

INFORME GEOTÉCNICO

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO

Peticionario: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE
NAVARRA



Referencia: 85638

Fecha: 24 de abril de 2023

Índice

Documento 1. MEMORIA

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	MARCO GEOGRÁFICO	3
2	DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA Y EL PROYECTO	4
2.1	DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS	5
2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
3	ENCUADRE GEOLÓGICO	6
3.1	ESTRATIGRAFÍA	7
3.2	GEOMORFOLOGÍA	8
3.3	HIDROGEOLOGÍA Y NIVEL FREÁTICO	8
3.4	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	PROPIEDADES GEOTÉCNICAS 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 2023, el peticionario solicita a Cecteco, la realización de un informe geotécnico para el proyecto de construcción de un centro de interpretación en el municipio navarro de Carcastillo.

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 con 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 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.

1.1 MARCO GEOGRÁFICO

La parcela objeto de estudio se sitúa a unos 7,50 km. al sur de Carcastillo, y a 6,50 km de Figarol por carretera.

Carcastillo es una villa y municipio español de la Comunidad Foral de Navarra, situado en la merindad de Tudela, en la comarca de la Ribera Arga-Aragón y a 70 km de la capital de la comunidad, Pamplona.

Limita al norte con Murillo el Fruto, Gallipienzo y Cáseda, al sur con las Bardenas Reales y Mélida, al este con Sos del Rey Católico, Castiliscar y Sádaba, todos de la provincia de Zaragoza y al oeste con Santacara.

El municipio de Carcastillo, consta de 3 núcleos:

- Carcastillo: 2070 habitantes (a fecha de 01/01/2014)
- La Oliva: 60 habitantes (a fecha de 01/01/2014)
- Figarol: 374 habitantes (a fecha de 01/01/2014)

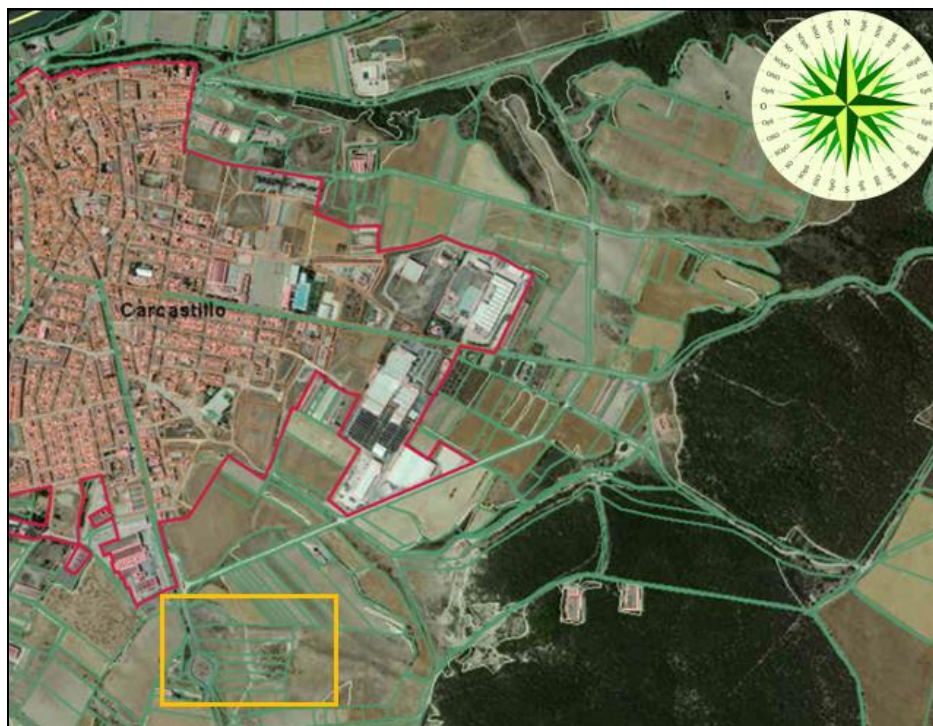
Carcastillo se encuentra comunicado por la NA-128 (Peralta – Carcastillo – Lte. Zaragoza) y por la NA-534 (Venta de Judas – Aibar – Carcastillo).



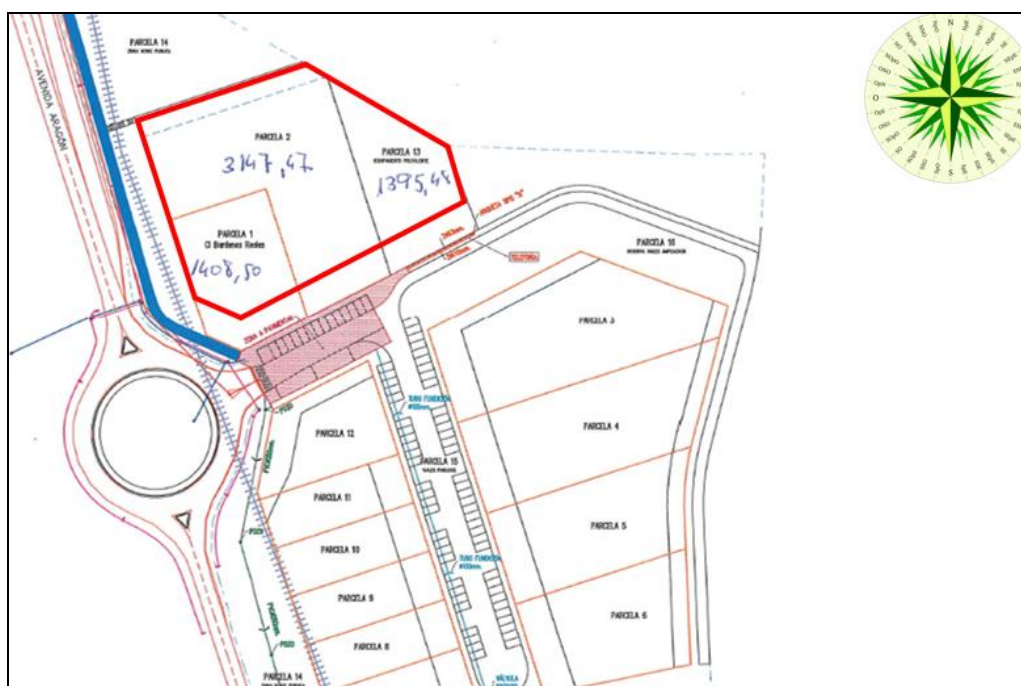
Situación geográfica de Carcastillo en Navarra

2 DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA Y EL PROYECTO

Se proyecta la construcción de un centro de interpretación en el municipio navarro de Carcastillo. Las parcelas donde se ubicará dicho centro de interpretación se corresponden con las N.º 1, 2 y 13 de la U.E.01 de Carcastillo. Se trata de una zona actualmente sin urbanizar situada al sur del núcleo urbano.



Ortofoto de la zona de estudio



Plano de urbanización de la zona, en rojo las parcelas objeto de estudio.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS

La zona de estudio se encuentra en el flanco este de la carretera N-128 al sur del municipio de Carcastillo, entre el núcleo urbano y una rotonda de acceso. Se trata de una zona de pie de monte, relativamente llana. Si bien es cierto que se sitúa entre 0,80 y 1,50 m. por encima de la cota de la carretera. De forma superficial existe abundante vegetación de tipo arbustiva. Se observan además cantos y bolos de forma superficial.



Fotografía de la zona de estudio vista desde la carretera de acceso a Carcastillo.

2.2 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 aún 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.	

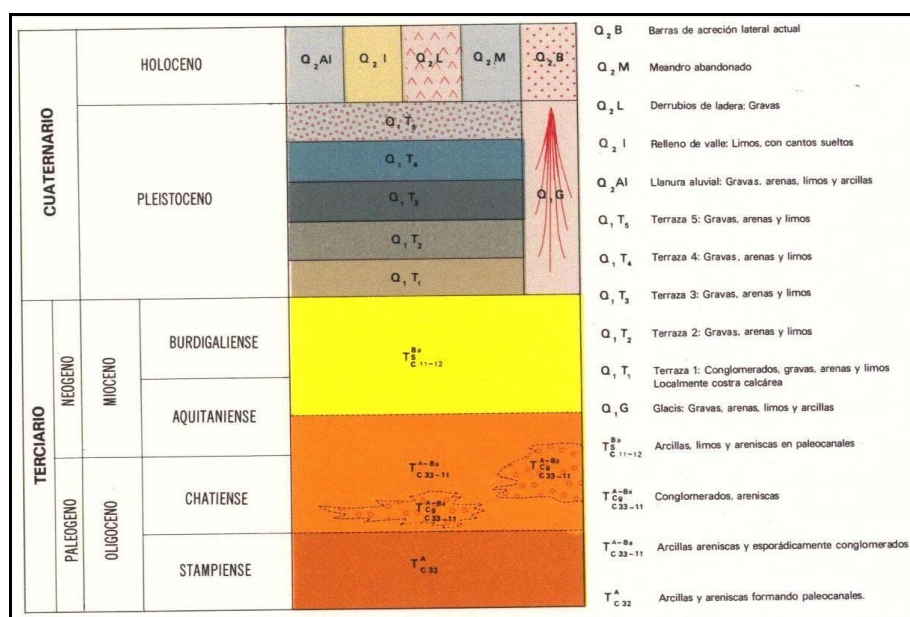
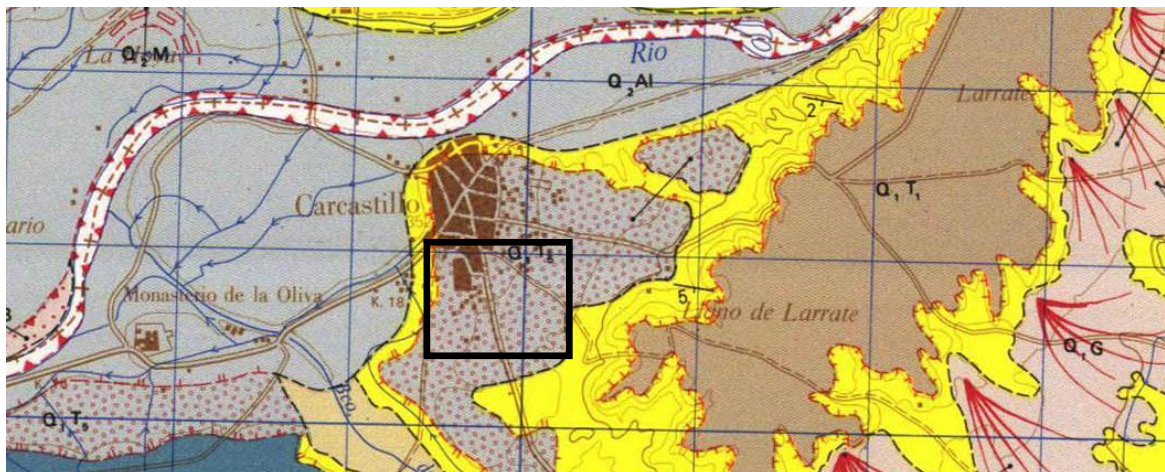
3 ENCUADRE GEOLÓGICO

Geológicamente, la zona estudiada se encuentra ubicada en la Cuenca Terciaria del Ebro, en el borde Norte de la Depresión del Ebro. 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 que conforman la zona son de origen continental, de edades entre Oligoceno y el Mioceno. Desde el punto de vista estructural, la zona está caracterizada por una relativa movilidad tectónica acompañada por variaciones de cierta importancia del espesor de las series detríticas. Los materiales están afectados por la Falla de Caparroso y la zona plegada de Falces, presentando con frecuencia buzamientos subverticales y pliegues tumbados, aunque el aspecto general que destaca son los pliegues de amplio radio y los buzamientos subhorizontales.

Fragmento Mapa geológico y leyenda 1:50000 IGME HOJA-207



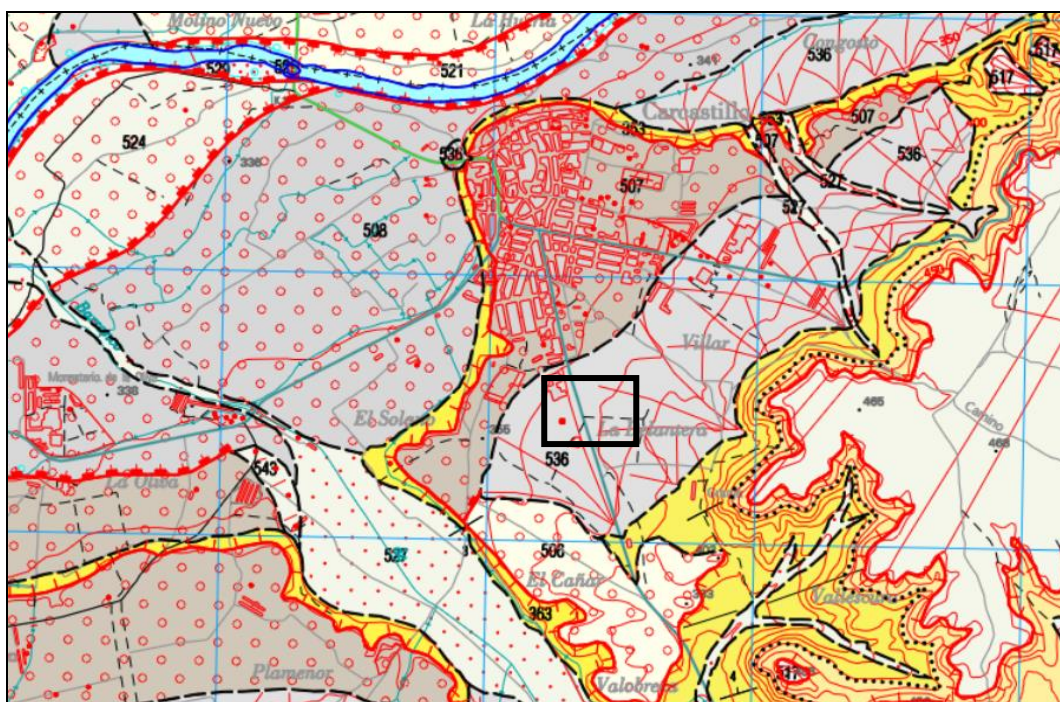
Fragmento mapa geológico y leyenda 1:50000 207 SOS DEL REY CATÓLICO

3.1 ESTRATIGRAFÍA

Según el mapa geológico 1:25.000 del Gobierno de Navarra, HOJA 207-III de Carcastillo, en el área de estudio se localizan dos tipos de materiales según su edad:

Materiales Terciarios, correspondientes a la unidad 365, constituida por lutitas ocre y areniscas, asociados a la Unidad Olite.

Materiales Cuaternarios, correspondientes a la unidad 536, limos y arcillas con cantos, asociados a conos de deyección.



Fragmento mapa geológico de Navarra 1:25000

Según lo citado anteriormente, la experiencia en la zona, los mapas geológicos-geotécnicos e información consultada, se considera el grupo de terreno de la parcela de estudio según el SE-C Cimientos del CTE como un T1: Terrenos favorables.

Tabla 3.2. Grupo de terreno	
Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
T-3	Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos:

3.2 GEOMORFOLOGÍA

Morfológicamente la región se encuentra claramente dominada por el modelado fluvial que ha generado la fisonomía actual del relieve, tales como acarcavamientos y barrancos de pequeña y mediana entidad.

3.3 HIDROGEOLOGÍA Y NIVEL FREÁTICO

En las parcelas objeto de estudio, a fecha 14 de abril de 2023, no se identificó el nivel freático para una profundidad máxima de reconocimiento de 6,00 m.

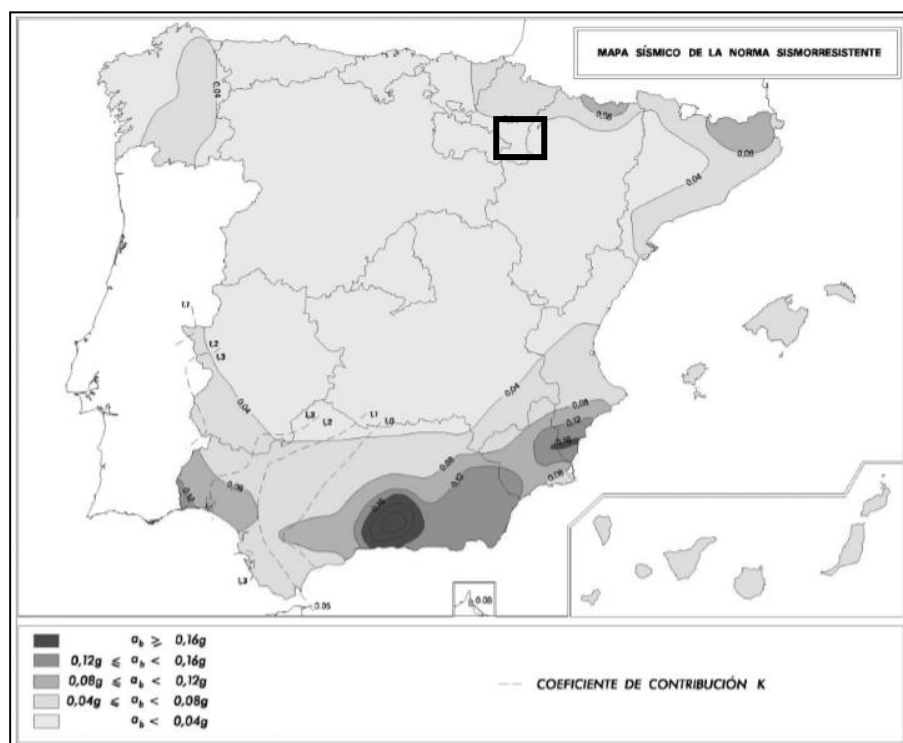
3.4 SISMICIDAD

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 $a_b < 0.04 \text{ g}$
- Con aceleración sísmica de $0.04\text{g} < a_b < 0.08\text{g}$
- Con aceleración sísmica de $0.08\text{g} < a_b < 0.12\text{g}$
- Con aceleración sísmica de $0.12\text{g} < a_b < 0.16\text{g}$
- Con aceleración sísmica de $0.08\text{g} < a_b$

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.



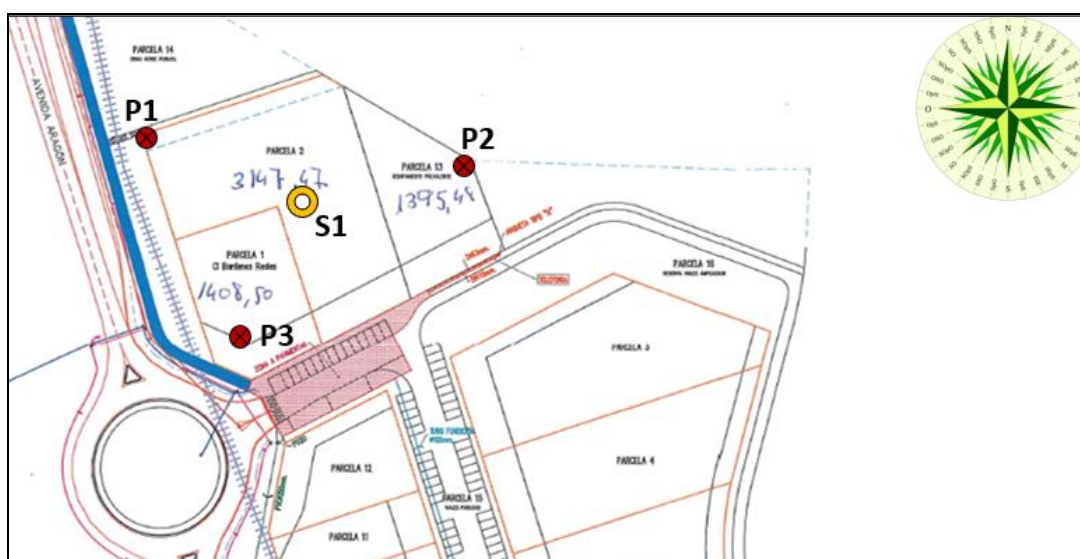
4 CAMPAÑA GEOTÉCNICA

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 m. de profundidad. (S1).
- 3 Pruebas de penetración dinámica superpesada, según Norma UNE 103801/94 (P1, P2 y P3).

UBICACIÓN APROXIMADA DE LA NAVE Y LOS ENSAYOS



4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se han realizado a las siguientes muestras de suelo, los siguientes ensayos de laboratorio.

- **Muestra 1: Con referencia 85638-S1-M1: ARENAS, Sondeo 1 de 0,60 a 1,20 m.**
- **Muestra 2: Con referencia 85638-S1-M2: GRAVAS, Sondeo 1 de 1,20 a 2,00 m.**
- **Muestra 2: Con referencia 85638-S1-M3: SUSTRATO TERCIARIO, Sondeo 1 de 2,40 a 3,00 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

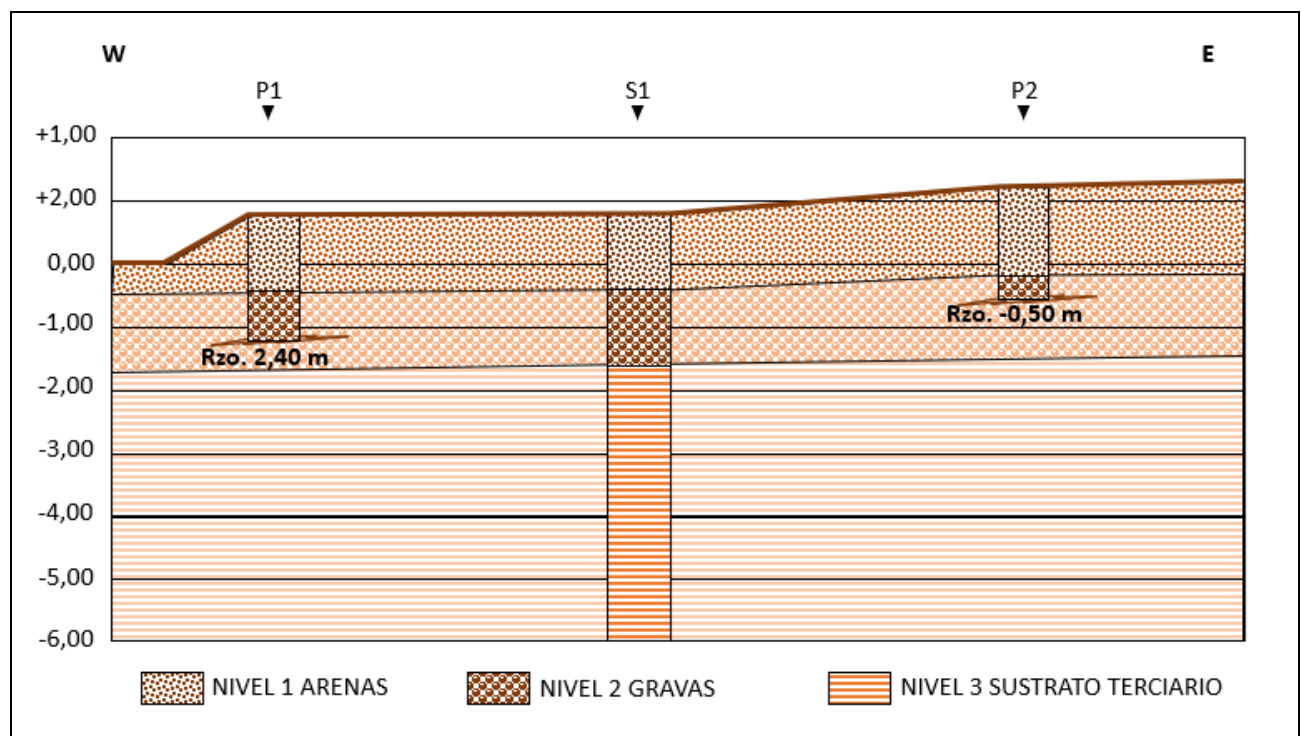
5 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

5.1 PERFIL LITOLÓGICO

Se debe señalar que la zona donde se han realizado los distintos ensayos de campo se encuentra entre 0,80 y 1,20 m. por encima de la cota de la carretera. Cota tomada como referencia 0,00.

- **NIVEL 1 ARENAS:** Desde la superficie de la parcela hasta una profundidad de 0,80-1,40 m. aparece un nivel de arenas limosas marrones con cantos dispersos. Los primeros 0,60 m. de este nivel presentan restos de materia orgánica y raíces, asociándose a la cubierta vegetal. Este nivel presenta una consistencia media golpes en los ensayos de penetración dinámica que oscilan entre 6 y 20.
- **NIVEL 2 GRAVAS:** Bajo el nivel de arenas y hasta una profundidad de 2,40 m. respecto a la cota de la parcela aparece un nivel de gravas aluviales. Este nivel está formado por cantos poligénicos y heterométricos, englobados en una matriz arenosa marrón-grisácea. Presenta una consistencia firme, golpes en los ensayos de penetración dinámica que oscilan entre 20 y Rechazo. El cual se alcanza de forma superficial en el dicho nivel.
- **NIVEL 2 SUSTRATO TERCIARIO:** A partir de 2,40 m. de profundidad aparece el sustrato terciario, formado por limolitas ocreas, con intercalaciones de capas más arenosas y arcillosas. Por lo general este nivel presenta un tramo superior de 0,60-1,00 m. de espesor aproximado que se encuentra ligeramente alterado.

PERFIL LITOLÓGICO I



5.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Para determinar las características geotécnicas y conocer la naturaleza y el estado del terreno, a parte de los trabajos de campo, son necesarios los ensayos de laboratorio. Se han tomado muestras representativas de cada tipo de material con el objeto de determinar sus características geotécnicas (los resultados pueden consultarse en el Documento 2: ENSAYOS DE LABORATORIO). Además, se tienen en cuenta valores de correlación y de tablas empleadas habitualmente para los parámetros geotécnicos.

NIVEL 1 ARENAS: Nivel granular que aparece desde la superficie hasta 0,80-1,40 m. de profundidad. Formado por arenas limosas marrones con cantos poligénicos dispersos.

- Clasificación S.U.C.S.: SM: Arena limosa con cantos dispersos
- Compacidad: media
- Límites de Atterberg: No plástico
- Ensayo de penetración D.P.S.H.: Valor típico $N_{20} = 6-20$
- Cohesión (c') $\leq 0.00 \text{ Kp/cm}^2$ * (Se considera granular)
- 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.) = $K_{30} = 5,00-6,00 \text{ kg/cm}^3$ *
- Ripabilidad: Alta
- Densidad aparente: $\gamma = 1,90 \text{ gr/cm}^3$
- Sulfatos solubles en agua: $714 \text{ mgSO}_4/\text{kg}$ suelo. No agresivo al hormigón
- Permeabilidad: Alta $K_s = 10^{-2} - 10^{-3} \text{ cm/s}$

NIVEL 2 GRAVAS: Depósito aluvial de gravas que alcanza una profundidad aproximada de 2,40 m. respecto a la cota actual de las parcelas.

- Clasificación S.U.C.S.: GM: Gravas mal graduadas con arena.
- Compacidad: Firme
- Límites de Atterberg: No plástico
- Ensayo de penetración D.P.S.H.: $N_{20} = \text{De } 30 \text{ a Rechazo}$
- Ensayo de penetración S.P.T: $N_{30} = 34\text{-Rechazo}$
- Cohesión (c') $\leq 0.00 \text{ Kp/cm}^2$ * (Se considera granular)
- Rozamiento interno (ϕ'): $23-35^\circ$ *
- Módulo de deformación: $E_o = 350-400 \text{ kg/cm}^2$ *
- Coeficiente de balasto K_{30} (30 x 30 cm.) = $K_{30} = 10,00-12,00 \text{ kg/cm}^3$ *
- Ripabilidad: Alta
- Densidad aparente: $\gamma = 2,10-2,20 \text{ gr/cm}^3$
- Sulfatos solubles en agua: $690 \text{ mgSO}_4/\text{kg}$ suelo. No agresivo al hormigón
- Permeabilidad: Muy alta $K_s = 1 - 10^{-2} \text{ cm/s}$

- **NIVEL 3 SUSTRATO TERCIARIO:** Nivel formado por limolitas ocreas con intercalaciones de niveles arenosos o arcillosos. Este nivel aparece a partir de 2,40 m. de profundidad. Se debe señalar que los primeros 0,60-1,00 m. de este nivel se encuentran ligeramente alterados.
- Clasificación Roca: Roca sedimentaria: Limolitas y areniscas
- Clasificación S.U.C.S.: ML-SM. Limos de baja plasticidad con arena.
- Consistencia: Media las capas más alteradas y Muy firme a dura las menos alteradas.
- Límites de Atterberg: No plástico.
- Densidad aparente: 2,20* gr/cm³
- Ensayo de penetración S.P.T: N₃₀: 36 a Rechazo
- Cohesión (c') = 0,70-1,00 Kp/cm²*
- Cohesión sin drenaje (Cu)= 1,50-2,00 kp/cm²
- Rozamiento interno (ϕ'): 28-30 °
- Módulo de deformación: Eo = 250-400 kg/cm²*
- Coeficiente de balasto K30 (30 x 30 cm.) = K₃₀ = 6,00-10,00 kg/cm³*
- Ripabilidad: Media
- Sulfatos solubles en agua: 1140 mgSO₄⁻²/kg suelo. No agresivo al hormigón.
- Permeabilidad: En general los tramos arcillosos 10⁻⁷ cm/s*, mientras las capas de areniscas pueden presentar valores más altos de 10⁻³ 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 en las parcelas objeto de estudio se realizará un desmante de entre 0,80 y 1,50 m. para situar las parcelas a la misma cota que la carretera. Con este desmante se retirará el NIVEL 1 ARENAS en prácticamente toda la superficie. De tal forma que se alcanzará el NIVEL 2 GRAVAS. Por lo tanto se podrá realizar una cimentación directa sobre este nivel.

6.1 PARÁMETROS DE CÁLCULO

Para el cálculo de la cimentación se utiliza el método simplificado para la determinación de la presión vertical admisible en suelos granulares según el Documento básico SE-C del Código técnico de la Edificación.

Para este tipo de suelos se puede determinar la carga admisible a partir de la resistencia en punta (basados en los golpes de las pruebas de penetración).

La carga admisible en función de los valores de resistencia en punta (Q_{adm} (rp)) para suelos granulares, según Meyerhorf:

$$*q_{adm} = 12N_{SPT} \left(1 + \frac{D}{3B}\right) * \left(\frac{S_t}{25}\right) \quad [kN/m^2] \quad \text{para } B < 1,2 \text{ m.}$$

$$*q_{adm} = 8N_{SPT} \left(1 + \frac{D}{3B}\right) * \left(\frac{S_t}{25}\right) * \left(\frac{B+0.3}{B}\right)^2 \quad [kN/m^2] \quad \text{para } B > 1,2 \text{ m.}$$

S_t Asiento total admisible en mm

N_{SPT} Valor medio de los resultados, obtenidos en una zona de influencia de la cimentación comprendida entre un plano situado a una distancia 0.5B por encima de su base y otro situado a una distancia mínima de 2B por debajo de la misma

D Profundidad

Otras consideraciones

Según Rodríguez Ortiz, J.M., Serra Gesta, J. y Oteo Mazo, C. en el caso de suelos formados por gravas con grandes bolos, no son aplicables los métodos utilizados convencionalmente mediante ensayos in situ de penetración que, en el caso de estudio, resultan golpes de Rechazo para las gravas con bolos. Lo habitual es que no se disponga de ningún parámetro utilizable en las fórmulas usuales, por lo que suelen emplearse estimaciones razonables de las propiedades de deformabilidad, no siendo necesario preocuparse de la rotura del terreno.

VALORES ORIENTATIVOS PARA EL PROYECTO DE CIMENTACIONES SOBRE SUELOS GRANULARES GRUESOS				
Terreno*	Módulo de deformación E' (Kp/cm ²)	ν'	Presión admisible (Kp/cm ²) Zapatas Losas	
Morrenas o bloques mal graduados, con huecos y excavables con relativa facilidad.	450	0,35	1,5**	1,0**
Id. bien graduados, con pocos huecos.	550	0,30	2,0	1,5
Id. bien graduados y compactos, excavables con dificultad.	750	0,25	3,0	1,8
Gravas y gravas arenosas flojas. Fácilmente excavables desmoronándose las paredes de las catas en seco.	200	0,30	1,5	1,0
Id. compactas, excavables manteniéndose catas de 3-4 m.	400	0,25	2,5	1,5
Gravas areno-arcillosas, bien graduadas flojas.	300	0,25	2,0	1,0
Id. compactas, excavables con dificultad.	600	0,20	3,5	2,0

* Se supone que el terreno está sumergido o con el nivel freático profundo. Si existe riesgo de que el nivel freático pueda ascender hasta las cimentaciones los valores de la tabla se reducirán al 60%.

** Suele resultar necesario colocar una capa de regularización y nivelación de hormigón pobre.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente se calcula una **carga admisible para el NIVEL 2 GRAVAS de 2,00 kg/cm²**. Para la cual se calculan los asientos según la expresión de Burland y Burbidge.

Se calculan los asientos a partir de la expresión de Burland y Burbidge, basada directamente en los resultados obtenidos en los ensayos de penetración estándar.: **$S_i = f_i \cdot f_s \cdot q'_b \cdot B^{0.7} \cdot I_c$**

Siendo:

- S_i:* el asiento medio al final de la construcción, en mm.
f_i: Factor de corrección que permite considerar la existencia de una capa rígida por debajo de la zapata a una profundidad $H_s < Z_I$ donde Z_I es la profundidad de influencia dentro de la cual se produce el 75% del asiento
q'_b: la presión efectiva bruta aplicada en la base de cimentación (en kN/m²).
B: el ancho de la zapata o losa (en m).
I_c: el índice de compresibilidad, definido en función del valor medio de golpeo N₃₀ del ensayo SPT en una zona de influencia (Z_I) bajo la zapata o losa, cuya profundidad viene determinada en función del ancho de la cimentación,
f_s: Coeficiente de forma que viene dado por $(1,25 \cdot L/B)/L/B + 0,25)^2$.

El resultado del cálculo de los asientos según este criterio es de: **$S_i = 9,15 \text{ mm}$** . Para una carga de 2,00 kg/cm², los asientos se encuentran dentro de lo admisible.

7 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- PERFIL LITOLÓGICO

- **NIVEL 1 ARENAS:** Desde la superficie de la parcela hasta una profundidad de 0,80-1,40 m. aparece un nivel de arenas limosas marrones con cantos dispersos. Los primeros 0,60 m. de este nivel presentan restos de materia orgánica y raíces, asociándose a la cubierta vegetal. Este nivel presenta una consistencia media golpes en los ensayos de penetración dinámica que oscilan entre 6 y 20.
- **NIVEL 2 GRAVAS:** Bajo el nivel de arenas y hasta una profundidad de 2,40 m. respecto a la cota de la parcela aparece un nivel de gravas aluviales. Este nivel está formado por cantos poligénicos y heterométricos, englobados en una matriz arenosa marrón-grisácea. Presenta una consistencia firme, golpes en los ensayos de penetración dinámica que oscilan entre 20 y Rechazo. El cual se alcanza de forma superficial en el dicho nivel.
- **NIVEL 2 SUSTRATO TERCIARIO:** A partir de 2,40 m. de profundidad aparece el sustrato terciario, formado por limolitas ocreas, con intercalaciones de capas más arenosas y arcillosas. Por lo general este nivel presenta un tramo superior de 0,60-1,00 m. de espesor aproximado que se encuentra ligeramente alterado.

- NIVEL FREÁTICO

En las parcelas objeto de estudio, a fecha 14 de abril de 2023, no se identificó el nivel freático para una profundidad máxima de reconocimiento de 6,00 m.

- SISMICIDAD

No se deberán tomar medidas debido a que 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 presentes en la parcela es alta, pudiendo realizarse con medios mecánicos convencionales.

- TALUDES

No se contemplan excavaciones temporales en desmante. Únicamente se realizará un desmante de entre 0,80 y 1,50 m. en la parcela manteniéndose estables los materiales presentes de forma subvertical. En caso de ejecución de taludes permanentes en desmante se recomiendan taludes 3H/2V para profundidades nunca superiores a los 3,00 m.

- 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	0,45	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	0,45	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	
Contenido mínimo de cemento (kg/m³)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275	300	275	300	275	300	325	300	300	
	Armado	250	275	275	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325	
	Pretensado	275	300	300	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300	325	325	350	350	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	XM3
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	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	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 PRESIÓN DE DISEÑO

Se recomienda una cimentación superficial mediante zapatas de hormigón empotradas en el NIVEL 2 GRAVAS que aparece entre 0,80 y 1,40 m. de profundidad respecto a la cota actual de las parcelas. Cota que se considera que se alcanzará con el desmonte de la zona. Se recomienda realizar un empotramiento en el nivel de gravas de al menos 0,30 m.

Se calcula una tensión admisible para el **NIVEL 2 GRAVAS** de $Q_{adm} < 2,00 \text{ Kg/cm}^2$.

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 detectarán 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

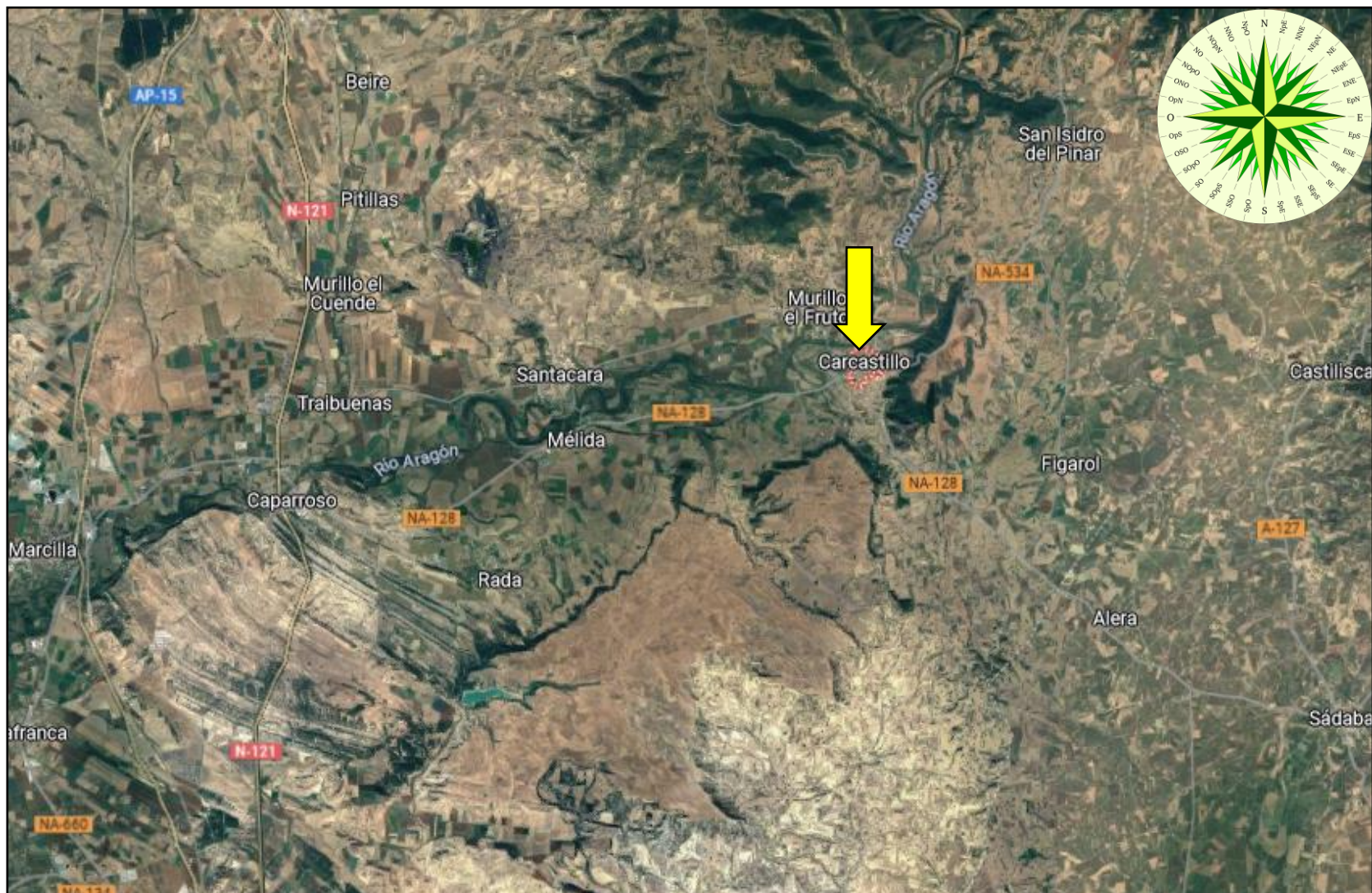
Firmado: Sergio Medrano Birijalbo
Geólogo
Col. N.º 8167 en ICOG



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

Documento 2

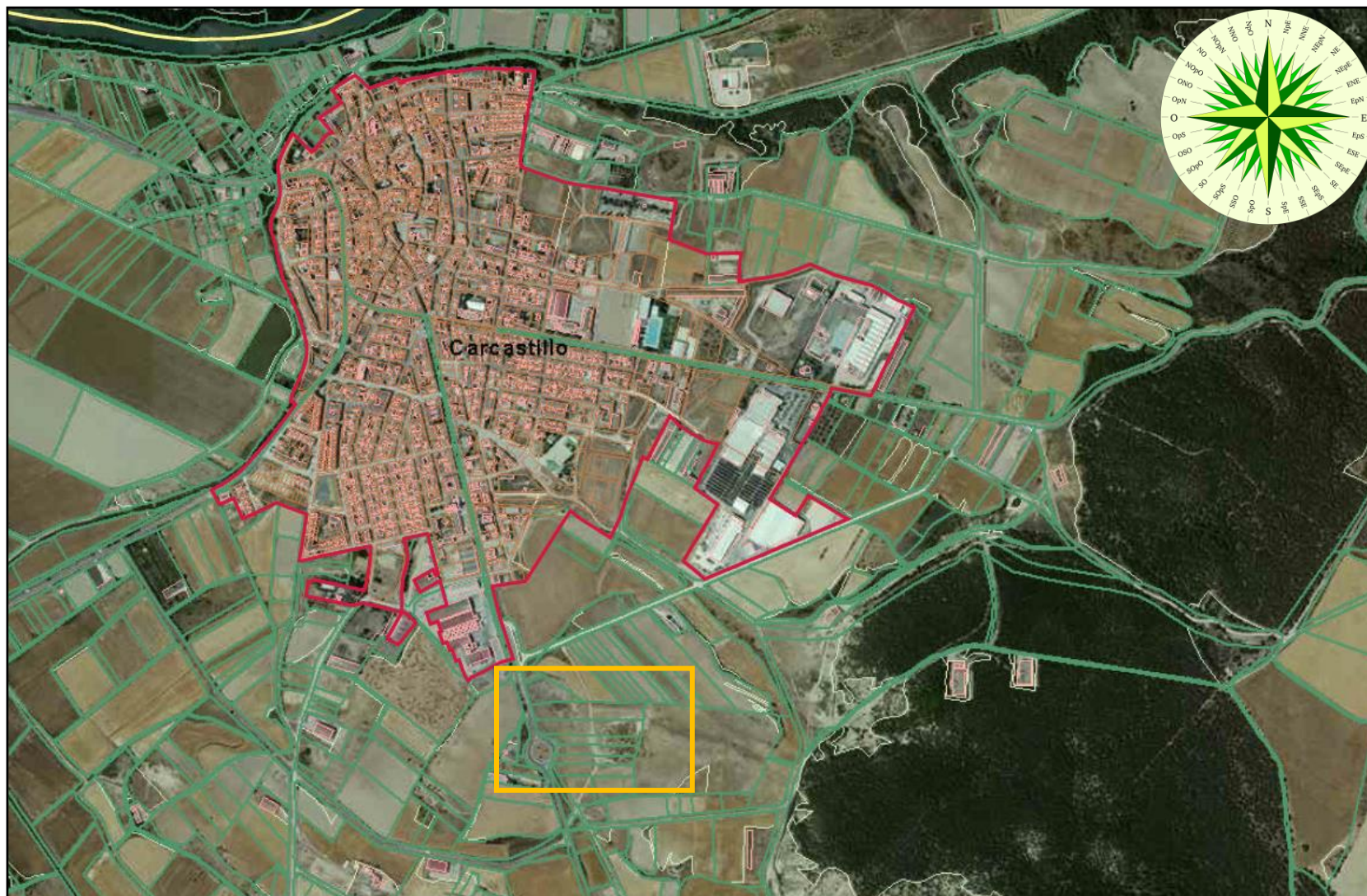
CROQUIS Y PERFILES



SITUACIÓN
GEOGRÁFICA

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
REFERENCIA: 85638

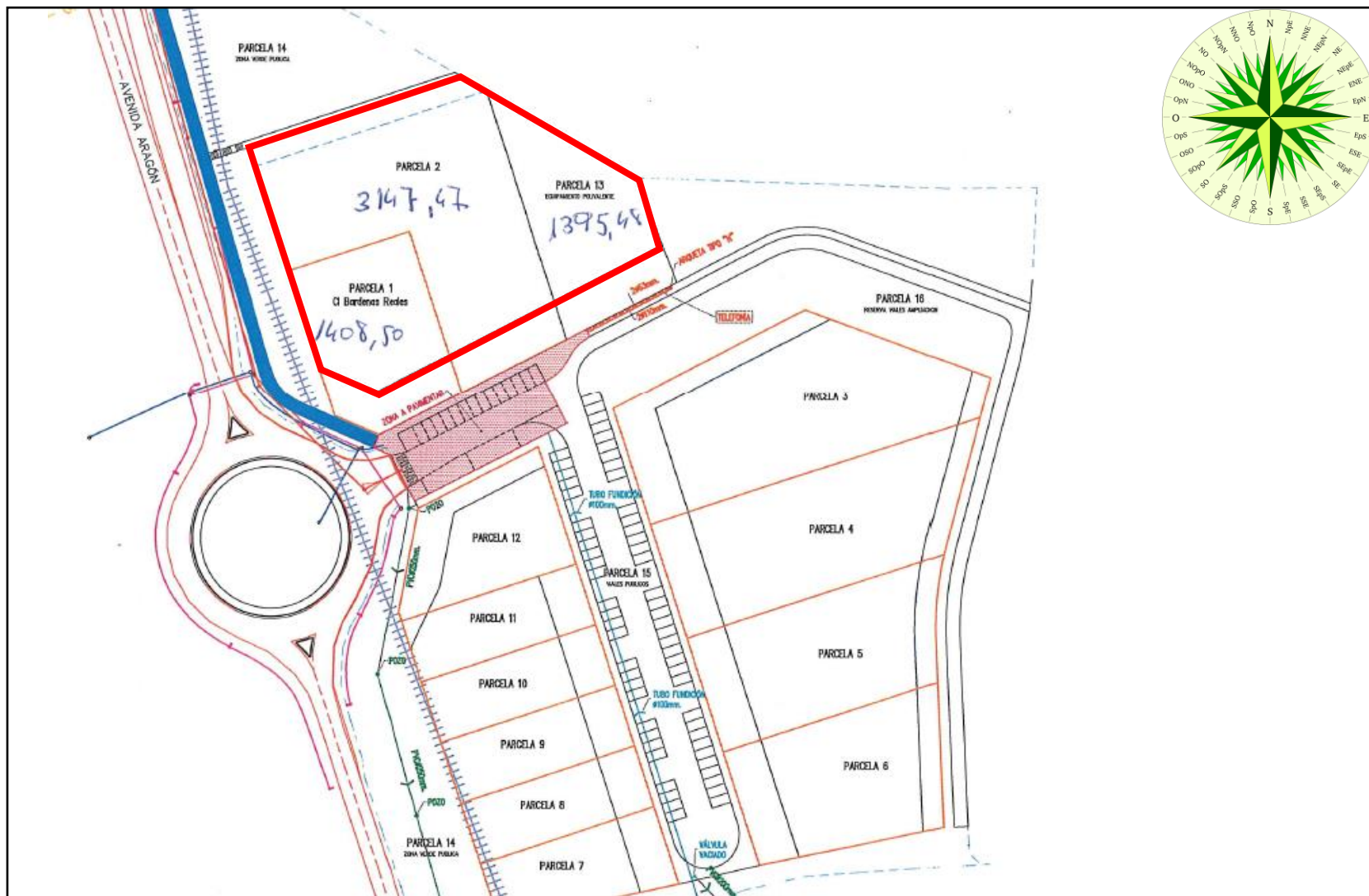
cecteco



SITUACIÓN DE LAS
PARCELAS

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
REFERENCIA: 85638

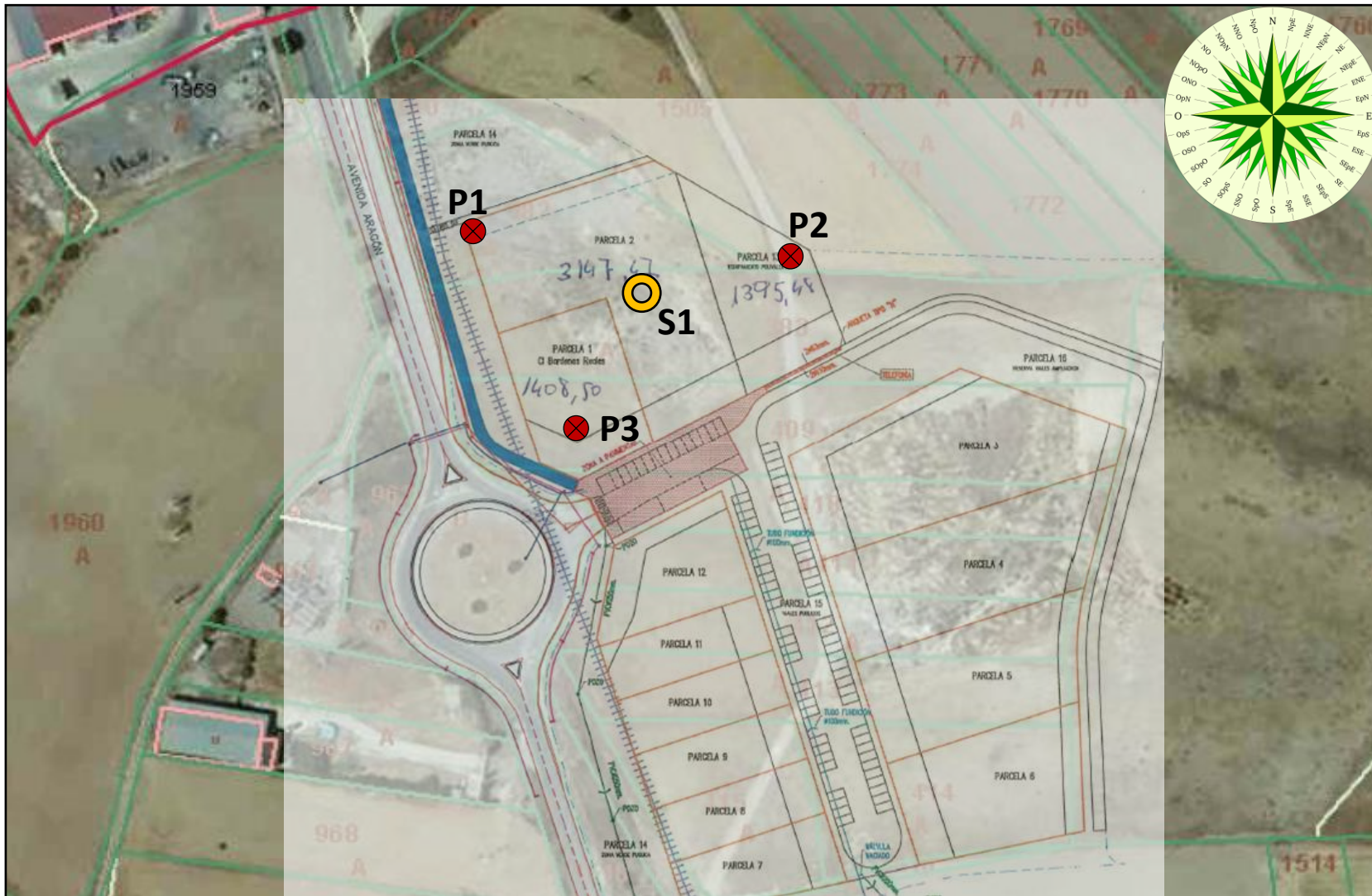
cecteco

PLANO DE
REPARCELACIÓN

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
REFERENCIA: 85638

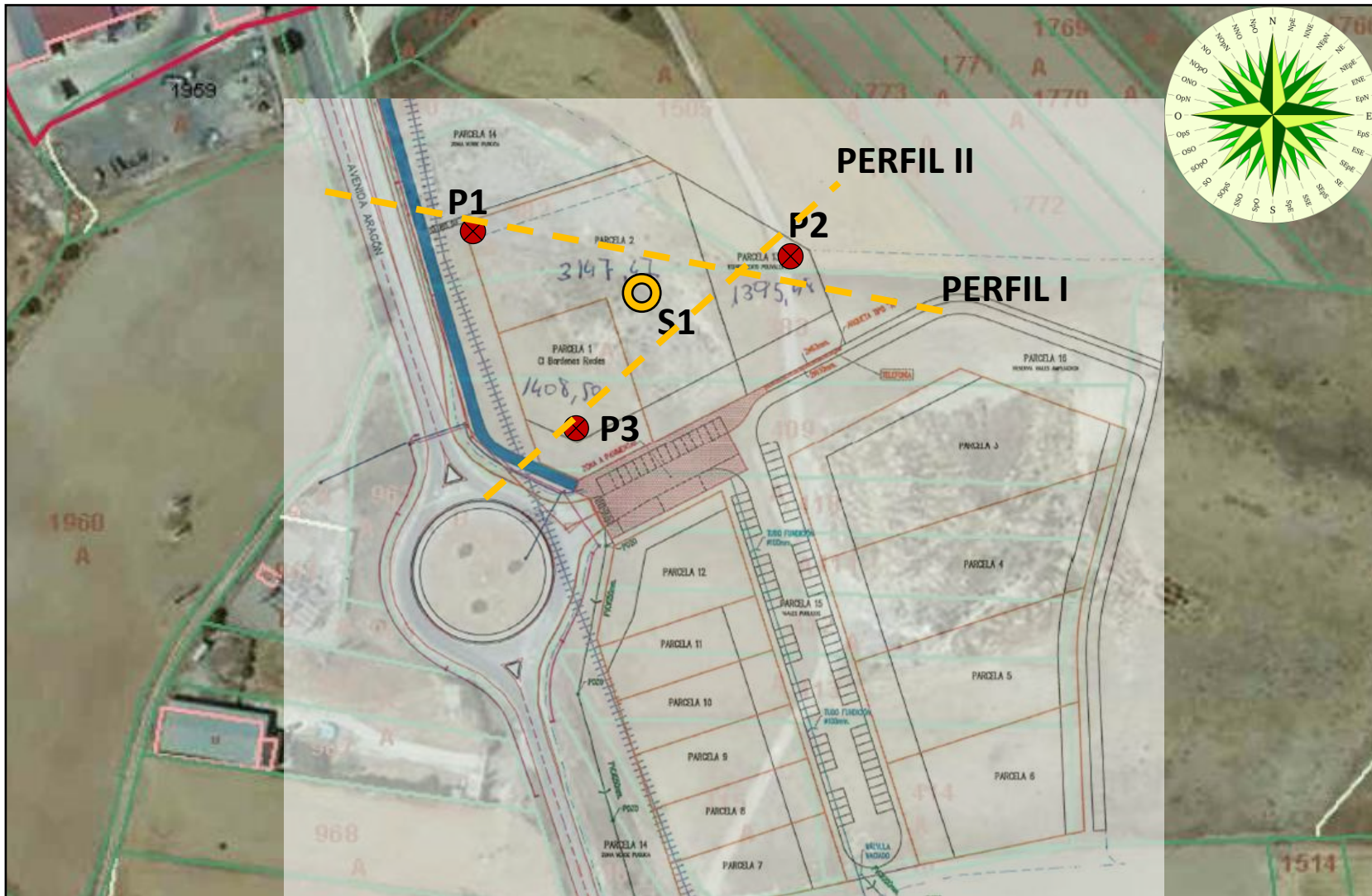
cecteco

SITUACIÓN DE
ENSAYOS DE CAMPO

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
REFERENCIA: 85638

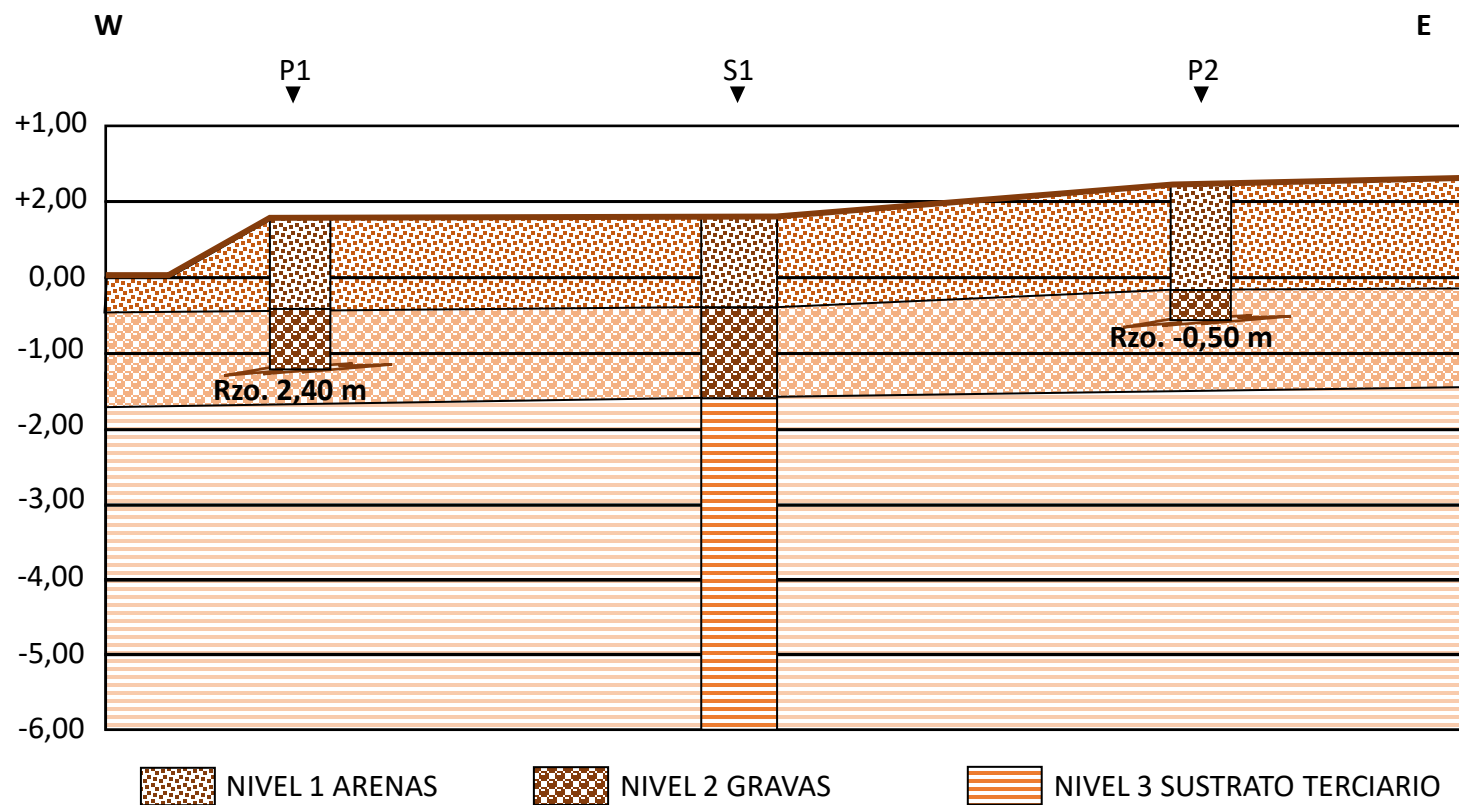
cecteco



SITUACIÓN DE
ENSAYOS Y PERFIL

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
REFERENCIA: 85638

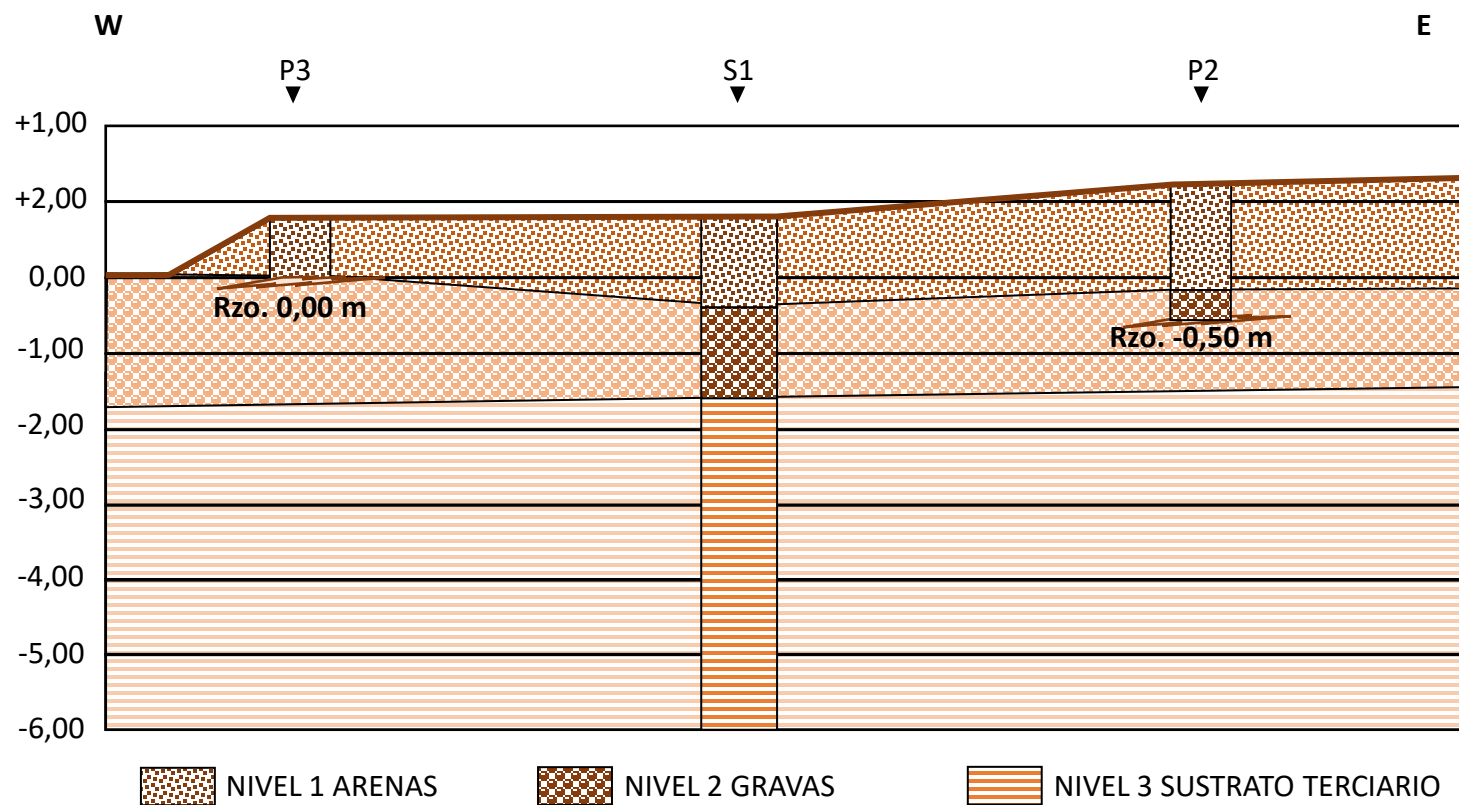
cecteco



PERFIL
LITOLÓGICO I

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
REFERENCIA: 85638

cecteco



PERFIL
LITOLÓGICO II

OBRA: CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
PETICIONARIO: COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
REFERENCIA: 85638

cecteco



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

Documento 3

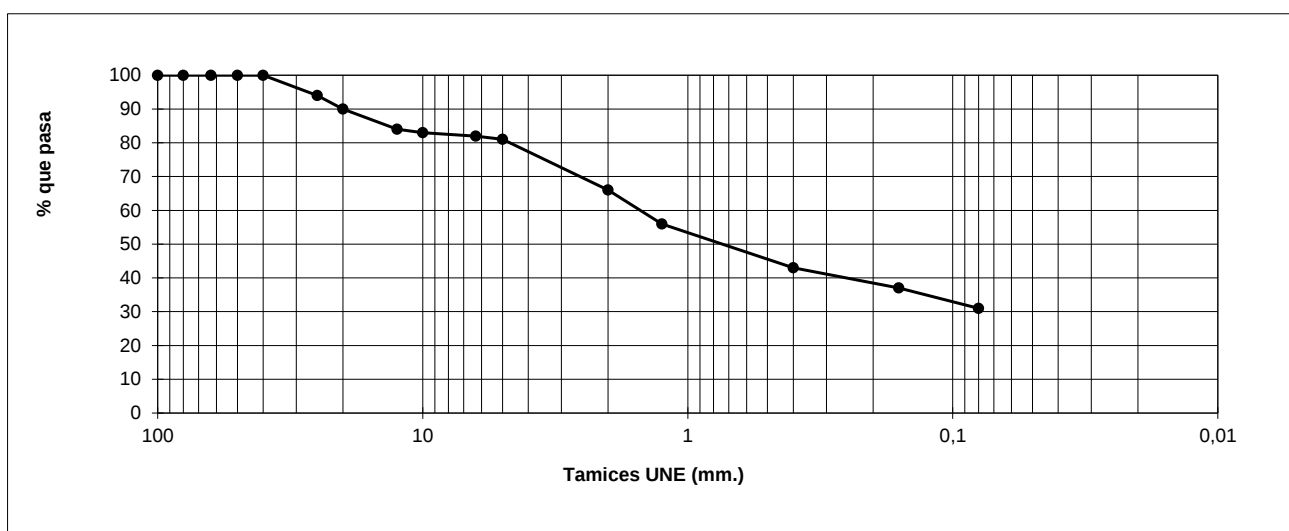
ENSAYOS DE LABORATORIO

PERICIONARIO:	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
OBRA:	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
REFERENCIA:	85638-S1-M1
DESCRIPCION:	ARENAS
PROCEDENCIA:	SONDEO 1 A 0,60-1,20 M. 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	94	90	84	83	82	81	66	56	43	37	31



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

No plástico

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

No plástico

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

714

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

9

Tudela a 24 de abril de 2023

Vº Bº. Dtor Laboratorio

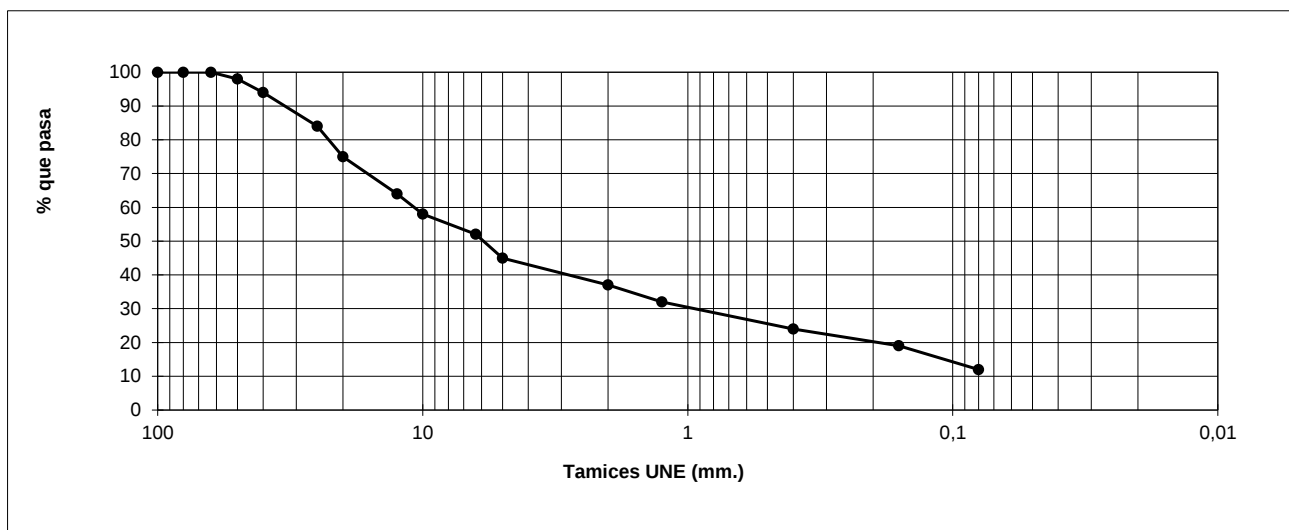
Juan José Mateo Asín

PERICIONARIO:	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
OBRA:	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
REFERENCIA:	85638-S1-M2
DESCRIPCION:	GRAVAS
PROCEDENCIA:	SONDEO 1 A 1,20-2,00 M. 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	98	94	84	75	64	58	52	45	37	32	24	19	12



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

No plástico

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

No plástico

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

690

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

7

Tudela a 24 de abril de 2023

Vº Bº. Dtor Laboratorio

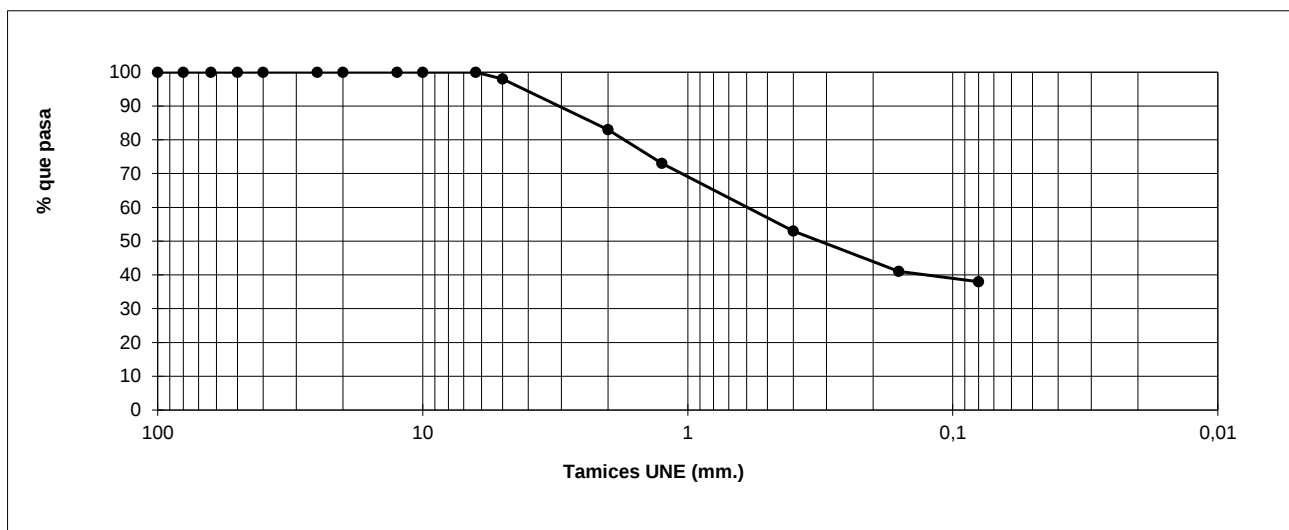
Juan José Mateo Asín

PERICIONARIO:	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA
OBRA:	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO
REFERENCIA:	85638-S1-M3
DESCRIPCION:	SUSTRATO TERCIARIO
PROCEDENCIA:	SONDEO 1 A 2,40-3,00 M. 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	98	83	73	53	41	38



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

No plástico

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

No plástico

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

1140

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

5

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

TRABAJOS DE CAMPO

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

Fecha realización sondeo: 14 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 CARCASTILLO										cecteco 	
1			Cliente			COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA				Referencia		85638-S1					
			Situación/Coordenadas UTM			Ver croquis adjunto				Fecha		14/04/2023					
			Cota de emboquillaje			+0,80 m. Respecto a la cota de la carretera.				Profundidad total		6,00 M.					
Dímetro perforación	Dímetro 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 Revestir	1,0	1		M1		De 0,00 a 1,20 m. Arenas marrones con cantos poligénicos y heterométricos dispersos. Los primeros 0,40 m. aparecen con restos de raíces y materia orgánica.			SM	714	N.P.					
		2,0	2		M2		De 1,20 a 2,40 m. Gravas. Depósito aluvial de gravas, formado por cantos poligénicos y heterométricos, englobados en una matriz arenosa marrón-grisácea.			GM	690	N.P.					
					SPT	34											
						R											
		3,0	3		M3		A partir de 2,40 m. Sustrato Terciario. Nivel formado por limolitas ocre, con intercalaciones de capas más arenosas y arcillosas. Este nivel presenta una consistencia media a firme. El primer metro de este nivel presentan un ligero grado de alteración.			SM	1140	N.P.					
		SPT			21												
					18-18												
					19												
				7,0													
		8,0															
		9,0															

Observaciones:

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:

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

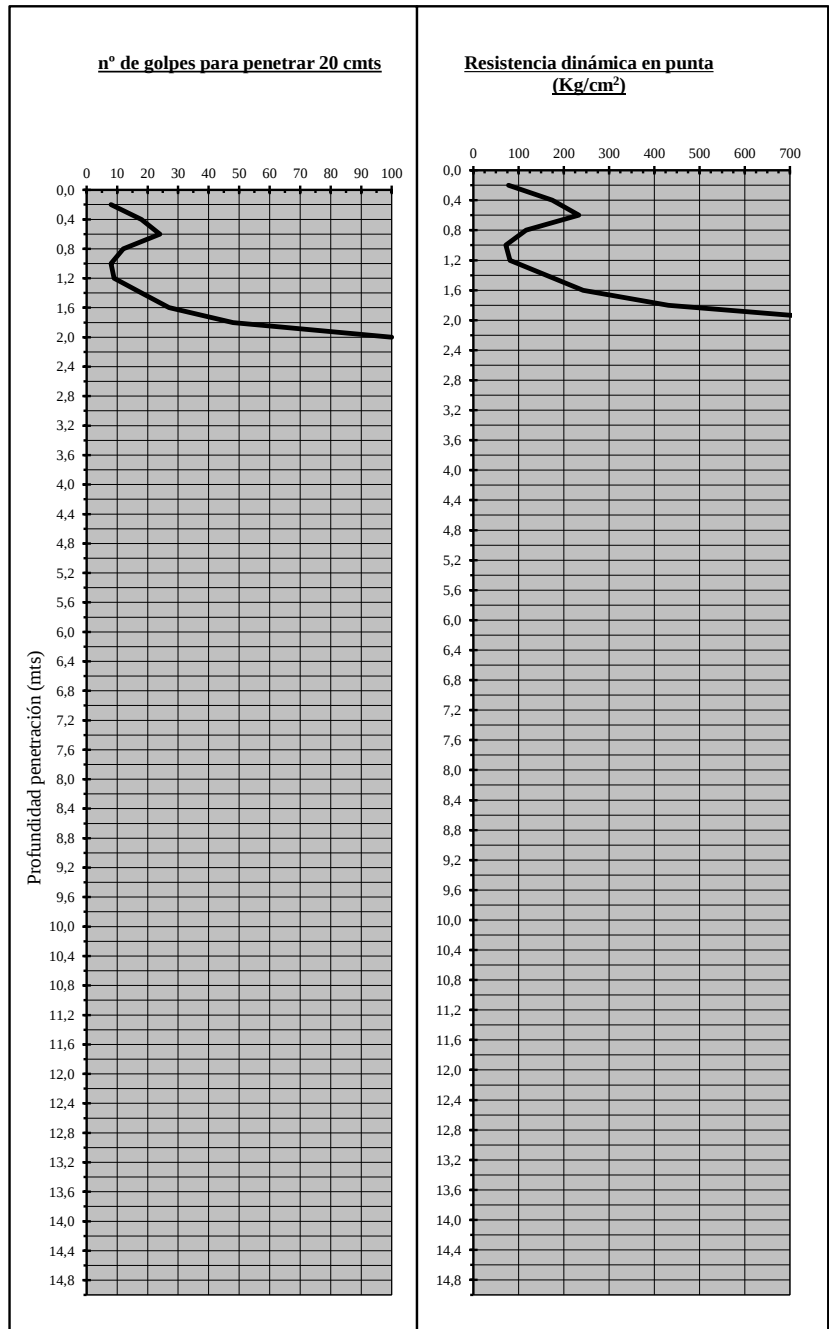
OBRA	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO	
PETICIONARIO	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA	
REFERENCIA	85638-P1	
FECHA	14 DE ABRIL DE 2023	

prof.reconoc.	3,20
Cota boca	0,80
Cota fondo	-2,40

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 1

Prof. (m)	nº golpes	R dinam (Kg/cm ²)	T _{adm} (Kg/cm ²)
0,20	8	78	1,6
0,40	18	175	3,5
0,60	24	233	4,7
0,80	12	117	2,3
1,00	8	72	1,4
1,20	9	81	1,6
1,40	18	162	3,2
1,60	27	243	4,9
1,80	48	431	8,6
2,00	100	836	16,7
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

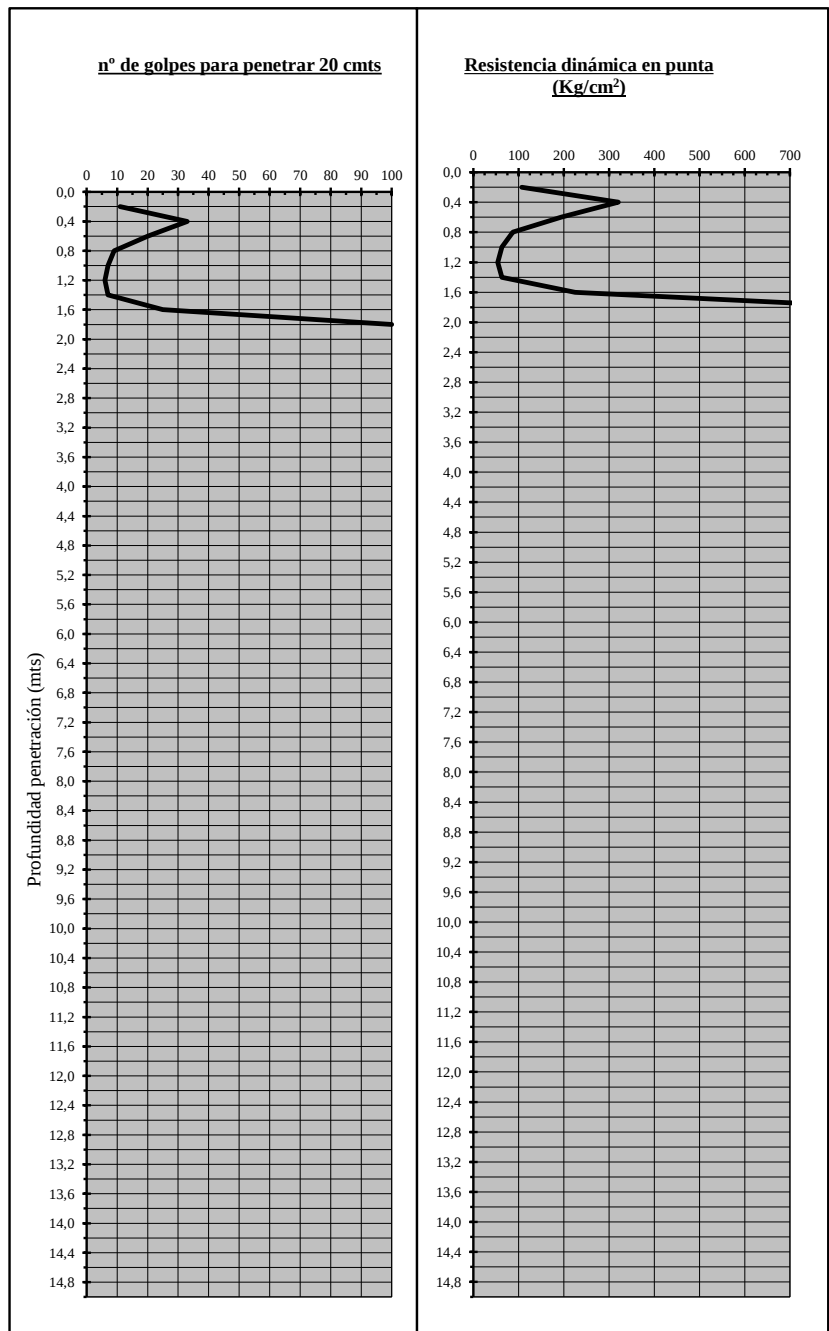
OBRA	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO	
PETICIONARIO	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA	
REFERENCIA	85638-P2	
FECHA	14 DE ABRIL DE 2023	

prof.reconoc.	1,80
Cota boca	1,30
Cota fondo	-0,50

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 2

Prof. (m)	nº golpes	R dinam (Kg/cm ²)	T _{adm} (Kg/cm ²)
0,20	11	107	2,1
0,40	33	321	6,4
0,60	20	194	3,9
0,80	9	87	1,7
1,00	7	63	1,3
1,20	6	54	1,1
1,40	7	63	1,3
1,60	25	225	4,5
1,80	100	899	18,0
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

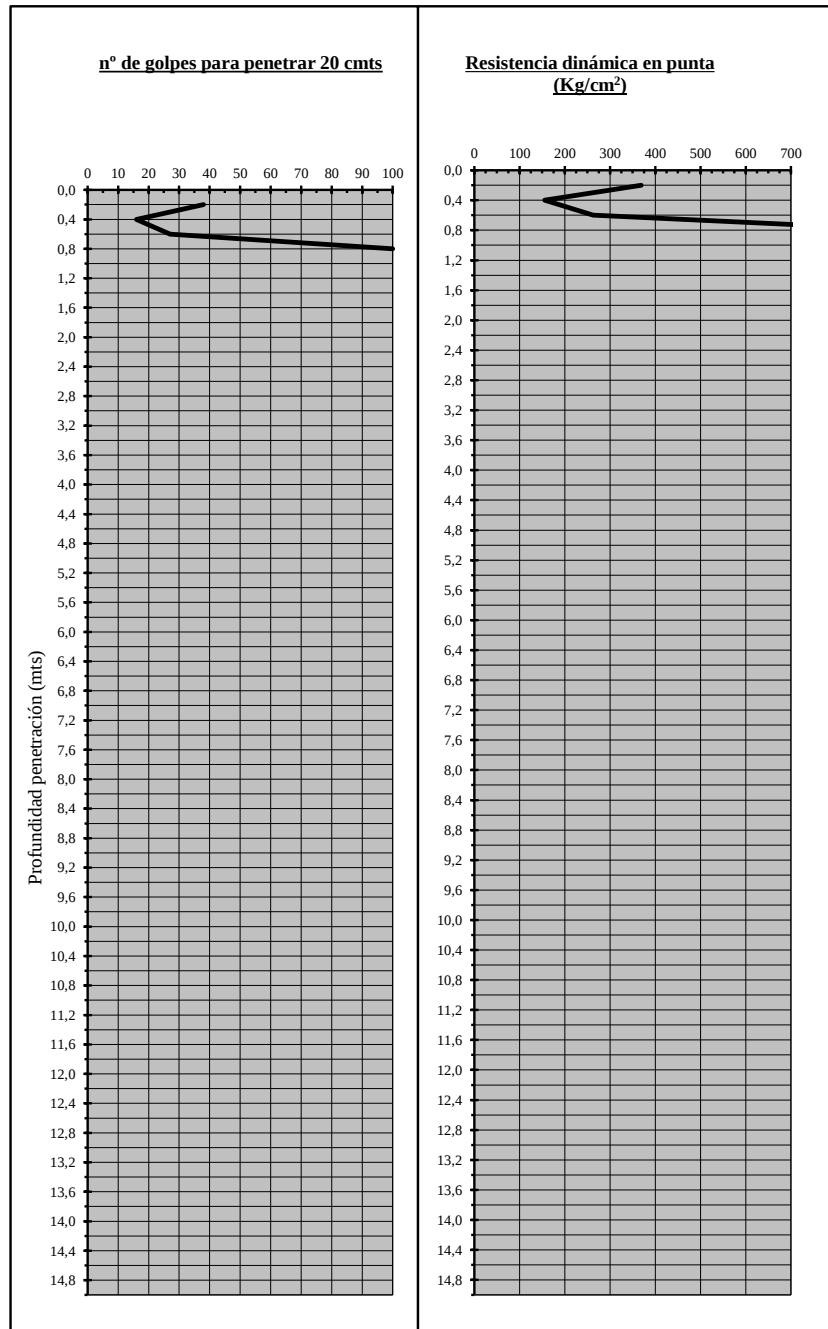
OBRA	CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN CARCASTILLO	
PETICIONARIO	COMUNIDAD DE BARDENAS REALES DE NAVARRA	
REFERENCIA	85638-P3	
FECHA	14 DE ABRIL DE 2023	

prof.reconoc.	0,80
Cota boca	0,80
Cota fondo	0,00

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	38	369	7,4
0,40	16	155	3,1
0,60	27	262	5,2
0,80	100	972	19,4
1,00			
1,20			
1,40			
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