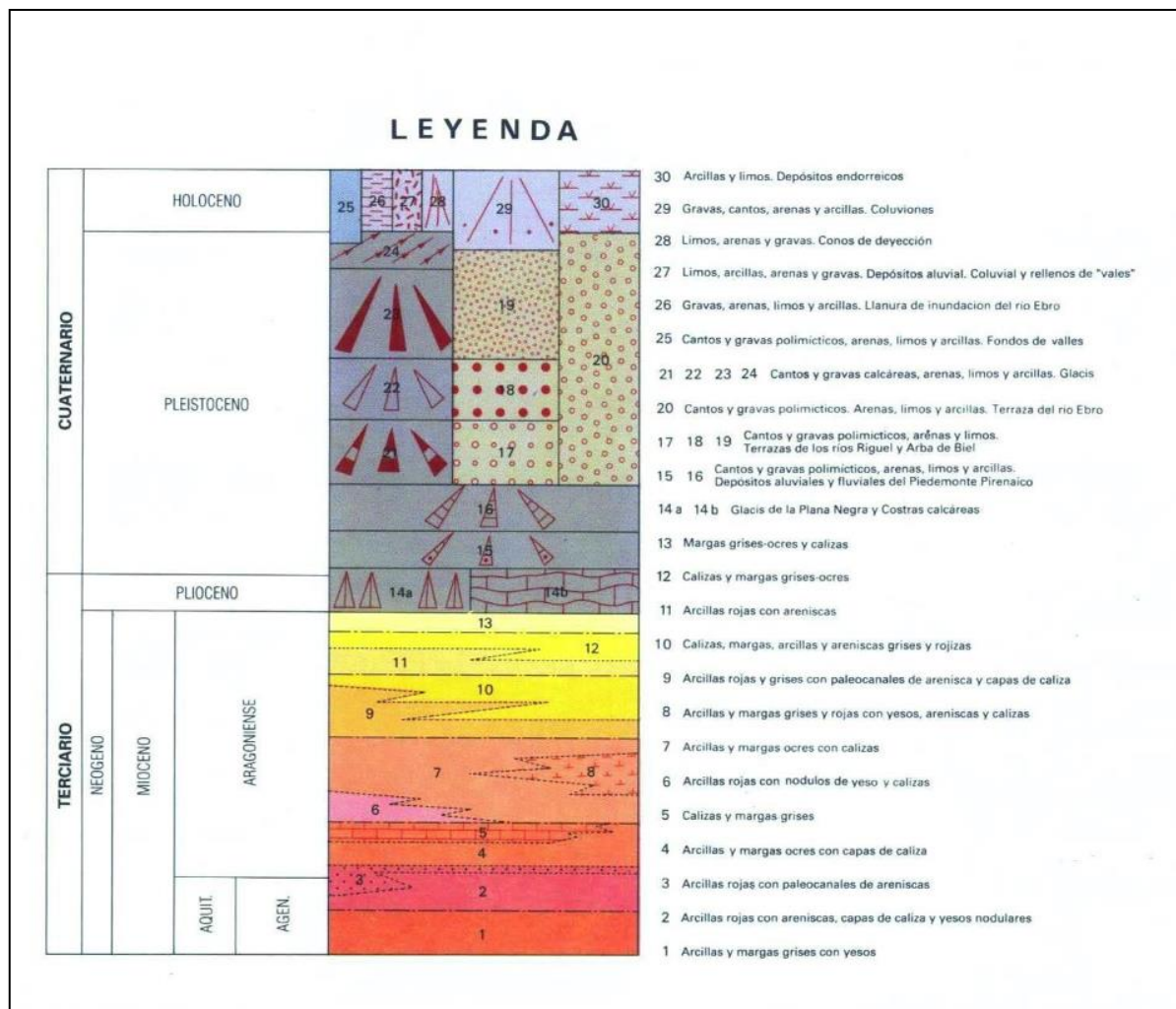
La posterior erosión de las cordilleras levantadas provocó el relleno de la cuenca y la regresión de las aguas marinas que entonces recubrían el actual valle del Ebro. Durante el cuaternario se produjo la sedimentación de depósitos fluviales y aluviales sobre los materiales existentes.

Los materiales aflorantes en la zona de estudio corresponden principalmente a materiales cuaternarios de naturaleza fluvial ligados a los depósitos del río Ebro y los materiales del terciario continental que muestran en conjunto una estructura tabular ligeramente deformada en algunas zonas.

Mapa geológico 1:50.000 del I.G.M.E. Hoja 283 FUSTIÑANA.



Leyenda del Mapa geológico 1:50.000 del I.G.M.E. Hoja 283 FUSTIÑANA.



3.1 ESTRATIGRAFÍA

Fustiñana se enmarca en el claro límite entre los materiales terciarios que forman los altos de las Bardenas Reales y los materiales cuaternarios del valle del Ebro.

Al Norte de la localidad se observan los cortados y lomas formadas por unas Arcillas y margas ocre con calizas. Es una unidad dominada por las arcillas y las margas entre las que se encuentran algunos niveles de calizas que dan los mayores resaltes en las lomas y cortados. La unidad inmediatamente inferior a esta se denomina en el mapa geológico 1:50.000 del IGME como Arcillas rojas con nódulos de yeso y calizas.

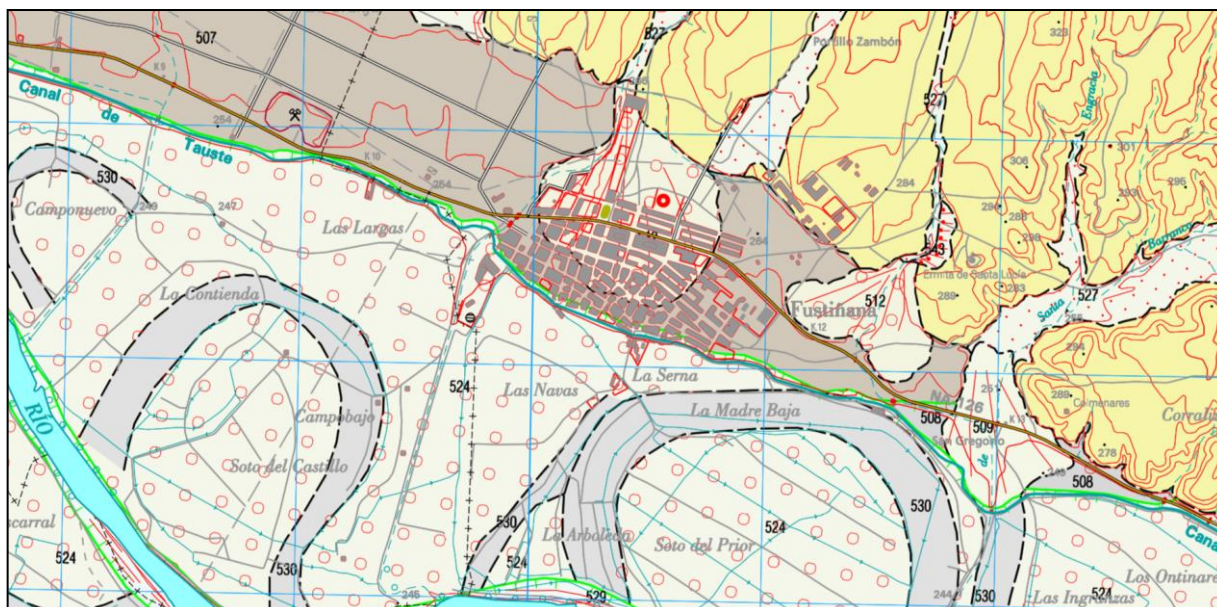
La localidad de Fustiñana se sitúa según el mapa geológico sobre materiales del cuaternario. En el mapa geológico de Navarra escala 1:25000, se señalan como materiales pertenecientes a Conos de deyección, cantos, gravas, limos y arenas que se generan cuando la carga concentrada en arroyos y barrancos alcanza áreas más amplias, expandiéndose y dando lugar a estos depósitos de forma lobulada.

Están formados por limos y arenas con importantes niveles de cantos. Localmente se observan cementaciones, pero muy delgadas y de muy poca consistencia. La potencia varía dentro del mismo cono, siendo mayor en la zona apical, para adelgazarse hacia la zona distal.

También indica en las cercanías la presencia de limos, arcillas y cantos como niveles de los Meandros abandonados del río Ebro.

Al sur de la localidad se extiende la llanura de inundación del río Ebro que forma todas las tierras de cultivo fértiles en la ribera del Ebro.

En el siguiente fragmento del mapa geológico de Navarra escala 1:25000, Hoja de Fustiñana 283-III se observan los materiales terciarios en colores amarillo claro. La situación de Fustiñana sobre materiales cuaternarios y conos de detección y al sur la llanura de inundación del río Ebro y la presencia de depósitos de meandros abandonados.



3.2 TECTÓNICA

La zona de estudio se sitúa en el Sector Occidental de la Cuenca del Ebro, esta es un área de sedimentación terciaria con unos depósitos continentales de gran espesor. La serie es monoclinial y con un buzamiento horizontal o suaves inclinaciones de 2-3°.

3.3 GEOMORFOLOGÍA

La morfología de la zona está condicionada por la red fluvial del Ebro, responsable junto con sus afluentes de la formación de los niveles de terraza y del modelado fluvial. El modelado está además condicionado por la acción del hombre, especialmente por la acción de tipo agrícola.

3.4 HIDROGEOLOGÍA Y NIVEL FREÁTICO

Las formaciones terciarias son muy impermeables debido a las capas arcillosas. Solo pueden presentar algunas zonas favorables en las capas más potentes de arenisca o caliza.

Las unidades cuaternarias ligadas a los depósitos del Ebro, cantos y arenas, así como la llanura aluvial presentan alta permeabilidad y acuíferos importantes especialmente los ligados a su llanura aluvial.

Los materiales cuaternarios coluviales y los conos de deyección presentan permeabilidad baja debido a la presencia de alto porcentaje limo-arcilloso.

En la parcela objeto de estudio, a fecha de 18 de abril de 2023, no se localizó el nivel freático al realizar los ensayos de campo.

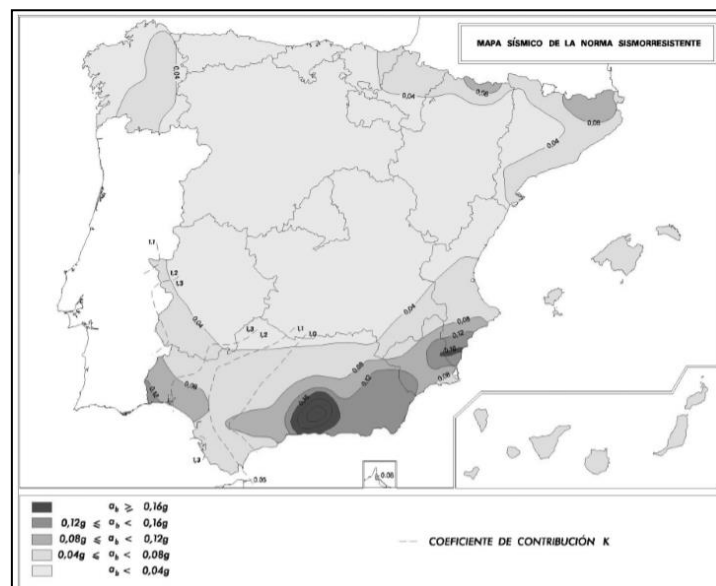
3.5 SISMICIDAD

Según la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02), España se encuentra dividido en las siguientes zonas sísmicas:

- Con aceleración sísmica de $a_b < 0.04g$
- Con aceleración sísmica de $0.04g < a_b < 0.08g$
- Con aceleración sísmica de $0.08g < a_b < 0.12g$
- Con aceleración sísmica de $0.12g < a_b < 0.16g$
- Con aceleración sísmica de $0.08g < a_b$

La aceleración sísmica viene definida por la expresión: $a = S \times p \times a_b$, siendo p =coeficiente de riesgo en función del periodo de vida con el que se proyecta la construcción y S un coeficiente de amplificación de terreno dependiente del valor de $p \times a_b$.

Según la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02), el área de estudio se encuentra en una zona con una aceleración sísmica menor de $0.04g$ por lo que no será necesario tomar en consideración medidas contra de los efectos sísmicos en las estructuras de la edificación.



4 CAMPAÑA GEOTÉCNICA

4.1 TRABAJOS DE CAMPO

Para el reconocimiento del terreno se han realizado:

- 1 Sondeo mecánico a rotación con extracción continua de muestra (ASTM D-2133) hasta 6,00 m. de profundidad (S1).
- 3 Pruebas de penetración dinámica superpesada, según Norma UNE 103801/94 (P1, P2 y P3).

CROQUIS DE SITUACIÓN DE LOS ENSAYOS



4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se ha realizado los siguientes ensayos de laboratorio extraídos del sondeo realizado para el análisis de los materiales

- ✓ **Muestra 1:** Con referencia 85638-BIS-S1-M1: LIMOS ARENOSOS Sondeo 1 de 1,00-2,00 m.
- ✓ **Muestra 2:** Con referencia 85638-BIS-S1-M2: ARCILLAS LIMOSAS Sondeo 1 de 3,00-4,20 m.

Ensayos realizados

1. Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de suelo, s/Norma UNE 103201:1996
2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado s/Norma UNE 103101:1995
3. Determinación del límite líquido de un suelo, método de Casagrande, s/Norma UNE 103103:1994
4. Determinación del límite plástico de un suelo s/Norma UNE 103104:1993
5. Acidez Bauman Gully (ml/Kg) s. UNE 83.963

5 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

5.1 PERFIL LITOLÓGICO

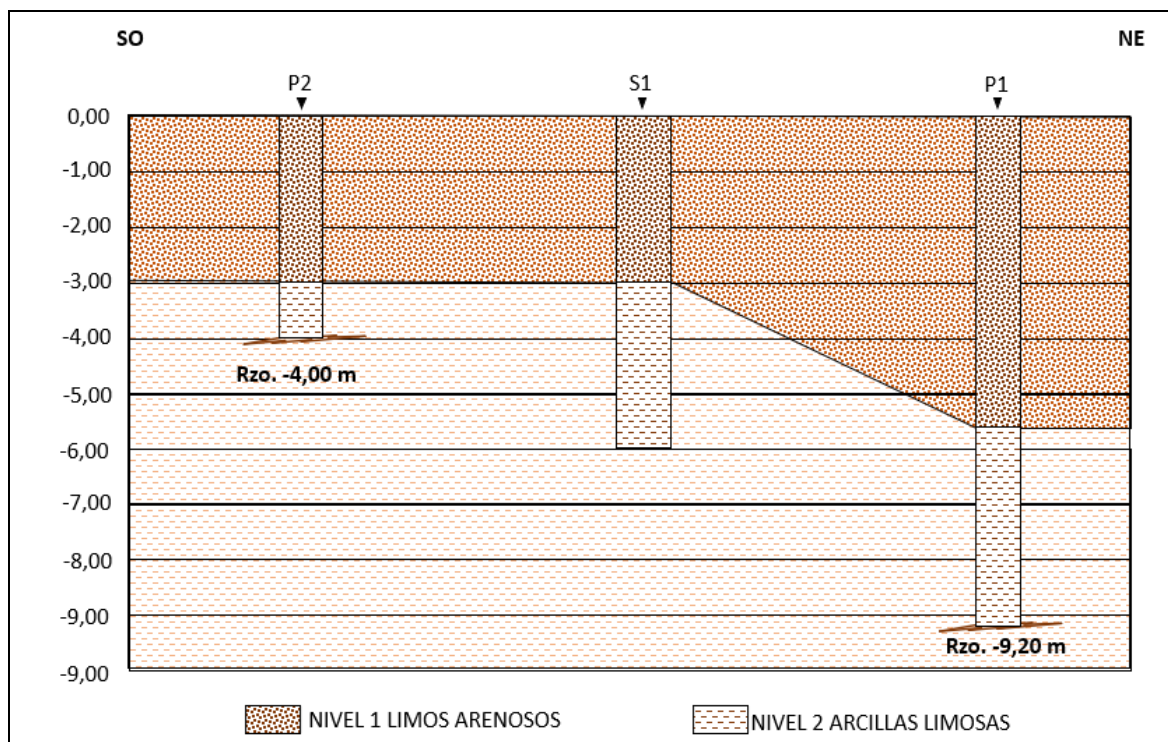
Según los ensayos de campo realizados, se identifican los siguientes niveles geotécnicos:

- **NIVEL 1 LIMOS ARENOSOS:** Desde la superficie de la parcela hasta una profundidad variable de 1,00-5,60 m. aumentando la profundidad hacia el este aparece un nivel de limos arenosos marrones, con intercalaciones de tramos centimétricos más arcillosos y cantos dispersos de pequeño tamaño. Este nivel presenta una consistencia media, con valores en los ensayos de penetración dinámica N_{20} entre 10 y 15. Se debe señalar que los primeros 0,40-0,60 m. de este nivel presentan restos de raíces y restos de materia orgánica, asociados a la propia cubierta vegetal de la parcela. Este nivel podría asociarse a un depósito coluvial.
- **NIVEL 2 ARCILLAS LIMOSAS:** Bajo el nivel de limos y hasta alcanzar la cota de rechazo, la cual oscila entre 1,40 y 9,20 m. de profundidad, aumentando hacia el este, aparece un nivel de arcillas limosas marrones, sin cantos y con estructura interna. Estas arcillas presentan una consistencia media en superficie a firme en profundidad. Se asocia al tramo de alteración del sustrato terciario local (Fm. Tudela). Este nivel presenta valores en los ensayos de penetración dinámica N_{20} entre 15 y el rechazo (el cual se asocia al sustrato terciario sano).

A continuación, se muestra una tabla con los espesores de los distintos niveles geotécnicos en los puntos de ensayo:

	NIVEL 1 LIMOS ARENOSOS	NIVEL 2 ARCILLAS LIMOSAS
SONDEO 1 (S1)	De 0,00 a 3,00 m.	A partir de 3,00 m.
D.P.S.H. 1 (P1)	De 0,00 a 5,60 m.	De 5,60 a 9,20 m. (Rzo)
D.P.S.H. 2 (P2)	De 0,00 a 3,00 m.	De 3,00 a 4,00 m. (Rzo)
D.P.S.H. 3 (P3)	De 0,00 a 1,00 m.	De 1,00 a 1,40 m. (Rzo)

PERFIL LITOLÓGICO I



5.2 DESCRIPCIÓN Y PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES

Tras los resultados de los ensayos de campo (Documento 4 TRABAJOS DE CAMPO) y de laboratorio (Documento 3 ENSAYOS DE LABORATORIO) y teniendo en cuenta valores de correlación y de tablas empleadas habitualmente para los parámetros geotécnicos, se determinan las siguientes características geotécnicas.

NIVEL 1 LIMOS ARENOSOS: Nivel superficial de limos arenosos marrones que alcanza profundidades de hasta 5,60 m. (P1) dentro de la parcela.

- Clasificación S.U.C.S: ML. Limos de baja plasticidad con arena
- Clasificación AAHSTO: A-4 Suelo limoso
- Consistencia: Media
- Límites de Atterberg:
 - o Limite líquido: 32,7
 - o Limite plástico: 24,8
 - o Índice de plasticidad: 7,9
- Ensayo de penetración D.P.S.H.: $N_{30} = 10-15$
- Ensayo de penetración S.P.T.: $N_{30} = 15-17$
- Cohesión sin drenaje $C_u = 0,50-0,75 \text{ Kp/cm}^2$ *
- Rozamiento interno (ϕ'): $28-30^\circ$ *
- Módulo de deformación: $E_o = 150-200 \text{ kg/cm}^2$ *
- Coeficiente de balasto K_{30} (30 x 30 cm.) = $K_{30} = 4,00-5,00 \text{ kg/cm}^3$ *
- Ripabilidad: Alta
- Densidad aparente: $\gamma = 1,80-1,90 \text{ gr/cm}^3$
- Sulfatos solubles en agua: $937 \text{ mgSO}_4^{-2}/\text{kg}$ suelo. No agresivo al hormigón
- Permeabilidad: Media, $k_s = 10^{-3} - 10^{-5} \text{ cm/s}$

NIVEL 2 ARCILLAS LIMOSAS: Nivel cohesivo que aparece bajo los limos arenosos. Está formado por arcillas limosas la cuales se vuelven cada vez más plásticas y firmes en profundidad.

- Clasificación S.U.C.S: CL: Arcillas de media plasticidad
- Clasificación AAHSTO: A-6 Suelo arcilloso
- Consistencia: Media a firme en profundidad.
- Límites de Atterberg:
 - o Limite líquido: 37,9
 - o Limite plástico: 25,2
 - o Índice de plasticidad: 12,5
- Ensayo de penetración D.P.S.H.: N_{30} = De 15 a 20 en la zona superficial a rechazo en profundidad.
- Ensayo de penetración S.P.T.: N_{30} = 13-18
- Cohesión sin drenaje C_u = 0,75-1,5 Kp/cm²*
- Rozamiento interno (ϕ'): 25-28°*
- Capacidad portante según ensayos de penetración: ~ 2,00 kg/cm²
- Módulo de deformación: E_o = 150-200 kg/cm²*
- Coeficiente de balasto K_{30} (30 x 30 cm.) = K_{30} = 5,00-6,00 kg/cm³*
- Ripabilidad: Alta
- Densidad aparente: γ = 1,90-1,95 gr/cm³
- Sulfatos solubles en agua: 763 mgSO⁻²₄/kg suelo. No agresivo al hormigón
- Permeabilidad: Baja, k_s = 10⁻⁵ – 10⁻⁷ cm/s

6 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

A continuación, analizamos el tipo de cimentación que, según nuestro criterio, y después de haber realizado el pertinente trabajo de campo y de laboratorio, se podrá realizar para ejecutar en el edificio proyectado.

Se tiene en cuenta que la ubicación del centro de interpretación dentro de la parcela aún no está definida. A la vista de los resultados obtenidos en los distintos ensayos de campo, se recomienda ubicar el centro de interpretación en la mitad oeste-noroeste de la parcela. Donde los ensayos reflejan un terreno más consistente que en la mitad este-sureste.

Teniendo en cuenta dicha consideración, se recomienda una cimentación superficial mediante zapatas de hormigón armado empotradas en el NIVEL 1 LIMOS a partir de 0,60-1,00 m. de profundidad respecto a la cota actual de la parcela. Superando así el primer tramo con restos de materia orgánica, raíces y más edafizado. Esto deberá comprobarse una vez establecida la ubicación del centro de interpretación con nuevos ensayos.

6.1 PARÁMETROS DE CÁLCULO

Se realiza el cálculo de la presión admisible para el NIVEL 1 LIMOS ARENOSOS, que aparece de forma superficial en toda la parcela a través de la siguiente fórmula. Si bien es cierto que los elementos de cimentación deberán quedar empotrados al menos a partir de 0,60-1,00 m. respecto a la cota actual de la parcela.

$$q_h = (1.2 * C * N_c) + (q * N_q) + (0.4 * \gamma * B * N_\gamma)$$

C = Cohesión del terreno

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga, dependen únicamente del ángulo de rozamiento interno ϕ

q = Sobrecarga sobre el nivel de cimentación = $y_1 \times D$

y_1 = Densidad del terreno por encima de la cota de cimentación D = Espesor del terreno por encima de la cota de cimentación

B = Ancho de las zapatas

γ = Densidad del terreno bajo la cimentación

γ_a = Densidad del terreno del cimient

Los cálculos de la presión vertical que produce el hundimiento de una cimentación sobre un terreno poco permeable deben realizarse en la hipótesis de que no se produzcan ninguna consolidación del terreno. En esta situación extrema de "corto plazo", la resistencia del terreno puede simularse con un ángulo de rozamiento nulo y una cohesión igual a la resistencia al corte obtenido mediante ensayos de corte sin drenaje (Shear Undreined), ya sean de campo (Vane test, por ejemplo), bien sean de laboratorio (ensayos triaxiales tipo UU, por ejemplo), bien sean mediante estimación indirecta a través de correlaciones (penetrómetro estático, dinámico...) u otros ensayos.

Los parámetros resistentes a utilizar en la fórmula polinómica de Brinch-Hansen serán, por lo tanto:

Cohesión = $C_u = 0,75 \text{ kg/cm}^2$ (estimación indirecta ensayos penetración).

Ángulo de rozamiento $\Phi = 0^\circ$

La carga de hundimiento resulta del cálculo de las fórmulas anteriores es: **$q_h = 4,62 \text{ kg/cm}^2$**

En función de la presión de hundimiento y tomando como coeficiente de seguridad $F_s = 3$, la **presión admisible** calculada es:

$$q_{ad} \leq q_{hneto} / F_s = 4,62 / 3 \leq 1,50 \text{ kg/cm}^2$$

Otro factor a tener en cuenta, a la hora de determinar la presión de diseño para el cálculo de la cimentación una vez conocida la carga admisible del terreno, son los asientos.

Los asientos se determinan mediante el Método elástico.

Los asientos totales (asiento inicial + asiento de consolidación) se calculan a partir de la fórmula:

$$At = q \times B \times (1 - \nu'^2) \times I / E'$$

At= asiento total (asiento inicial + asiento de consolidación)

q= Presión de diseño

B= Ancho de la cimentación

ν' = Coeficiente de Poisson

E'= Módulo de deformación

I = Coeficiente de influencia (dependiente de la morfología de la zapata)

El asiento total se producirá tras el desalojo del agua intersticial debido a la presión transmitida al terreno, por lo que el Módulo de deformación (E') y Coeficiente de Poisson (ν) serán los correspondientes al material tras disiparse las presiones intersticiales

Previamente al asiento total se producirá el asiento inicial a partir de la misma fórmula, pero partiendo de Coeficiente de Poisson (ν) y Módulo de deformación (E) previos a la realización de la cimentación.

$$At = q \times B \times (1 - \nu^2) \times I / E$$

Considerando el módulo edométrico a partir de la cohesión sin drenaje del terreno según la relación:

$$Em = 200 \times Cu \text{ a } 500 \times Cu \quad \text{Hartman y Schmertman 1978}$$

$$Em = 300 \times 0,75 = 225 \text{ Kp/cm}^2$$

A partir de este módulo edométrico se determinará el valor del Módulo de deformación final E' a partir de:

$$E' = (2/3) \times Em \times (1 + \nu') = 203 \text{ Kp/cm}^2$$

Tomando como valores de ν' (según bibliografía especializada): Para nuestro caso, Arcillas medias $\nu' = 0,30$

Y considerando un ancho de zapata B = 1,20 m., se determina un asiento final para una presión admisible de 1,560 kg/cm² de:

$$At = q \times B \times (1 - \nu'^2) \times I / E' = 1,57 \text{ cm}$$

Un asiento que se considera dentro de lo asumible para la estructura proyectada.

7 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

• PERFIL LITOLÓGICO

- **NIVEL 1 LIMOS ARENOSOS:** Desde la superficie de la parcela hasta una profundidad variable de 1,00-5,60 m. aumentando la profundidad hacia el este aparece un nivel de limos arenosos marrones, con intercalaciones de tramos centimétricos más arcillosas y cantos dispersos de pequeño tamaño. Este nivel presenta una consistencia media, con valores en los ensayos de penetración dinámica N_{20} entre 10 y 15. Se debe señalar que los primeros 0,40-0,60 m. de este nivel presentan restos de raíces y restos de materia orgánica, asociados a la propia cubierta vegetal de la parcela. Este nivel podría asociarse a un depósito coluvial.
- **NIVEL 2 ARCILLAS LIMOSAS:** Bajo el nivel de limos y hasta alcanzar la cota de rechazo, la cual oscila entre 1,40 y 9,20 m. de profundidad, aumentando hacia el este, aparece un nivel de arcillas limosas marrones, sin cantos y con estructura interna. Estas arcillas presentan una consistencia media en superficie a firme en profundidad. Se asocia al tramo de alteración del sustrato terciario local (Fm. Tudela). Este nivel presenta valores en los ensayos de penetración dinámica N_{20} entre 15 y el rechazo (el cual se asocia al sustrato terciario sano).

A continuación, se muestra una tabla con los espesores de los distintos niveles geotécnicos en los puntos de ensayo:

	NIVEL 1 LIMOS ARENOSOS	NIVEL 2 ARCILLAS LIMOSAS
SONDEO 1 (S1)	De 0,00 a 3,00 m.	A partir de 3,00 m.
D.P.S.H. 1 (P1)	De 0,00 a 5,60 m.	De 5,60 a 9,20 m. (Rzo)
D.P.S.H. 2 (P2)	De 0,00 a 3,00 m.	De 3,00 a 4,00 m. (Rzo)
D.P.S.H. 3 (P3)	De 0,00 a 1,00 m.	De 1,00 a 1,40 m. (Rzo)

• NIVEL FREÁTICO

En la parcela objeto de estudio, a fecha de 18 de abril de 2023, no se localizó el nivel freático al realizar los ensayos de campo.

• SISMICIDAD

No se deberán tomar medidas debido a que no se encuentra en zona con aceleración sísmica de $a_b < 0.04$ g según la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02).

• EXCAVABILIDAD DEL TERRENO

La excavabilidad de los materiales es alta, pudiéndose realizar mediante medios convencionales.

• ESTABILIDAD DE LOS MATERIALES

La futura actuación no prevé la ejecución de taludes permanentes en desmonte. Únicamente se contemplan excavaciones temporales de poca profundidad para la ejecución de los elementos de cimentación que se mantendrán estables de manera subvertical temporalmente.

- HORMIGÓN**

A partir de los ensayos para hallar la agresividad del suelo y/ o del agua, estos pueden considerarse NO agresivos para el hormigón. Concretamente, estaríamos por debajo del parámetro de exposición XA1 de ataque débil, según la normativa del Código Estructural (Real Decreto 470/2021).

Para conseguir una durabilidad adecuada del hormigón se debe cumplir la máxima relación agua /cemento y el mínimo contenido de cemento y la resistencia mínima recogidos en la Código Estructural Tabla 43.2.1.a y Tabla 43.2.1.b:

Tabla 43.2.1.a Contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																				
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
Máxima relación agua/cemento	Masa	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50
	Armado	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50
	Pretensado	0,60	0,50	0,60	0,55	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
Contenido mínimo de cemento (kg/m³)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275	300	275	300	275	300	325	300	300	300
	Armado	250	275	275	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325	325
	Pretensado	275	300	300	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325	325

Tabla 43.2.1.b Resistencia característica mínima esperada para el hormigón(*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
Resistencia característica (N/mm²)	Masa	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	25	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	25	30	30	30	35	35	35	35	35	30	30	30	30	30	35	35	30	30

(*) Resistencia característica mínima alcanzable para un hormigón fabricado con cemento de categoría resistente 32,5 R con un contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento, conformes a lo indicado en la tabla 43.2.1a.

- CIMENTACIÓN Y PRESION DE DISEÑO**

Se recomienda una cimentación superficial mediante zapatas de hormigón armado empotradas en el NIVEL 1 LIMOS ARENOSOS a partir de 0,60-1,00 m. de profundidad respecto a la cota actual de la parcela. Superando así el primer tramo con restos de materia orgánica, raíces y más edafizado. Esto deberá comprobarse una vez establecida la ubicación del centro de interpretación con nuevos ensayos.

Se recomienda una presión de diseño para el NIVEL 1 LIMOS de $q_{ad} \leq 1,50 \text{ kg/cm}^2$

OTRAS CONSIDERACIONES:

A la vista de los resultados obtenidos en los distintos ensayos de campo, se recomienda ubicar el centro de interpretación en la mitad oeste-noroeste de la parcela (zona entre el P3 y el S1). Donde los ensayos reflejan un terreno más consistente que en la mitad este-sureste (Zona del P1).

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Un Estudio Geotécnico es una idealización del subsuelo a partir de los datos de pruebas puntuales, por lo que se recomienda un seguimiento en las labores de cimentación por parte del técnico responsable de la obra, por si se detectarían materiales no previstos y por lo tanto no parametrizados en el informe. En ese caso podría ser necesaria la realización de ensayos adicionales si hubiera dudas razonables o cambios significativos sobre lo aquí expuesto. Las consideraciones y conclusiones del presente informe están basadas en correlaciones y formulaciones usuales en mecánica del suelo y criterios sancionados por la práctica, así como en las hipótesis planteadas en el mismo, quedando a disposición de la dirección técnica de la obra para cualquier consulta.

Tudela a 24 de abril de 2023

Firmado: Juan José Mateo Asín
Arquitecto técnico
Col. N.º 1031 en COAATN

Firmado: Sergio Medrano Birijalbo
Geólogo
Col. N.º 8167 en ICOG

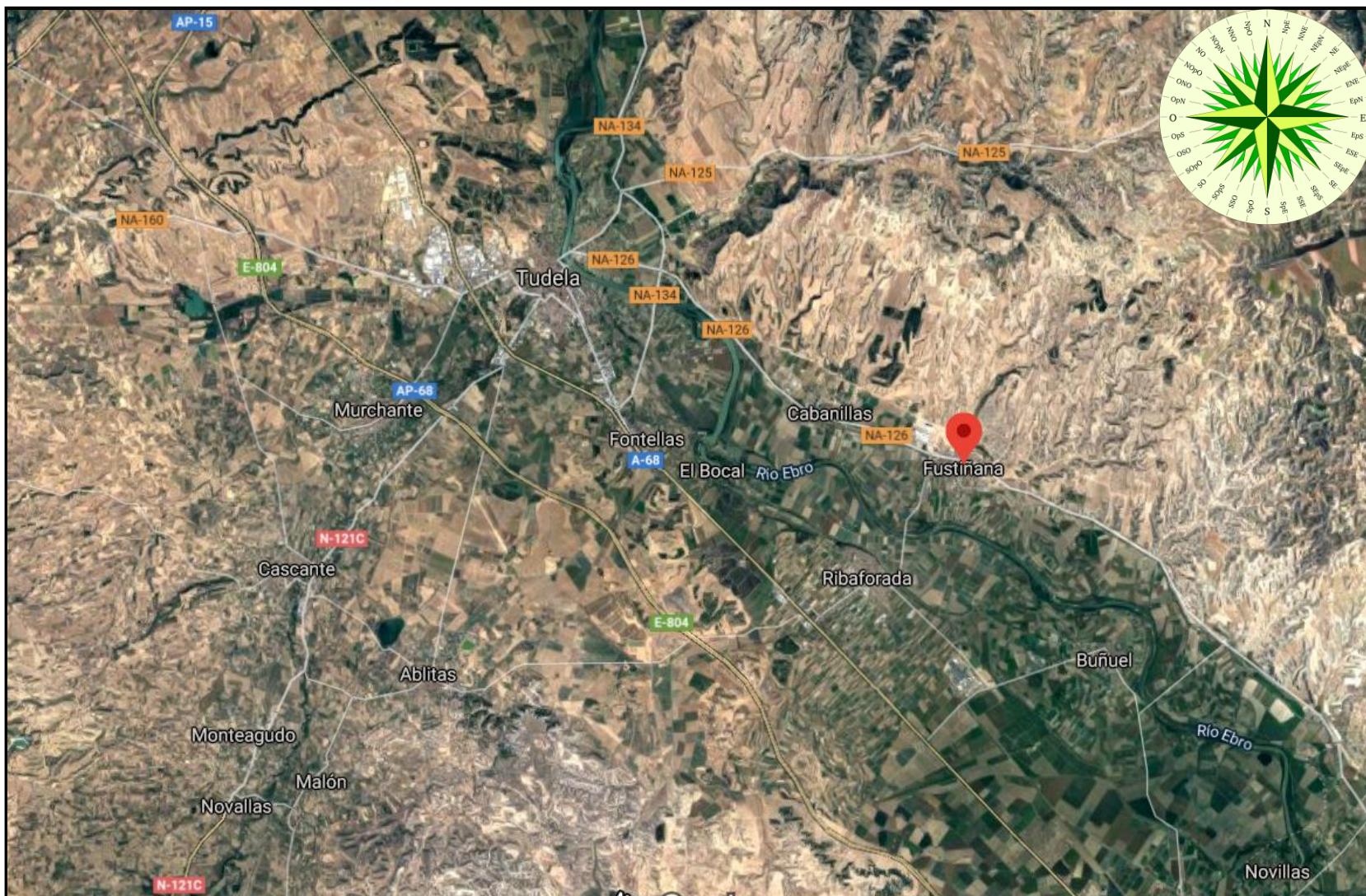




Camino San Marcial, 32
31500 Tudela, Navarra
Tfno.: 948116462
info@cecteco.es

Documento 2

CROQUIS Y PERFILES



SITUACIÓN GEOGRÁFICA

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA

PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA

REFERENCIA: 85638-BIS





Fustiñana

**SITUACIÓN DE LA
PARCELA**

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA

PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA

REFERENCIA: 85638-BIS

cecteco



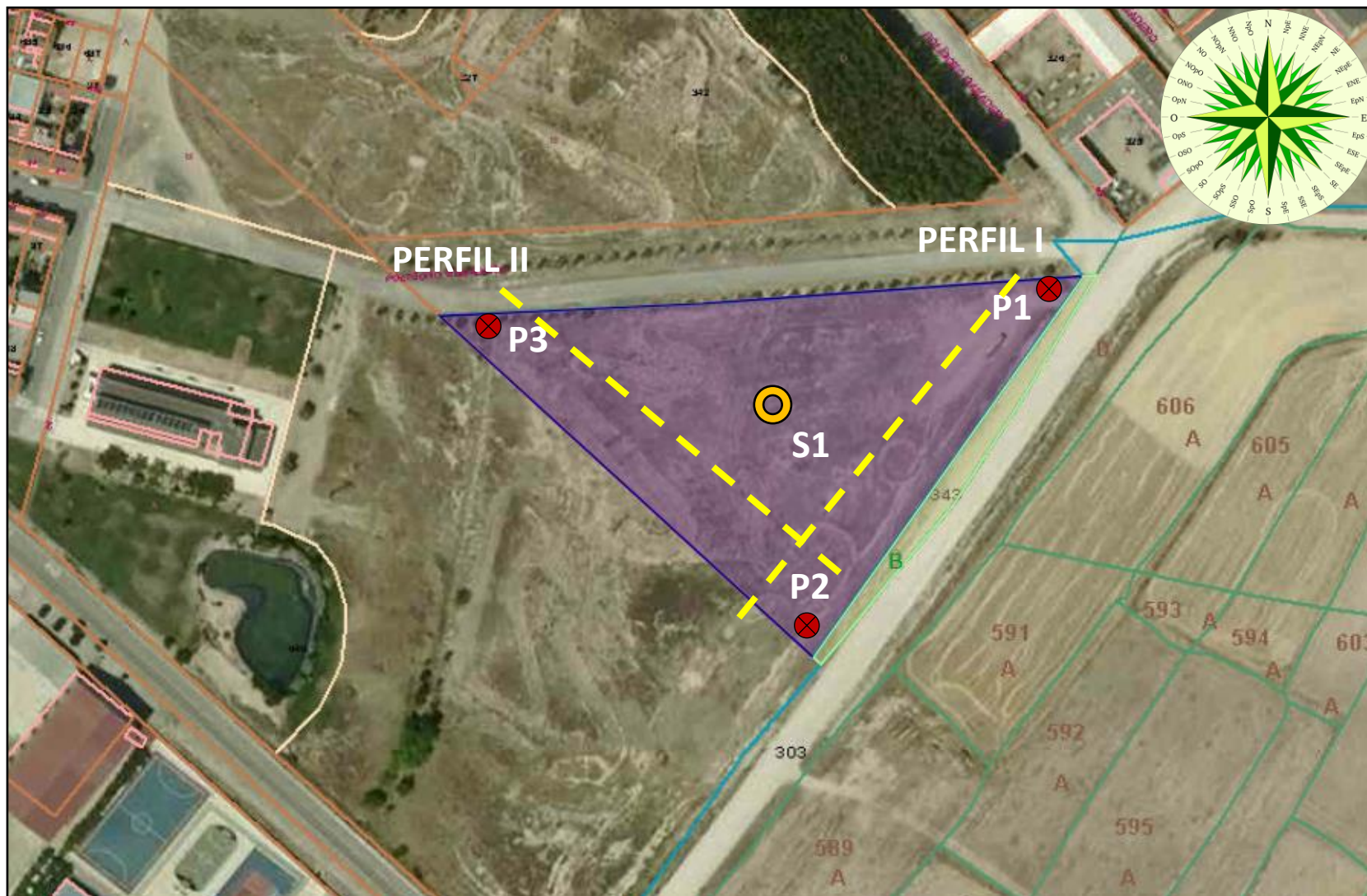

SITUACIÓN ENSAYOS
DE CAMPO
ORTOFOTO

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA

PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA

REFERENCIA: 85638-BIS

cecteco

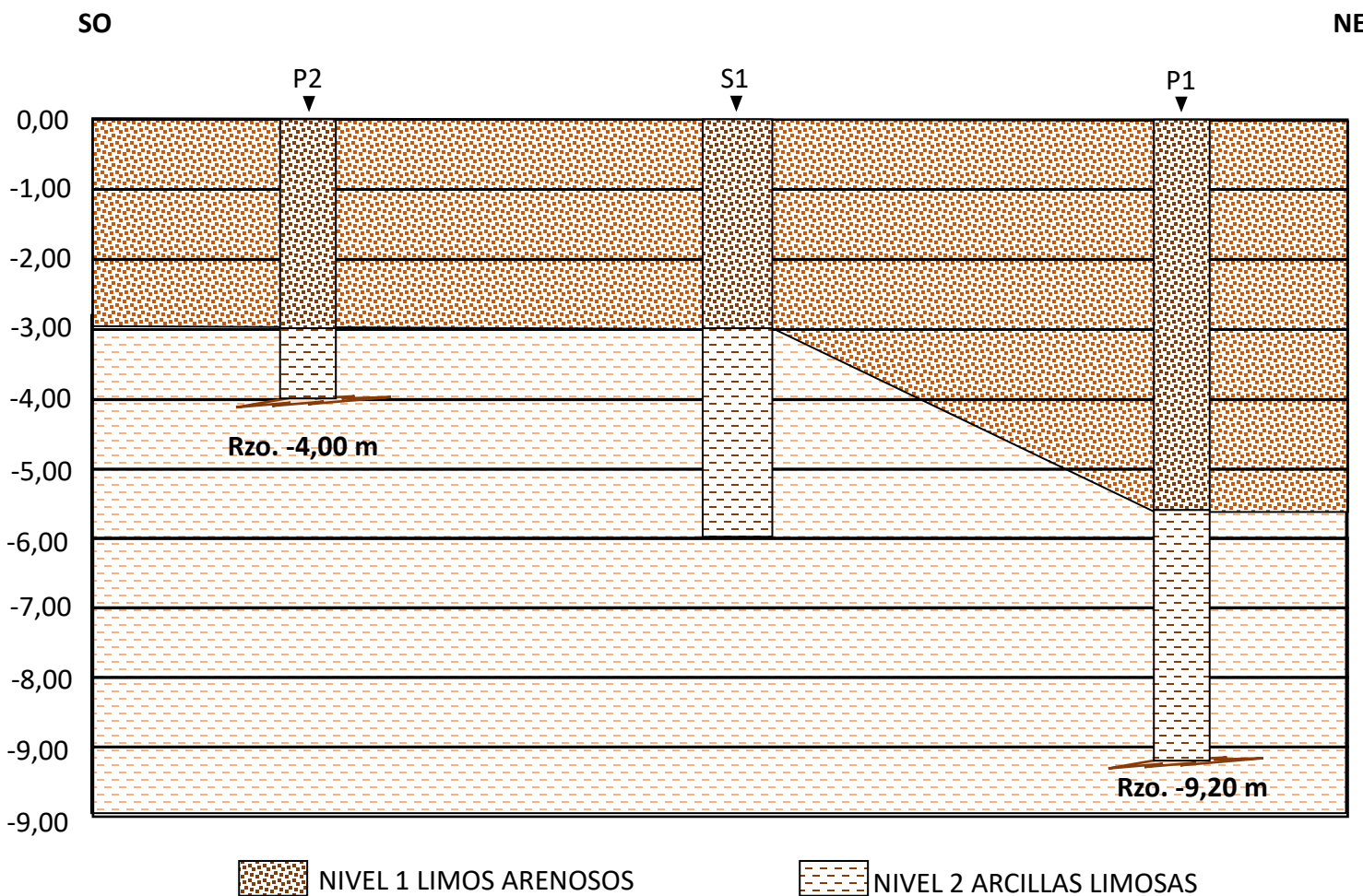
PERFIL LITOLÓGICO

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA

PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA

REFERENCIA: 85638-BIS

cecteco

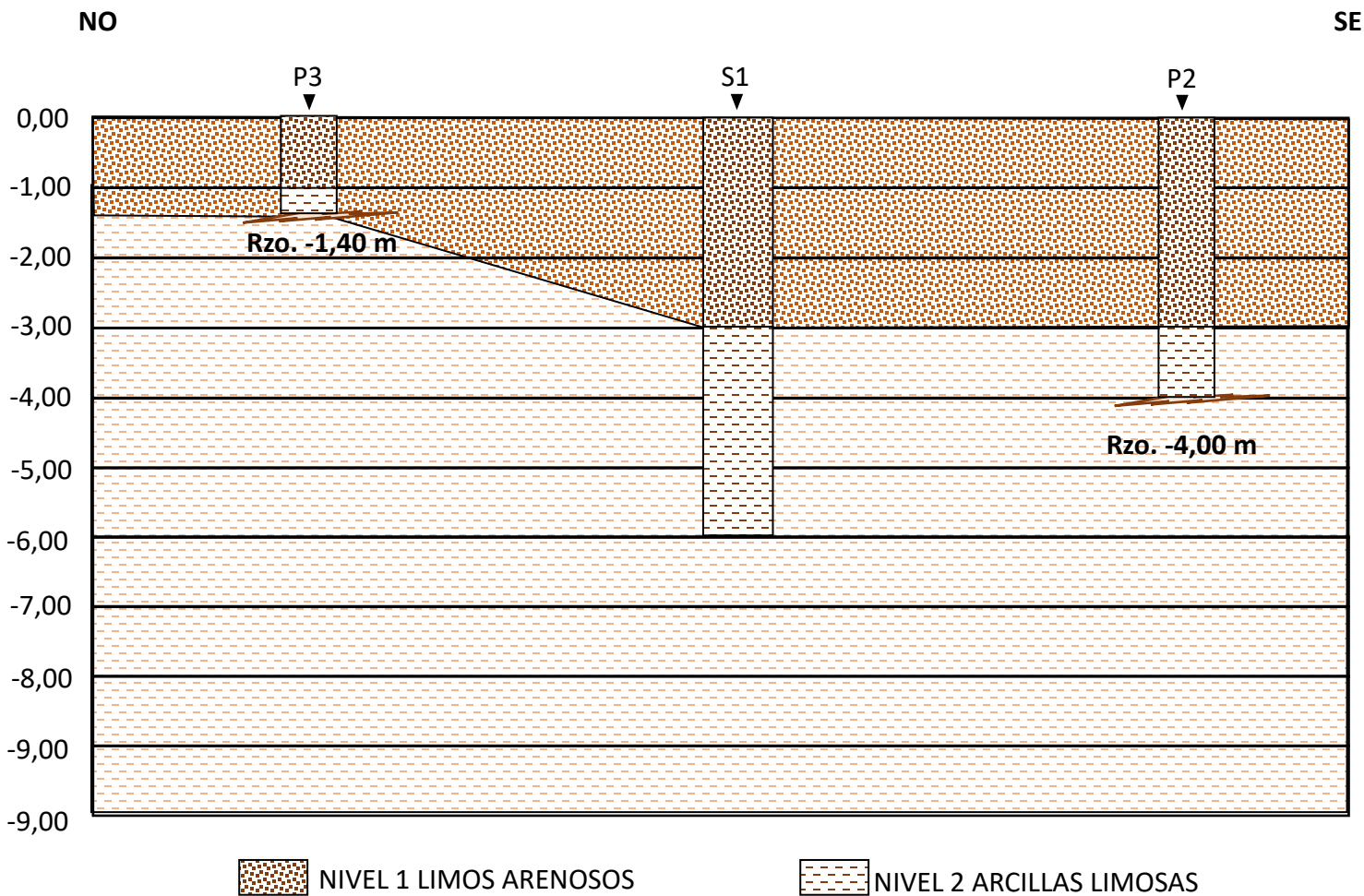
**PERFÍL
LITOLÓGICO I**

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA

PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA

REFERENCIA: 85638-BIS





PERFÍL
LITOLÓGICO II

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA

PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA

REFERENCIA: 85638-BIS





Camino San Marcial, 32
31500 Tudela, Navarra
Tfno.: 948116462
info@cecteco.es

Documento 3

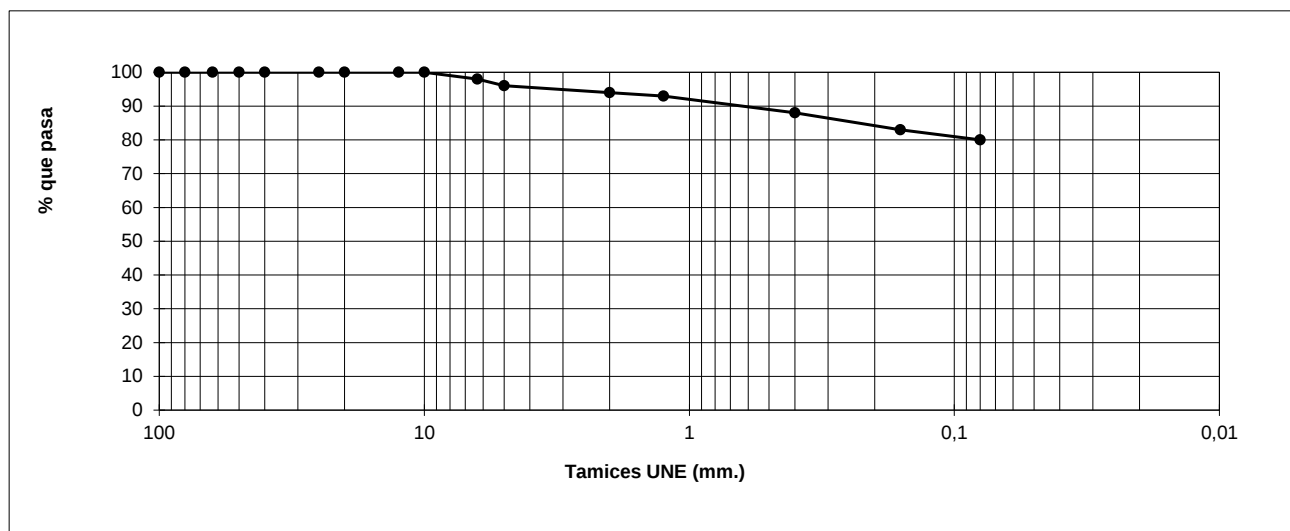
ENSAYOS DE LABORATORIO

PERICIONARIO:	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
OBRA:	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA
REFERENCIA:	85638-BIS-S1-M1
DESCRIPCION:	LIMOS ARENOSOS
PROCEDENCIA:	SONDEO 1 A 1,00-2,00 M. DE PROFUNDIDAD

AREA DE GEOTECNIA

Análisis Granulométrico (UNE-103-101)

Tamiz :	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% que pasa :	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	96	94	93	88	83	80



Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato casagrande (UNE 103-103-94)

32,7

Determinación del límite plástico de un suelo (UNE 103-104-93)

24,8

Ion sulfato mg SO₄ / kg de suelo seco s. UNE 83.963

937

Acidez Bauman Gully (ml/Kg) s. UNE 83.963

7

Tudela a 24 de abril de 2023

Vº Bº. Dtor Laboratorio

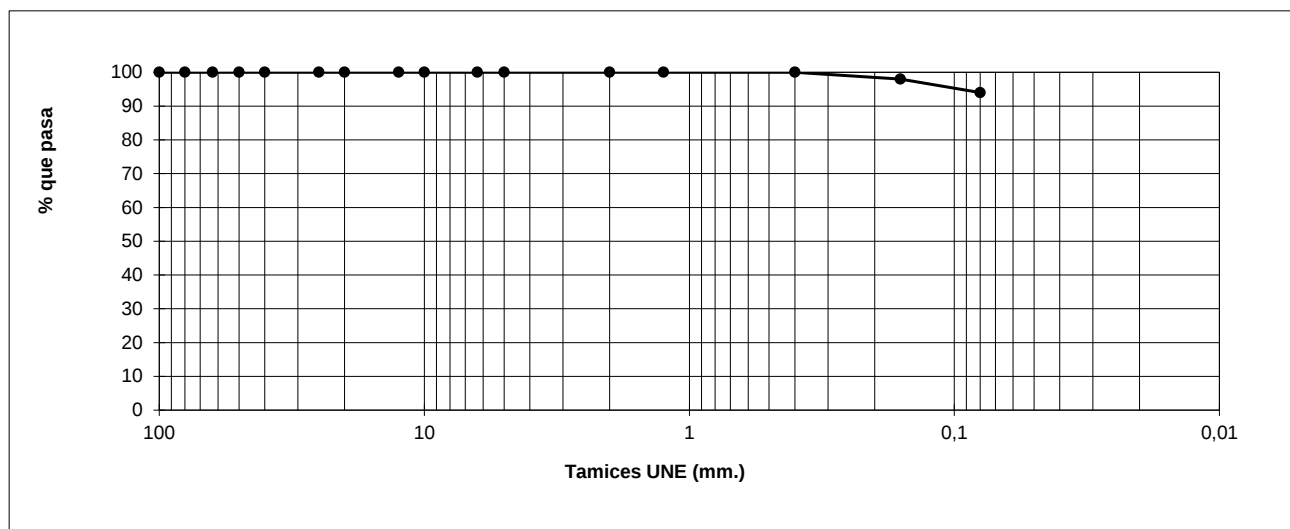
Juan José Mateo Asín

PERICIONARIO:	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
OBRA:	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA
REFERENCIA:	85638-BIS-S1-M2
DESCRIPCION:	ARCILLAS LIMOSAS
PROCEDENCIA:	SONDEO 1 A 3,00-4,20 M. DE PROFUNDIDAD

AREA DE GEOTECNIA

Análisis Granulométrico (UNE-103-101)

Tamiz :	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% que pasa :	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	94



Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato casagrande (UNE 103-103-94)

37,9

Determinación del límite plástico de un suelo (UNE 103-104-93)

25,2

Ion sulfato mg SO₄ / kg de suelo seco s. UNE 83.963

763

Acidez Bauman Gully (ml/Kg) s. UNE 83.963

7

Tudela a 24 de abril de 2023

Vº Bº. Dtor Laboratorio

Juan José Mateo Asín



Camino San Marcial, 32
31500 Tudela, Navarra
Tfno.: 948116462
info@cecteco.es

Documento 4

TRABAJO DE CAMPO

Sondeo a rotación con extracción continua de muestra y ejecución de ensayos de penetración S.P.T.

Fecha realización sondeo: 18 de abril de 2023

Los sondeos se realizan a rotación con obtención continua de muestra mediante batería provista de corona de widia.

Se emplean una máquina de sondeos tipo TP-30 TECOINSA montada sobre un Land Rover Defender.

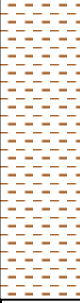
Para obtener una orden de magnitud acerca de la capacidad portante del terreno se realizaron diversos ensayos de penetración (S.P.T), a distintas profundidades.

El S.P.T consiste en lo siguiente: Se trata de contar el número de golpes necesario para hincar 30 cm (15 + 15) un tomamuestras de 2" x 1 3/8" de diámetro con tubo bipartido, normalizado, mediante golpeo de una maza de 63.5 Kg de peso que cae desde una altura de 75 cm.

Para realizar el ensayo se marcan en el varillaje 60 cm, en tramos de 15 cm, contándose los golpes para los 30 centrales. Se considera que se obtiene rechazo y se suspende el ensayo cuando después de dar una serie de 100 golpes no se introducen los 30 cm, en su totalidad o cuando tras dar 50 golpes el tomamuestras no se ha introducido 15 cm.

Los ensayos se realizaron con un penetrómetro automático TECOINSA que cumple las siguientes normas: N. I. De la SIMSFE y D.P.S.H, y que está previsto de cuenta golpes electrónico digital.

Asimismo, se toman varias muestras inalteradas a percusión mediante un tomamuestras G.M.P.V de pared gruesa en cuyo interior se aloja un tubo de PVC donde se introduce la muestra. Inmediatamente después de su extracción se parafrina sus extremos para evitar pérdidas de humedad. La hincada del tomamuestras se realiza mediante una maza de 63.5 Kg que cae desde una altura de 75 cm.

SONDEO Nº				OBRA			CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA										cecteco 				
1				Cliente			COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA				Referencia		85638-BIS-S1								
				Situación/Coordenadas UTM			Ver croquis adjunto				Fecha		18/04/2023								
				Cota de emboquillaje			Cota parcela				Profundidad total		6,00 m.								
Díametro perforación	Díametro revestimiento	Cota	Nivel	Columna	Muestra	Golpeo	Descripción litológica	Nivel freático	RQD %	Clasificación SUCS	Sulfatos (mg SO4 /kg)	Índice Plasticidad	Humedad %	Compresión simple kg/cm2	  						
98-W-S	SIN REVESTIMIENTO	1,0	1		M1		De 0,00 a 3,00 m. Limos arenosos marrones, de consistencia media con pequeñas intercalaciones arcillosas y con algún canto ocasional de pequeño tamaño.			ML	937	7,9									
		SPT			10 17-15 13																
		3,0	2		SPT	17 13-18 22	De 3,00 a 6,00 m. Arcillas limosas marrones, de consistencia media y sin cantos. Se considera el nivel de alteración del sustrato terciario local.			CL	763	12,7									
		4,0			M2																
		5,0																			
		6,0																			
				7,0																	
				8,0																	
				9,0																	

Observaciones:



Tudela a 24 de abril de 2023
Fdo. Juan José Mateo Asín

Prueba de penetración dinámica superpesada: D.P.S.H. NORMA: UNE 103-801-94

La prueba consiste en clavar en el terreno una puntaza maciza de hierro que se encuentra situada en el extremo de una varilla. La varilla tiene un diámetro inferior al de la puntaza, con objeto de evitar lo máximo posible el rozamiento de la misma en el terreno. La hinca en el terreno se consigue golpeando el conjunto en su parte superior con una maza en caída libre.

La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa mediante el nº de golpes necesarios para clavar la varilla 20 cm en dicho terreno. Este nº de golpes se designará en lo sucesivo como n20, y servirá para darnos información acerca de las características físicas y geotécnicas del terreno, con una serie de correlaciones e interpretaciones se puede determinar a partir de n20: la carga admisible, la resistencia dinámica en punta, etc...

Las pruebas de penetración se han realizado siguiendo la norma DPSH, con las características siguientes:

Masa de la Maza	63,5 Kg
Altura de Caída	75,0 cm.
Relación longitud/diámetro de la maza	≥ 1 y ≤ 2 .
Masa yunque	7,2 Kg.
Longitud de la varilla	1,0 m.
Diámetro exterior de la varilla	32,0 mm.
Masa máxima varilla + niple	6,31 Kg.
Desviación máxima en primeros 5 m	1 %.
Desviación máxima a partir de 5m	2 %.
Sección de la puntaza	Cilindro-cónica.
Área de la puntaza	20.0 cm ² .
Angulo de la puntaza	90°
Cuenteo de golpes cada N	20.0 cm.

Cálculo de resultados.

En base a los resultados de la prueba de penetración, se puede estimar la resistencia dinámica del terreno utilizando para ello la fórmula de hincá:

Fórmula dinámica de los holandeses:

$$R_p = \frac{P_m^2 * h}{(P_m + P_v) * S * d}$$

Siendo:

Rp= Resistencia dinámica unitaria en Kg/ cm².

Pm= Peso de la maza (63,5 Kg).

h= Altura de caída libre (75 cm).

Pv= Peso que carga sobre la puntaza: yunque (7,2 Kg) + varillas (6,31 Kg) + cabeza golpeo (0,8 kg)

S= Sección de la puntaza (20 cm²).

d= Penetración por golpe (20/ N20).

A partir del valor de la resistencia dinámica Rp es posible estimar la resistencia en punta estática qc (véase Buisson y otros), mediante unas correlaciones y coeficientes de transformación, éstos dependen fundamentalmente de la naturaleza del terreno y de su estado en el momento de efectuar el ensayo.

La carga admisible se puede estimar a partir de la resistencia dinámica en punta Rp según diversas correlaciones (véase Sanglerat, Meyerhof y otros). Así como la fórmula del Servicio Geológico de Obras Públicas, muy utilizada en los hasta los 8 primeros metros de profundidad:

$$Q_{adm} = \frac{P_m^2 * h}{40 * (P_m + P_v) * S * d}$$

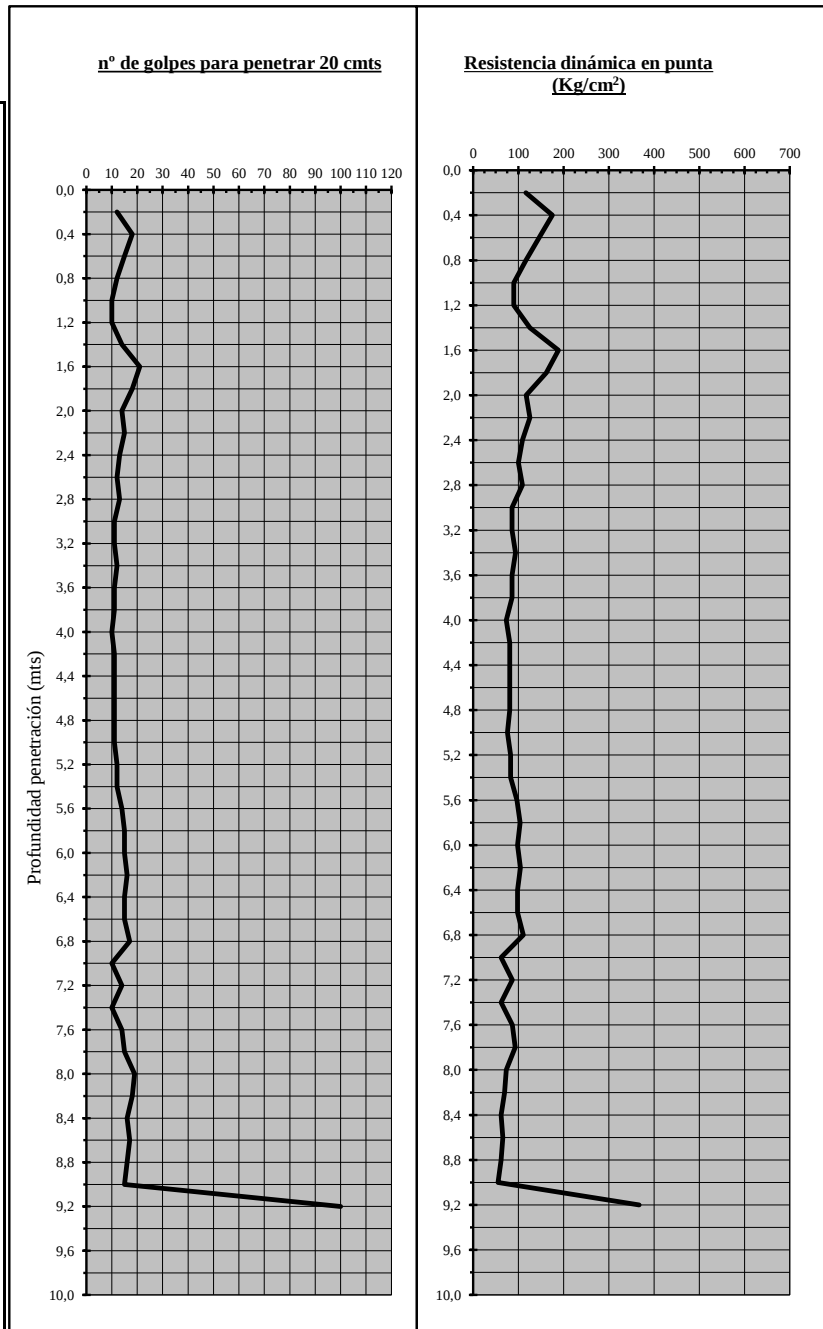
OBRA	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA	
PETICIONARIO	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA	
REFERENCIA	85638-BIS-P1	
FECHA	18 DE ABRIL DE 2023	

prof.reconoc.	9,20
Cota boca	0,00
Cota fondo	-9,20

Peso maza (kg):	63,5
Altura caída (cm):	75
Peso Varillaje (kg/m):	> 7,2
Peso cabeza (kg)	1,5
Superficie puntaza (cm ²):	20

PENETRÓMETRO nº 1

Prof. (m)	nº golpes	R dinam (Kg/cm ²)	T _{adm} (Kg/cm ²)
0,20	12	117	2,3
0,40	18	175	3,5
0,60	15	146	2,9
0,80	12	117	2,3
1,00	10	90	1,8
1,20	10	90	1,8
1,40	14	126	2,5
1,60	21	189	3,8
1,80	18	162	3,2
2,00	14	117	2,3
2,20	15	125	2,5
2,40	13	109	2,2
2,60	12	100	2,0
2,80	13	109	2,2
3,00	11	86	1,7
3,20	11	86	1,7
3,40	12	94	1,9
3,60	11	86	1,7
3,80	11	86	1,7
4,00	10	73	1,5
4,20	11	81	1,6
4,40	11	81	1,6
4,60	11	81	1,6
4,80	11	81	1,6
5,00	11	76	1,5
5,20	12	83	1,7
5,40	12	83	1,7
5,60	14	97	1,9
5,80	15	104	2,1
6,00	15	98	2,0
6,20	16	105	2,1
6,40	15	98	2,0
6,60	15	98	2,0
6,80	17	111	2,2
7,00	10	62	1,2
7,20	14	87	1,7
7,40	10	62	1,2
7,60	14	87	1,7
7,80	15	93	1,9
8,00	19	74	1,5
8,20	18	70	1,4
8,40	16	62	1,2
8,60	17	66	1,3
8,80	16	62	1,2
9,00	15	55	1,1
9,20	100	367	7,3
9,40			
9,60			
9,80			
10,00			



Tudela a 24 de abril de 2023
Fdo. Juan José Mateo Asín

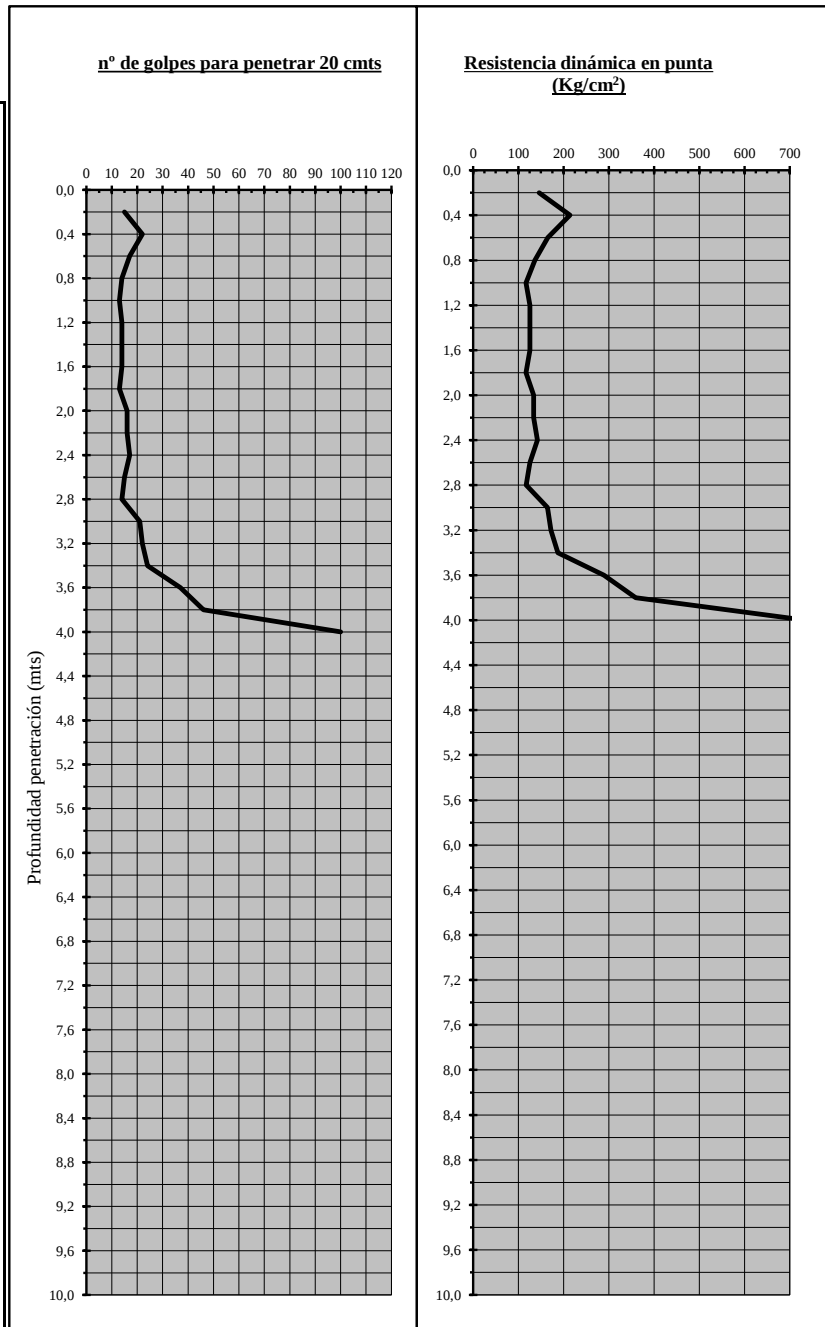
OBRA	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA	
PETICIONARIO	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA	
REFERENCIA	85638-BIS-P2	
FECHA	18 DE ABRIL DE 2023	

prof.reconoc.	4,00
Cota boca	0,00
Cota fondo	-4,00

Peso maza (kg):	63,5
Altura caída (cm):	75
Peso Varillaje (kg/m):	> 7,2
Peso cabeza (kg)	1,5
Superficie punta (cm ²):	20

PENETRÓMETRO nº 2

Prof. (m)	nº golpes	R dinam (Kg/cm ²)	T _{adm} (Kg/cm ²)
0,20	15	146	2,9
0,40	22	214	4,3
0,60	17	165	3,3
0,80	14	136	2,7
1,00	13	117	2,3
1,20	14	126	2,5
1,40	14	126	2,5
1,60	14	126	2,5
1,80	13	117	2,3
2,00	16	134	2,7
2,20	16	134	2,7
2,40	17	142	2,8
2,60	15	125	2,5
2,80	14	117	2,3
3,00	21	164	3,3
3,20	22	172	3,4
3,40	24	188	3,8
3,60	37	289	5,8
3,80	46	360	7,2
4,00	100	734	14,7
4,20			
4,40			
4,60			
4,80			
5,00			
5,20			
5,40			
5,60			
5,80			
6,00			
6,20			
6,40			
6,60			
6,80			
7,00			
7,20			
7,40			
7,60			
7,80			
8,00			
8,20			
8,40			
8,60			
8,80			
9,00			
9,20			
9,40			
9,60			
9,80			
10,00			



Tudela a 24 de abril de 2023
Fdo. Juan José Mateo Asín

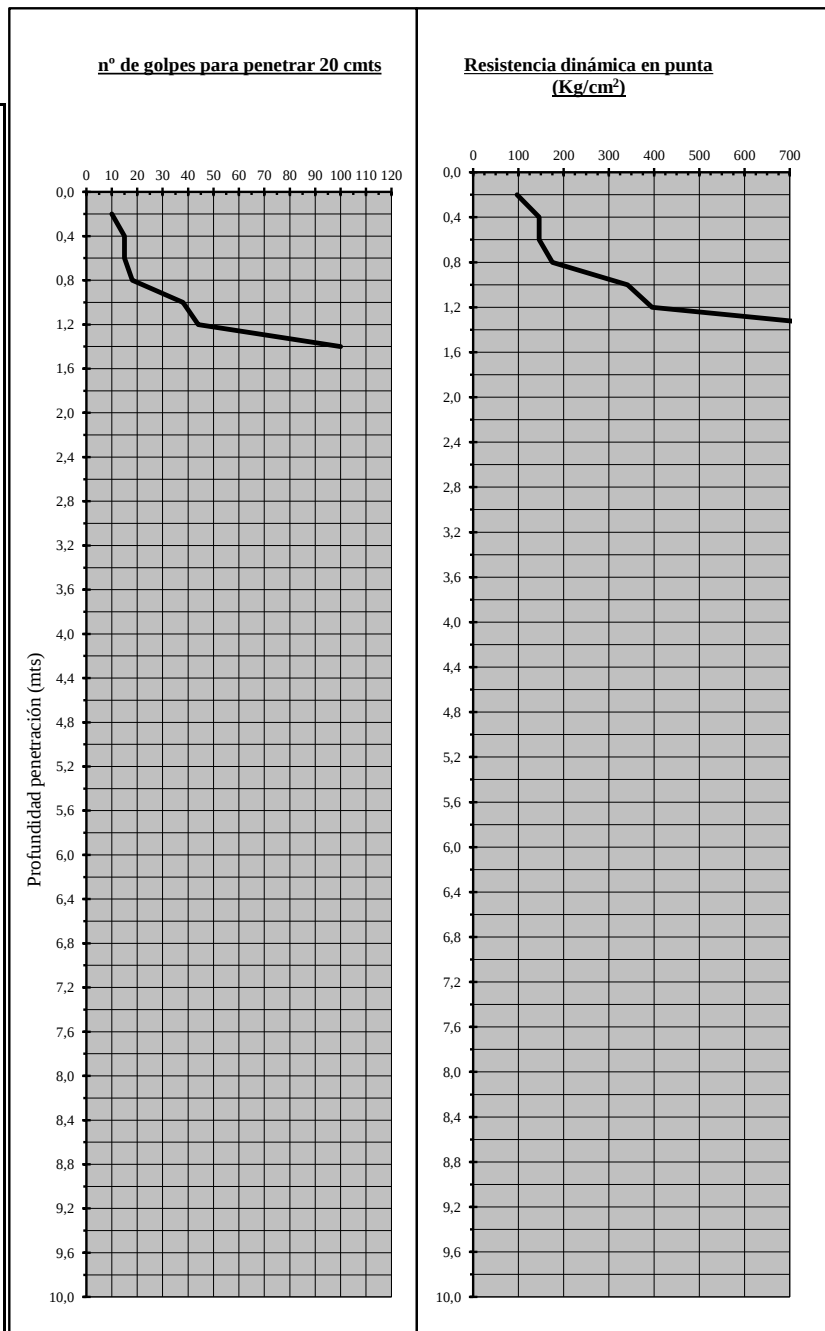
OBRA	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARCELA 343 DEL POLÍGONO 11 DE FUSTIÑANA	
PETICIONARIO	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA	
REFERENCIA	85638-BIS-P3	
FECHA	18 DE ABRIL DE 2023	

prof.reconoc.	1,40
Cota boca	0,00
Cota fondo	-1,40

Peso maza (kg):	63,5
Altura caída (cm):	75
Peso Varillaje (kg/m):	> 7,2
Peso cabeza (kg)	1,5
Superficie puntaza (cm ²):	20

PENETRÓMETRO nº 3

Prof. (m)	nº golpes	R dinam (Kg/cm ²)	T _{adm} (Kg/cm ²)
0,20	10	97	1,9
0,40	15	146	2,9
0,60	15	146	2,9
0,80	18	175	3,5
1,00	38	342	6,8
1,20	44	395	7,9
1,40	100	899	18,0
1,60			
1,80			
2,00			
2,20			
2,40			
2,60			
2,80			
3,00			
3,20			
3,40			
3,60			
3,80			
4,00			
4,20			
4,40			
4,60			
4,80			
5,00			
5,20			
5,40			
5,60			
5,80			
6,00			
6,20			
6,40			
6,60			
6,80			
7,00			
7,20			
7,40			
7,60			
7,80			
8,00			
8,20			
8,40			
8,60			
8,80			
9,00			
9,20			
9,40			
9,60			
9,80			
10,00			



Tudela a 24 de abril de 2023
Fdo. Juan José Mateo Asín