

ANEJO 5: ESTUDIO GEOTÉCNICO

PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACION DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS BOMBEOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ DE TOBARRA (ALBACETE)

PROMOTOR: SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS, S.A. (SEIASA)

BENEFICIARIO: COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ.

ANEJO 5. ESTUDIO GEOTÉCNICO

ÍNDICE

| | |
|-----------------------------------------------|----------|
| 1. OBJETO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO | 3 |
| 2. ENSAYOS REALIZADOS..... | 3 |
| 3. ESTUDIO GEOTÉCNICO..... | 4 |

PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACION DE ENERGIAS RENOVABLES EN LOS BOMBEOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ DE TOBARRA (ALBACETE)

PROMOTOR: SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS, S.A. (SEIASA)

BENEFICIARIO: COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ.

ANEJO 5. ESTUDIO GEOTÉCNICO

1. OBJETO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

Se ha realizado un Estudio Geotécnico, solicitado a la empresa RECONOCIMIENTO Y TESTIFICACION con domicilio social en la Avda. de Cronista Mateos y Sotos núm. 24 5º Derecha de (Albacete), para analizar la idoneidad del terreno ante los esfuerzos que se requerirán para el funcionamiento correcto y sin riesgos de las estructuras que sustentarán los módulos fotovoltaicos.

El estudio geotécnico se realiza en base a lo establecido en el Documento Básico de Seguridad Estructural–Cimientos (DB–SE-C) de seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de estructuras y edificios en relación con el terreno.

El reconocimiento del terreno se ha efectuado según lo indicado en el apartado 3 del DB-SE-C, y en especial en los epígrafes 3.2. (Reconocimiento del terreno) y 3.3. (Contenido del Estudio Geotécnico).

Una vez iniciada la obra e iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el Director de Obra apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características del terreno.

Igualmente, en caso de que durante la ejecución de los trabajos se considerase oportuno, se efectuarían los estudios adicionales precisos con objeto de aceptar o rechazar los adoptados previamente en los cálculos. Uno de dichos estudios y que debe elaborarse previo a la ejecución de este proyecto es el ensayo de pull out para evaluar la correcta solución de fijación de los perfiles de la estructura fotovoltaica al terreno.

2. ENSAYOS REALIZADOS.

Trabajos de campo:

Cuatro (4) calicatas excavadas mediante retroexcavadora mecánica tipo mixta para el levantamiento de las columnas estratigráficas del terreno y la toma de muestras.

Cinco (5) ensayos de penetración dinámica tipo DPSH-B según norma UNE-EN ISO 22476-2.

Las obras que se definen en el presente Proyecto, que requieren un análisis y reconocimiento del terreno, son las estructuras soporte para los módulos fotovoltaicos.

Ensayos de laboratorio:

Un (1) análisis granulométrico de suelos por tamizado, según norma UNE-EN ISO 17892-4.

Una (1) determinación de los límites de Atterberg, según norma UNE-EN ISO 17892-12.

Una (1) determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo, según norma UNE 103-204.

Una (1) determinación del contenido de sales solubles de un suelo, según norma UNE 103-205.

Una (1) determinación de la Acidez Baumann – Gully de un suelo, según norma UNE 83962.

Una (1) determinación cuantitativa del contenido de sulfatos de un suelo, según norma UNE 83963.

Una (1) determinación del contenido de sulfuros totales de un suelo, según Instrucción de ensayo PE-956.

Una (1) determinación del pH de un suelo, según norma ISO 10390.

Una (1) determinación del contenido de cloruros solubles en agua de un suelo, según norma UNE-EN 1744-1.

Una (1) determinación del potencial redox de un suelo, según Instrucción de ensayo PE-916.

Una (1) determinación in situ de la resistividad eléctrica del suelo utilizando el método Wenner de cuatro electrodos, según norma ASTM G 57.

Tanto los trabajos de campo como los de laboratorio han sido dirigidos y supervisados directamente por un geólogo, el cual ha llevado a cabo la supervisión de los trabajos de campo a pie de obra y ha realizado la petición de ensayos al laboratorio en función de las características de los materiales prospectados.

3. ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Se adjunta estudio geotécnico realizado para planta fotovoltaica en Tobarra.



Silvia Rodríguez Gómez - Geóloga

☎ 615 68 12 48

✉ silviarodriguez.geo@gmail.com

Manuel Martín Paramio - Geólogo

☎ 658 08 86 83

✉ mmartinparamio@gmail.com



ESTUDIO GEOTÉCNICO PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA

Provincia: Albacete.

Término Municipal: Tobarra.

Peticionario: COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ.

Mayo de 2.023



ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.- TRABAJOS REALIZADOS. | 5 |
| 2.1.- TRABAJOS DE CAMPO..... | 6 |
| 2.1.1.- Calicatas mecánicas y toma de muestras..... | 6 |
| 2.1.2.- Ensayos de penetración dinámica..... | 9 |
| 2.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO. | 11 |
| 3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS. | 13 |
| 3.1.- GEOLOGÍA GENERAL. | 13 |
| 3.2.- EXPOSICIÓN AL GAS RADÓN. | 15 |
| 3.3.- EFECTO SÍSMICO..... | 17 |
| 3.2.1.- Aceleración sísmica de cálculo..... | 18 |
| 3.4.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES. | 21 |
| 3.5.- PERMEABILIDAD DEL TERRENO Y NIVEL FREÁTICO..... | 36 |
| 3.6.- AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN. | 37 |
| 3.7.- AGRESIVIDAD AL ACERO GALVANIZADO. | 40 |
| 3.8.- CARGA ADMISIBLE DEL TERRENO. | 42 |
| 4.- APROVECHAMIENTO DE MATERIALES..... | 48 |
| 5.- CONDICIONES DE EXCAVACIÓN. | 52 |
| 6.- CONDICIONES DE CIMENTACIÓN. | 55 |
| 6.1.- CIMENTACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS..... | 55 |
| 6.1.1.- Cimentación mediante hincado directo..... | 55 |
| 6.1.2.- Cimentación mediante zapatas corridas..... | 58 |
| 6.2.- CIMENTACIÓN DE EDIFICIOS AUXILIARES. | 61 |
| 6.2.1.- Recomendaciones generales. | 61 |
| 6.2.2.- Cimentación mediante losa. | 62 |
| 6.2.3.- Cimentación mediante zapatas..... | 64 |
| 6.3.- CÁLCULO DE ASIENTOS | 66 |
| 7.- CONCLUSIONES. | 70 |

ANEJOS

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

En este informe se presentan los resultados del estudio geotécnico realizado a petición de la COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ para la construcción de una planta solar fotovoltaica de 550 kW que se ubicará a en la falda suroeste del Cerrito de la Plata, concretamente en la Parcela 5028 del Polígono 16 del término municipal de Tobarra (Albacete) cuya referencia catastral es 02074A016050280000YR.



Emplazamiento de la PSFV proyectada

En el momento de la realización de los trabajos, la parcela presentaba una topografía con una ligera pendiente hacia el suroeste. Las investigaciones geotécnicas se han llevado a cabo en diversos puntos de dicha parcela, muestreando varios puntos al azar, pero siempre en las cercanías donde se encuentra proyectada la cimentación de las futuras estructuras.

El objeto y alcance de este trabajo ha sido el de investigar las características y condiciones del subsuelo sobre el que apoyarán las nuevas estructuras proyectadas, para obtener conclusiones y recomendaciones de los distintos aspectos que, desde el punto de vista geotécnico, inciden sobre el proyecto, concretamente:

- Las características geológicas del subsuelo: el espesor de rellenos y de tierra vegetal, litologías presentes, situación del nivel freático, etc.
- De cada unidad geotécnica definida, aportar los parámetros geotécnicos de resistencia, compresibilidad, etc.
- Preparación del solar.
- Determinar la profundidad del nivel freático, si existe, o los niveles de agua que afecten a la zona de estudio, así como la agresividad del agua frente al hormigón.
- Clasificación de los materiales presentes según el artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) para poder determinar su reutilización y definir categoría de las explanadas.
- Definición de la excavabilidad del terreno.
- Recomendaciones del tipo de cimentación y carga admisible a adoptar a partir de las características geotécnicas de los materiales.



Aspecto actual de la parcela.



2.- TRABAJOS REALIZADOS.

Para la realización del presente estudio se han realizado diferentes trabajos encaminados a la obtención de las características geológico-geotécnicas del terreno. Para ello, se ha realizado una campaña de campo con la obtención de parámetro *in situ* y recogida de material para su análisis en el laboratorio.

Las características litológicas y geológicas de la superficie del terreno han sido inspeccionadas por un geólogo *in situ*, mientras que para estudiar la naturaleza y propiedades del subsuelo se han realizado los siguientes trabajos de investigación:

➤ **Trabajos de campo:**

- ✓ Cuatro (4) calicatas excavadas mediante retroexcavadora mecánica tipo mixta para el levantamiento de las columnas estratigráficas del terreno y la toma de muestras.
- ✓ Cinco (5) ensayos de penetración dinámica tipo DPSH-B según norma UNE-EN ISO 22476-2.

➤ **Ensayos de laboratorio:**

- ✓ Un (1) análisis granulométrico de suelos por tamizado, según norma UNE-EN ISO 17892-4.
- ✓ Una (1) determinación de los límites de Atterberg, según norma UNE-EN ISO 17892-12.
- ✓ Una (1) determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo, según norma UNE 103-204.
- ✓ Una (1) determinación del contenido de sales solubles de un suelo, según norma UNE 103-205.
- ✓ Una (1) determinación de la Acidez Baumann – Gully de un suelo, según norma UNE 83962.
- ✓ Una (1) determinación cuantitativa del contenido de sulfatos de un suelo, según norma UNE 83963.



- ✓ Una (1) determinación del contenido de sulfuros totales de un suelo, según Instrucción de ensayo PE-956.
- ✓ Una (1) determinación del pH de un suelo, según norma ISO 10390.
- ✓ Una (1) determinación del contenido de cloruros solubles en agua de un suelo, según norma UNE-EN 1744-1.
- ✓ Una (1) determinación del potencial redox de un suelo, según Instrucción de ensayo PE-916.
- ✓ Una (1) determinación *in situ* de la resistividad eléctrica del suelo utilizando el método Wenner de cuatro electrodos, según norma ASTM G 57.

Tanto los trabajos de campo como los de laboratorio han sido dirigidos y supervisados directamente por un geólogo, el cual ha llevado a cabo la supervisión de los trabajos de campo a pie de obra y ha realizado la petición de ensayos al laboratorio en función de las características de los materiales prospectados.

A continuación, se tratan más detalladamente los trabajos realizados.

2.1.- TRABAJOS DE CAMPO.

2.1.1.- Calicatas mecánicas y toma de muestras.

Las calicatas son un método de reconocimiento del terreno que permite obtener información bastante completa en cuanto al tipo de material presente en la zona, la profundidad de aparición de suelo firme o roca, la presencia y profundidad o no de agua, la excavabilidad de los materiales atravesados y estabilidad de los mismos frente a la excavación y sobre todo, permite obtener muestras *in situ* lo suficientemente representativas como para llevar a cabo los ensayos de laboratorio necesarios para realizar la caracterización geotécnica de los materiales presentes en el subsuelo.



A pesar de la limitación que presentan este tipo de investigaciones en cuanto a que la profundidad de reconocimiento (3-4 metros como máximo), son un método de investigación bastante adecuado, sobre todo para determinar la excavabilidad, ya que permiten tomar contacto con un punto real sobre el que se desarrollará la cimentación de los paneles fotovoltaicos.

En el caso concreto de los materiales presentes en la zona, la ejecución de las calicatas ha permitido en varios puntos determinar los espesores de los diferentes materiales atravesados y obtener datos acerca de su excavabilidad, su estabilidad a corto plazo y determinar la presencia o no de agua a cotas de excavación.

Se han ejecutado cuatro (4) calicatas mediante una retroexcavadora mixta de la marca HIDROMEK, modelo HMK 102B, compuesta por un tractor de neumáticos con un equipo de pala cargadora y retroexcavadora trasera, ambos accionados hidráulicamente. En ellas se ha descrito el perfil estratigráfico de los diferentes materiales que componen el subsuelo.

La realización de las calicatas ha sido supervisada directamente por un geólogo en campo con el objetivo de ver físicamente los niveles existentes bajo la superficie del terreno. En todas las calicatas se ha realizado la descripción organoléptica de los materiales atravesados según la norma ASTM D2488-09a para los niveles de suelo.

Para la caracterización y clasificación de los diferentes materiales que aparecen en el subsuelo de la zona de estudio se ha recogido una (1) muestra alterada en saco para su ulterior ensayo en el laboratorio.

Las calicatas se han efectuado con una anchura de la zanja similar a la del cazo de la retroexcavadora, y a una profundidad máxima de 1,10 metros ya que la presencia de terrenos rocosos en profundidad ha impedido el avance de la excavación.

En el siguiente cuadro se presenta la profundidad alcanzada en cada una de las calicatas y sus coordenadas aproximadas:

| Calicata | Profundidad alcanzada (m) | Coordenadas (ETRS89, H30) * | | | Toma de muestra |
|----------|---------------------------|-----------------------------|-----------|------------|-----------------|
| | | X (m) | Y (m) | Z Cota (m) | |
| C-1 | -1,10 | 608.476 | 4.273.289 | 697,4 | MA-1 (-0,50 m) |
| C-2 | -0,80 | 608.448 | 4.273.321 | 697,9 | - |
| C-3 | -0,90 | 608.435 | 4.273.368 | 699,3 | - |
| C-4 | -0,50 | 608.512 | 4.273.310 | 699,2 | - |

* Coordenadas y cotas aproximadas según los datos vigentes del IGN.



Retroexcavadora mixta llevando a cabo una de las calicatas.

Una vez se concluyeron los trabajos, las perforaciones de las calicatas fueron convenientemente tapadas con la máquina retroexcavadora con el material previamente extraído.

En ninguna de las calicatas realizadas se han detectado indicios de la presencia del nivel freáticos a las cotas de investigación alcanzadas.

Las calicatas han sido realizadas a lo largo la zona de estudio según se presenta en el plano de situación que se adjunta en el Anejo 1 al final del informe. El levantamiento del detalle estratigráfico de las mismas se presenta en el Anejo 3 de este informe.



2.1.2.- Ensayos de penetración dinámica.

Se han realizado cinco (5) ensayos de penetración dinámica tipo DPSH-B denominados correlativamente de P-1 a P-5, que se han llevado hasta la profundidad de rechazo. En el siguiente cuadro se presentan las coordenadas de estos y las profundidades alcanzadas:

| DPSH | Coordenadas (ETRS89, H30) * | | | Profundidad de rechazo (m) |
|------|-----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
| | X (m) | Y (m) | Z Cota (m) | |
| P-1 | 608.483 | 4.273.290 | 697,5 | -0,78 |
| P-2 | 608.487 | 4.273.317 | 698,8 | -1,25 |
| P-3 | 608.479 | 4.273.338 | 699,2 | -0,95 |
| P-4 | 608.445 | 4.273.346 | 698,8 | -0,65 |
| P-5 | 608.408 | 4.273.350 | 697,5 | -0,58 |

**Coordenadas y cotas aproximadas según los datos vigentes del IGN.*

Los ensayos de penetración dinámica se han realizado con un penetrómetro dinámico de la marca TECOPSA, modelo AMK TEC 10.2 según norma UNE-EN ISO 22476-2, con las siguientes características:

- Peso de la maza 63,5 kg.
- Peso del varillaje 6,20 kg/m.l.
- Peso de los accesorios..... 1,50 kg.
- Altura de caída 763 mm.
- Superficie de la puntaza..... 19,5 cm².
- Diámetro del varillaje 32 mm.

El varillaje empleado es de 32 mm de diámetro, lo que da una sección de 8,04 cm², en tanto que la de la puntaza es de 19,5 cm², es decir, que esta última resulta ensanchada para que el rozamiento del terreno a lo largo del varillaje sea mínimo.

El ensayo consiste en la hincada de la puntaza por medio del golpeo de la maza que cae desde una altura de 76,3 cm., contabilizando el número de golpes necesarios para penetrar 20 cm. Finaliza la prueba cuando el número

de golpes requeridos para cubrir un tramo de 20 cm es superior a 100 o cuando se alcanzan tres veces consecutivas más de 75 golpes.

El resultado es un gráfico en el que se representa el número de golpes con la profundidad. Los resultados obtenidos con este ensayo proporcionan una clara información cualitativa de las condiciones geotécnicas del subsuelo, pudiendo también emplearse de manera cuantitativa para obtener la carga admisible de trabajo en cimentaciones.



Penetrómetro DPSH-B llevando a cabo uno de los ensayos de penetración.

En ninguno de los ensayos de penetración se ha detectado el nivel freático a modo de humedad en el varillaje.

La ubicación de estos ensayos dentro de la parcela objeto de estudio se presentan en uno de los planos que se adjuntan en el Anejo 1, mientras que los diagramas golpeo/profundidad obtenidos en los ensayos de penetración dinámica se presentan en el Anejo 4.



2.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO.

Con las muestras obtenidas en la campaña de campo, se han llevado a cabo una serie de ensayos de laboratorio de identificación, clasificación, geofísicos y químicos.

Los ensayos de laboratorio tienen como finalidad la determinación de las principales características geotécnicas de los materiales y se realizan siguiendo las correspondientes normas UNE o ASTM. En la siguiente tabla se muestra el tipo y número de ensayos realizados y la normativa empleada:

| Tipo de ensayo | | Normativa empleada | N.º de ensayos |
|-------------------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------|
| Preparación y descripción de muestras | | UNE 103-100 | 1 |
| Ensayos de identificación y clasificación | Granulometría por tamizado | UNE-EN ISO 17892-4 | 1 |
| | Límites de Atterberg | UNE-EN ISO 17892-12 | 1 |
| Ensayos químicos | pH | ISO 10390 | 1 |
| | Materia orgánica | UNE 103-204 | 1 |
| | Sales solubles | UNE 103-205 | 1 |
| | Acidez Baumann-Gully | UNE 83962 | 1 |
| | Contenido de ion sulfato | UNE 83963 | 1 |
| | Sulfuros totales | PE-956 | 1 |
| | Cloruros solubles en agua | UNE-EN 1744-1 | 1 |
| | Potencial redox | PE-916 | 1 |
| Ensayos geofísicos | Resistividad eléctrica | ASTM G 57 | 1 |

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio:



| Calicata | Prof. (m) | Granulometría | | | Plasticidad | | | pH | MO | SS | B-G | SO ₄ | S ²⁻ | Cl ⁻ | ORP | ρ | USCS | PG-3 |
|----------|-----------|---------------|------|--------|-------------|----|----|------|------|-------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----|---------|------|--------|
| | | T-5 | T-2 | T-0,08 | LL | LP | IP | | | | | | | | | | | |
| C-1 | -0,50 | 49,5 | 44,0 | 12,3 | No plástico | | | 8,37 | 1,69 | 0,377 | 22 | 725 | <1,2 | 17 | 137 | 1109,36 | GM | TOLER. |

Donde:

- T-5, T-2 y T-0,08: porcentaje de muestra que pasa por el tamiz 5, 2 y 0,08 UNE respectivamente.
- LL, LP e IP: límite líquido (%), límite plástico (%) e índice de plasticidad (IP) respectivamente.
- pH: pH del suelo.
- MO: contenido en materia orgánica (%).
- SS: contenido en sales solubles (%).
- B-G: grado de acidez Baumann-Gully (ml/kg suelo seco).
- SO₄: contenido de ion sulfato (%).
- S²⁻: Sulfuros totales (mg/kg).
- Cl⁻: Cloruros solubles en agua (mg/kg).
- ORP: potencial redox (mV).
- ρ: resistividad eléctrica (Ω·m).
- USCS: Clasificación del suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
- PG-3: Clasificación del suelo según el artículo 330 del PG-3.

Al final del informe, en el Anejo 7, se adjuntan los expedientes de los ensayos realizados.



3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS.

3.1.- GEOLOGÍA GENERAL.

Geológicamente, la zona se encuentra englobada en la Hoja de Hellín n.º 843 del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000.

La zona de estudio se encuentra situada al sur de la provincia de Albacete, en pleno Dominio Prebético. Los materiales más antiguos que aparecen en la región corresponden al Triásico, mientras que los más modernos se atribuyen al Cuaternario, siendo los más abundantes los pertenecientes al Jurásico calcáreo que constituye casi la totalidad de las alineaciones montañosas.

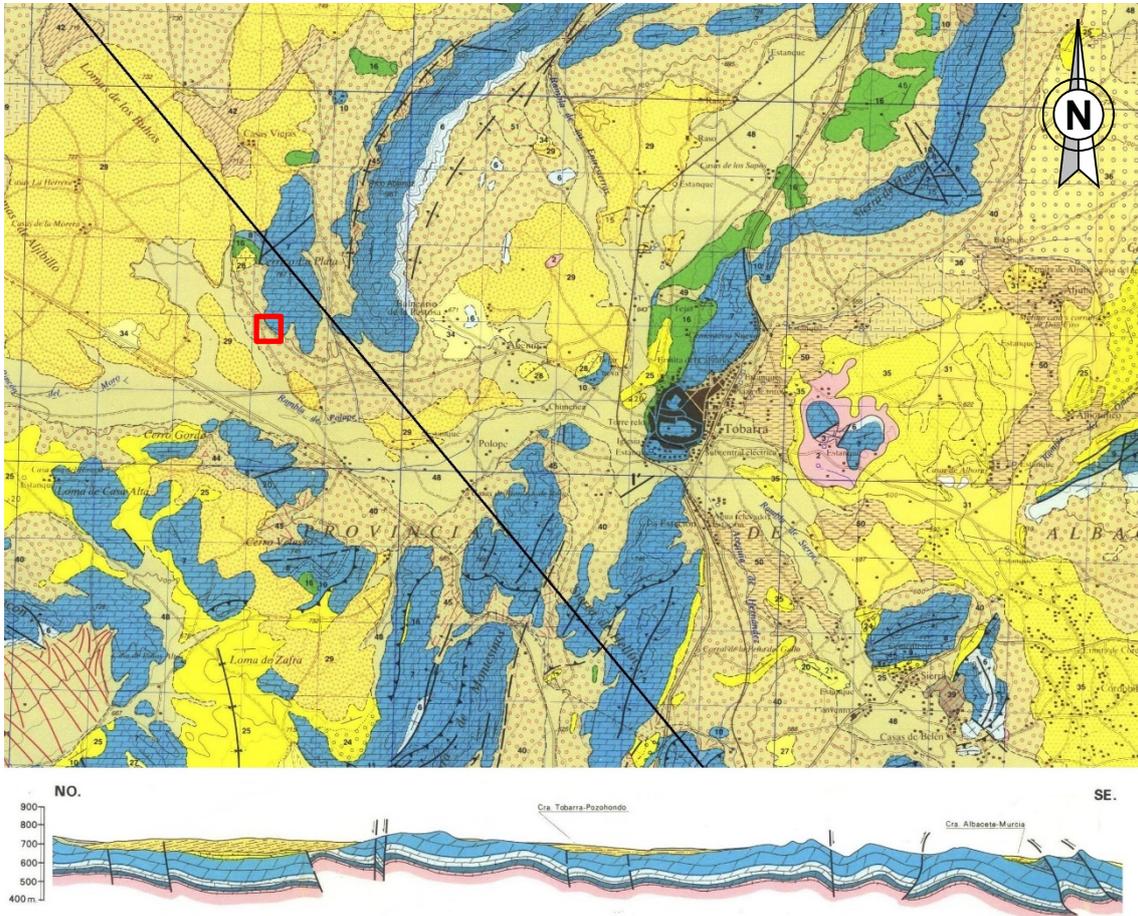
El proyecto se desarrolla en una amplia llanura cuaternaria que limita al este con el extremo meridional de la Sierra del Abenuj y su anexo del Cerrito de la Plata.

Esta sierra se encuentra constituida por la Formación Chorro del Dogger (Jurásico Medio) formada por dolomías de tonalidades pardo-grisáceas a beige, a veces rojizas y de grano medio a grueso con intercalaciones arcillosas blanquecinas a amarillentas. Estas dolomías presentan signos de fracturación y una dirección de crestas que comienza siendo S-N para ir cambiando poco a poco y terminar SW-NE.

Las dolomías del Dogger constituyen la mayor parte de los relieves y la mayor extensión de afloramientos después del Cuaternario, aunque en general esta formación se presenta bajo su facies dolomítica, en ocasiones coexiste esta facies con calizas, sobre todo a techo de la formación.

Recubriendo y enmascarando las dolomías del Jurásico se encuentra un depósito cuaternario muy bien desarrollado que se encuentra relacionado con la erosión de los relieves antiguos y que está constituido por un conglomerado de cantos dolomíticos de diversos tamaños, con una matriz marga arcillosa y cemento calcáreo amarillento a rosado, obedeciendo su composición a los

materiales que constituyen el área madre, con una potencia inferior a los 4 metros en toda la parcela.



Extracto del mapa y corte geológico de la zona de estudio.

No se ha detectado el nivel freático a la profundidad alcanzada en ninguna de las prospecciones realizadas por lo que se espera que no interfiera con la excavación prevista para el desarrollo del proyecto ni para la ejecución de las cimentaciones. De todos modos, es importante destacar que estas medidas del nivel freático son datos puntuales en un determinado momento en el tiempo de modo que pueden producirse importantes oscilaciones naturales sujetas a la estacionalidad u otros factores.

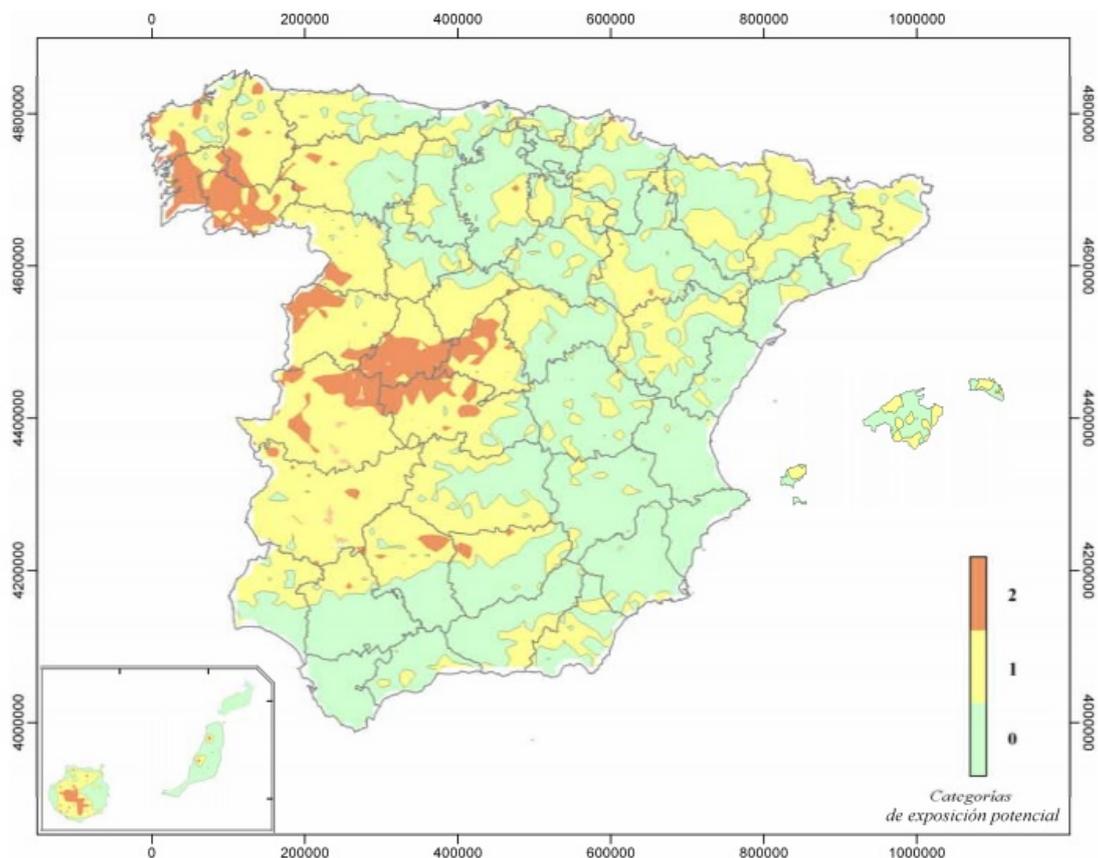
En el Anejo 2 se adjunta el mapa geológico de la zona de estudio.

3.2.- EXPOSICIÓN AL GAS RADÓN.

El principal factor que gobierna la concentración de Radón en el terreno es la distribución geoquímica del Uranio en los distintos tipos de rocas. Las rocas ricas en Uranio presentan mayores concentraciones del gas, aunque también se puede encontrar en formaciones geológicas de elevada fracturación que permita la permeabilidad desde otras formaciones geotécnicas adyacentes ricas en Uranio.

Siguiendo principalmente el criterio anterior se establecen tres zonas de potencial exposición en España.

- Zona 0 o zona no clasificada / baja exposición.
- Zona 1 o zona de media exposición.
- Zona 2 o zona de alta exposición.

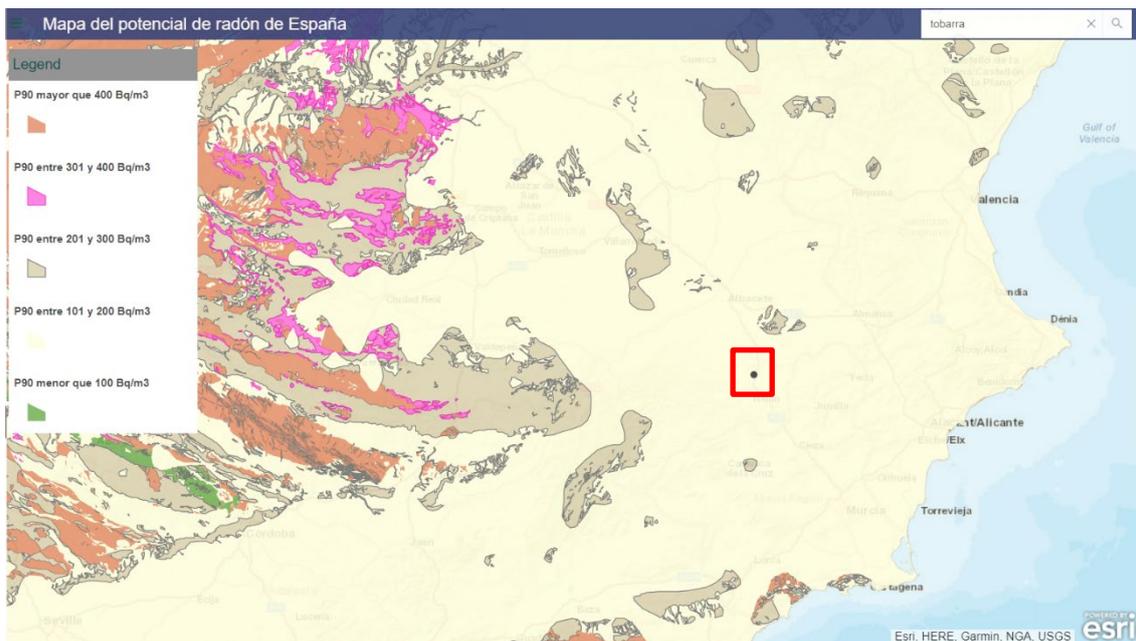


Mapa de zonificación de exposición potencial al gas radón.

Para limitar el riesgo de exposición de los usuarios a concentraciones inadecuadas de radón procedente del terreno en el Código Técnico de la Edificación se ha establecido un nivel de referencia para el promedio anual de concentración de radón de 300 Bq/m³.

De modo que en los términos municipales en los que, en base a las medidas realizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), se considera que hay una probabilidad significativa de presentar concentraciones de radón superiores al este nivel de referencia de 300 Bq/m³, será de obligada aplicación la Sección HS 6 del Documento Básico de Salubridad “Protección frente a la exposición al radón”.

La ubicación del proyecto se sitúa dentro de la Zona 0 y la parcela dentro del valor de exposición potencial al radón de 101-200 Bq/m³ según el Mapa del Potencial de Radón en España del CSN.



Ubicación de la Parcela en el Mapa del Potencial de Radón en España.



3.3.- EFECTO SÍSMICO.

Para el cálculo de las acciones sísmicas y su repercusión en los taludes y estructuras proyectadas se ha tenido en cuenta la Norma de Construcción Sismoresistente NCSE-02 (Parte general y edificación) aprobada por el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre; y la NCSP-07 (Parte puentes) aprobada por el Real Decreto 637/2007 de 18 de mayo.

Esta norma proporciona los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que sea aplicable.

En el apartado 1.2.2 de la NCSE-02 se clasifican las construcciones en función del uso a que se destinan y de los daños que puede ocasionar su destrucción, en:

- De importancia moderada: aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario o producir daños económicos significativos a terceros.
- De importancia normal: aquellas cuya destrucción puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
- De importancia especial: aquellas cuya destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

Del mismo modo, en el apartado 1.2.3 de la Norma se establece que no es obligatorio su aplicación en los siguientes casos:

- En las construcciones de moderada importancia.
- Las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b , sea inferior a $0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad.

- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0,08g.

3.2.1.- Aceleración sísmica de cálculo.

La aceleración sísmica de cálculo se define mediante la fórmula:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

- a_b = aceleración sísmica básica definida en el apartado 2.1 de la Norma.
- ρ = coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Para construcciones de importancia normal $\rho=1,0$ y de importancia especial $\rho=1,3$.
- S = coeficiente de amplificación del terreno que toma el valor:

- Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$:

$$S = \frac{C}{1,25}$$

- Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$:

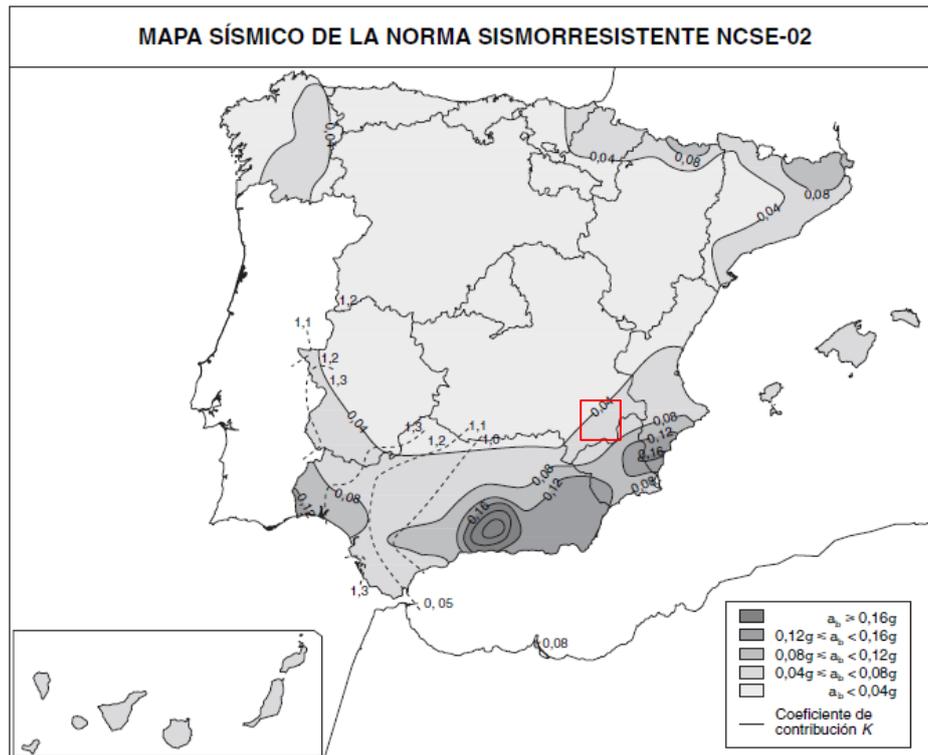
$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$$

- Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$:

$$S = 1,0$$

Siendo C el coeficiente del terreno, el cual depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación.

La aceleración sísmica básica es un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno. El mapa de peligrosidad sísmica que se adjunta suministra, expresada en relación con el valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica (a_b) y el coeficiente de contribución K (que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto).



Mapa de peligrosidad sísmica de España.

Así mismo, en la lista del Anejo 1 de la NCSE-02 se detallan por municipios los valores de la Aceleración sísmica básica iguales o superiores a 0,04g, junto al coeficiente de contribución K.

El valor de la aceleración sísmica básica expresada con relación al valor de la gravedad en la zona de estudio es:

| Municipio | a_b/g | Coeficiente de distribución (K) |
|--------------------|---------|---------------------------------|
| Tobarra (Albacete) | 0,07 | 1,00 |



Se adoptarán por tanto para todos los cálculos sísmicos, una aceleración básica $a_b = 0,07g$ y un coeficiente de contribución $K = 1,0$.

Según la norma sismorresistente NCSE-02, los terrenos se clasifican en los cuatro siguientes tipos:

| TIPO DE TERRENO | DESCRIPCIÓN | COEF. C |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| I | Roca compactada, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas o de cizalla, $V_s > 750$ m/s | 1,0 |
| II | Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, 750 m/s $> V_s > 400$ m/s | 1,3 |
| III | Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme o muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, 400 m/s $> V_s > 200$ m/s | 1,6 |
| IV | Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s < 200$ m/s. | 2,0 |

Para obtener el valor del coeficiente C de cálculo se determinan los espesores de los distintos terrenos existentes en los primeros 30 metros bajo la superficie de la zona de estudio; y se adopta como valor C, el obtenido al ponderar los coeficientes c_i de cada estrato mediante la expresión:

$$C = \frac{\sum c_i \cdot e_i}{30}$$

En este caso, los valores calculados para los distintos parámetros son los siguientes:

| a_b/g | ρ | K | Tipo de terreno | e_i | c_i | C | S | a_c |
|---------|--------|------|-----------------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 0,07 | 1,0 | 1,00 | Tipo IV | 1,00 m | 2,0 | 1,053 | 0,843 | 0,06 g |
| | | | Tipo II | 2,00 m | 1,3 | | | |
| | | | Tipo I | 27,0 m | 1,0 | | | |

Como la aceleración sísmica básica es superior a 0,04, de acuerdo con la norma NCSE-02 será necesario tener en cuenta la consideración de acciones sísmicas en el diseño y cálculos estructurales enmarcados dentro del presente Proyecto.



3.4.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES.

La caracterización de los niveles geotécnicos se ha realizado a partir de los datos obtenidos con los ensayos de campo y laboratorio, atendiendo a las propiedades litológicas y mecánicas de los materiales prospectados.

El subsuelo de la parcela estudiada se caracteriza por la presencia de los siguientes niveles:

➤ **Unidad 0. Tierra vegetal. Holoceno/Actual.**

Descripción

Recubriendo toda la superficie de la zona objeto de estudio se ha detectado una cobertera de tierra vegetal de compacidad floja formada por arenas limosas de tonalidad marrón oscuro con gravas dispersas de color blanquecino.

De visu, se puede observar cómo esta Unidad se compone de sucesivas capas de gravas, arenas, limos y arcillas escasamente consolidadas con un alto contenido de materia orgánica y escasa capacidad portante.

Espesor

La propia naturaleza de este tipo de depósitos hace que su espesor sea variable e impredecible de unos puntos a otros, pero que se estima de escasa potencia, alrededor de 0,10 a 0,25 metros según lo constatado en las calicatas y en los ensayos de penetración dinámica.

Características geotécnicas

En esta unidad no se han realizado ensayos de laboratorio debido a su escaso espesor, su baja importancia como nivel de cimentación y que dada su naturaleza heterogénea no se considera plenamente caracterizable debido a la escasa representatividad de las muestras que se pudieran obtener.

El comportamiento geotécnico de esta Unidad, atendiendo a las indicaciones del DB SE-C y a lo observado *in situ* durante los trabajos de campo, es granular.

En los ensayos de penetración dinámica, los golpes obtenidos en esta Unidad han sido bajos ($N_{DPSH} \approx 1 - 4$). Esto indica un estado de compacidad catalogable, según el DB SE-C 2006, como flojo o suelto. Por tanto, se puede deducir que la resistencia que presentan estos materiales es muy baja.

Sus características geotécnicas han sido inferidas a través de la descripción *de visu* y los golpes de los ensayos de penetración:

| Espesor (m) | c_u | ϕ | γ_{ap} | H | E | ν |
|-------------|-------|--------|---------------|----|---|-------|
| 0,20 | 0,00 | 27 | 1,80 | 10 | 4 | 0,22 |

Donde:

- c_u : resistencia al corte sin drenaje (kg/cm^2).
- ϕ : ángulo de rozamiento interno ($^\circ$).
- γ_{ap} : densidad aparente (g/cm^3).
- H: humedad (%).
- E: módulo de elasticidad (MN/m^2).
- ν : coeficiente de Poisson.

Estos parámetros son meramente orientativos y se han estimado a partir de correlaciones propuestas por diversos autores, documentos técnicos y la propia experiencia que se tiene sobre este tipo de terrenos.

El comportamiento de estos materiales como apoyo de cimentaciones o como material de explanada es pésimo ya que sufren asentamientos diferenciales e impredecibles, colapsos y son erosionables al paso del agua, por lo que no se considera aptos para el apoyo de ningún tipo de cimentación ni para la formación de explanadas.

El escaso grado de compactación, su naturaleza heterogénea, colapsabilidad y la presencia de materia orgánica dificultan una caracterización

homogénea del mismo desaconsejando su reutilización y aconsejando su retirada de las zonas de apoyo de estructuras, de las explanadas o de la coronación de taludes debido a que presentan una estabilidad muy comprometida tanto a largo como a corto plazo.



Unidad 0. Tierra vegetal en la zanja de las calicatas C-1 y C-3.



➤ **Unidad 1. Gravas calcáreas. Cuaternario.**

Esta unidad conforma el primer nivel de terreno natural de la zona. Geológicamente, corresponden al nivel de “Mantos de arroyada difusa y abanicos aluviales. Conglomerados, arenas y limos encostrados” (40) del mapa geológico nacional.

Descripción

Bajo los terrenos vegetales de la unidad anterior, se encuentran a lo largo de toda la zona de estudio un suelo de naturaleza granular de edad Cuaternaria compuesto por gravas y cantos blanquecinos englobados dentro de una matriz areno-limosa de grano medio a grueso y de compacidad medianamente densa a densa sin cementar o con una escasa cementación.

Las gravas son predominantemente de tipo calcáreo y litología dolomítica de tamaños heterométricos, que por lo general no superan los 15 cm, y formas subredondeadas a subangulosas. Es por tanto una Unidad granular de alta permeabilidad y nula cohesión. Se encuentran secas y muestran una plasticidad nula.

Espesor

Según las investigaciones realizadas, este nivel aparece a 0,10 – 0,25 metros de profundidad desde la superficie de la parcela, presentando un espesor variable, siempre inferior al metro de potencia del orden de 0,40 a 0,60 metros hasta un máximo de 1,0 metros.

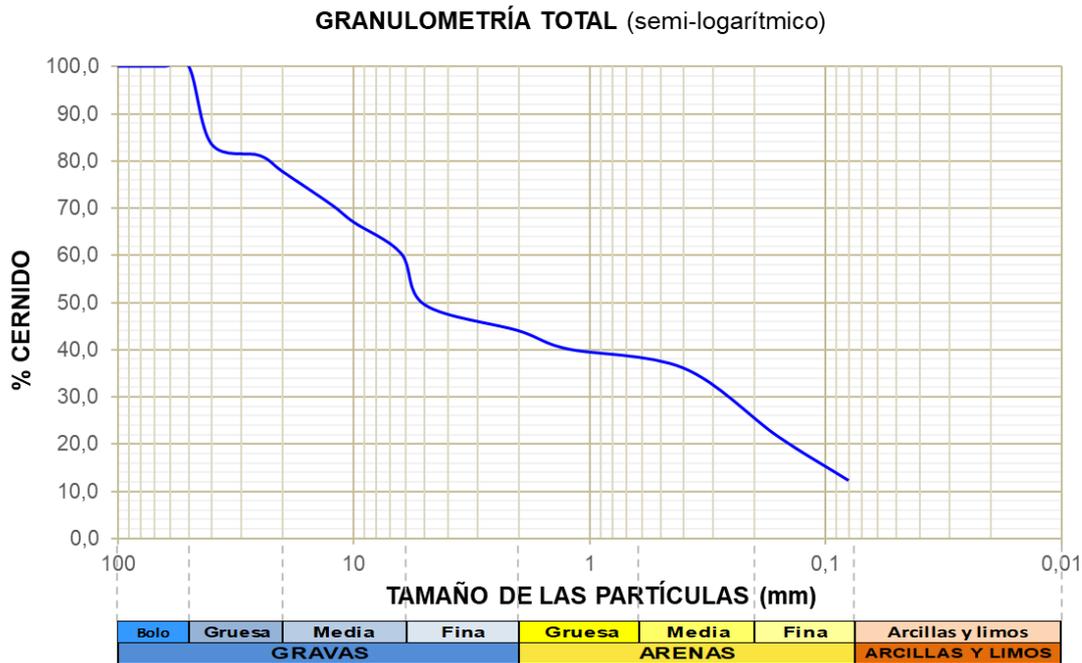
En profundidad es frecuente encontrar costras duras y resistentes intercaladas donde los ensayos de penetración alcanzan rechazo.

Características geotécnicas. Identificación y clasificación.

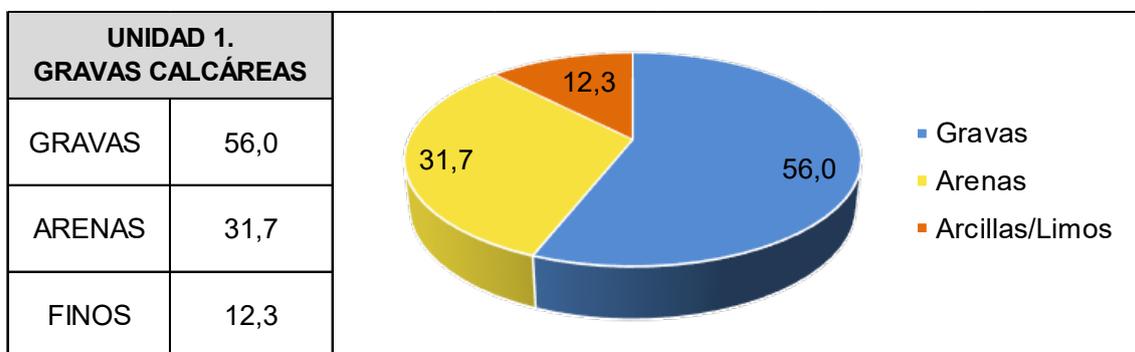
Los resultados obtenidos en las muestras ensayadas en esta Unidad arrojan los siguientes resultados:

| Calicata | Prof. (m) | Granulometría | | | Plasticidad | | | USCS |
|----------|-----------|---------------|------|--------|-------------|----|----|------|
| | | T-5 | T-2 | T-0,08 | LL | LP | IP | |
| C-1 | -0,50 | 49,5 | 44,0 | 12,3 | No plástico | | | GM |

A partir del ensayo granulométrico se ha obtenido la siguiente curva granulométrica para los materiales de la Unidad 1, estableciendo los siguientes porcentajes medios de materiales para la muestra ensayada:



Curva granulométrica obtenida en los materiales de la Unidad 1.



Porcentajes medios de grava, arenas y finos de los materiales de la Unidad 1.

El contenido en finos ha resultado inferior al 35%, tratándose, por tanto, de materiales con un comportamiento eminentemente granular (menos del 35% de finos según lo descrito en las tablas D.20 y D.21 del DB SE-C).

A su vez, con los valores obtenidos en las muestras de la misma unidad en la determinación de los límites de Atterberg y mediante su representación en el diagrama de plasticidad de Casagrande, se puede observar que la fracción fina de la unidad analizada presenta una plasticidad nula.

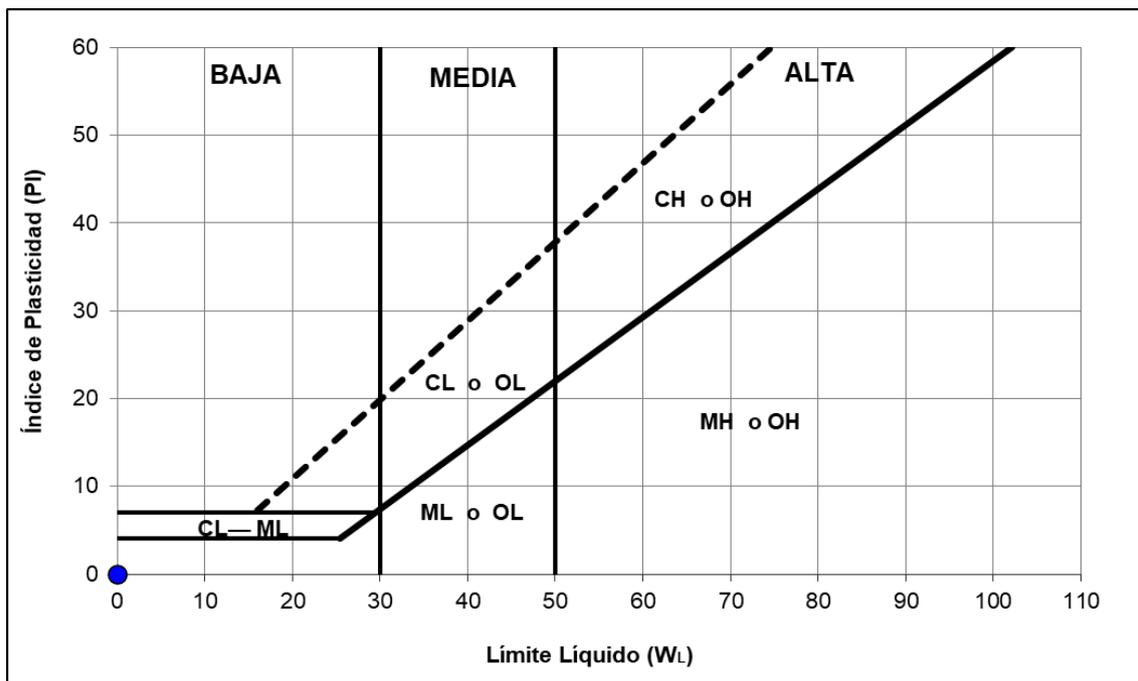


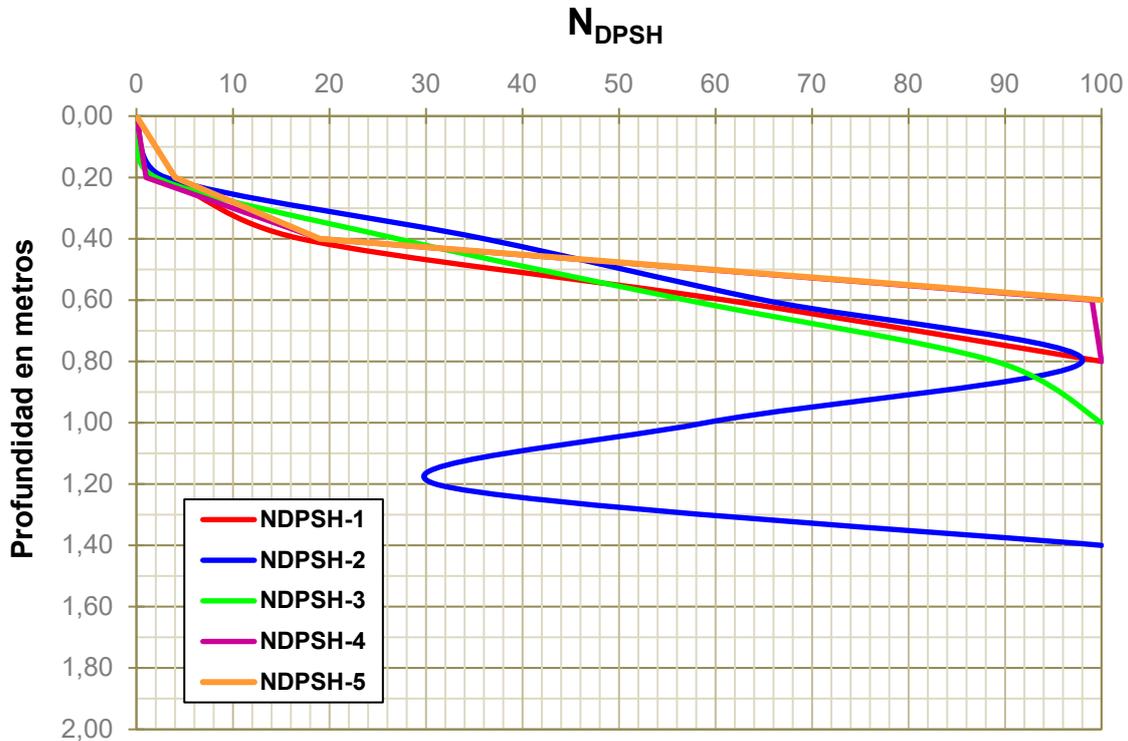
Gráfico de plasticidad de Casagrande.

Esta unidad se clasifica según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) como un suelo del tipo GM (gravas limosas con arena).

Características geotécnicas. Resistencia.

En los ensayos de penetración SPT, los golpes obtenidos en esta Unidad han sido de $N_{DPSH} = 17$ hasta $N_{DPSH} > 30$ en profundidad, siendo seguramente estos valores máximos golpes falseados al alza debido a la presencia de gravas dispersas, por lo que se toma un valor medio y representativo de $N_{DPSH} = 17$ para el tramo más superficial de esta Unidad, equivalente a un valor del ensayo de penetración estándar SPT de $N_{SPT} = 20$

Esto indica un estado de compacidad catalogable, según el DB SE-C 2006, como medianamente densa a densa en profundidad. Por tanto, se puede deducir que la resistencia que presentan estos materiales es bastante superior a la de la unidad anterior. El perfil resistente del terreno se presenta a continuación:



Perfil resistente del terreno.

A partir de los datos de campo y laboratorio obtenidos se pueden asignar para estos materiales más superficiales los siguientes parámetros:

| Espesor (m) | c_u | ϕ | γ_{ap} | H | E | ν |
|-------------|-------|--------|---------------|---|----|-------|
| 0,50 | 0,00 | 32 | 2,00 | 5 | 18 | 0,30 |

Donde:

- c_u : resistencia al corte sin drenaje (kg/cm^2).
- ϕ : ángulo de rozamiento interno ($^\circ$).
- γ_{ap} : densidad aparente (g/cm^3).
- H: humedad (%).
- E: módulo de elasticidad (MN/m^2).
- ν : coeficiente de Poisson.

Estos parámetros son meramente orientativos y se han estimado a partir de correlaciones propuestas por diversos autores, documentos técnicos y la propia experiencia que se tiene sobre este tipo de terrenos.

La capacidad portante y las características geotécnicas de esta Unidad hace que sea un nivel recomendado para el apoyo de las cimentaciones.



Unidad 1. Gravas calcáreas extraídas de las calicatas C-2 y C-4.



Características geofísicas. Resistividad eléctrica.

Los resultados obtenidos en el ensayo de laboratorio de la determinación de la resistividad eléctrica con el método Wenner de cuatro electrodos según la norma ASTM G 57 han determinado una resistividad alta, lo que indica que el material es un mal conductor eléctrico.

| Calicata | Prof. (m) | ρ ($\Omega \cdot m$) |
|----------|-----------|-----------------------------|
| C-1 | -0,50 | 1109,36 |

Elementos químicos.

Los resultados de los ensayos del contenido en sulfatos solubles y de la acidez Baumann-Gully han determinado una agresividad nula frente al hormigón de la cimentación, por lo que no deberán utilizarse cementos sulforresistentes ni dosificaciones especiales en el hormigón a emplear en los elementos estructurales que estén en contacto con esta Unidad.

Los resultados de los ensayos pH, cloruros solubles en agua, sulfuros totales y potencial redox han determinado que esta unidad se clasifica como débilmente agresividad al acero galvanizado.

El resultado del ensayo de contenido en materia orgánica también indica que el contenido en componentes oxidables también es bajo (inferior al 2%) y con poca influencia en el comportamiento mecánico del suelo.

El ensayo del contenido en sales solubles ha determinado un contenido bajo a moderado de componentes solubles en esta Unidad.

| Calicata | Prof. (m) | pH | MO | SS | B-G | SO ₄ | S ²⁻ | Cl ⁻ | ORP | PG-3 |
|----------|-----------|------|------|-------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--------|
| C-1 | -0,50 | 8,37 | 1,69 | 0,377 | 22 | 725 | <1,2 | 17 | 137 | TOLER. |



➤ **Unidad 2. Roca media-dura. Dolomías y calizas.**

Esta unidad conforma el segundo nivel de terreno natural de la zona. Geológicamente, corresponden al nivel rocoso de “Dolomías y calizas oolíticas masivas” (7) del mapa geológico nacional.

Descripción

Esta unidad se describe en la literatura como una alternancia de dolomías y calizas de tonos crema a blanquecinos, los cuales presentan un alto grado de fracturación con severas alteraciones de la petrofábrica cuyo producto de alteración ha dado lugar a arcillas con cantos de gravas calcáreas.

Por tanto, en esta unidad el criterio de diferenciación es la persistencia de la petrofábrica, esto es que se mantenga la estructura interna de la roca y su apariencia, si bien la integridad y resistencia no son las originales de la roca sana, sí son las propias de un suelo de consistencia dura o muy dura o una compacidad muy densa.

En todo el tramo se describen una vez superado el horizonte de alteración eluvial como rocas con grado de meteorización II-III, es decir algo alteradas.

Espesor

Aunque llega a aflorar al oeste de la parcela, se ha detectado a profundidades máximas de 1,20 metros en la zona de estudio, pero no se descarta que su profundidad de aparición varíe bruscamente de unas zonas a otras dependiendo de lo profunda que haya sido su alteración y de la potencia de las unidades anteriores.

Con estos datos, se pone de manifiesto que la roca sana como tal no tiene un horizonte neto de aparición, aunque una vez alcanzada, su espesor se estima en varios centenares de metros.

Características geotécnicas. Resistencia.

Desde el punto de vista geotécnico, esta unidad se caracteriza por obtener valores en los ensayos de penetración de rechazo ($N_{DPSH} > 100$), lo que indica que sus características son las de una roca y no de un suelo.

A partir de los datos de campo y laboratorio obtenidos se pueden asignar para estos materiales los siguientes parámetros los cuales en muchos tramos serán menores que los reales pero que del lado de la seguridad describen el comportamiento de sus tramos más alterados.

| Espesor (m) | q_u | ϕ | γ_{ap} | H | E | ν |
|-------------|-------|--------|---------------|---|-----|-------|
| > 10 | 5,00 | 32 | 2,4 | 5 | 150 | 0,15 |

Donde:

- q_u : resistencia a la compresión simple (MPa).
- ϕ : ángulo de rozamiento interno ($^{\circ}$).
- γ_{ap} : densidad aparente (g/cm^3).
- H: humedad (%).
- E: módulo de elasticidad (MN/m^2).
- ν : coeficiente de Poisson.

Estos parámetros son meramente orientativos y se han estimado a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio, los golpes de los ensayos de penetración, correlaciones propuestas por diversos autores y documentos técnicos y la propia experiencia que se tiene sobre este tipo de terrenos.

La capacidad portante y las características geotécnicas de esta Unidad hace que sea un nivel recomendado para el apoyo de las cimentaciones.

Características geomecánicas

En función de las descripciones *in situ* y conforme a los criterios recomendados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) y más concretamente del Documento Básico de Seguridad Estructural-Cimientos y de sus apéndices se realiza la caracterización del macizo rocoso.

Clasificación del CTE SE-Cimientos para la descripción del macizo rocoso

Tabla D.4. Clasificación de rocas⁽¹⁾

Rocas sedimentarias: Conglomerados, Areniscas, Limolitas, Argilitas, Margas, Calizas, Calizas margosas, Calcarenitas, Dolomías, Yesos.

Rocas metamórficas: Cuarzitas, Pizarras, Esquistos, Gneises, Comeanas.

Rocas plutónicas: Granitos, Dioritas, Gabros, Pórfidos, Peridotitas.

Rocas volcánicas: Basaltos, Fonolitas, Piroclastos, Traquitas, Ofitas, Riolitas, Andesitas, Dacitas.

⁽¹⁾ En la tabla D.5 se proporcionan los criterios de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas para clasificar las rocas según su grado de meteorización.

Tabla D.5. Grado de meteorización de las rocas (ISRM)

| Grado | Denominación | Criterio de reconocimiento |
|-------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | Roca sana o fresca | La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad |
| II | Roca ligeramente meteorizada | La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. La roca puede estar decolorada en la pared de las juntas pero no es notorio que la pared sea más débil que la roca sana |
| III | Roca moderadamente meteorizada | La roca está decolorada en la pared. La meteorización empieza a penetrar hacia el interior de la roca desde las discontinuidades. El material es notablemente más débil en la pared que en la roca sana. Material débil <50% del total |
| IV | Roca meteorizada o muy meteorizada | Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua |
| V | Roca completamente meteorizada | Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta |
| VI | Suelo residual | La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocerse ni la textura ni la estructura original. El material permanece "in situ" y existe un cambio de volumen importante |

ISRM: Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas

Tabla D.9. Clasificación de la roca matriz

| Ensayo de resistencia aproximado | Calificación de la Resistencia a compresión simple ⁽¹⁾ | Valor estimado q_u (MPa) |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Se puede rayar con la uña | Especialmente débil | < 1 |
| Se rompe con golpes de martillo moderados Se puede rayar con la navaja | Muy baja | 1 a 5 |
| Se raya difícilmente con la navaja | Baja | 5 a 25 |
| No puede rayarse con la navaja Se puede romper con un golpe de martillo | Media | 25 a 50 |
| Se requieren varios golpes de martillo para romperla | Alta | 50 a 100 |
| Difícil de romper con el martillo de geólogo | Muy alta | 100 a 250 |
| Con el martillo de geólogo sólo se pueden producir algunas esquirlas | Extremadamente alta | > 250 |

⁽¹⁾ Alternativamente, para obtener una indicación rápida de la resistencia a la compresión simple, se recomienda la utilización del Martillo Schmidt (Esclerómetro de mano).

Clasificación del CTE SE-Cimientos para la descripción del macizo rocoso

Tabla D.10. Apertura de las discontinuidades

| Tabla D.10. Apertura de las discontinuidades | | |
|----------------------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Calificativo | | |
| General | De detalle | Apertura |
| Juntas cerradas | Muy cerradas | < 0.1 mm |
| | Cerradas | 0,1 a 0,25 mm |
| | Parcialmente abiertas | 0,25 a 0,50 mm |
| Macizo rocoso agrietado | Abiertas | 0,50 a 2,5 mm |
| | Bastante abiertas | 2,5 a 10 mm |
| | Apertura amplia | > 1 cm |
| Juntas abiertas | Apertura muy amplia | 1 a 10 cm |
| | Apertura especialmente amplia | 10 a 100 cm |
| | Estructura hueca | > 1 m |

Tabla D.11. Rugosidad de las discontinuidades

A gran escala, en longitudes del orden del metro, se calificará la junta de alguno de los modos siguientes:
Escalonada, ondulada o plana.

A menor escala, en longitudes del orden de centímetros se aplicará alguno de los siguientes calificativos:

Rugosa, suave o especular.

Tabla D.12. Relleno de las discontinuidades

Clase 1: Relleno seco y de baja permeabilidad

Clase 2: Relleno húmedo sin presencia de agua libre

Clase 3: Relleno muy húmedo con aporte de agua libre

Clase 4: Relleno lavado con flujo continuo de agua

Clase 5: Relleno socavado con importantes vías de agua

Tabla D.13. Espaciamiento de las discontinuidades

| Calificativo | Espaciamiento (cm) |
|-----------------------|--------------------|
| Especialmente pequeño | < 2 |
| Muy pequeño | 2 a 6 |
| Pequeño | 6 a 20 |
| Moderado | 20 a 60 |
| Amplio | 60 a 200 |
| Muy amplio | 200 a 600 |
| Especialmente amplio | > 600 |

Tabla D.14. Índice de fracturación I_f

| Calificativo | Nº de Diaclasas por m ³ |
|-------------------------|------------------------------------|
| Masivo | < 1 |
| Poco diaclasado | 1 a 3 |
| Medianamente diaclasado | 3 a 10 |
| Bastante diaclasado | 10 a 30 |
| Muy diaclasado | 30 a 60 |
| Triturado | > 60 |



Clasificación del CTE SE-Cimientos para la descripción del macizo rocoso

Tabla D.15. Persistencia de las discontinuidades

| Calificativo | Persistencia (m) |
|--------------|------------------|
| Muy pequeña | < 1 |
| Escasa | 1 a 3 |
| Media | 3 a 10 |
| Alta | 10 a 20 |
| Muy alta | > 20 |

Tabla D.16. Clasificación por el R.Q.D.

| Clasificación | Valor del R.Q.D. (%) |
|------------------|----------------------|
| Muy mala calidad | < 25 |
| Mala calidad | 25-50 |
| Mediana calidad | 50-75 |
| Buena calidad | 75-90 |
| Excelente | 90-100 |

Tabla D.17. Presencia de agua en las discontinuidades

| |
|------------------------------------------------------------|
| Clase 1: No hay posibilidad de flujos de agua |
| Clase 2: No hay signos de agua |
| Clase 3: Signos de haber flujos de agua (manchas de óxido) |
| Clase 4: Humectaciones |
| Clase 5: Filtraciones |
| Clase 6: Flujo continuo de agua |

**En recuadro rojo las características propias del afloramiento.*

En función de lo descrito en las tablas anteriores queda claro que el macizo rocoso está formado por una alternancia de rocas sedimentarias con una dureza media las cuales presentan un grado de meteorización III con un espaciamiento de las discontinuidades bastante irregular, pero del orden de 20 cm en los casos más desfavorables y una mediana calidad general del macizo rocoso con un RDQ cercano al 50 %.



Unidad 2. Dolomía en la calicata C-2.



3.5.- PERMEABILIDAD DEL TERRENO Y NIVEL FREÁTICO.

Este apartado tiene como objeto el de aportar valores tabulados, según la tabla D.28 del DB SE-C y otros métodos empíricos, del coeficiente de permeabilidad para cada nivel y subnivel de terreno diferenciado.

De este modo, se han estimado los siguientes valores de conductividad hidráulica para cada unidad:

| Unidad Geotécnica | Coficiente de permeabilidad k_z (m/s) |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| Unidad 0: Tierra vegetal | 10^{-3} |
| Unidad 1: Gravas calcáreas | 10^{-2} |
| Unidad 2: Dolomías | 10^{-6} |

No se detectó la presencia del nivel freático a las cotas de investigación alcanzadas en la fecha de su ejecución el día 8 de mayo de 2.023, pero debe tenerse en cuenta que el nivel freático puede oscilar en función de variables externas, bien naturales (época climática, pluviometría, etc.) o antrópicas (aportes de agua de cualquier origen, como vertidos, roturas de conducciones, etc.).

A las cotas de excavación previstas para la construcción de la planta fotovoltaica y para la ejecución de las cimentaciones. no se considera probable la interferencia de aguas subterráneas en la excavación, pero en caso de que esto sucediera se recomienda disponer de un bombeo de extracción de aguas del fondo de excavación, así como seguir la recomendación de la construcción de drenajes a favor de la pendiente del terreno que evacúen estos caudales.



3.6.- AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN.

Con el objetivo de analizar las condiciones de agresividad del terreno al hormigón y definir el tipo de hormigón a utilizar en las cimentaciones, se ha ensayado los materiales prospectados en los trabajos de campo y que serán interceptados por la cimentación. Los valores obtenidos se reflejan en la siguiente tabla:

| Calicata | Prof. (m) | B-G | SO ₄ |
|----------|-----------|-----|-----------------|
| C-1 | -0,50 | 22 | 725 |

Donde:

- SO₄: Contenido en sulfatos (%).
- B-G: Grado de Acidez Baumann-Gully (ml/kg).

De acuerdo con el Código Estructural, aprobado por el R.D. 470/2021, de 29 de junio, que establece la reglamentación vigente relativa a las estructuras de hormigón y a las estructuras de acero, la agresividad al hormigón expresada para los suelos localizados en el subsuelo de la zona objeto de estudio y que estarán en contacto con los elementos de cimentación, en función de los anteriores parámetros, se debe considerar como nula, siendo las clases de exposición y el tipo de ambiente a las que va a verse sometido el hormigón de la cimentación de los elementos proyectados los siguientes:

| | EHE-08 (<i>derogada</i>) | CÓDIGO ESTRUCTURAL |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN | Normal | XC |
| DESIGNACIÓN | Ila | XC2 |
| ENTORNO | Humedad alta | Húmedo, raramente seco |
| TIPO DE PROCESOS | Corrosión de origen diferente de los cloruros | Corrosión inducida por carbonatación |

Con los resultados obtenidos se deduce que el sustrato no es agresivo para el hormigón.

Según el artículo 27.1 del Código Estructural, con los datos obtenidos no será necesario el empleo de cemento sulforresistente ni dosificaciones especiales para los elementos de la cimentación.

Los cementos recomendados, en función de la clase de exposición que componen el ambiente en el que va a estar ubicada la cimentación, son los indicados en la siguiente tabla:

Tabla A6.5 Tipos de cementos en función de las clases de exposición

| CLASE DE EXPOSICIÓN | TIPO DE PROCESO (agresividad debida a) | CEMENTOS RECOMENDADOS |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| X0 | Ninguno | Todos los recomendados según la aplicación prevista. |
| XC | Corrosión de las armaduras de origen diferente de los cloruros | CEM I, cualquier CEM II (preferentemente CEM II/A, CEM III/A, CEM IV/A). |
| XS(*) | Corrosión de las armaduras por cloruros de origen marino | Muy adecuados los cementos CEM II/S, CEM II/V (preferentemente los CEM II/B-V), CEM II/P (preferentemente los CEM II/B-P), CEM III/A-D, CEM III, CEM IV (preferentemente los CEM IV/A) y CEM V/A. |
| XD | Corrosión de las armaduras por cloruros de origen no marino | Preferentemente, los CEM I y CEM II/A y, además, los mismos que para la clase de exposición XS. |
| XA(**) | Ataque al hormigón por sulfatos | Los mismos que para la exposición XS. |
| XA | Lixiviación del hormigón por aguas puras, ácidas, o con CO ₂ agresivo | Los cementos comunes de los tipos CEM II/P, CEM II/V, CEM III/A-D, CEM II/S, CEM III, CEM IV y CEM V. |
| - | Reactividad álcali-árido | Cementos de bajo contenido en alcalinos(***) (óxidos de sodio y de potasio) en los que $(Na_2O)_{eq} = Na_2O (\%) + 0,658 K_2O (\%) < 0,60$. |

(*) En esta clase de exposición es necesario el empleo de cementos que cumplan las prescripciones relativas a la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR)

(**) En el caso de las clases XA2 o XA3 es necesario el empleo de cementos que cumplan las prescripciones relativas a la característica adicional de resistencia a los sulfatos (SR o SRC), tal y como establece el articulado del Código. En los casos en que el elemento esté en contacto con agua de mar será únicamente necesario que cumplan las prescripciones relativas a la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR).

(***) Son especialmente recomendables los cementos citados en la tabla A6.2 para hormigones con áridos potencialmente reactivos (que deberán cumplir igualmente el requisito de bajo contenido en alcalinos).

Tipos de cementos recomendados en función de la clase de exposición.

En la fecha de realización de los trabajos de campo no se detectó el nivel freático, pero si durante la excavación de la cimentación este apareciese, habría que confirmar la agresividad del agua subterránea.

En la siguiente tabla se muestran los ensayos y los rangos de valores para poder evaluar la agresividad de suelos y aguas:

Tabla 27.1.b Clasificación de la agresividad química

| TIPO DE MEDIO AGRESIVO | PARÁMETROS | TIPO DE EXPOSICIÓN | | |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|---------------|
| | | XA1 | XA2 | XA3 |
| | | ATAQUE DÉBIL | ATAQUE MEDIO | ATAQUE FUERTE |
| AGUA | VALOR DEL pH, según UNE 83952 | 6,5 - 5,5 | 5,5 - 4,5 | < 4,5 |
| | CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ / l), según UNE-EN 13577 | 15 - 40 | 40 - 100 | > 100 |
| | IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ / l), según UNE 83954 | 15 - 30 | 30 - 60 | > 60 |
| | IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ / l), según UNE 83955 | 300 - 1000 | 1000 - 3000 | > 3000 |
| | IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / l), según UNE 83956 | 200 - 600 | 600 - 3000 | > 3000 |
| | RESIDUO SECO (mg / l), según UNE 83957 | 75 - 150 | 50 - 75 | < 50 |
| SUELO | GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE-EN 16502 | > 200 | (*) | (*) |
| | IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / kg de suelo seco), según UNE 83963 | 2000 - 3000 | 3000 - 12000 | > 12000 |

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

Clasificación de la agresividad química de suelos y aguas.



3.7.- AGRESIVIDAD AL ACERO GALVANIZADO.

Con el objetivo de analizar las condiciones de agresividad del terreno al acero galvanizado, se han ensayado los materiales prospectados en los trabajos de campo y que serán interceptados por la cimentación. Los valores obtenidos se reflejan en la siguiente tabla:

| Calicata | Prof. (m) | pH | SO ₄ | S ²⁻ | Cl ⁻ | ORP | ρ |
|----------|-----------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|---------|
| C-1 | -0,50 | 8,37 | 725 | <1,2 | 17 | 137 | 1109,36 |

Donde:

- pH: pH del suelo.
- SO₄: contenido de ion sulfato (%).
- S²⁻: Sulfuros totales (mg/kg).
- Cl⁻: Cloruros solubles en agua (mg/kg).
- ORP: potencial redox (mV).
- ρ: resistividad eléctrica (Ω·m).

El grado de agresividad de los suelos a los perfiles metálicos va a condicionar las protecciones necesarias para los perfiles, expresadas en los espesores mínimos de recubrimiento galvanizado, que también depende de los espesores de los elementos.

Para definir el grado de agresividad del suelo al acero galvanizado de los perfiles metálicos y definir las protecciones que estos pudieran requerir se aplica la siguiente tabla de acuerdo con la norma DIN 50929-3, dando una puntuación o índice a cada uno de los parámetros que en ella se incluyen y cuya suma es indicativa del grado de agresividad del suelo:



| | | <i>ÍNDICE</i> |
|-----------------------------------------------------|----------------------|---------------|
| Resistividad, ρ (Ω -cm) | > 12 000 | 0 |
| | 12 000 - 5 000 | -1 |
| | 5 000 - 2 000 | -2 |
| | < 2 000 | -4 |
| Potencial rédox, $E_{rédox}$ (mV <i>vs.</i> enh) | > + 400 | +2 |
| | 400 - 200 | 0 |
| | 200 - 0 | -2 |
| | < 0 | -4 |
| pH | > 5 | 0 |
| | < 5 | -1 |
| Cloruros, Cl^- (mg/kg) | < 100 | 0 |
| | 100 - 1000 | -1 |
| | > 1000 | -4 |
| Sulfatos, SO_4^{2-} (mg/kg) | < 200 | 0 |
| | 200 - 300 | -1 |
| | > 300 | -2 |
| Sulfuros, S^{2-} (mg/kg) | 0 | 0 |
| | 0 - 0.5 | -2 |
| | > 0.5 | -4 |
| <i>Características del suelo</i> | | <i>Suma</i> |
| No agresivo | | 0 |
| Débilmente agresivo | | -1 a -8 |
| Medianamente agresivo..... | | -8 a -10 |
| Sumamente agresivo | | < -10 |

*Determinación de la agresividad al acero galvanizado de suelos según norma
DIN 50929-3.*

Con los datos obtenidos el suelo ensayado se clasifica como débilmente agresivo (Suma = -4) al acero galvanizado por lo que se deberá estimar por parte del Director del Proyecto o el suministrador de los perfiles si el grado de corrosión del terreno es suficiente como para recomendar el revestimiento de estos con el fin de proteger estas estructuras metálicas frente a los fenómenos de corrosión durante la vida útil de la instalación fotovoltaica.



3.8.- CARGA ADMISIBLE DEL TERRENO.

A través de los resultados de los ensayos de penetración dinámica y de los valores de golpeo N_{20} se puede estimar la resistencia dinámica por punta que el terreno opone a la penetración (R_d) a través de la denominada fórmula de Hiley (1930) o de “los holandeses” (Jiménez Salas en Geotecnia y Cimientos III pág. 340), (Revista de Obras Públicas, diciembre 1971, por H. Bolomey Frazer), de la que existen diversas versiones y según la cual:

$$R_d = \frac{M \cdot H \cdot (1 + n^2 \cdot a)}{F \cdot 16 \cdot (e + c) \cdot (1 + a)}$$

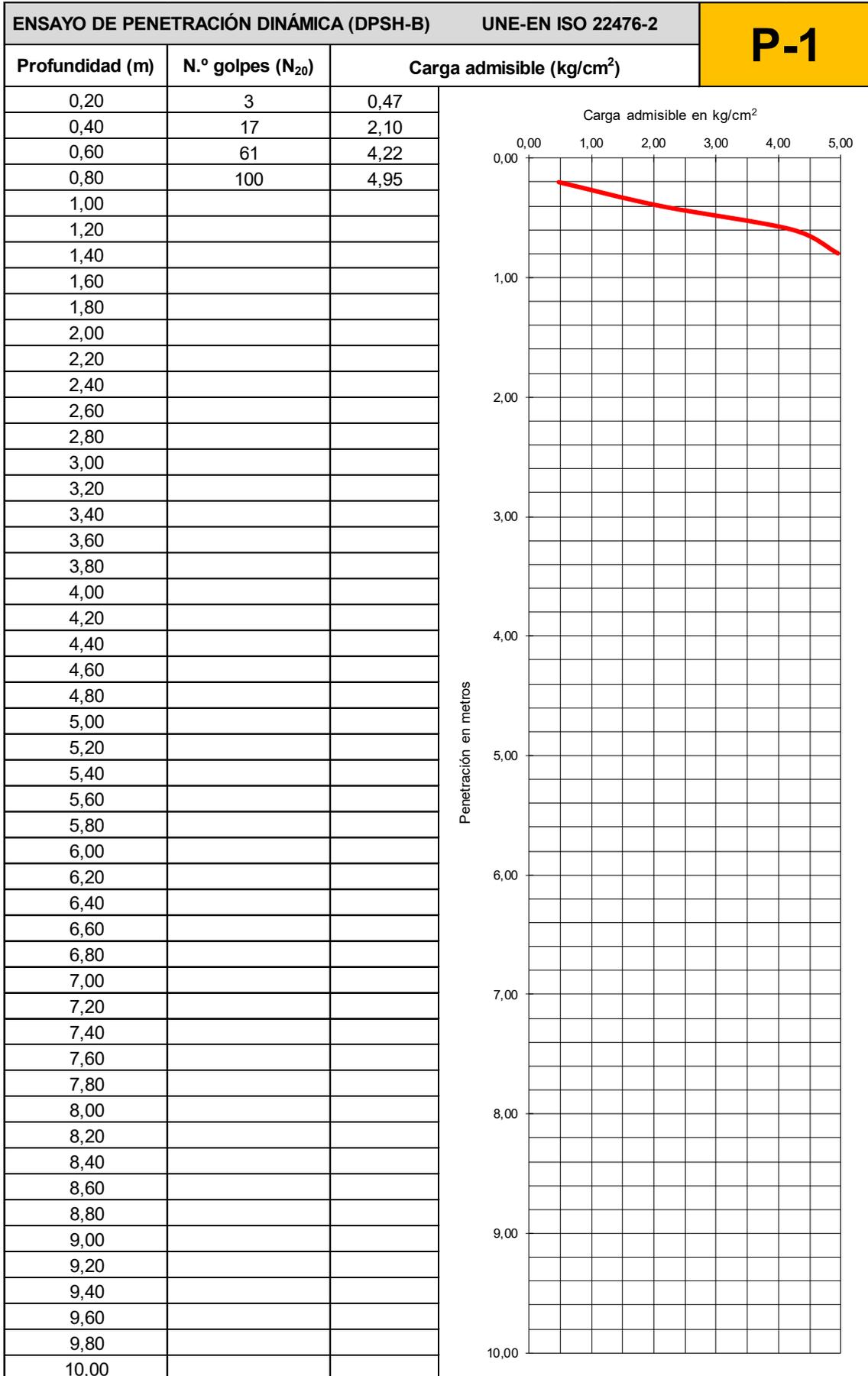
Donde:

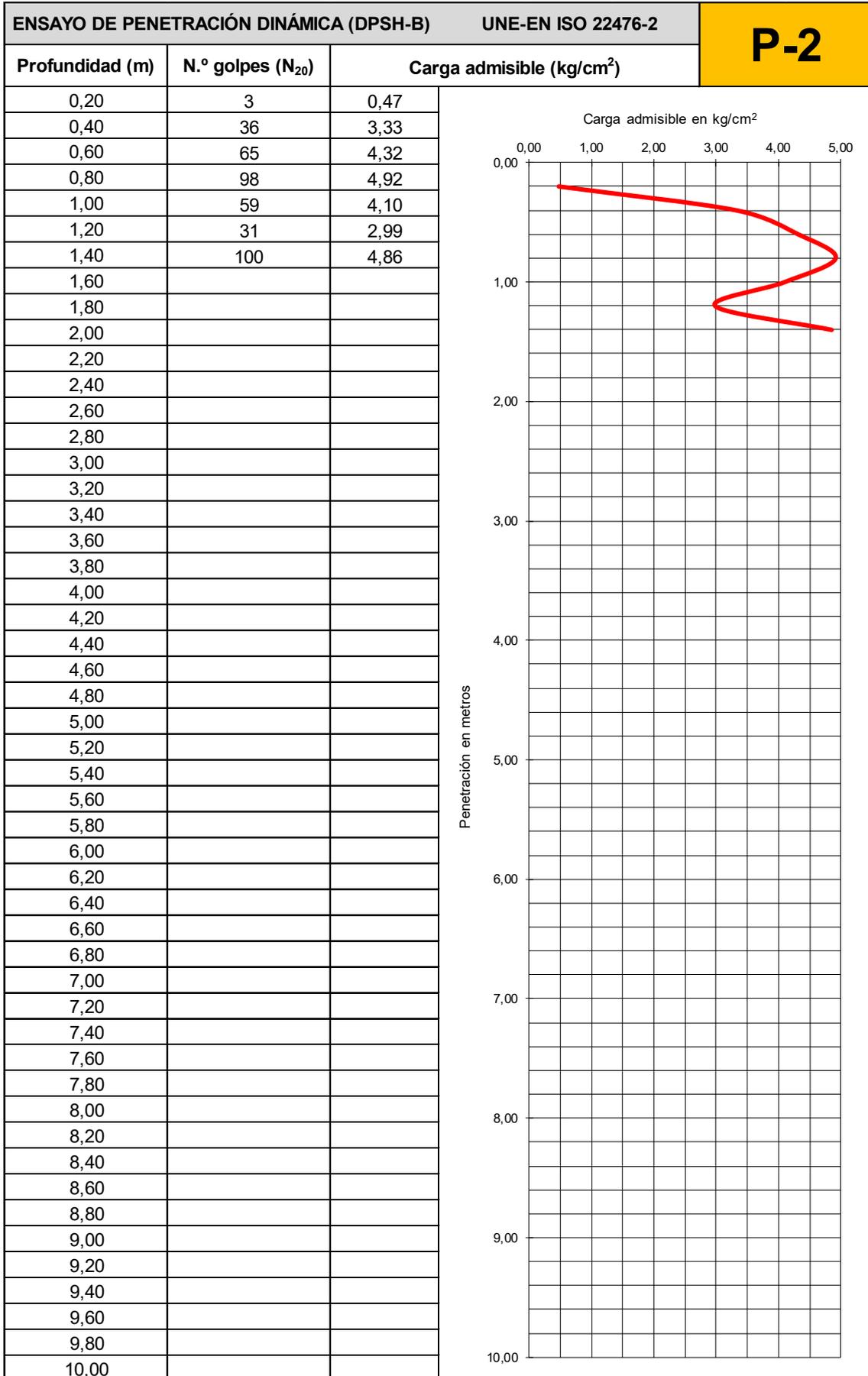
- M es el peso de la maza (63,5 kg).
- H es la altura de caída (76,3 cm).
- e es la penetración unitaria (20 cm/ N_{20}).
- F es el coeficiente de minoración dependiente del tipo de terreno.
- n, a y c son coeficientes que dependen de la penetración y de la profundidad.

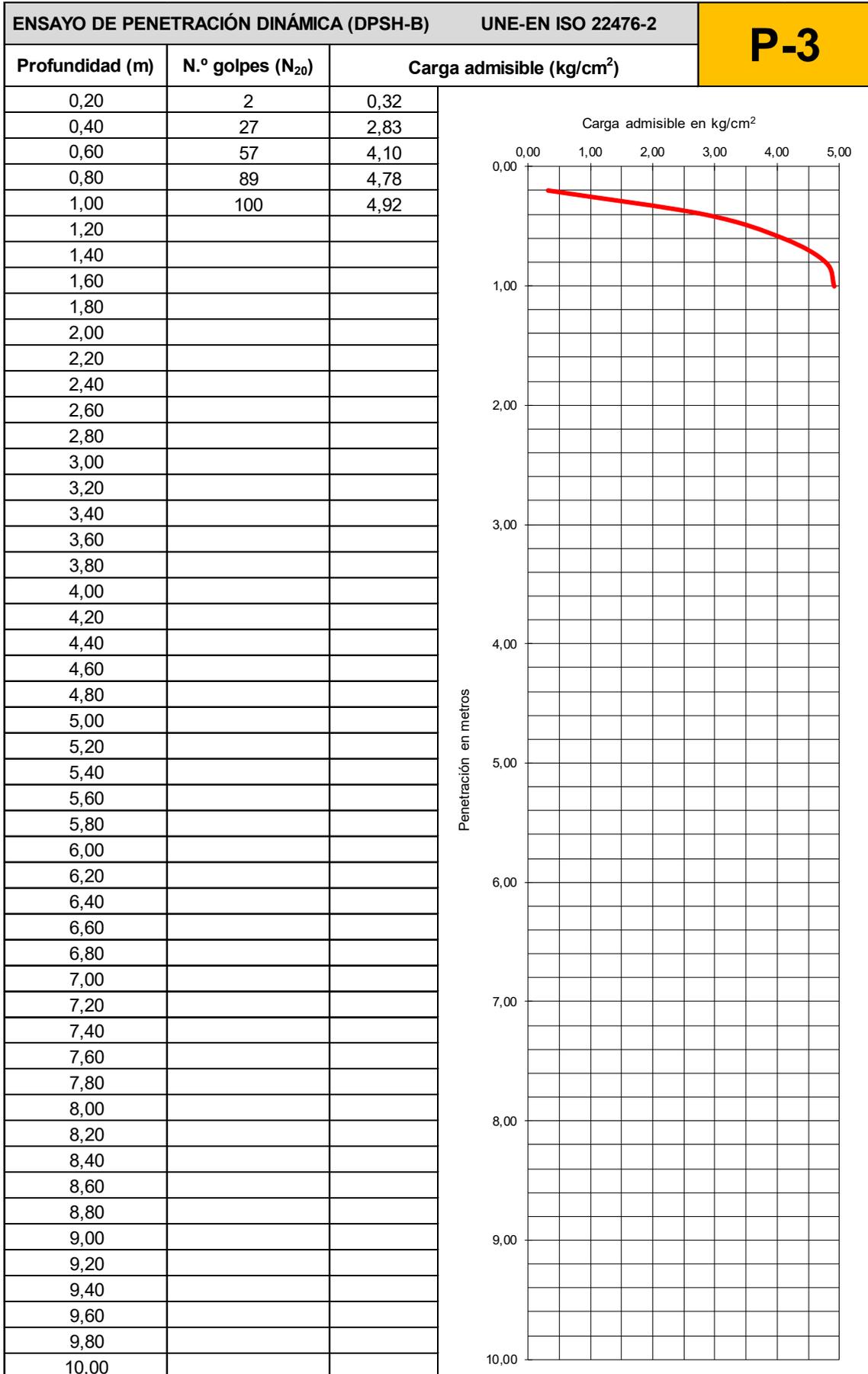
Con el valor de la resistencia dinámica obtenido mediante esta fórmula conviene ser prudente ya que es un ensayo muy puntual que puede verse falseado al alza por la presencia de rellenos, escombros, bolos, gravas y/o tramos con una cementación irregular que aumenten el número de golpes de ciertos tramos.

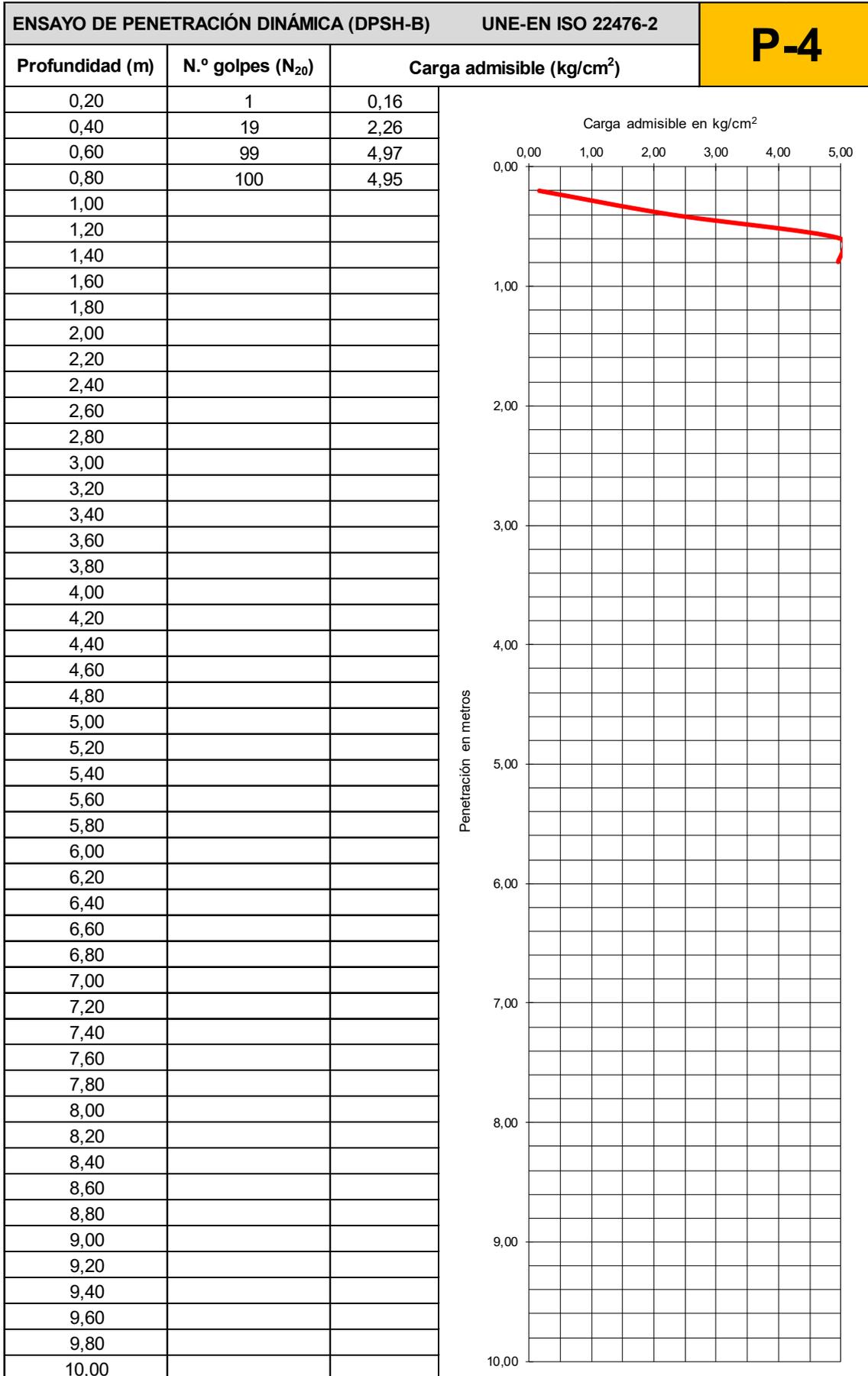
Por tanto, para obtener los valores de tensión admisible, al valor de R_d se le aplica un coeficiente de minoración (normalmente entre 40 y 60) en función de las características texturales del terreno, su estado de humedad natural y la presencia del nivel freático.

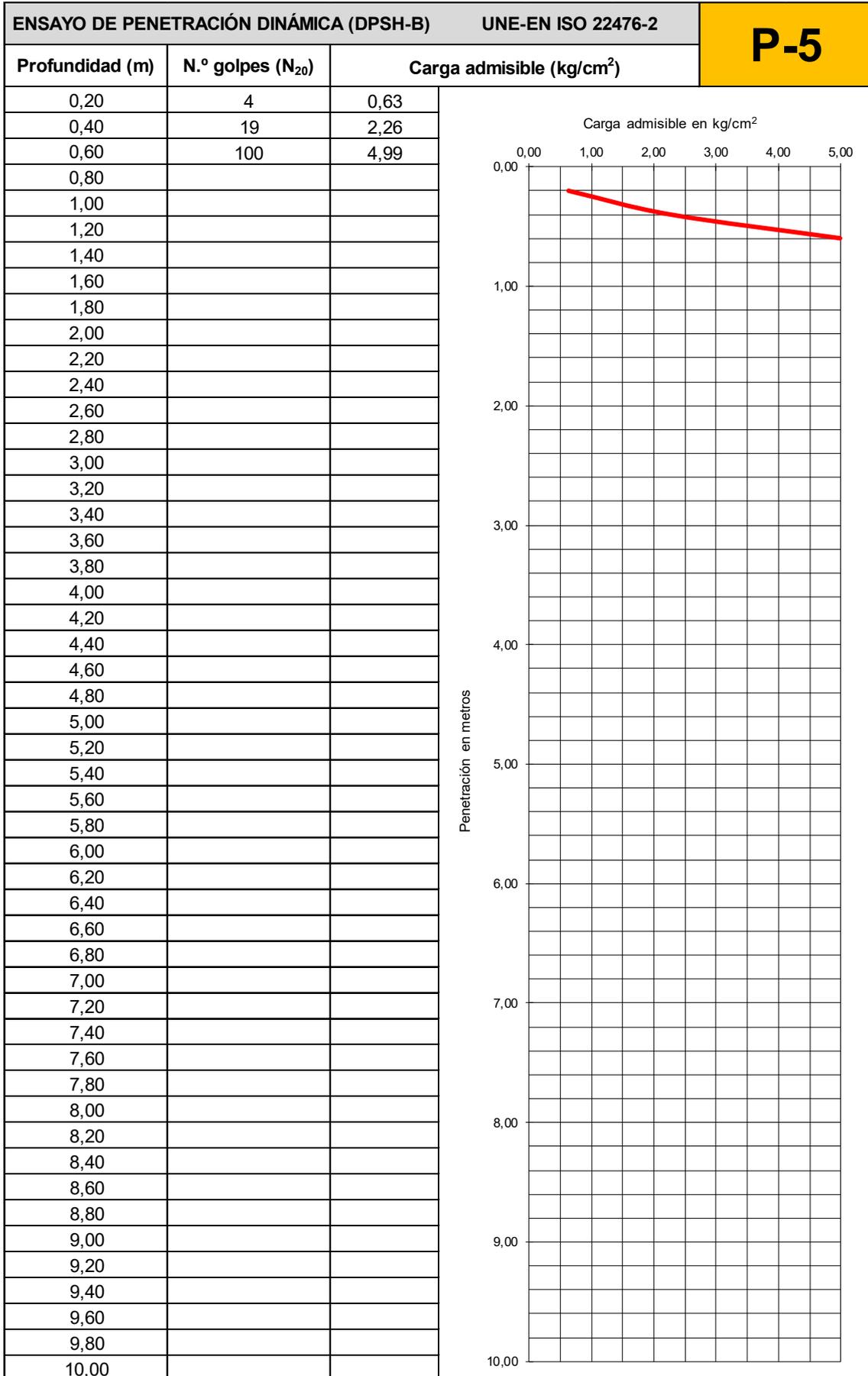
En los siguientes cuadros se muestran los resultados obtenidos a partir de la formulación indicada para cada 20 cm de penetración considerando un coeficiente de minoración de 50. Las cargas admisibles que se reflejan en ellos son estimaciones de la variación de esta con la profundidad medida sobre el nivel actual del terreno.











4.- APROVECHAMIENTO DE MATERIALES.

En este apartado se van a clasificar los materiales para su posible su aprovechamiento, así como a determinar la adecuación de éstos como integrantes de la explanada

Para ello, se va a partir de las especificaciones contenidas en el artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, más conocido como PG-3 (ORDEN FOM/1382/2002) donde se clasifican los suelos en función de sus características en los siguientes tipos:

| Ensayos de caracterización | | | |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de suelo | Ensayo | Normativa | Restricción |
| Suelo seleccionado | <ul style="list-style-type: none"> · Contenido de materia orgánica oxidable · Contenido de sales solubles · Tamaño máximo de árido · Cernido por tamiz 0,40 mm UNE · Si cernido por tamiz 0,40 mm UNE > 15 %: <ul style="list-style-type: none"> - Cernido por tamiz 2 mm UNE - Cernido por tamiz 0,40 mm UNE - Cernido por tamiz 0,08 mm UNE - Límite líquido - Índice de plasticidad | UNE 103204 UNE 103205 UNE 103101 UNE 103101 UNE 103101 UNE 103101 UNE 103101 UNE 103103 UNE 103103/104 | < 0,2 % < 0,2 % ≤ 100 mm ≤ 15 % < 80 % < 75 % < 25 % < 30 < 10 |
| Suelo adecuado | <ul style="list-style-type: none"> · Contenido de materia orgánica oxidable · Contenido de sales solubles · Tamaño máximo de árido · Cernido por tamiz 2 mm UNE · Cernido por tamiz 0,08 mm · Límite líquido · Si límite líquido > 30, entonces: <ul style="list-style-type: none"> - Índice de plasticidad | UNE 103204 UNE 103205 UNE 103101 UNE 103101 UNE 103101 UNE 103103 UNE 103103/104 | < 1 % < 0,2 % ≤ 100 mm < 80 % < 35 % < 40 > 4 |
| Suelo tolerable | <ul style="list-style-type: none"> · Contenido de materia orgánica oxidable · Contenido de yeso · Contenido de sales solubles · Límite líquido · Si límite líquido > 40, entonces: <ul style="list-style-type: none"> - Índice de plasticidad · Asiento en colapso (proctor normal) · Hinchamiento libre (proctor normal) | UNE 103204 UNE 103206 UNE 103205 UNE 103103 UNE 103103/104 UNE 103406 UNE 103601 | < 2 % < 5 % < 1 % < 65 >0,73(LL-20) < 1% < 3 % |
| Suelo marginal | <ul style="list-style-type: none"> · Contenido de materia orgánica oxidable · Hinchamiento libre (proctor normal) · Si límite líquido > 90, entonces: <ul style="list-style-type: none"> - Índice de plasticidad | UNE 103204 UNE 103601 UNE 103103/104 | < 5 % < 5 % >0,73(LL-20) |
| Suelo inadecuado | <ul style="list-style-type: none"> · No cumplen con las categorías anteriores · Turbas y suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos (tocones, ramas, etc.) · Suelos insalubres para las actividades a desarrollar | | |



Según su calidad para formar explanadas, los suelos se clasifican en: inadecuados, marginales, tolerables, adecuados y seleccionados. Las características que definen cada tipo de suelo quedan reflejadas en la tabla anterior.

De acuerdo con estas condiciones, se han realizado los pertinentes ensayos de laboratorio obteniéndose los siguientes resultados (se debe tener en cuenta que para que un suelo pueda ser clasificado completamente según PG-3 deberá cumplir las prescripciones técnicas indicadas en la tabla anterior):

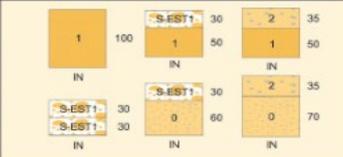
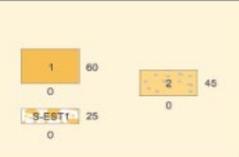
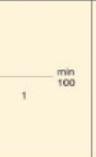
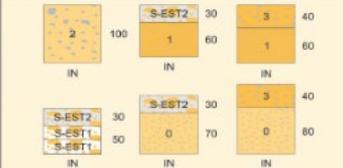
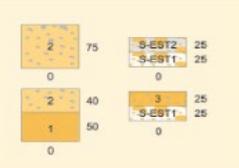
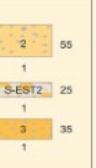
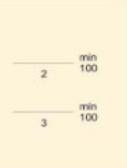
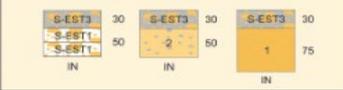
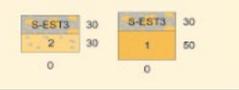
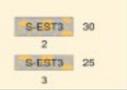
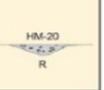
| Parámetro | MA-1 | Unidades |
|---------------------------------|----------------------|----------|
| Materia orgánica | 1,69 | % |
| Sales solubles | 0,377 | % |
| Tamaño máximo del árido | 40 | mm |
| Cernido Tamiz 20 UNE | 77,7 | % |
| Cernido Tamiz 2 UNE | 44,0 | % |
| Cernido Tamiz 0,40 UNE | 36,1 | % |
| Cernido Tamiz 0,080 UNE | 12,3 | % |
| Límite líquido | No plástico | % |
| Índice de plasticidad | No plástico | % |
| LL > 40 ⇒ IP > 0,73 (LL-20) | No plástico | - |
| CLASIFICACIÓN SEGÚN PG-3 | TOLERABLE (*) | - |

(*) Para la completa clasificación faltaría comprobar el asiento en colapso y el hinchamiento libre, pero dado que se trata de un material de naturaleza granular y limoso se entiende que estos ensayos no son necesarios.

En primer lugar, hay que indicar que se debe desestimar la Unidad 0 de tierra vegetal para su uso en explanadas y como parte de terraplenes ya que se considera un suelo INADECUADO por contener materiales orgánicos.

Por otro lado, y a la vista de los resultados obtenidos, la Unidad 1 de gravas calcáreas se puede clasificar como un suelo TOLERABLE y la Unidad 2 de dolomías se puede clasificar como ROCA.

Las secciones de firme que se pueden emplear para la categoría de tráfico pesado y explanada considerada serán las siguientes, en función de lo expuesto en la Norma 6.1 IC aprobada por la ORDEM FOM/3460/2003:

| | | TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO) | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--|
| | | SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN) | SUELOS TOLERABLES (0) | SUELOS ADECUADOS (1) | SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3) | ROCA (R) | |
| CATEGORÍA DE EXPLANADA | E1 $E_{t2} > 100\text{MPa}$ |  |  |  | | | |
| | E2 $E_{t2} \geq 120\text{MPa}$ |  |  |  |  | | |
| | E3 $E_{t2} > 300\text{MPa}$ |  |  |  |  |  | |

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3)

0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3)

1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3)

2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

3 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

S-EST 1 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 2 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 3 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

HM-20 Hormigón (Art. 619 del PG-3)

tipo de material

espesor mínimo en cm

S-EST3 30

2

suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

Formación de explanadas para los distintos tipos de suelos.

En el caso de los suelos TOLERABLES y las ROCAS se precisan las siguientes formaciones de explanadas en función de la categoría que se pretenda conseguir ya sea de tipo E1, E2 o E3:

Para ROCA:

- Explanada E1: define este tipo de explanada por sí misma.
- Explanada E2: define este tipo de explanada por sí misma.
- Explanada E3: disponer en coronación de una capa de hormigón HM-20.



En cambio, los suelos TOLERABLES no definen ningún tipo de explanada por sí mismos, por lo que, para obtener una explanada ya sea de tipo E1, E2 o E3 se recomienda tener en cuenta las siguientes mejoras teniendo en cuenta que todos los espesores que se detallan son los mínimos especificados para cualquier punto de la sección transversal de la explanada:

Para los Suelos TOLERABLES:

- Explanada E1: disponer en coronación 60 cm de suelo adecuado, o bien 45 cm de suelo seleccionado, o bien 25 cm de suelo estabilizado de tipo S-EST1.
- Explanada E2: disponer en coronación 75 cm de suelo seleccionado, o bien 40 cm de un suelo seleccionado sobre 50 cm de un suelo adecuado, o bien 25 cm de un suelo seleccionado con un $CBR \geq 20$ sobre 25 cm de un suelo estabilizado S-EST1.
- Explanada E3: disponer en coronación 30 cm de suelo estabilizado S-EST3 sobre 30 cm de suelo seleccionado, o bien, 30 cm de suelo estabilizado S-EST3 sobre 50 cm de suelo adecuado.

Conviene recordar que la cobertera vegetal reconocida superficialmente en las inspecciones practicadas, así como los rellenos antrópicos, no son aptos en ningún caso para su uso como explanada o material de terraplén, por lo que se recomienda proceder a su eliminación o su sustitución por suelo de características adecuadas en función de las necesidades del proyecto.



5.- CONDICIONES DE EXCAVACIÓN.

En el caso de que por necesidades del proyecto sea necesario la excavación de terreno para la implantación de las diferentes estructuras, se han llevado a cabo varias calicatas en diversos puntos del trazado mediante una máquina retroexcavadora tipo mixta para así poder evaluar la excavabilidad/ripabilidad del terreno existente en el subsuelo.

En cualquier movimiento de tierras, los grados de dificultad en cuanto a excavación se refiere y que pueden presentarse son los siguientes:

| EXCAVABILIDAD | DESCRIPCIÓN |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FÁCIL | Aquellos materiales que se pueden excavar con los métodos tradicionales existentes: pala retroexcavadora o similar. |
| MEDIA | Aquellos materiales en los que para su excavación necesitan el empleo parcial de martillo romperrocas y/o voladuras. |
| DIFÍCIL | Aquellos materiales en los que se necesita el empleo continuado de martillo romperrocas y/o voladuras. |

La caracterización de las condiciones de excavabilidad de cada tipo de terreno que compone la columna estratigráfica del subsuelo se resume en el cuadro siguiente:

| UNIDAD | DENOMINACIÓN | EXCAVABILIDAD |
|----------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unidad 0 | Tierra vegetal | Fácil. Materiales que en general se pueden excavar de manera directa con los métodos tradicionales existentes: pala retroexcavadora o similar. |
| Unidad 1 | Gravas calcáreas | Pueden presentar un rendimiento de excavación bajo por la inestabilidad de la zanja y los sobreechamientos asociados. |
| Unidad 2 | Dolomías | Difícil. Excavación en roca dura. Se precisará de medios de excavación potentes como martillos picadores, voladura o cementos expansivos y cazos especiales para roca. Se deben extremar las medidas de precaución ante la posible presencia de bloques rocosos inestables. |



De manera general en la zona de estudio se ha reconocido una primera capa de cobertera vegetal (Unidad 0) seguida de un nivel de gravas calcáreas con arenas y limos (Unidad 1). Las Unidades 0 y 1 son en principio excavables de manera directa con medios mecánicos al uso al tratarse de niveles de suelos, aunque pueden presentar bajadas de rendimiento de la productividad por la inestabilidad de la zanja o la alta compacidad de las gravas.

Por debajo de estas unidades se localiza la Unidad 2 de roca donde el rendimiento de excavación se prevé muy bajo ya que esta unidad presenta una alta resistencia al arranque precisando medios complementarios como martillos picadores, voladuras y/o cementos expansivos para su aflojamiento y posterior extracción. Son además litologías muy tenaces, duras, groseras y abrasivas por lo que pueden ocasionar desgaste en los útiles de corte y excavación.

Es importante destacar que esta unidad puede presentar bloques inestables en las cortas de excavación debido a la fracturación y diaclasado natural del macizo rocoso.

En definitiva, para la realización de las excavaciones, se recomienda la utilización de maquinaria potente de excavación tipo retroexcavadoras giratorias con cazos especiales para roca ya que con seguridad la cimentación alcanzará niveles de roca muy resistente y abrasiva y con seguridad será necesario el empleo de martillo picador y/o morteros expansivos.

Para evitar daños a lo largo de la vida útil por asientos y por humedad se recomienda el saneo de todo el espesor de suelos blandos y vegetales hasta alcanzar la cota de la Unidad 1 de gravas calcáreas.

El tiempo de exposición de la excavación debe reducirse al mínimo ya que la cohesión que mantiene las paredes de la excavación es sensible a los cambios de humedad tanto al incremento como en desecación.

Una vez alcanzado el fondo de excavación se observará que no existan zonas blandas producidas por acumulaciones de agua o la existencia de materiales muy reblandecidos.



En aquellos casos en los que se requiera una excavación provisional de taludes se recomienda, a modo de criterios generales que, en niveles de rellenos antrópicos, niveles de tierra vegetal o suelos muy sueltos o sin cohesión en los que se pueden producir fenómenos de inestabilidades o desgranos, ejecutar taludes de excavación que respeten la inclinación 1H:1V.

Es decir, los taludes de excavación definitivos se podrán dejar tendidos en torno al 1H:1V de inclinación máxima, ya que están compuestos de terrenos vegetales y gravas calcáreas con arenas, los cuales carecen de cohesión y por lo tanto son altamente inestables.

Para inclinaciones mayores de 1H/1V será preciso establecer medidas de contención, como muros de contención de tierras, pantallas o cualquier otro método que se estime conveniente.

Con estas recomendaciones de seguridad se pretende evitar el riesgo de inestabilidad en la zona de estudio. En cualquier caso, si en el momento de realizar la excavación se observa cualquier fenómeno de inestabilidad (ya sea por presencia de zonas húmedas o cualquier otro condicionante) deberán realizarse las medidas oportunas para garantizar la seguridad de los trabajadores, los equipos y los bienes de propiedades anejas implicados en el proyecto.



6.- CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.

Existen soluciones distintas de cimentación dependiendo si se trata de los paneles fotovoltaicos o de edificaciones auxiliares para las salas de control o el centro de transformación. Los paneles pueden ir hincados en el terreno o cimentados superficialmente mediante zapatas corridas. En cambio, para las edificaciones auxiliares habría que realizar una cimentación mediante losa o zapatas empotradas en el terreno natural.

6.1.- CIMENTACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.

6.1.1.- Cimentación mediante hincado directo.

La cimentación de las estructuras fotovoltaicas mediante hincado directo consiste en el hincado directo de los perfiles metálicos a profundidades que oscilan entre 1,5 y 2,5 metros.

En este caso, la transmisión de cargas de los perfiles metálicos se realizaría al sustrato rocoso dolomítico de la Unidad geotécnica 2, que aparece a partir de 1,00 metro de profundidad.

Según los datos obtenidos, el hincado directo no parece factible en ningún punto de la parcela debido a la presencia de bolos y fragmentos de roca, siendo necesario realizar pretaladro previo a la hinca para ablandar el terreno y facilitar el hincado.

Para el cálculo de la carga admisible del terreno sobre el que apoya la cimentación se va a considerar la resistencia unitaria de los terrenos que compongan el fuste del pilote en función de la caracterización del terreno y de los espesores detectados.

Para el cálculo justificativo de la carga admisible de los perfiles metálicos se van a asimilar a un pilote aislado hincado por lo que se utilizará la metodología basada en el método del SPT indicada en el DB SE-C del Código Técnico de la Edificación.

El pilote trabajo por fuste y por punta, según la ecuación general de la carga admisible:

$$R_{ck} = \frac{R_{fk}}{F_f} + \frac{R_{pk}}{F_p}$$

Siendo:

- R_{ck} : resistencia frente a la carga vertical del pilote aislado que produce el hundimiento.
- R_{fk} : resistencia que se supone soportada por fuste cuya expresión es: $R_{fk} = \int_0^L \tau_f \cdot A_f \cdot dz$.
- R_{pk} : resistencia que se supone soportada por punta cuya expresión es: $R_{pk} = q_p \cdot A_p$.
- τ_f : resistencia unitaria de hundimiento por fuste.
- q_p : resistencia unitaria de hundimiento por punta.
- A_f : área del fuste.
- A_p : área de la punta.
- F_f : factor de seguridad de la resistencia por fuste (igual a 3).
- F_p : factor de seguridad de la resistencia por punta (igual a 3).

Debido a que el área de la sección de los perfiles es muy pequeña, únicamente se van a considerar los valores de la resistencia por fuste, τ_f , despreciando la contribución de la resistencia por punta, q_p .

Para la resistencia por fuste se van a considerar todos los tramos por debajo de la tierra vegetal, a la que no se le puede asignar una resistencia por fuste dada su escasa compactación.

El cálculo de la resistencia unitaria en fuste para los suelos granulares se realiza en función de la siguiente expresión:

$$\tau_f (KPa) = 2,5 \cdot N_{SPT} \cdot F$$

Siendo:

- τ_f = Resistencia unitaria en punta suelos granulares.
- N_{SPT} = Valor medio de N_{SPT} del tramo atravesado.
- F = factor de reducción que para pilotes metálicos es igual a 0,8.

Los valores que se recomienda tomar para τ_f en cada nivel son los siguientes conforme a una sección tipo del terreno en la zona más desfavorable para situar el cálculo del lado de la seguridad:

| Unidad geotécnica | Espesor (m) | Resistencia unitaria por fuste (KPa) τ_f |
|---------------------------|-------------|-----------------------------------------------|
| Unidad 0 Tierra vegetal | 0,20 | 0 KPa |
| Unidad 1 Gravas calcáreas | 0,50 | 40 KPa |
| Unidad 2 Dolomías | > 5,00 | 96 KPa |

Las resistencias admisibles por fuste se determinan a partir de las resistencias por fuste últimas, minoradas por un coeficiente de seguridad, F_f . Este coeficiente es de 3 para el fuste.

Así, para un pilote se alcanzan distintos valores según su longitud de empotramiento y diámetro que deberán contrastarse con el tope estructural del pilote el cual depende del tipo de ejecución y diámetro:

$$R_{ck} = \frac{R_{fk}}{F_f} = \tau_f \cdot A_f \cdot L$$

Los valores del tope estructural se adoptarán de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_{tope} = \sigma \cdot A$$

Siendo:

- σ = la tensión del pilote en MPa, la cual para pilotes hincados metálicos es: $\sigma = 0,30 \cdot f_{yk}$.
- f_{yk} = el límite elástico del acero.
- A = el área de la sección transversal.



6.1.2.- Cimentación mediante zapatas corridas.

En el caso de que no se considere factible realizar pretaladro para hincar los perfiles, estos se podrían cimentar mediante zapatas corridas.

Para este supuesto, se aconseja ejecutar las cimentaciones de manera inmediata a la excavación de los cajeados de las zapatas para evitar alterar las condiciones de humedad y resistencia de los materiales de apoyo.

Para esta tipología de cimentación se estima necesario que se evite el apoyo sobre los terrenos vegetales de la Unidad 0 con el fin de evitar riesgos de asiento, lavado del apoyo y descalce de la cimentación.

Por tanto, la cimentación habrá de situarse en la Unidad 1 de gravas calcáreas. Esta unidad presenta una capacidad portante suficiente y se comporta de forma eficiente frente a una cimentación directa mediante zapatas aisladas y/o corridas.

Se recomienda siempre establecer la cimentación sobre una única unidad homogénea, evitando el apoyo mixto entre diferentes unidades ya que induciría a asientos diferenciales y daños estructurales por lo que se recomienda la sobrexcautación del suelo hasta llegar a la misma unidad en toda la superficie de apoyo, rellenando con hormigón de limpieza la diferencia de cotas entre distintos puntos de apoyo de la cimentación.

En cualquier caso, la cimentación se instalará realizando un cajeadado para alcanzar la parte sana de la Unidad 1 de tal manera que el espesor del canto quede empotrado por completo en el terreno natural.

Esta Unidad 1 se sitúa a una profundidad del orden de 0,50 metro bajo la superficie actual del terreno a fecha de realización de los reconocimientos. Como quiera que esta profundidad pudiera variar, se recomienda, en fase de obra, la auscultación de los cajeados para corroborar que se ha alcanzado dicha unidad en la base del cajeadado o pozo.



Dependiendo de los trabajos de explanación y de las características definitivas de la planta, estas profundidades son orientativas y pudieran precisar la ejecución de pozos de cimentación en algunas zonas. Por tanto, el criterio que ha de prevalecer para el apoyo será el de alcanzar el terreno natural y no una cota o una profundidad.

A continuación, se van a ofrecer los datos de carga admisible de manera general para esta Unidad 1 de gravas calcáreas. Se recomienda en todo caso retirar de la base de las cimentaciones el espesor correspondiente a los suelos muy flojos de la Unidad 0.

Para las cargas de servicio y acciones previstas se estima necesario y suficiente una cimentación directa mediante zapatas corridas, que apoyarán de manera homogénea sobre los materiales de la Unidad 1 de gravas calcáreas a una profundidad de 0,50 metros por debajo de la superficie actual del terreno y, si es posible, nunca a menor profundidad ya que pueden generarse asientos diferenciales, dada la escasa resistencia y alta deformabilidad de la Unidad 0 y del tramo más superficial y alterado de la Unidad 1.

Para el cálculo de la carga admisible del terreno sobre el que apoyará la cimentación se va a considerar, del lado de la seguridad, a la Unidad 1 como un suelo granular medianamente denso.

Para el cálculo de la carga admisible de terrenos granulares como son las gravas calcáreas se va a aplicar la formulación aportada en Código Técnico de la Edificación (CTE), indicando que en suelos granulares la presión vertical admisible de servicio suele encontrarse limitada por condiciones de asiento, pudiendo utilizarse la siguiente expresión siguiente, siempre y cuando no se excedan los 25 mm. de asiento. Teniendo así:

$$\text{Para } B < 1,20 \text{ m: } q_{adm} = 12 \cdot N_{SPT} \cdot \left(1 + \frac{D}{3 \cdot B}\right) \cdot \left(\frac{S_t}{25}\right) = \text{KN}/\text{m}^2$$

$$\text{Para } B > 1,20 \text{ m: } q_{adm} = 8 \cdot N_{SPT} \cdot \left(1 + \frac{D}{3 \cdot B}\right) \cdot \left(\frac{S_t}{25}\right) \cdot \left(\frac{B+0,3}{B}\right)^2 = \text{KN}/\text{m}^2$$



Siendo q_{adm} la presión vertical admisible de servicio dada en KN/m^2 , S_t el asiento tolerable en milímetros, N_{SPT} es el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, o bien el homólogo de los ensayos penetrométricos tipo DPSH, en la zona de influencia de la cimentación, B y D son el ancho y el empotramiento o canto enterrado de la cimentación respectivamente, tanto B como D tienen que estar en metros.

Para este caso, aplicando un ancho de cimentación variable con zapatas corridas desde 0,80 hasta 1,00 metros emplazadas a partir de 0,50 metros de profundidad y estimando un empotramiento de 0,40 metros, para un asiento de 25 mm, admisible para el tipo de estructura, se obtiene una carga admisible genérica del orden de $2,50 \text{ kg/cm}^2$ para zapatas empotradas sobre los materiales de la Unidad 1.

La carga admisible del terreno no deberá ser superada por la carga de servicio transmitida por la estructura proyectada ($\sigma_{trabajo} < \sigma_{admisible}$).

Se recomienda en cualquier caso que las zapatas se empotren en la Unidad 1 todo el espesor de su canto en todo el perímetro de la zapata y una anchura de hasta 1,00 metro de lado.



6.2.- CIMENTACIÓN DE EDIFICIOS AUXILIARES.

En el caso de necesitar la construcción de casetas para la sala de control, el centro de transformación u otros servicios y suponiendo que estas casetas no se plantean con sótanos, se propone como solución de cimentación una cimentación directa mediante losa o zapatas aisladas apoyadas sobre la Unidad 1 de gravas calcáreas, situadas a 0,50 metros de profundidad desde la superficie actual. Como quiera que esta profundidad pudiera variar, se recomienda, en fase de obra, la auscultación de los cajeados para corroborar que se ha alcanzado dicha unidad en la base del cajeadado o pozo.

6.2.1.- Recomendaciones generales.

Se aconseja ejecutar las cimentaciones de manera inmediata a la excavación de los cajeados de la cimentación para evitar alterar las condiciones de humedad y resistencia de los materiales presentes en el subsuelo.

Para la cimentación de la edificación se estima necesario que la cimentación evite el apoyo sobre los terrenos vegetales de la Unidad 0 con el fin de evitar riesgos de asiento, lavado del apoyo y descalce de la cimentación.

Por tanto, la cimentación habrá de situarse en la Unidad 1 de gravas calcáreas. Esta unidad presenta una capacidad portante suficiente y se comporta de forma eficiente frente a una cimentación directa mediante zapatas aisladas y/o corridas.

Se recomienda siempre establecer la cimentación sobre una única unidad homogénea, evitando el apoyo mixto entre diferentes unidades ya que induciría a asientos diferenciales y daños estructurales por lo que se recomienda la sobreexcavación del suelo hasta llegar a la misma unidad en toda la superficie de apoyo, rellenando con hormigón de limpieza la diferencia de cotas entre distintos puntos de apoyo de la cimentación.



En cualquier caso, la cimentación se instalará realizando un cajeadado para alcanzar la parte sana de la Unidad 1 de tal manera que el espesor del canto quede empotrado por completo en el terreno natural.

Esta Unidad 1 se sitúa a una profundidad del orden de 0,50 metro bajo la superficie actual del terreno a fecha de realización de los reconocimientos. Como quiera que esta profundidad pudiera variar, se recomienda, en fase de obra, la auscultación de los cajeadados para corroborar que se ha alcanzado dicha unidad en la base del cajeadado o pozo.

Dependiendo de los trabajos de explanación y de las características definitivas de la edificación, estas profundidades son orientativas. Por tanto, el criterio que ha de prevalecer para el apoyo será el de alcanzar el terreno natural y no una cota o una profundidad.

Se van a plantear dos soluciones de cimentación aunque, en cualquier caso, la cimentación se instalará realizando un cajeadado para alcanzar la parte sana del terreno natural de tal manera que el espesor del canto de la cimentación quede empotrado por completo en este.

6.2.2.- Cimentación mediante losa.

Se propone como posible solución de cimentación de las edificaciones auxiliares una cimentación directa mediante losa armada apoyada sobre los materiales de la Unidad 1 de gravas calcáreas a una profundidad de en torno a 0,50 metros por debajo de la superficie actual de la parcela.

En el caso de ejecutar una cimentación mediante una losa, ésta deberá abarcar todos los apoyos de la estructura.

La excavación para la ejecución de la losa deberá realizarse en una anchura ligeramente superior a la de las dimensiones de esta (al menos 50 cm en cada lado), de manera que la limpieza de las esquinas y el recubrimiento de la armadura queden garantizados.



Para los cálculos de carga admisible para losas en suelos granulares se va a emplear la formulación empleada por Bowles (1996) con una restricción en el asiento y despreciando el empotramiento del canto de la losa:

$$q_{adm} = \frac{N_{SPT}}{0,08} \cdot \left(\frac{S}{25}\right) \cdot K_d \text{ (KPa)}$$

Siendo:

Q_{adm} , la carga admisible en KPa.

$K_d = 1 + 0,33 D/B \leq 1,33$.

D, el canto de la losa.

B, el ancho de la losa.

S, el asiento máximo (mm).

Considerando el caso de una losa con unas dimensiones de 10 x 8 metros y un canto de 0,40 metros, se obtiene, para un golpeo de N_{SPT} medio de 20 para los suelos sobre los que apoyará la losa y un asiento de 2,00 cm, una carga admisible por hundimiento del orden de 2,00 kg/cm².

Se recomienda en cualquier caso que la losa se empotre en la Unidad 1 todo el espesor de su canto en todo el perímetro de la losa.

La carga admisible del terreno no deberá ser superada por la carga de servicio transmitida por la estructura proyectada ($\sigma_{trabajo} < \sigma_{admisible}$), aunque se estima que la carga de servicio de este tipo de edificación sobre una losa de reparto será mucho menor que la admisible y por tanto adecuada.

El valor del coeficiente de Balasto para una placa de 30x30 cm para el cálculo estructural de una hipotética losa apoyada sobre las gravas calcáreas de la Unidad 1 (según valores orientativos de Terzaghi *et al.* 1955) es de:

$$K_{30} = 120,0 \text{ MN/m}^3$$

Es decir, equiparable al de una grava de compacidad media. Si bien su compacidad puede ser algo mayor, en aras de una mayor seguridad se realizan los cálculos con un valor de escasa compacidad.



Este valor debe ser corregido debido a las dimensiones reales de la cimentación. Para ello Terzaghi (1955) propuso las siguientes formulaciones para extrapolar los valores de K_{30} a:

- Losas rectangulares:

$$K = \frac{2}{3} \cdot K_{30} \cdot \left(1 + \frac{B}{2 \cdot L}\right)$$

- Losas o zapatas cuadradas:

- En suelos cohesivos:

$$K = K_{30} \cdot \left(\frac{0,3}{B}\right)$$

- En suelos granulares:

$$K = K_{30} \cdot \left(\frac{B + 0,3}{2 \cdot B}\right)^2$$

Por tanto, para una losa rectangular de 10 metros de longitud (L) y un ancho de 8 m (B), el valor del módulo de balasto K es de:

$$K = 112 \text{ MN/m}^3$$

6.2.3.- Cimentación mediante zapatas.

Otra posible solución de cimentación de las edificaciones auxiliares es una cimentación directa mediante zapatas aisladas apoyadas sobre los materiales de la Unidad 1 de gravas calcáreas a una profundidad de en torno a 0,50 metros por debajo de la superficie actual de la parcela.

Para el cálculo de la carga admisible de terrenos granulares como son las gravas calcáreas se va a aplicar la formulación aportada en Código Técnico de la Edificación (CTE), indicando que en suelos granulares la presión vertical admisible de servicio suele encontrarse limitada por condiciones de asiento, pudiendo utilizarse la siguiente expresión siguiente, siempre y cuando no se excedan los 25 mm. de asiento. Teniendo así:



$$\text{Para } B < 1,20 \text{ m: } q_{adm} = 12 \cdot N_{SPT} \cdot \left(1 + \frac{D}{3 \cdot B}\right) \cdot \left(\frac{S_t}{25}\right) = \text{KN}/\text{m}^2$$

$$\text{Para } B > 1,20 \text{ m: } q_{adm} = 8 \cdot N_{SPT} \cdot \left(1 + \frac{D}{3 \cdot B}\right) \cdot \left(\frac{S_t}{25}\right) \cdot \left(\frac{B+0,3}{B}\right)^2 = \text{KN}/\text{m}^2$$

Siendo q_{adm} la presión vertical admisible de servicio dada en KN/m^2 , S_t el asiento tolerable en milímetros, N_{SPT} es el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, o bien el homólogo de los ensayos penetrométricos tipo DPSH, en la zona de influencia de la cimentación, B y D son el ancho y el empotramiento o canto enterrado de la cimentación respectivamente, tanto B como D tienen que estar en metros.

Para este caso, aplicando un ancho de cimentación variable con zapatas aisladas desde 1,00 hasta 1,50 metros emplazadas a partir de 0,50 metros de profundidad y estimando un empotramiento de 0,40 metros, para un asiento de 25 mm, admisible para el tipo de estructura, se obtiene una carga admisible genérica del orden de $2,50 \text{ kg}/\text{cm}^2$ para zapatas empotradas sobre los materiales de la Unidad 1.

La carga admisible del terreno no deberá ser superada por la carga de servicio transmitida por la estructura proyectada ($\sigma_{trabajo} < \sigma_{admisible}$).

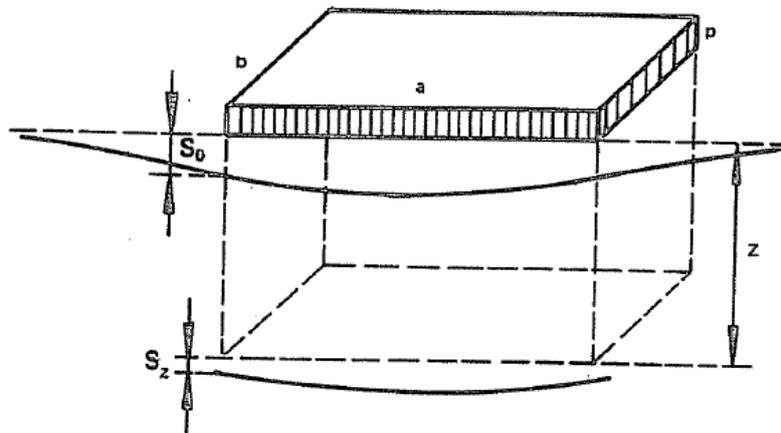
Se recomienda en cualquier caso que las zapatas se empotren en la Unidad 1 todo el espesor de su canto en todo el perímetro de la zapata y una anchura de hasta 1,50 metro de lado.

6.3.- CÁLCULO DE ASIENTOS

Es importante comprobar que las cargas transmitidas por la cimentación no se encuentren limitadas por los asientos que se puedan generar en el terreno como consecuencia de la sobrecarga ejercida por las edificaciones. Para la obtención de estos resultados, se ha limitado el asiento total admisible para zapatas a 2,5 cm y para losas a 5,0 cm. Complementariamente se ha considerado un asiento diferencial máximo de 1/500.

A continuación, se va a realizar el cálculo de asientos que para las cargas anteriormente calculadas la cimentación va a ocasionar.

Los cálculos de asientos se van a realizar empleando el método elástico multicapa de Steinbrenner (1934) en el que se supone que el suelo por debajo del cimientado se comporta como un cuerpo elástico y en el que se calcula el asiento de un punto situado a una profundidad z bajo la esquina de un rectángulo cargado uniformemente.



Esquema de asentamientos bajo una capa elástica superficial.

Si se denomina s_z al asiento que experimentaría este punto en el caso de profundidad indefinida del terreno compresible, se puede admitir que el asiento en la esquina, para el caso de profundidad z de la capa compresible es:

$$\Delta s = s_0 - s_z$$

Siendo s_0 el asiento de la superficie en el caso de profundidad indefinida.



De este modo, el desplazamiento vertical o asiento de una capa de espesor finito bajo una esquina de un cimiento rectangular bajo una carga uniforme es, según Steinbrenner (1934):

$$s_0 = \frac{q \cdot B}{E} \cdot (1 - \nu^2) \cdot I_p \quad s_z = \frac{q \cdot B}{2 \cdot E} \cdot (M\phi_{1(A,B,z)} - N\phi_{2(A,B,z)})$$

Donde:

- q: carga aplicada.
- A: largo de la cimentación.
- B: ancho de la cimentación.
- E: módulo de elasticidad.
- ν : coeficiente de Poisson.
- I_p : factor de influencia.
- $M = 1 - \nu^2$
- $N = 1 - \nu - 2\nu^2$
- ϕ_1 y ϕ_2 : funciones de m y n.
- $m = A/B$; $n = z/B$.



A continuación, se va a exponer el caso más desfavorable y conforme a estos supuestos definir los diferentes parámetros que se van a utilizar en los materiales sobre los que apoyarán las cimentaciones de los diferentes elementos proyectados y estimar el asiento que se va a producir.

Los parámetros medios utilizados en los niveles geotécnicos por debajo de la cota de cimentación para el cálculo aproximado de los asientos se han obtenido consultando la bibliografía vigente según las características geotécnicas de cada nivel y correlacionándolos con los ensayos de campo y utilizando el perfil más desfavorable para situarse siempre del lado de la seguridad en la zona de peores resultados.

| NIVEL GEOTÉCNICO | ESPESOR BAJO LA CIMENTACIÓN (m) | E (kg/cm ²) | ν |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------|
| UNIDAD 1. GRAVAS CALCÁREAS | 0,50 | 180 | 0,30 |
| UNIDAD 2. DOLOMIÁS | > 10,00 | 1500 | 0,15 |

La Unidad geotécnica 0 ha sido omitida en esta modelización del asiento ya que se entiende que en esta solución ha sido saneada y retirada de las zonas de apoyo de la cimentación. Por otra parte, la estimación de la profundidad del estrato rígido se sitúa a más del doble de la anchura de la cimentación.

De este modo se han obtenido asientos medios inferiores a 1 pulgada (25,4 mm) para el caso más desfavorable previsible de zapatas aisladas cuadradas de 1,50 metros de lado y apoyadas sobre la Unidad 1 de gravas calcáreas para una carga transmitida de 2,50 Kg/cm² anteriormente calculada y para zapatas corridas de 100 x 1,0 m para las mismas condiciones.

Igualmente, se han obtenido asientos medios inferiores a 2 pulgadas (50,8 mm) para el caso más desfavorable previsible de una losa de 10 metros de largo y 8 metros de ancho apoyada sobre la Unidad 1 de gravas calcáreas para una carga transmitida mayorada hasta la carga admisible de 2,00 Kg/cm² anteriormente calculada y muy superior a la estimable como la carga de servicio real.



Estos asientos pueden considerarse admisibles para la tipología de estructura proyectada, pero siempre es recomendable homogeneizar las dimensiones de las zapatas en todos los apoyos para evitar producir asientos diferenciales lo que podría ocasionar distorsiones angulares de las estructuras aun contando con vigas rigidizadoras o riostras entre los apoyos.

Se estima que la distorsión angular que se producirá por un asiento diferencial entre zapatas cuadradas aisladas y corridas tendría escaso efecto en la estructura, aunque se deberá comprobar el diferencial del asiento con las distancias en planta entre las distintas zapatas para comprobar que se encuentra dentro del rango admisible.

De esta forma, se ha podido comprobar que la tensión admisible de trabajo para una cimentación mediante zapatas no está limitada por asientos totales sino por la capacidad portante del terreno.

Al final del informe, en el Anejo 6, se adjuntan los cálculos justificativos realizados.



7.- CONCLUSIONES.

En la Parcela 5028 del Polígono 16 del término municipal de Tobarra (Albacete) localizada en la falda suroeste del Cerrito de la Plata se prevé la construcción de una planta solar fotovoltaica de 550 kW.

Las investigaciones geotécnicas llevadas a cabo han manifestado que el terreno de la zona de estudio presenta las siguientes unidades geotécnicas:

- Unidad 0. Tierra vegetal. Arenas con limos y gravas dispersas de compacidad suelta y tonalidad marrón oscuro con un alto contenido de materia orgánica y escasa capacidad portante que muestran un espesor del orden de 0,20 metros.
- Unidad 1. Gravas calcáreas. Gravas y cantos calcáreos blanquecinos englobados dentro de una matriz areno-limosa de grano medio a grueso y de compacidad medianamente densa a densa. Este nivel aparece a 0,20 metros de profundidad desde la superficie de la parcela, presentando un espesor inferior al metro de potencia.
- Unidad 2. Dolomías (Roca media-dura). Alternancia de dolomías y calizas de tonos crema a blanquecinos, los cuales presentan un alto grado de fracturación. Este nivel aparece por debajo de la unidad de gravas a una profundidad máxima de 1,00 metro y, una vez alcanzada, su espesor se estima en varios centenares de metros.

Según el mapa de peligrosidad sísmica y de acuerdo con la norma NCSE-02 la localidad de Tobarra presenta un valor de aceleración sísmica básica de 0,07 g y un coeficiente de contribución de $K = 1,0$.

Según el Mapa de exposición Potencial de Radón del CSN la zona de estudio se sitúa en la Zona 0 y presenta un valor de exposición potencial al radón de 101-200 Bq/m³.

La clase de exposición, según el Código Estructural a la que va a verse sometido el hormigón de las cimentaciones es la XC2 con un entorno húmedo, raramente seco debido a que la cimentación se situará por encima del nivel freático.



De acuerdo con la norma DIN 50929-3, la agresividad de los suelos al acero galvanizado de los perfiles metálicos se clasifica como débilmente agresiva por lo que se deberá estimar por parte del Director del Proyecto o el suministrador de los perfiles si el grado de corrosión del terreno es suficiente como para recomendar el revestimiento de estos con el fin de proteger estas estructuras metálicas frente a los fenómenos de corrosión durante la vida útil de la instalación fotovoltaica.

No se ha detectado el nivel freático a la profundidad alcanzada en ninguna de las prospecciones realizadas por lo que no se espera que interfiera para la construcción de la planta fotovoltaica ni para la ejecución de las cimentaciones.

De cara a su posible aprovechamiento hay que indicar que se debe desestimar la Unidad 0 de tierra vegetal para su uso en explanadas y como parte de terraplenes ya que se considera un suelo INADECUADO por contener materiales orgánicos. Por otro lado, y a la vista de los resultados obtenidos, la Unidad 1 de gravas calcáreas se puede clasificar como un suelo TOLERABLE y la Unidad 2 de dolomías se puede clasificar como ROCA.

La caracterización de las condiciones de excavabilidad de cada tipo de terreno que compone la columna estratigráfica del subsuelo se resume en el cuadro siguiente:

| UNIDAD | DENOMINACIÓN | EXCAVABILIDAD |
|----------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unidad 0 | Tierra vegetal | Fácil. Materiales que en general se pueden excavar de manera directa con los métodos tradicionales existentes: pala retroexcavadora o similar. |
| Unidad 1 | Gravas calcáreas | Pueden presentar un rendimiento de excavación bajo por la inestabilidad de la zanja y los sobrecargos asociados. |
| Unidad 2 | Dolomías | Difícil. Excavación en roca dura. Se precisará de medios de excavación potentes como martillos picadores, voladura o cementos expansivos y cazos especiales para roca. Se deben extremar las medidas de precaución ante la posible presencia de bloques rocosos inestables. |



Los taludes de excavación definitivos para alturas de excavación de hasta 2,00 metros se podrán dejar tendidos en torno al 1H:1V de inclinación máxima, ya que están compuestos por terrenos vegetales y gravas calcáreas a esas cotas, los cuales carecen de cohesión y por lo tanto son altamente inestables.

Existen soluciones distintas de cimentación dependiendo si se trata de los paneles fotovoltaicos o de posibles edificaciones auxiliares para las salas de control o el centro de transformación. Los paneles pueden ir hincados en el terreno o cimentados superficialmente mediante zapatas corridas. En cambio, para las edificaciones auxiliares habría que realizar una cimentación mediante losa o zapatas empotradas en el terreno natural.

CIMENTACIÓN DE LOS PERFILES METÁLICOS

- **Hincado directo**

La cimentación de las estructuras fotovoltaicas mediante hincado directo consiste en el hincado directo de los perfiles metálicos a profundidades que oscilan entre 1,5 y 2,5 metros.

Según los datos obtenidos, el hincado directo no parece factible en ningún punto de la parcela debido a la presencia de bolos y fragmentos de roca, siendo necesario realizar pretaladro previo a la hinca para ablandar el terreno y facilitar el hincado.

Para el cálculo justificativo de la carga admisible de los perfiles metálicos se van a asimilar a un pilote aislado hincado por lo que se utilizará la metodología basada en el método del SPT indicada en el DB SE-C del Código Técnico de la Edificación.

Debido a que el área de la sección de los perfiles es muy pequeña, únicamente se van a considerar los valores de la resistencia por fuste, τ_f , despreciando la contribución de la resistencia por punta, q_p .



| Unidad geotécnica | Espesor (m) | Resistencia unitaria por fuste (KPa) τ_f |
|---------------------------|-------------|-----------------------------------------------|
| Unidad 0 Tierra vegetal | 0,20 | 0 KPa |
| Unidad 1 Gravas calcáreas | 0,50 | 40 KPa |
| Unidad 2 Dolomías | > 5,00 | 96 KPa |

Las resistencias admisibles por fuste se determinan a partir de las resistencias por fuste últimas, minoradas por un coeficiente de seguridad, F_f . Este coeficiente es de 3 para el fuste.

- **Zapatas corridas**

En el caso de que no se considere factible realizar pretaladro para hincar los perfiles, estos se podrían cimentar mediante zapatas corridas.

Para esta tipología de cimentación se estima necesario que se evite el apoyo sobre los terrenos vegetales de la Unidad 0 con el fin de evitar riesgos de asiento, lavado del apoyo y descalce de la cimentación.

Por tanto, la cimentación habrá de situarse en la Unidad 1 de gravas calcáreas. Esta unidad presenta una capacidad portante suficiente y se comporta de forma eficiente frente a una cimentación directa mediante zapatas aisladas y/o corridas.

Para este caso, aplicando un ancho de cimentación variable con zapatas corridas desde 0,80 hasta 1,00 metros emplazadas a partir de 0,50 metros de profundidad y estimando un empotramiento de 0,40 metros, para un asiento de 25 mm, admisible para el tipo de estructura, se obtiene una carga admisible genérica del orden de 2,50 kg/cm² para zapatas empotradas sobre los materiales de la Unidad 1.

La carga admisible del terreno no deberá ser superada por la carga de servicio transmitida por la estructura proyectada ($\sigma_{trabajo} < \sigma_{admisible}$).



Se recomienda en cualquier caso que las zapatas se empotren en la Unidad 1 todo el espesor de su canto en todo el perímetro de la zapata y una anchura de hasta 1,00 metro de lado.

CIMENTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES AUXILIARES

- **Losa armada**

Se propone como posible solución de cimentación de las edificaciones auxiliares una cimentación directa mediante losa armada apoyada sobre los materiales de la Unidad 1 de gravas calcáreas a una profundidad del orden de 0,50 metros por debajo de la superficie actual de la parcela.

Considerando el caso de una losa con unas dimensiones de 10 x 8 metros y un canto de 0,40 metros emplazada a partir de 0,50 metros de profundidad, una carga admisible por hundimiento del orden de 2,00 kg/cm².

La carga admisible del terreno no deberá ser superada por la carga de servicio transmitida por la estructura proyectada ($\sigma_{trabajo} < \sigma_{admisible}$), aunque se estima que la carga de servicio de este tipo de edificación sobre una losa de reparto será mucho menor que la admisible y por tanto adecuada.

El valor del coeficiente de Balasto para una placa de 30x30 cm para el cálculo estructural de una hipotética losa apoyada sobre las gravas calcáreas de la Unidad 1 (según valores orientativos de Terzaghi *et al.* 1955) es de $K_{30} = 120 \text{ MN/m}^3$.

- **Zapatas aisladas**

Otra posible solución de cimentación de las edificaciones auxiliares es una cimentación directa mediante zapatas aisladas apoyadas sobre los materiales de la Unidad 1 de gravas calcáreas a una profundidad del orden de 0,50 metros por debajo de la superficie actual de la parcela.



Para este caso, aplicando un ancho de cimentación variable con zapatas aisladas desde 1,00 hasta 1,50 metros emplazadas a partir de 0,50 metros de profundidad y estimando un empotramiento de 0,40 metros, para un asiento de 25 mm, admisible para el tipo de estructura, se obtiene una carga admisible genérica del orden de 2,50 kg/cm² para zapatas empotradas sobre los materiales de la Unidad 1.

La carga admisible del terreno no deberá ser superada por la carga de servicio transmitida por la estructura proyectada ($\sigma_{trabajo} < \sigma_{admisible}$).

Se recomienda en cualquier caso que las zapatas se empotren en la Unidad 1 todo el espesor de su canto en todo el perímetro de la zapata y una anchura de hasta 1,50 metro de lado.

De este modo se han obtenido asientos medios inferiores a 1 pulgada (25,4 mm) para el caso más desfavorable previsible de zapatas aisladas cuadradas de 1,50 metros de lado y apoyadas sobre la Unidad 1 de gravas calcáreas para una carga transmitida de 2,50 Kg/cm² anteriormente calculada y para zapatas corridas de 100 x 1,0 m para las mismas condiciones.

Igualmente, se han obtenido asientos medios inferiores a 2 pulgadas (50,8 mm) para el caso más desfavorable previsible de una losa de 10 metros de largo y 8 metros de ancho apoyada sobre la Unidad 1 de gravas calcáreas para una carga transmitida mayorada hasta la carga admisible de 2,00 Kg/cm² anteriormente calculada y muy superior a la estimable como la carga de servicio real.

Estos asientos pueden considerarse admisibles para la tipología de estructura proyectada.

Debe tenerse en cuenta que los trabajos y ensayos realizados son reconocimientos puntuales por lo que en su correlación hay un cierto grado de extrapolación, pudiendo haber ligeras variaciones en cuanto a la profundidad de apariciones de los distintos niveles.

En cualquier caso, la solución y tipo de cimentación a adoptar debe quedar al criterio de la Dirección del Proyecto.

Se adjuntan los siguientes Anejos:

ANEJO 1. Ubicación de la zona de estudio y de los trabajos de campo.

ANEJO 2. Mapa geológico de la zona de estudio.

ANEJO 3. Columnas litológicas de las calicatas.

ANEJO 4. Diagrafías de los ensayos de penetración dinámica.

ANEJO 5. Perfil geológico-geotécnico.

ANEJO 6. Cálculos justificativos.

ANEJO 7. Ensayos de laboratorio.

El presente informe consta de setenta y seis (76) páginas numeradas, así como de siete (7) anejos.

En Albacete, a 23 de mayo de 2.023.

Firmado: Silvia Rodríguez Gómez

Geóloga

**Máster en Ingeniería Hidráulica y
Medio Ambiente**

N.º de Colegiada: 7.510

Firmado: Manuel Martín Paramio

Geólogo

**Máster en Geología y Gestión
Ambiental de los Recursos Minerales**

N.º de Colegiado: 7.798

Los resultados de este informe se basan en reconocimientos puntuales que sólo afectan a las muestras y puntos ensayados, pudiendo haber ligeras variaciones en cuanto a lo descrito en este informe fuera dichos puntos.

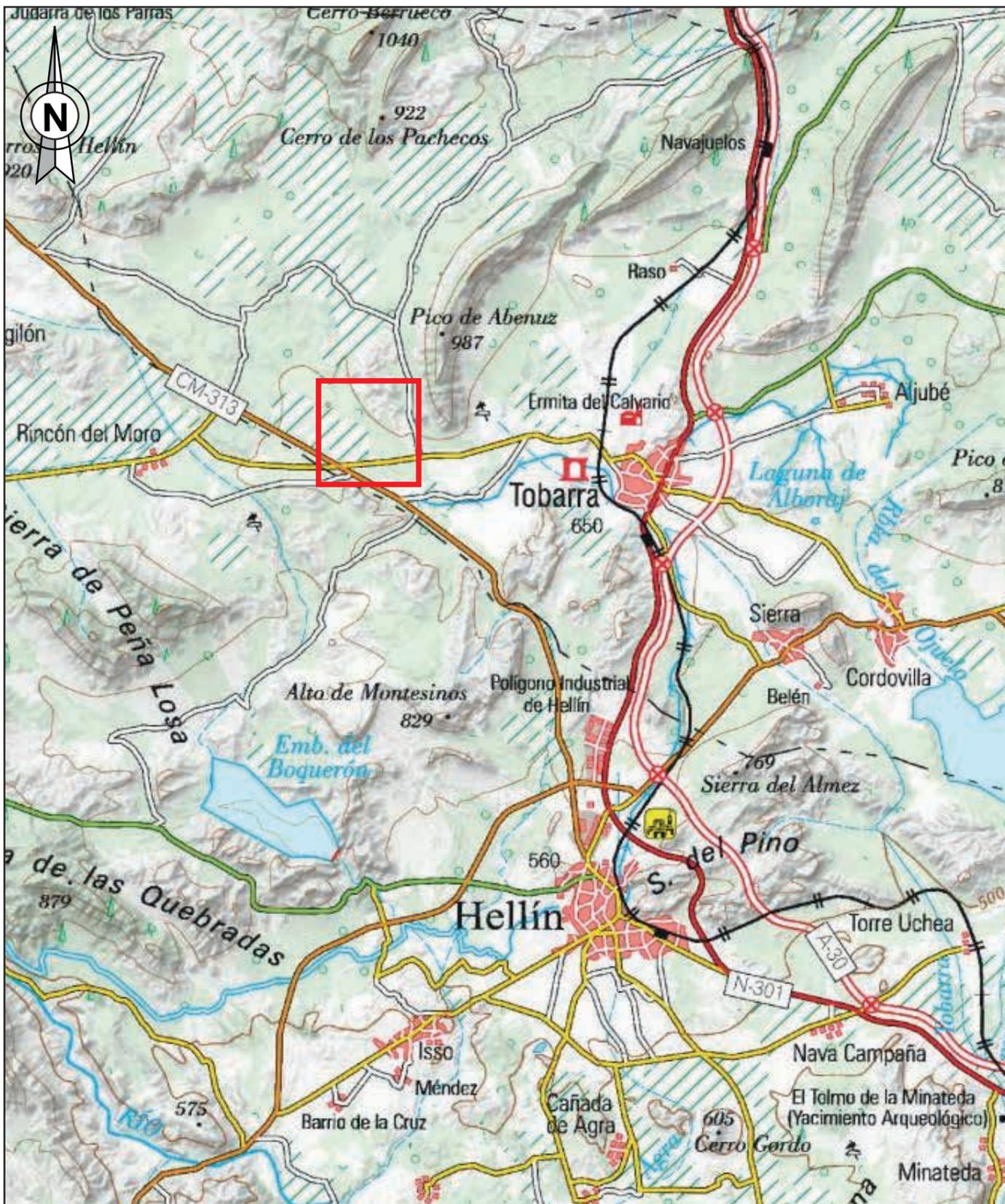
Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de sus autores.



ANEJOS



ANEJO 1. SITUACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y UBICACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.



PROYECTO:
 ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN
 DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA
 EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

Peticionario: Comunidad Regantes Abenuj

Plano 01: Ubicación de la zona de estudio.

Fecha: Mayo de 2.023.

Manuel Martín Paramio
 Geólogo
 Máster en Geología
 Nº de Colegiado 7.798



Leyenda de Símbolos



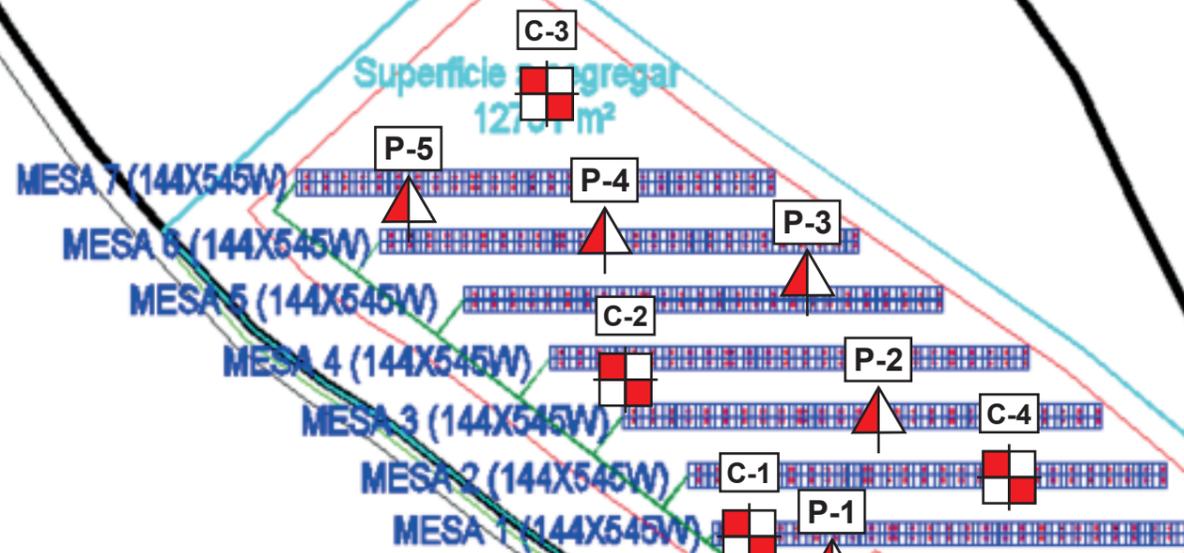
Sondeo



Calicata



Ensayo DPSH



02074A01605027
8032m²
ZBE

02074A01605028
Superficie 247.948m²



PROYECTO:

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

Peticionario: Comunidad Regantes Abenuj

Plano 02: Ubicación de las prospecciones.

Fecha: Mayo de 2.023.

Manuel Martín Paramio

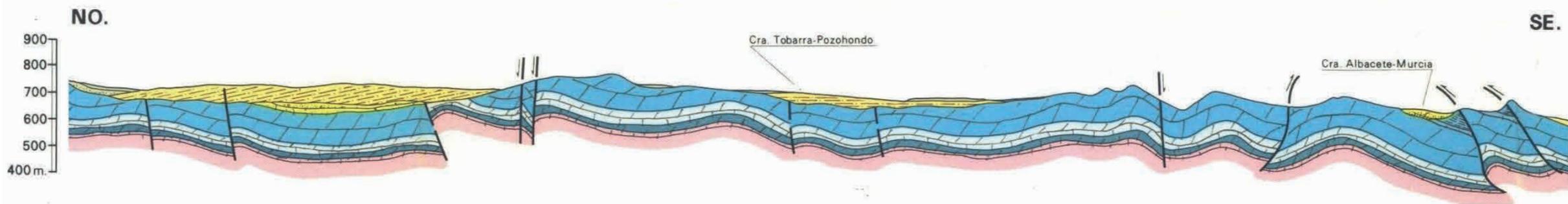
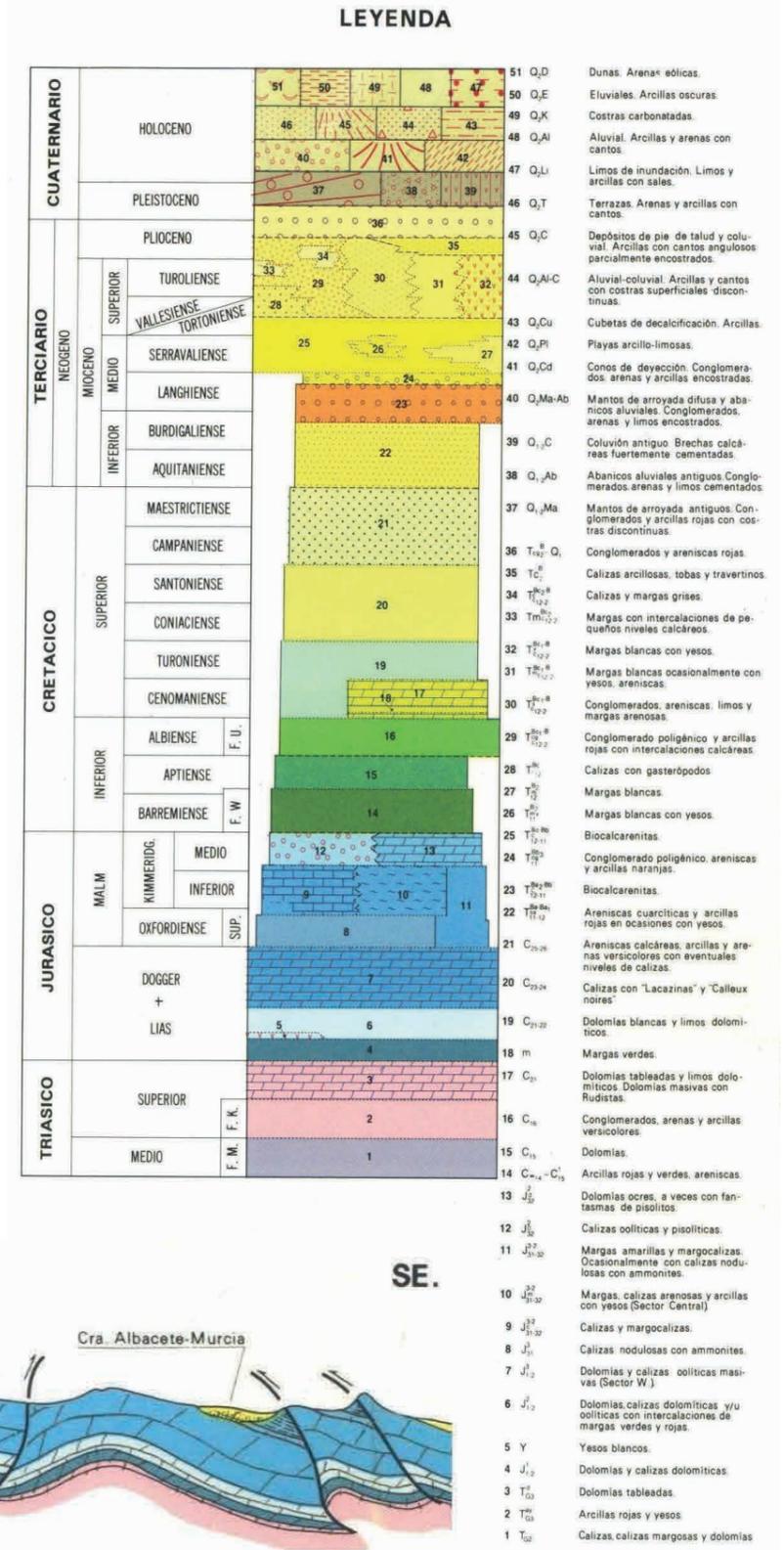
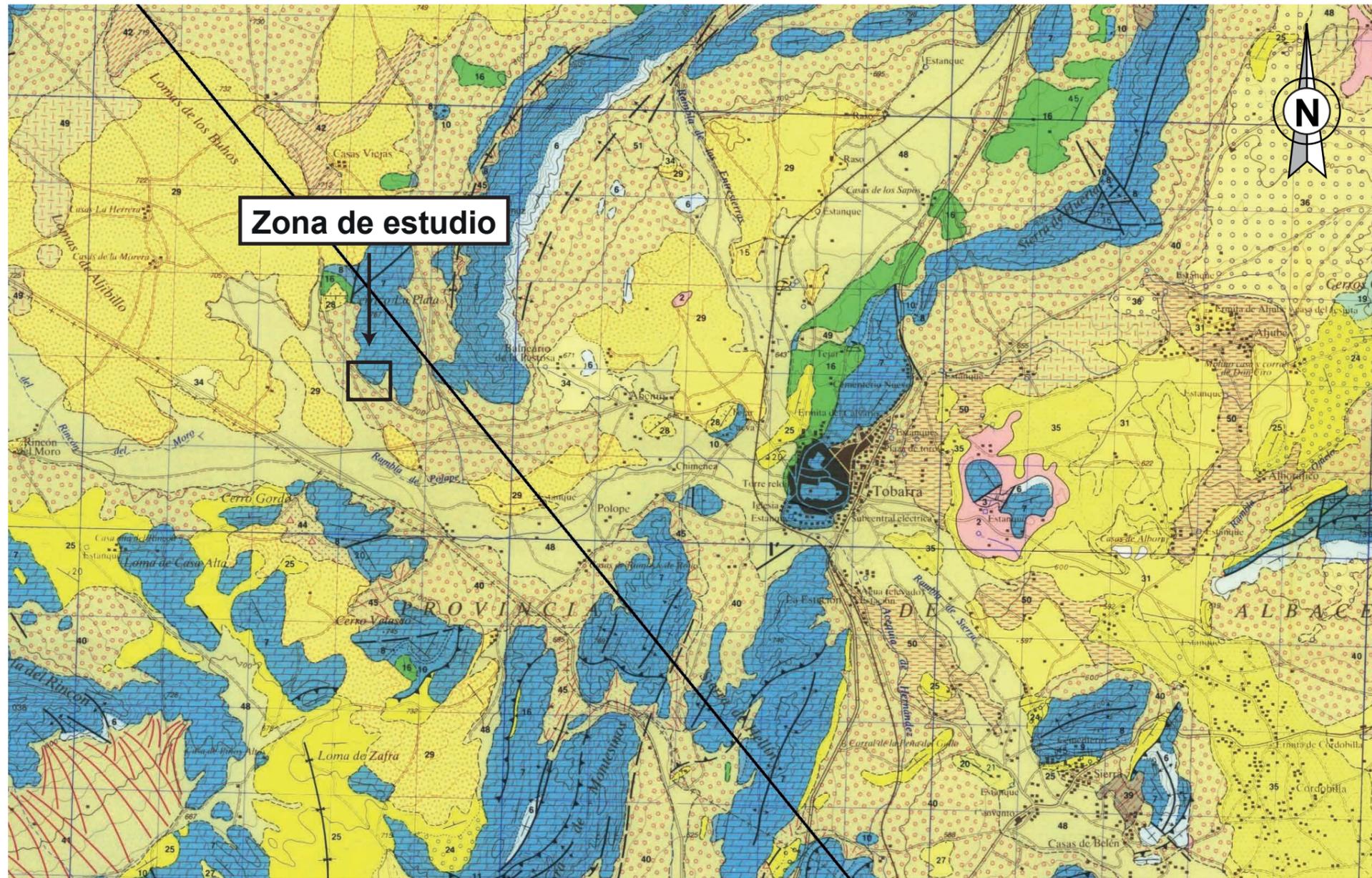
Geólogo

Máster en Geología

Nº de Colegiado 7.798



ANEJO 2. MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.



PROYECTO:
 ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

Peticionario: Comunidad Regantes Abenuj
Plano 03: Mapa geológico.
Fecha: Mayo de 2.023.

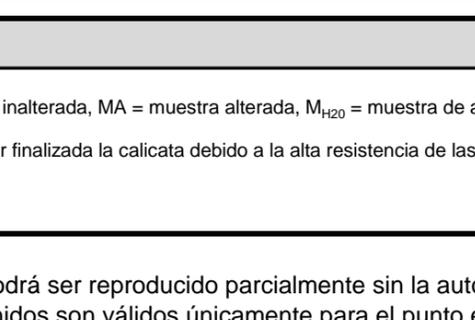
Manuel Martín Paramio
 Geólogo
 Máster en Geología
 N° de Colegiado 7.798



ANEJO 3. COLUMNAS LITOLÓGICAS DE LAS CALICATAS

INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------|
|  | REF. EXPEDIENTE: | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | C-1 |
| | PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | CALICATA MECÁNICA | |
| | OBRA: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO DE EXCAVACIÓN: | RETROEXCAVADORA MIXTA | |
| | DIRECCIÓN: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | MODELO: | HIDROMEK HMK 102B | |
| | LOCALIDAD (PROVINCIA): | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 1,10 metros | |

| CALICATA MECÁNICA | | ASTM D2488-17e1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|-------|------|------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|----------|---------------------------------|----------|------|------------------------|--------|----------|---------------|---------------------------------|
| Profundidad (m) | Columna estratigráfica | Descripción litológica | Fotografías | Profundidad del nivel freático (m) | Tipo de muestra (a) | Profundidad (m) | Resistencia a la excavación | | | | Grado de estabilidad de las paredes | | | | Filtraciones (Bieniawski, 1989) | | | Ensayos <i>in situ</i> | | | | |
| | | | | | | | Baja | Media | Alta | No ripable | Estable | Caída de material | Caída de bloques | Descalce | Rotura circular | Desplome | Seco | Ligeram. húmedo | Húmedo | Goteando | Agua fluyendo | Vane test (kg/cm ²) |
| 0,00 | | 0,00 - 0,25 m.- Tierra vegetal. Actual. Cobertera vegetal compuesta por arenas limosas con gravas calcáreas dispersas de compacidad floja. La matriz areno-limosa presenta una tonalidad marrón oscuro y las gravas calcáreas son blanquecinas a grisáceas. Presentan un alto contenido orgánico y nula capacidad portante, se encuentran ligeramente húmedas. |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20 | | 0,25 - 0,80 m.- Gravas calcáreas arenosas. Abanico aluvial. Holoceno. Conglomerado de gravas y cantos de matriz areno-limosa de tonalidad blanquecina. Los cantos y gravas en su mayor parte son subredondeados a subangulosos y heterométricos, generalmente de tipo calcáreo y litología calizo-dolomítica, obedeciendo su composición a los materiales que constituyen el área madre (Cerrito de la Plata y Sierra del Abenuj). Presentan una compacidad medianamente densa a densa y la escasa proporción de finos tienen caracter no plástico. Se encuentran secas, aunque parecen presentar una permeabilidad alta. |  | | MA | -0,50 | | | | | | | | | | | | | | | | Si |
| 0,40 | | 0,80 - 1,10 m.- Dolomías y calizas. Roca media-dura. Jurásico. Dolomías romboédricas de color gris blanquecino con intercalaciones de calizas oolíticas de estratificación masiva cuyo espesor puede alcanzar los 200 metros. Presenta una resistencia alta y un grado de meteorización II-III en sus tramos más superficiales. Se encuentran secas, aunque pueden presentar una alta permeabilidad por fracturación y karstificación. |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Si |
| 0,60 | | Fin de la calicata a 1,10 metros de profundidad (b) <i>Nivel freático no detectado a 8 de mayo de 2023</i> |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| COORDENADAS UTM DE LA CALICATA | |
|---------------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.476 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.289 |
| Cota (m.s.n.m.): | 697,4 |

| OBSERVACIONES |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (a) Tipo de muestras: MI = muestra inalterada, MA = muestra alterada, M _{H2O} = muestra de agua, MBQ: muestra de un bloque de roca |
| (b) Motivo de finalización: se da por finalizada la calicata debido a la alta resistencia de las calizas y dolomías que imposibilita el avance de la excavación con métodos convencionales de movimiento de tierras. |
| (c) Incidencias/Otros: - |

INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------|
|  | REF. EXPEDIENTE: | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | C-2 |
| | PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | CALICATA MECÁNICA | |
| | OBRA: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO DE EXCAVACIÓN: | RETROEXCAVADORA MIXTA | |
| | DIRECCIÓN: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | MODELO: | HIDROMEK HMK 102B | |
| | LOCALIDAD (PROVINCIA): | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 0,80 metros | |

| CALICATA MECÁNICA | | ASTM D2488-17e1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|-------|------|------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|----------|---------------------------------|----------|------|------------------------|--------|----------|---------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Profundidad (m) | Columna estratigráfica | Descripción litológica | Fotografías | Profundidad del nivel freático (m) | Tipo de muestra (a) | Profundidad (m) | Resistencia a la excavación | | | | Grado de estabilidad de las paredes | | | | Filtraciones (Bieniawski, 1989) | | | Ensayos <i>in situ</i> | | | | | |
| | | | | | | | Baja | Media | Alta | No ripable | Estable | Caída de material | Caída de bloques | Descalce | Rotura circular | Desplome | Seco | Ligeram. húmedo | Húmedo | Goteando | Agua fluyendo | Vane test (kg/cm ²) | Penetrómetro (kg/cm ²) |
| 0,00 | | 0,00 - 0,20 m.- Tierra vegetal. Actual. Cobertera vegetal compuesta por arenas limosas con gravas calcáreas de compacidad floja. Presentan un alto contenido orgánico y nula capacidad portante, se encuentran ligeramente húmedas. |    | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20 | | 0,20 - 0,60 m.- Gravas calcáreas arenosas. Abanico aluvial. Holoceno. Conglomerado de gravas y cantos de matriz areno-limosa de tonalidad blanquecina. Los cantos y gravas en su mayor parte son subredondeados a subangulosos y heterométricos, generalmente de tipo calcáreo y litología calizo-dolomítica, obedeciendo su composición a los materiales que constituyen el área madre (Cerrito de la Plata y Sierra del Abenuj). Presentan una compacidad medianamente densa a densa y la escasa proporción de finos tienen caracter no plástico. Se encuentran secas, aunque parecen presentar una permeabilidad alta. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Si |
| 0,60 | | 0,60 - 0,80 m.- Dolomías y calizas. Roca media-dura. Jurásico. Dolomías romboédricas de color gris blanquecino con intercalaciones de calizas oolíticas de estratificación masiva cuyo espesor puede alcanzar los 200 metros. Presenta una resistencia alta y un grado de meteorización II-III. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Si |
| 0,80 | | Fin de la calicata a 0,80 metros de profundidad (b) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,40 | | | <i>Nivel freático no detectado a 8 de mayo de 2023</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| COORDENADAS UTM DE LA CALICATA | |
|---------------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.448 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.321 |
| Cota (m.s.n.m.): | 697,9 |

| OBSERVACIONES |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(a) Tipo de muestras: MI = muestra inalterada, MA = muestra alterada, M_{H2O} = muestra de agua, MBQ: muestra de un bloque de roca</p> <p>(b) Motivo de finalización: se da por finalizada la calicata debido a la alta resistencia de las calizas y dolomías que imposibilita el avance de la excavación con métodos convencionales de movimiento de tierras.</p> <p>(c) Incidencias/Otros: -</p> |

INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------|
|  | REF. EXPEDIENTE: | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | C-3 |
| | PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | CALICATA MECÁNICA | |
| | OBRA: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO DE EXCAVACIÓN: | RETROEXCAVADORA MIXTA | |
| | DIRECCIÓN: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | MODELO: | HIDROMEK HMK 102B | |
| | LOCALIDAD (PROVINCIA): | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 0,90 metros | |

| CALICATA MECÁNICA | | ASTM D2488-17e1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|-------|------|------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|----------|---------------------------------|----------|------|------------------------|--------|----------|---------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Profundidad (m) | Columna estratigráfica | Descripción litológica | Fotografías | Profundidad del nivel freático (m) | Tipo de muestra (a) | Profundidad (m) | Resistencia a la excavación | | | | Grado de estabilidad de las paredes | | | | Filtraciones (Bieniawski, 1989) | | | Ensayos <i>in situ</i> | | | | | |
| | | | | | | | Baja | Media | Alta | No ripable | Estable | Caída de material | Caída de bloques | Descalce | Rotura circular | Desplome | Seco | Ligeram. húmedo | Húmedo | Goteando | Agua fluyendo | Vane test (kg/cm ²) | Penetrómetro (kg/cm ²) |
| 0,00 | | 0,00 - 0,20 m.- Tierra vegetal. Actual. Cobertera vegetal compuesta por arenas limosas con gravas calcáreas de compacidad floja. Presentan un alto contenido orgánico y nula capacidad portante, se encuentran ligeramente húmedas. |    | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20 | | 0,20 - 0,70 m.- Gravas calcáreas arenosas. Abanico aluvial. Holoceno. Conglomerado de gravas y cantos de matriz areno-limosa de tonalidad blanquecina. Los cantos y gravas en su mayor parte son subredondeados a subangulosos y heterométricos, generalmente de tipo calcáreo y litología calizo-dolomítica, obedeciendo su composición a los materiales que constituyen el área madre (Cerrito de la Plata y Sierra del Abenuj). Presentan una compacidad medianamente densa a densa y la escasa proporción de finos tienen caracter no plástico. Se encuentran secas, aunque parecen presentar una permeabilidad alta. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Si | |
| 0,80 | | 0,70 - 0,90 m.- Dolomías y calizas. Roca media-dura. Jurásico. Dolomías romboédricas de color gris blanquecino con intercalaciones de calizas oolíticas de estratificación masiva cuyo espesor puede alcanzar los 200 metros. Presenta una resistencia alta y un grado de meteorización II-III. Se encuentran secas, aunque pueden presentar una alta permeabilidad. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Si |
| 1,00 | | Fin de la calicata a 0,90 metros de profundidad (b) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,20 | | <i>Nivel freático no detectado a 8 de mayo de 2023</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| COORDENADAS UTM DE LA CALICATA | |
|---------------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.435 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.368 |
| Cota (m.s.n.m.): | 699,3 |

| OBSERVACIONES |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(a) Tipo de muestras: MI = muestra inalterada, MA = muestra alterada, M_{H2O} = muestra de agua, MBQ: muestra de un bloque de roca</p> <p>(b) Motivo de finalización: se da por finalizada la calicata debido a la alta resistencia de las calizas y dolomías que imposibilita el avance de la excavación con métodos convencionales de movimiento de tierras.</p> <p>(c) Incidencias/Otros: -</p> |

INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------|
|  | REF. EXPEDIENTE: | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | C-4 |
| | PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | CALICATA MECÁNICA | |
| | OBRA: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO DE EXCAVACIÓN: | RETROEXCAVADORA MIXTA | |
| | DIRECCIÓN: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | MODELO: | HIDROMEK HMK 102B | |
| | LOCALIDAD (PROVINCIA): | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 0,50 metros | |

| CALICATA MECÁNICA | | ASTM D2488-17e1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|-------|------|------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|----------|---------------------------------|----------|------|-----------------|--------|------------------------|---------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----|
| Profundidad (m) | Columna estratigráfica | Descripción litológica | Fotografías | Profundidad del nivel freático (m) | Tipo de muestra (a) | Profundidad (m) | Resistencia a la excavación | | | | Grado de estabilidad de las paredes | | | | Filtraciones (Bieniawski, 1989) | | | | | Ensayos <i>in situ</i> | | | | | |
| | | | | | | | Baja | Media | Alta | No ripable | Estable | Caída de material | Caída de bloques | Descalce | Rotura circular | Desplome | Seco | Ligeram. húmedo | Húmedo | Goteando | Agua fluyendo | Vane test (kg/cm ²) | Penetrómetro (kg/cm ²) | Ca(CO) ₃ (Reacción HCl) | |
| 0,00 | | 0,00 - 0,10 m.- Tierra vegetal. Actual. Arenas limosas con gravas calcáreas de compacidad floja. |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20 | | 0,10 - 0,30 m.- Gravas calcáreas arenosas. Abanico aluvial. Holoceno. Conglomerado de gravas y cantos de matriz areno-limosa. Los cantos y gravas son de tipo calcáreo. Presentan una compacidad medianamente densa a densa y la escasa proporción de finos tienen carácter no plástico. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Si |
| 0,40 | | 0,30 - 0,50 m.- Dolomías y calizas. Roca media-dura. Jurásico. Dolomías romboédricas de color gris blanquecino con intercalaciones de calizas oolíticas de estratificación masiva cuyo espesor puede alcanzar los 200 metros. Presenta una resistencia alta y un grado de meteorización II-III. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Si |
| 0,60 | | Fin de la calicata a 0,50 metros de profundidad (b) |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,40 | | <i>Nivel freático no detectado a 8 de mayo de 2023</i> |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| COORDENADAS UTM DE LA CALICATA | |
|---------------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.512 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.310 |
| Cota (m.s.n.m.): | 699,2 |

| OBSERVACIONES |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(a) Tipo de muestras: MI = muestra inalterada, MA = muestra alterada, M_{H2O} = muestra de agua, MBQ: muestra de un bloque de roca</p> <p>(b) Motivo de finalización: se da por finalizada la calicata debido a la alta resistencia de las calizas y dolomías que imposibilita el avance de la excavación con métodos convencionales de movimiento de tierras.</p> <p>(c) Incidencias/Otros: -</p> |



ANEJO 4. DIAGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.

INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"



| | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|
| REF. EXPEDIENTE: PETICIONARIO: OBRA: DIRECCIÓN: LOCALIDAD (PROVINCIA): | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | ENSAYO: P-1 |
| | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | DPSH-B | |
| | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO UTILIZADO: | AMK TEC 10.2 | |
| | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | FABRICANTE: | TECOPSA | |
| | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 0,78 metros | |

ENSAYO DE PENETRACION DINÁMICA (DPSH-B)

UNE-EN ISO 22476-2

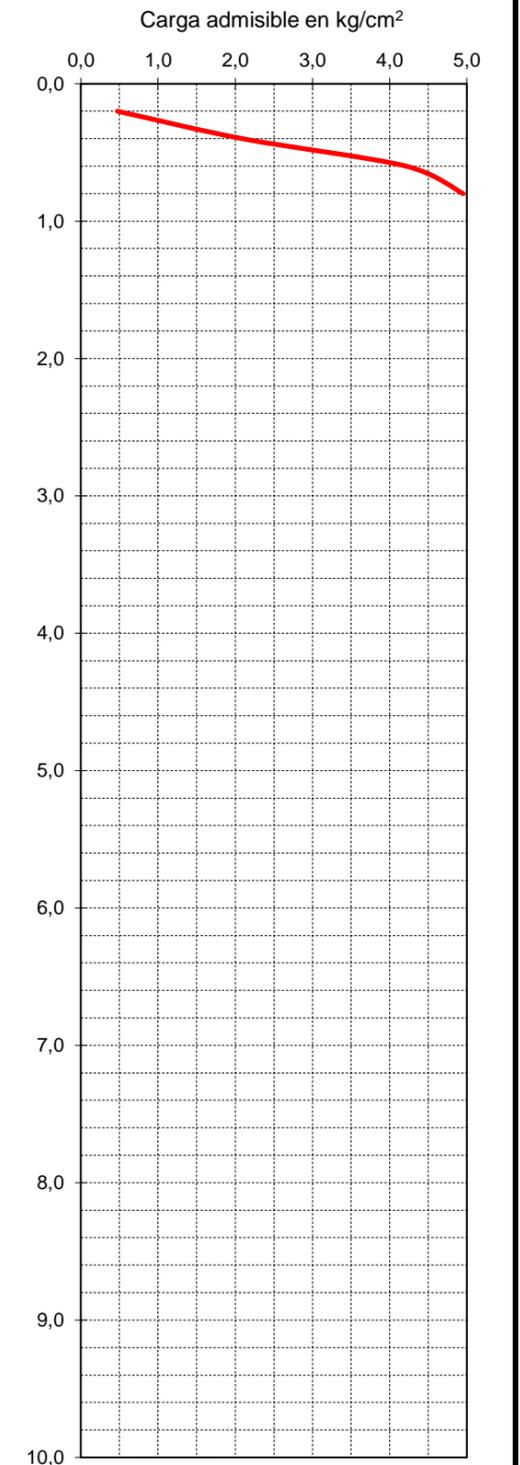
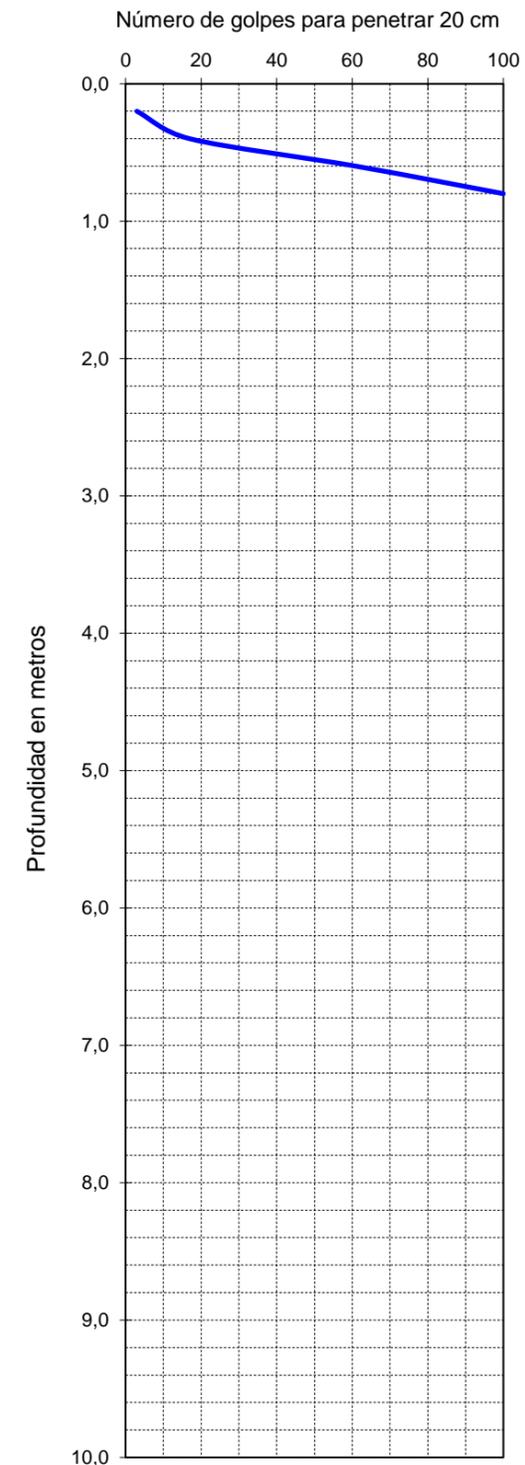
| DATOS DEL EQUIPO UTILIZADO | |
|----------------------------------------------|----------------------|
| Peso de la maza (kg): | 63,5 kg |
| Altura de caída (cm): | 76,3 cm |
| Diámetro del varillaje (mm): | 32,0 mm |
| Peso del varillaje (kg/m): | 6,20 kg/m |
| Tipo de puntaza cilindrocónica: | Perdida |
| Superficie de la puntaza (cm ²): | 19,5 cm ² |
| Diámetro de la puntaza (mm): | 49,8 mm |
| Peso de los accesorios (kg): | 1,50 kg |

| COORDENADAS UTM DEL ENSAYO | |
|----------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.483 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.290 |
| Cota (m.s.n.m.): | 697,5 |



| OBSERVACIONES |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>La fórmula aplicada para el cálculo de la resistencia dinámica por punta (σ_d) es la publicada por H. Bolomey Frazer en la Revista del Servicio Geológico de Obras Públicas en diciembre de 1971. La carga admisible (σ_{adm}) se obtiene dividiendo la resistencia por punta dinámica entre 50.</i></p> |

| Profundidad (metros) | Golpeo N ₂₀ | σ_d (kg/cm ²) | σ_{adm} (kg/cm ²) | Par de torsión (N·m) |
|----------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 0,20 | 3 | 23,72 | 0,47 | < 50 |
| 0,40 | 17 | 104,84 | 2,10 | |
| 0,60 | 61 | 210,77 | 4,22 | |
| 0,80 | 100 | 247,61 | 4,95 | |
| 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 | | | | |



INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|
|  | REF. EXPEDIENTE: | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | ENSAYO: P-2 |
| | PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | DPSH-B | |
| | OBRA: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO UTILIZADO: | AMK TEC 10.2 | |
| | DIRECCIÓN: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | FABRICANTE: | TECOPSA | |
| | LOCALIDAD (PROVINCIA): | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 1,25 metros | |

ENSAYO DE PENETRACION DINÁMICA (DPSH-B)

UNE-EN ISO 22476-2

| DATOS DEL EQUIPO UTILIZADO | |
|----------------------------------------------|----------------------|
| Peso de la maza (kg): | 63,5 kg |
| Altura de caída (cm): | 76,3 cm |
| Diámetro del varillaje (mm): | 32,0 mm |
| Peso del varillaje (kg/m): | 6,20 kg/m |
| Tipo de puntaza cilindrocónica: | Perdida |
| Superficie de la puntaza (cm ²): | 19,5 cm ² |
| Diámetro de la puntaza (mm): | 49,8 mm |
| Peso de los accesorios (kg): | 1,50 kg |

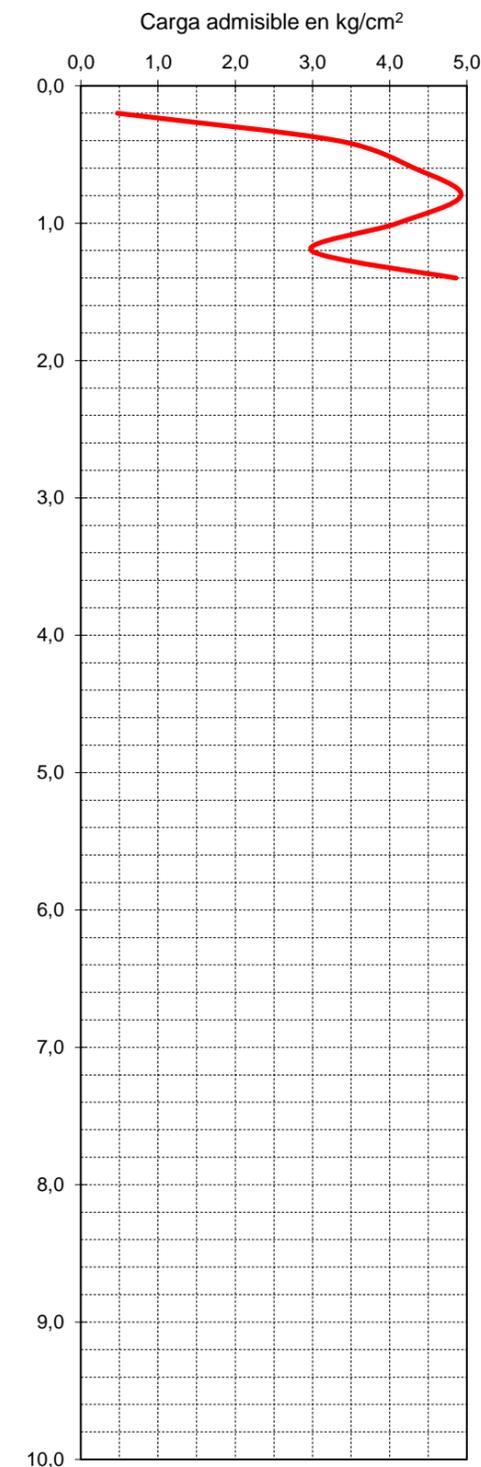
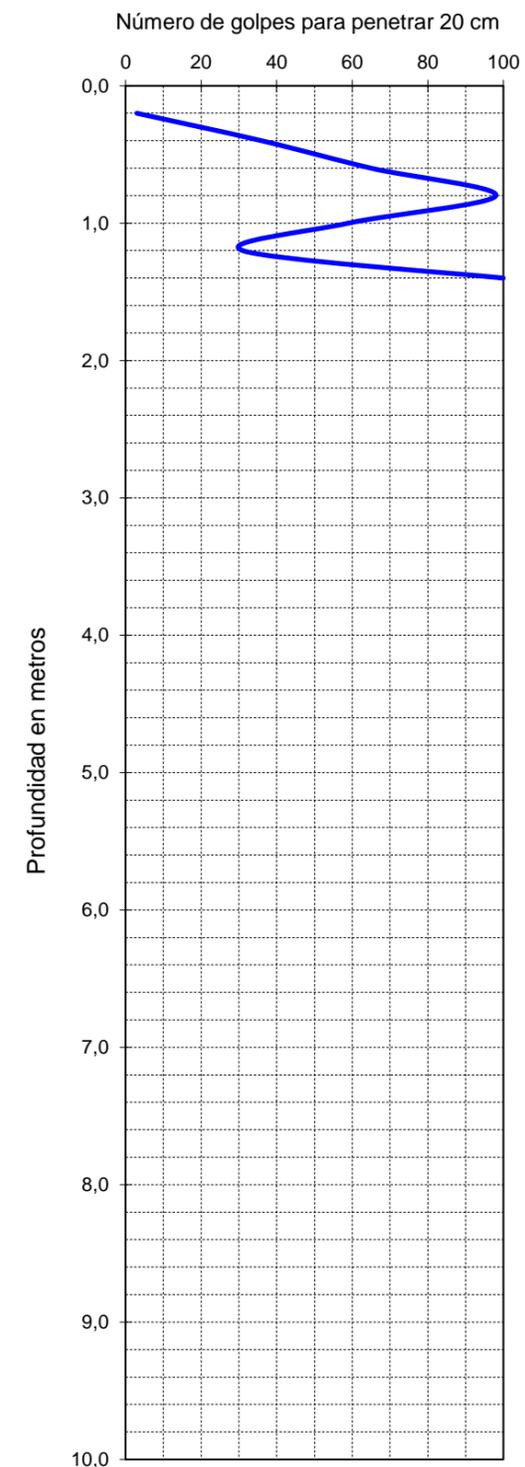
| COORDENADAS UTM DEL ENSAYO | |
|----------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.487 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.317 |
| Cota (m.s.n.m.): | 698,8 |



OBSERVACIONES

La fórmula aplicada para el cálculo de la resistencia dinámica por punta (σ_d) es la publicada por H. Bolomey Frazer en la Revista del Servicio Geológico de Obras Pública en diciembre de 1971. La carga admisible (σ_{adm}) se obtiene dividiendo la resistencia por punta dinámica entre 50.

| Profundidad (metros) | Golpeo N ₂₀ | σ_d (kg/cm ²) | σ_{adm} (kg/cm ²) | Par de torsión (N·m) |
|----------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 0,20 | 3 | 23,72 | 0,47 | < 50 |
| 0,40 | 36 | 166,44 | 3,33 | |
| 0,60 | 65 | 216,03 | 4,32 | |
| 0,80 | 98 | 246,17 | 4,92 | |
| 1,00 | 59 | 205,25 | 4,10 | |
| 1,20 | 31 | 149,42 | 2,99 | |
| 1,40 | 100 | 242,92 | 4,86 | |
| 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 | | | | |



INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"



| | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|
| REF. EXPEDIENTE: | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | ENSAYO: P-3 |
| PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | DPSH-B | |
| OBRA: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO UTILIZADO: | AMK TEC 10.2 | |
| DIRECCIÓN: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | FABRICANTE: | TECOPSA | |
| LOCALIDAD (PROVINCIA): | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 0,95 metros | |

ENSAYO DE PENETRACION DINÁMICA (DPSH-B)

UNE-EN ISO 22476-2

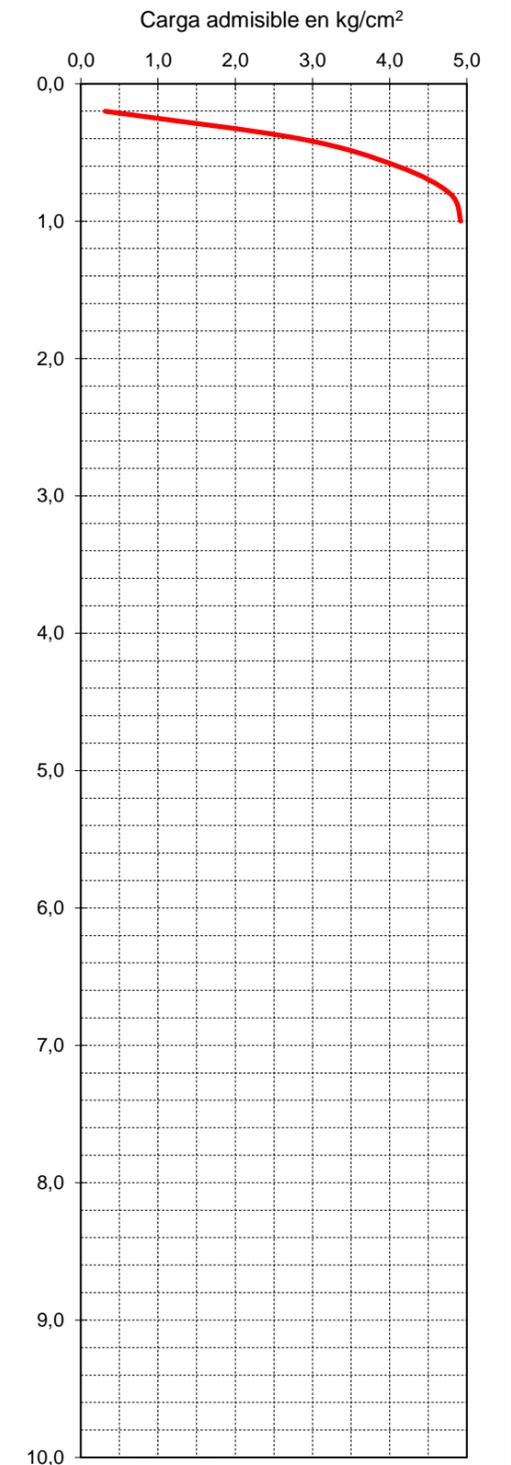
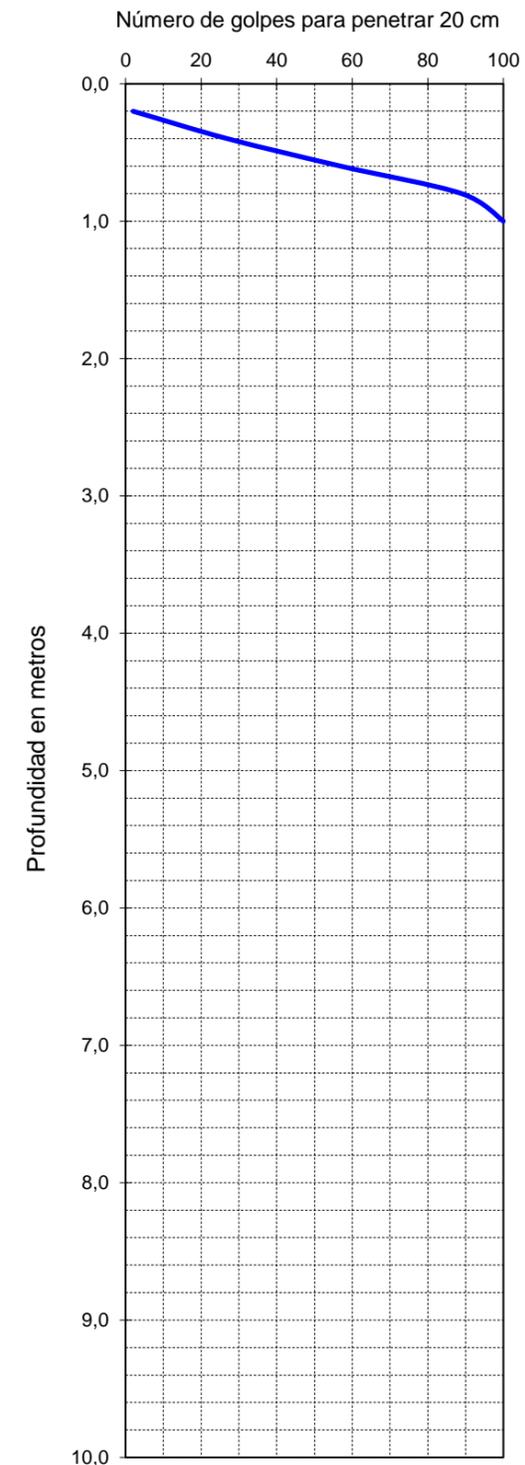
| DATOS DEL EQUIPO UTILIZADO | |
|---------------------------------------------------|----------------------|
| Peso de la maza (kg): | 63,5 kg |
| Altura de caída (cm): | 76,3 cm |
| Diámetro del varillaje (mm): | 32,0 mm |
| Peso del varillaje (kg/m): | 6,20 kg/m |
| Tipo de puntaza cilindrocónica: | Perdida |
| Superficie de la puntaza (cm²): | 19,5 cm ² |
| Diámetro de la puntaza (mm): | 49,8 mm |
| Peso de los accesorios (kg): | 1,50 kg |

| COORDENADAS UTM DEL ENSAYO | |
|---------------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.479 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.338 |
| Cota (m.s.n.m.): | 699,2 |



| OBSERVACIONES |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>La fórmula aplicada para el cálculo de la resistencia dinámica por punta (σ_d) es la publicada por H. Bolomey Frazer en la Revista del Servicio Geológico de Obras Pública en diciembre de 1971. La carga admisible (σ_{adm}) se obtiene dividiendo la resistencia por punta dinámica entre 50.</i></p> |

| Profundidad (metros) | Golpeo N ₂₀ | σ_d (kg/cm ²) | σ_{adm} (kg/cm ²) | Par de torsión (N·m) |
|----------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 0,20 | 2 | 15,78 | 0,32 | < 50 |
| 0,40 | 27 | 141,60 | 2,83 | |
| 0,60 | 57 | 205,07 | 4,10 | |
| 0,80 | 89 | 239,16 | 4,78 | |
| 1,00 | 100 | 246,00 | 4,92 | |
| 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 | | | | |



INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"



| | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|
| REF. EXPEDIENTE: PETICIONARIO: OBRA: DIRECCIÓN: LOCALIDAD (PROVINCIA): | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | ENSAYO: P-4 |
| | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | DPSH-B | |
| | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO UTILIZADO: | AMK TEC 10.2 | |
| | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | FABRICANTE: | TECOPSA | |
| | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 0,65 metros | |

ENSAYO DE PENETRACION DINÁMICA (DPSH-B)

UNE-EN ISO 22476-2

| DATOS DEL EQUIPO UTILIZADO | |
|----------------------------------------------|----------------------|
| Peso de la maza (kg): | 63,5 kg |
| Altura de caída (cm): | 76,3 cm |
| Diámetro del varillaje (mm): | 32,0 mm |
| Peso del varillaje (kg/m): | 6,20 kg/m |
| Tipo de puntaza cilindrocónica: | Perdida |
| Superficie de la puntaza (cm ²): | 19,5 cm ² |
| Diámetro de la puntaza (mm): | 49,8 mm |
| Peso de los accesorios (kg): | 1,50 kg |

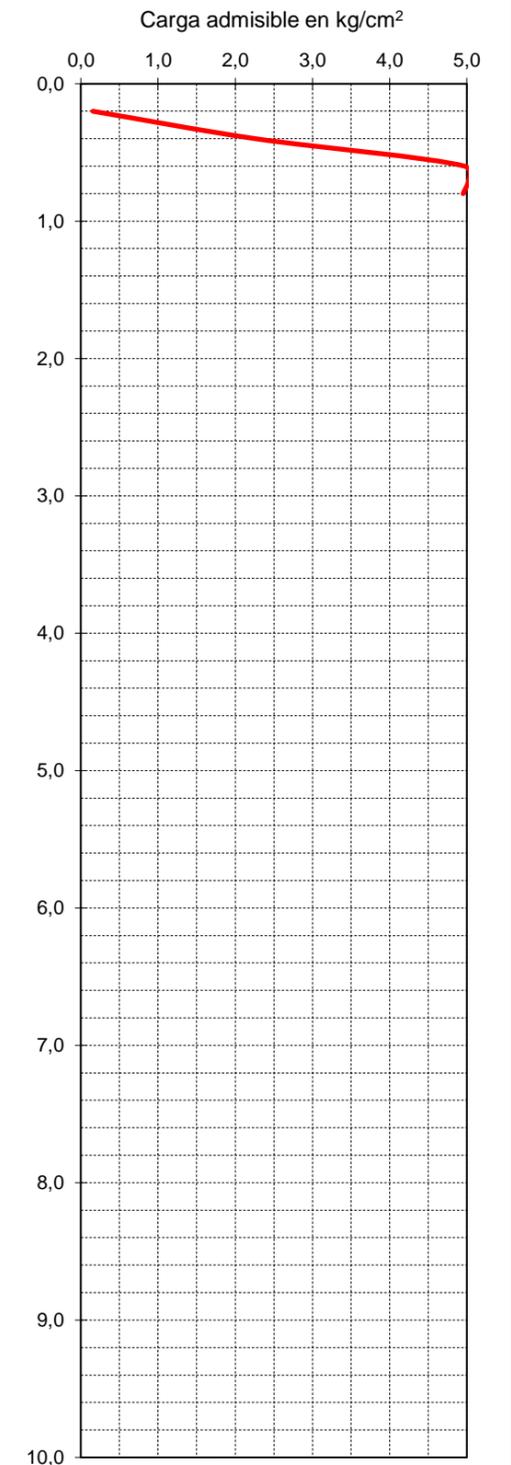
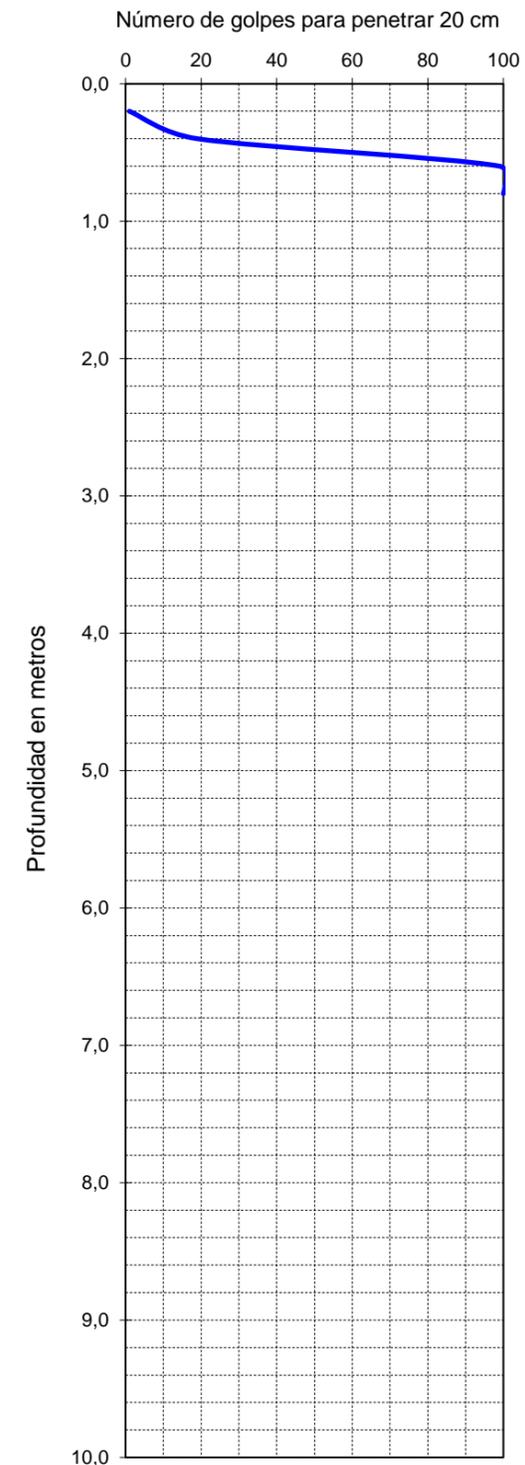
| COORDENADAS UTM DEL ENSAYO | |
|----------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.445 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.346 |
| Cota (m.s.n.m.): | 698,8 |



OBSERVACIONES

La fórmula aplicada para el cálculo de la resistencia dinámica por punta (σ_d) es la publicada por H. Bolomey Frazer en la Revista del Servicio Geológico de Obras Públicas en diciembre de 1971. La carga admisible (σ_{adm}) se obtiene dividiendo la resistencia por punta dinámica entre 50.

| Profundidad (metros) | Golpeo N ₂₀ | σ_d (kg/cm ²) | σ_{adm} (kg/cm ²) | Par de torsión (N·m) |
|----------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 0,20 | 1 | 7,81 | 0,16 | < 50 |
| 0,40 | 19 | 113,18 | 2,26 | |
| 0,60 | 99 | 248,55 | 4,97 | |
| 0,80 | 100 | 247,61 | 4,95 | |
| 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 | | | | |



INFORME DE SONDEOS, TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS "IN SITU"



| | | | | | |
|--|------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|
| | REF. EXPEDIENTE: | OT23-0421 Rev01 | FECHA DE EJECUCIÓN: | 8 de mayo de 2023 | ENSAYO: P-5 |
| | PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | TIPO DE ENSAYO: | DPSH-B | |
| | OBRA: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | EQUIPO UTILIZADO: | AMK TEC 10.2 | |
| | DIRECCIÓN: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | FABRICANTE: | TECOPSA | |
| | LOCALIDAD (PROVINCIA): | TOBARRA (ALBACETE). | PROFUND. DE RECHAZO: | - 0,58 metros | |

ENSAYO DE PENETRACION DINÁMICA (DPSH-B)

UNE-EN ISO 22476-2

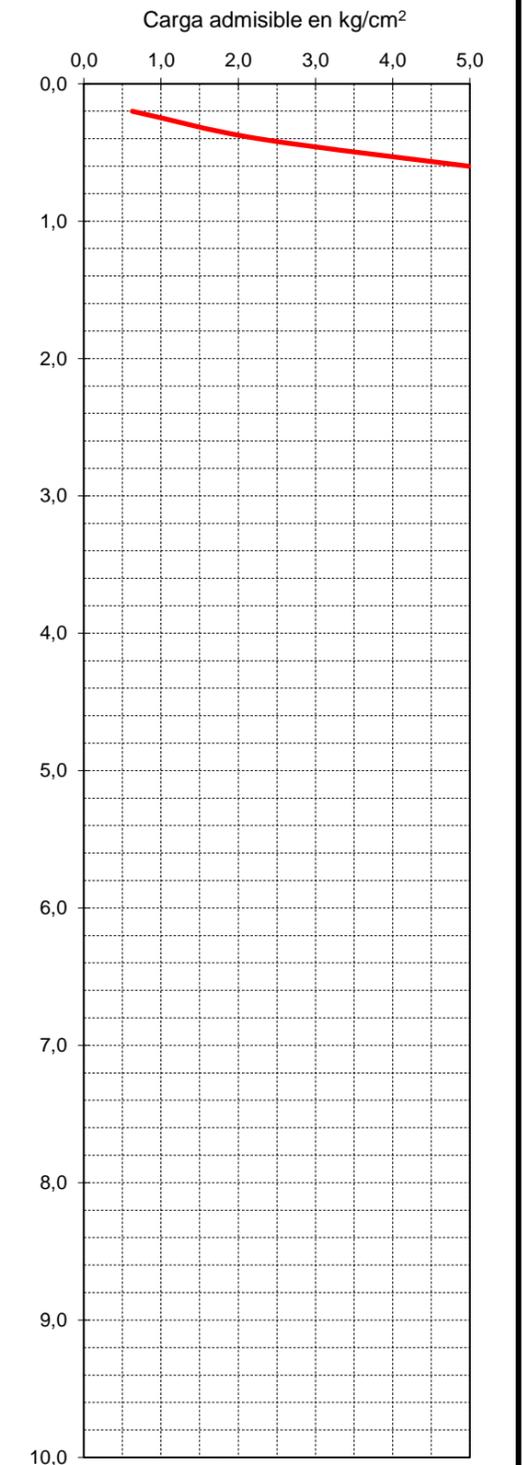
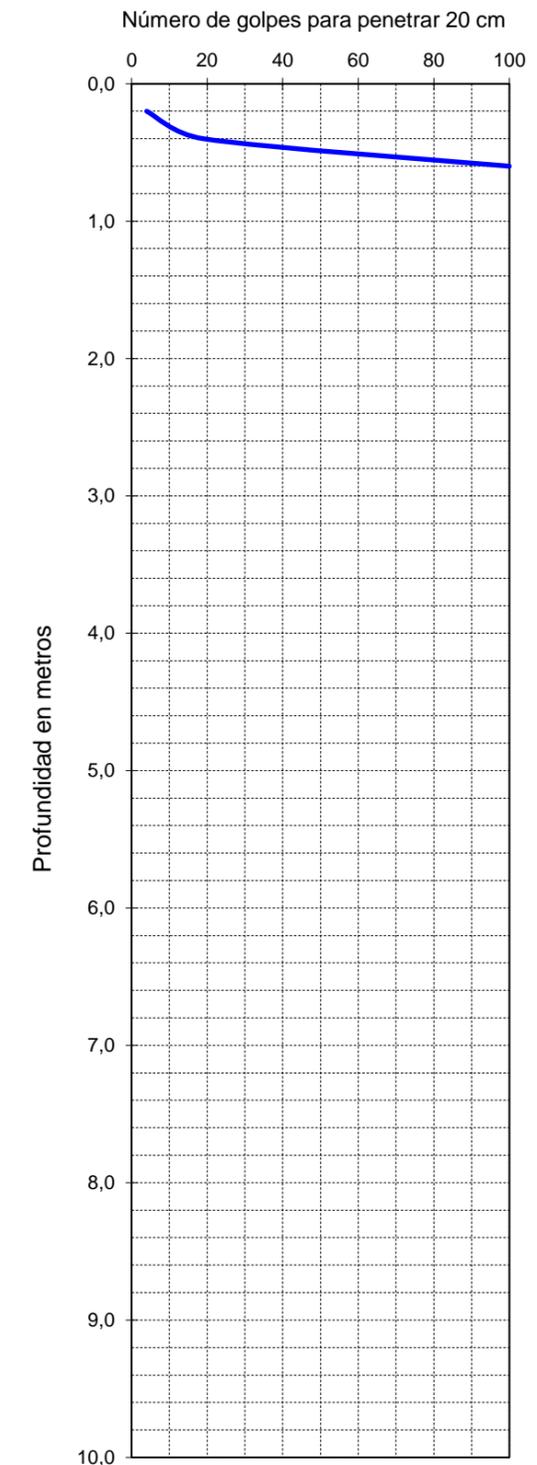
| DATOS DEL EQUIPO UTILIZADO | |
|----------------------------------------------|----------------------|
| Peso de la maza (kg): | 63,5 kg |
| Altura de caída (cm): | 76,3 cm |
| Diámetro del varillaje (mm): | 32,0 mm |
| Peso del varillaje (kg/m): | 6,20 kg/m |
| Tipo de puntaza cilindrocónica: | Perdida |
| Superficie de la puntaza (cm ²): | 19,5 cm ² |
| Diámetro de la puntaza (mm): | 49,8 mm |
| Peso de los accesorios (kg): | 1,50 kg |

| COORDENADAS UTM DEL ENSAYO | |
|----------------------------|------------------|
| Sist. Referencia (Huso): | ETRS89 (Huso 30) |
| Coordenada X (m): | 608.408 |
| Coordenada Y (m): | 4.273.350 |
| Cota (m.s.n.m.): | 697,5 |



| OBSERVACIONES |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>La fórmula aplicada para el cálculo de la resistencia dinámica por punta (σ_d) es la publicada por H. Bolomey Frazer en la Revista del Servicio Geológico de Obras Pública en diciembre de 1971. La carga admisible (σ_{adm}) se obtiene dividiendo la resistencia por punta dinámica entre 50.</i></p> |

| Profundidad (metros) | Golpeo N ₂₀ | σ_d (kg/cm ²) | σ_{adm} (kg/cm ²) | Par de torsión (N·m) |
|----------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 0,20 | 4 | 31,35 | 0,63 | < 50 |
| 0,40 | 19 | 113,18 | 2,26 | |
| 0,60 | 100 | 249,27 | 4,99 | |
| 0,80 | | | | |
| 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 | | | | |



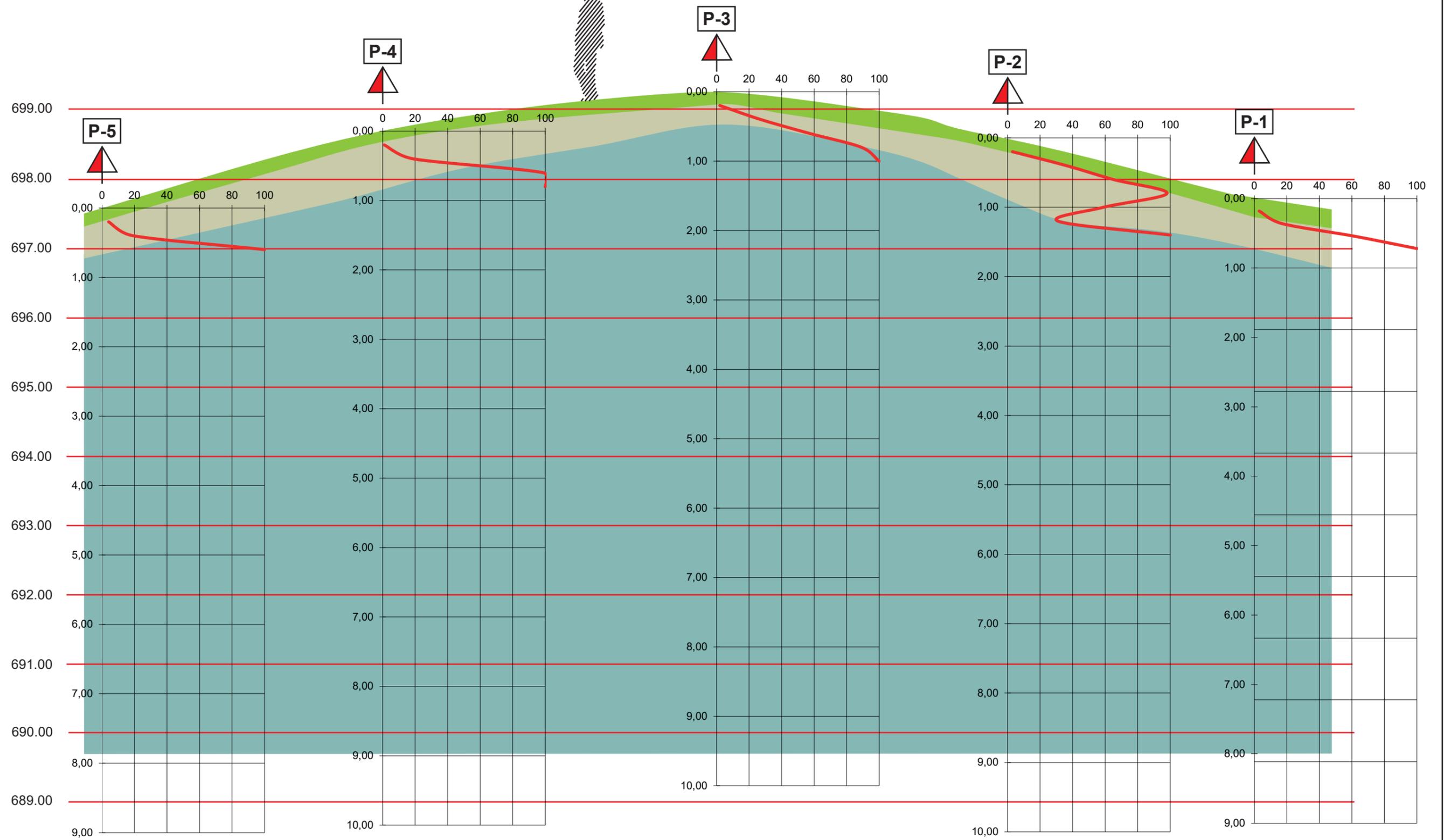


ANEJO 5. PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO.

Oeste

Este | Norte

Sur



PROYECTO:
 ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN
 DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA
 EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

Peticionario: Comunidad Regantes Abenuj

Plano 04: Perfil Geológico-Geotécnico.

Fecha: Mayo de 2.023.

Manuel Martín Paramio

Geólogo
 Máster en Geología
 Nº de Colegiado 7.798

Leyenda de Unidades

UNIDAD 0. TIERRA VEGETAL Y SUELOS FLOJOS. HOLOCENO Y ACTUAL.

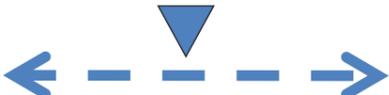
 Recubrimiento vegetal.

UNIDAD 1. ABANICO ALUVIAL. CUATERNARIO.

 Gravas calcareas con arenas y limos.

UNIDAD 1. ROCA MEDIA-DURA. JURÁSICO.

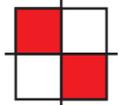
 Dolomías y calizas oolíticas masivas.

 Nivel freático estabilizado

 Cota de cimentación propuesta

Leyenda de Símbolos

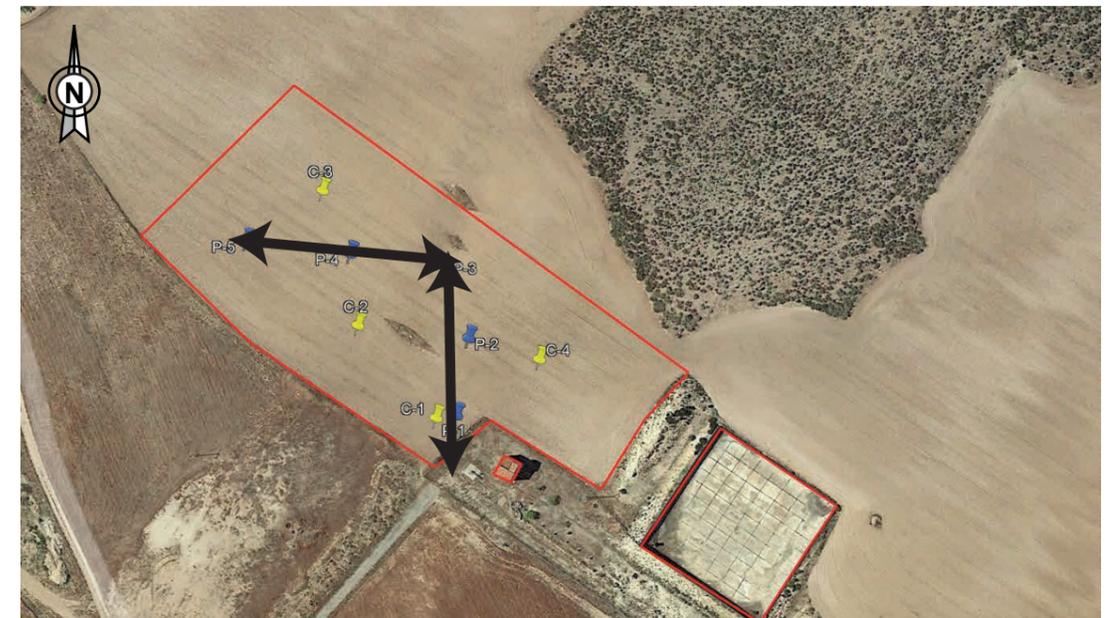
 Sondeo

 Calicata

 Ensayo DPSH

 Estación Geomecánica

Traza del corte geológico-geotécnico



PROYECTO:

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

Peticionario: Comunidad Regantes Abenuj

Plano 05: Leyenda de símbolos

Fecha: Mayo de 2.023.

Manuel Martín Paramio

Geólogo

Máster en Geología

Nº de Colegiado 7.798



ANEJO 6. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.



MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE DE SERVICIO EN SUELOS GRANULARES

| | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------|--------------|
| PETICIONARIO: | C.R. ABENUJ | REF EXP: | 0T-421 Rev01 |
| OBRA: | PSFV 143_TOBARRA | FECHA: | |
| DATOS DE IDENTIFICACIÓN | | | |
| UNIDAD GEOTÉCNICA: | U.G. 1 - Gravas calcáreas | COTA: | -0,50 metros |

GOLPEO EN EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) $N_{SPT} = 20$

PARA ANCHO DE ZAPATA (B) MENOR DE 1,20 m:

$$q_{adm} = 12 * N_{SPT} * \left(1 + \frac{D}{3 * B}\right) * \left(\frac{S_t}{25}\right) KN / m^2$$

| ANCHO ZAPATA (m) | | 0,8 | | | | | | | 0,9 | | | | | | |
|-------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EMPOTRAMIENTO (m) | | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| ASIENTO (mm) | 10 | 96,0 | 104,0 | 116,0 | 124,8 | 124,8 | 124,8 | 124,8 | 96,0 | 103,1 | 113,8 | 124,4 | 124,8 | 124,8 | 124,8 |
| | 15 | 144,0 | 156,0 | 174,0 | 187,2 | 187,2 | 187,2 | 187,2 | 144,0 | 154,7 | 170,7 | 186,7 | 187,2 | 187,2 | 187,2 |
| | 20 | 192,0 | 208,0 | 232,0 | 249,6 | 249,6 | 249,6 | 249,6 | 192,0 | 206,2 | 227,6 | 248,9 | 249,6 | 249,6 | 249,6 |
| | 25 | 240,0 | 260,0 | 290,0 | 312,0 | 312,0 | 312,0 | 312,0 | 240,0 | 257,8 | 284,4 | 311,1 | 312,0 | 312,0 | 312,0 |

| ANCHO ZAPATA (m) | | 1,0 | | | | | | | 1,1 | | | | | | |
|-------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EMPOTRAMIENTO (m) | | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| ASIENTO (mm) | 10 | 96,0 | 102,4 | 112,0 | 121,6 | 124,8 | 124,8 | 124,8 | 96,0 | 101,8 | 110,5 | 119,3 | 124,8 | 124,8 | 124,8 |
| | 15 | 144,0 | 153,6 | 168,0 | 182,4 | 187,2 | 187,2 | 187,2 | 144,0 | 152,7 | 165,8 | 178,9 | 187,2 | 187,2 | 187,2 |
| | 20 | 192,0 | 204,8 | 224,0 | 243,2 | 249,6 | 249,6 | 249,6 | 192,0 | 203,6 | 221,1 | 238,5 | 249,6 | 249,6 | 249,6 |
| | 25 | 240,0 | 256,0 | 280,0 | 304,0 | 312,0 | 312,0 | 312,0 | 240,0 | 254,5 | 276,4 | 298,2 | 312,7 | 312,0 | 312,0 |

PARA ANCHO DE ZAPATA (B) MAYOR O IGUAL A 1,20 m:

$$q_{adm} = 8 * N_{SPT} * \left(1 + \frac{D}{3 * B}\right) * \left(\frac{S_t}{25}\right) * \left(\frac{B + 0,3}{B}\right)^2 KN / m^2$$

| ANCHO ZAPATA (m) | | 1,2 | | | | | | | 1,5 | | | | | | |
|-------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EMPOTRAMIENTO (m) | | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1 | 1,5 | 2,0 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| ASIENTO (mm) | 10 | 100,0 | 105,6 | 113,9 | 122,2 | 127,8 | 130,0 | 130,0 | 92,2 | 96,3 | 102,4 | 108,5 | 112,6 | 119,8 | 119,8 |
| | 15 | 150,0 | 158,3 | 170,8 | 183,3 | 191,7 | 195,0 | 195,0 | 138,2 | 144,4 | 153,6 | 162,8 | 169,0 | 179,7 | 179,7 |
| | 20 | 200,0 | 211,1 | 227,8 | 244,4 | 255,6 | 260,0 | 260,0 | 184,3 | 192,5 | 204,8 | 217,1 | 225,3 | 239,6 | 239,6 |
| | 25 | 250,0 | 263,9 | 284,7 | 305,6 | 319,4 | 325,0 | 325,0 | 230,4 | 240,6 | 256,0 | 271,4 | 281,6 | 299,5 | 299,5 |

| ANCHO ZAPATA (m) | | 2,0 | | | | | | | 2,5 | | | | | | |
|-------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EMPOTRAMIENTO (m) | | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| ASIENTO (mm) | 10 | 84,6 | 87,5 | 91,7 | 95,9 | 98,7 | 105,8 | 110,0 | 80,3 | 82,4 | 85,6 | 88,8 | 91,0 | 96,3 | 101,7 |
| | 15 | 127,0 | 131,2 | 137,5 | 143,9 | 148,1 | 158,7 | 165,0 | 120,4 | 123,6 | 128,5 | 133,3 | 136,5 | 144,5 | 152,5 |
| | 20 | 169,3 | 174,9 | 183,4 | 191,9 | 197,5 | 211,6 | 220,1 | 160,6 | 164,8 | 171,3 | 177,7 | 182,0 | 192,7 | 203,4 |
| | 25 | 211,6 | 218,7 | 229,2 | 239,8 | 246,9 | 264,5 | 275,1 | 200,7 | 206,1 | 214,1 | 222,1 | 227,5 | 240,8 | 254,2 |

| ANCHO ZAPATA (m) | | 3,0 | | | | | | | 5,0 | | | | | | |
|-------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EMPOTRAMIENTO (m) | | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| ASIENTO (mm) | 10 | 77,4 | 79,2 | 81,7 | 84,3 | 86,0 | 90,3 | 94,6 | 71,9 | 72,9 | 74,3 | 75,7 | 76,7 | 79,1 | 81,5 |
| | 15 | 116,2 | 118,7 | 122,6 | 126,5 | 126,5 | 135,5 | 142,0 | 107,9 | 109,3 | 111,5 | 113,6 | 115,1 | 118,7 | 122,2 |
| | 20 | 154,9 | 158,3 | 163,5 | 168,6 | 168,6 | 180,7 | 189,3 | 143,8 | 145,7 | 148,6 | 151,5 | 153,4 | 158,2 | 163,0 |
| | 25 | 193,6 | 197,9 | 204,4 | 210,8 | 215,1 | 225,9 | 236,6 | 179,8 | 182,2 | 185,8 | 189,4 | 191,8 | 197,8 | 203,7 |

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de sus autores.
Los resultados obtenidos son válidos únicamente para las muestras sometidas a ensayo.



MÉTODO ANALÍTICO PARA EL CÁLCULO DE LA CARGA ADMISIBLE PARA LOSAS CIMENTADAS SOBRE SUELOS GRANULARES (BOWLES, 1996)

| | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------|--------------|
| PETICIONARIO: | C.R. ABENUJ | REF EXP: | 0T-421 Rev01 |
| OBRA: | PSFV 143 TOBARRA | FECHA: | |
| DATOS DE IDENTIFICACIÓN | | | |
| UNIDAD GEOTÉCNICA: | U.G. 1 - Gravas calcáreas | COTA: | -0,50 metros |

EXPRESIÓN ANALÍTICA BÁSICA

$$q_{adm} = \frac{N_{SPT}}{0.08} \cdot \left(\frac{s}{25} \right) \cdot K_d \quad (\text{KPa})$$

SIENDO:

| | | |
|-------------|----------------------------------------------|--------------------|
| $q_{adm} =$ | CARGA ADMISIBLE | CARGA ADMISIBLE |
| | | 202,952 KPa |
| $N_{SPT} =$ | GOLPEO DEL ENSAYO SPT | VALOR DE N_{SPT} |
| | | 20 |
| $s =$ | ASIENTO MÁXIMO ADMISIBLE | VALOR DE s |
| | | 20 mm |
| $K_d =$ | FACTOR DE CORRECCIÓN | VALOR DE K_d |
| | $K_d = 1 + 0,33 \cdot \frac{D}{B} \leq 1,33$ | 1,015 |
| SIENDO: | | |
| $D =$ | CANTO DE LA LOSA | VALOR DE D |
| | | 0,4 m |
| $B =$ | ANCHO DE LA LOSA | VALOR DE B |
| | | 8 m |
| $L =$ | LARGO DE LA LOSA | VALOR DE L |
| | | 10 m |
| $A =$ | ÁREA DE LA LOSA | VALOR DE A |
| | | 80 m ² |
| $B' =$ | ANCHO B LOSA CUADRADA | VALOR DE B' |
| | | 8,94 m |

$$q_{adm} = 202,952 \text{ KPa} = 2,069 \text{ Kg/cm}^2$$

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de sus autores.
Los resultados obtenidos son válidos únicamente para las muestras sometidas a ensayo.



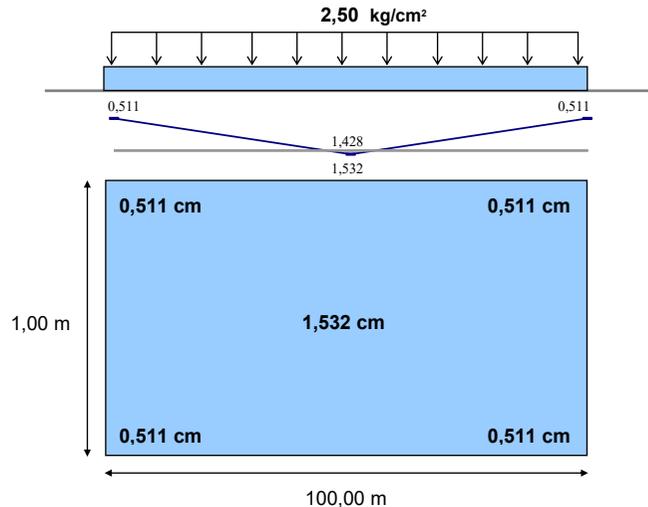
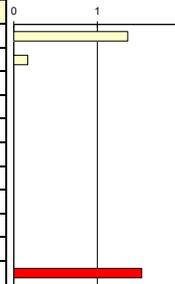
MÉTODO ANALÍTICO PARA EL CALCULO DE ASIENTOS BAJO UN RECTANGULO CARGADO UNIFORMEMENTE MEDIANTE UN MODELO ELÁSTICO MULTICAPA SEGÚN LA APROXIMACIÓN DE STEINBRENNER (1934)

| | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------|
| PETICIONARIO: | C.R. ABENUJ | REF EXP: | 0T-421 Rev01 |
| OBRA: | PSFV 143 TOBARRA | LOCALIDAD: | TOBARRA (ALBACETE) |
| UNIDAD GEOTÉCNICA: | U.G. 1 - Gravias calcáreas | COTA: | -0,50 metros |
| TIPO DE CIMENTACIÓN: | ZAPATAS CORRIDAS (PERFILES METÁLICOS) | DIMENSIONES: | 100 x 1,00 m |

Datos iniciales:

| | |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| q: presión transmitida (kg/cm ²): | 2,50 kg/cm² |
| lados: A mayor (m) | 100,00 m |
| B menor (m) | 1,00 m |
| Número de capas deformables (10 máximo) | 2 |
| Profundidad (m) del nivel indeformable | 10,00 m |

| CAPA | Z _{inicial} (m) | E (kg/cm ²) | Coef. Poisson v | S(cm) |
|--------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
| UNIDAD 1 | 0,00 m | 180 kg/cm ² | 0,30 | 1,365 cm |
| UNIDAD 2 | 2,00 m | 1500 kg/cm ² | 0,10 | 0,167 cm |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| S en el centro(cm) | | | | 1,532 cm |
| S en la esquina (cm) | | | | 0,511 cm |
| Factor K para corrección por rigidez | | | | 0,932 cm |
| S medio (supuesta rígida) | | | | 1,428 cm |



EXPRESIÓN ANALÍTICA BÁSICA

El asiento a una profundidad z bajo la esquina se obtiene a partir de:

$$S_z = \frac{q \cdot B}{2 \cdot E} \cdot (M\phi_{1(A,B,z)} - N\phi_{2(A,B,z)})$$

donde:

- q es la carga unitaria aplicada.
- A es el largo de la cimentación (lado mayor).
- B es el ancho de la cimentación (lado menor).
- z es la profundidad de cálculo del asiento.
- $M = 1 - v^2$
- $N = 1 - v - 2 \cdot v^2$
- E es el modulo de elasticidad.
- v es el coeficiente de Poisson.
- ϕ_1 y ϕ_2 son funciones de m y n que se obtienen mediante las siguientes expresiones:

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1+n^2+m^2}+n}{\sqrt{1+n^2+m^2}-n} \right) + n \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{1+n^2+m^2}+1}{\sqrt{1+n^2+m^2}-1} \right) \right]$$

$$\phi_2 = \frac{m}{\pi} \cdot \text{arctag} \left(\frac{n}{m \cdot \sqrt{1+n^2+m^2}} \right)$$

donde:

- $m = z/B$
- $n = A/B$

(Referencias: Steinbrenner (1934) en Geotecnia y Cimientos II pags. 257-263; Harr (1966) en Ingeniería de cimentaciones pag. 266).



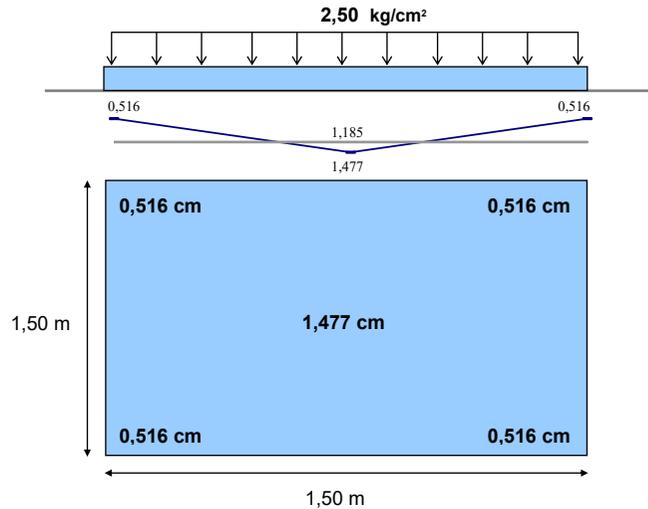
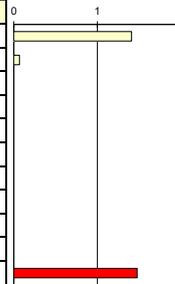
MÉTODO ANALÍTICO PARA EL CALCULO DE ASIENTOS BAJO UN RECTANGULO CARGADO UNIFORMEMENTE MEDIANTE UN MODELO ELÁSTICO MULTICAPA SEGÚN LA APROXIMACIÓN DE STEINBRENNER (1934)

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------------|--------------------|
| PETICIONARIO: | C.R. ABENUJ | REF EXP: | 0T-421 Rev01 |
| OBRA: | PSFV 143 TOBARRA | LOCALIDAD: | TOBARRA (ALBACETE) |
| UNIDAD GEOTÉCNICA: | U.G. 1 - Gravas calcáreas | COTA: | -0,50 metros |
| TIPO DE CIMENTACIÓN: | ZAPATAS AISLADAS (EDIFICIOS AUXILIARES) | DIMENSIONES: | 1,50 x 1,50 m |

Datos iniciales:

| | |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| q: presión transmitida (kg/cm ²): | 2,50 kg/cm² |
| lados: A mayor (m) | 1,50 m |
| B menor (m) | 1,50 m |
| Número de capas deformables (10 máximo) | 2 |
| Profundidad (m) del nivel indeformable | 10,00 m |

| CAPA | Z _{inicial} (m) | E (kg/cm ²) | Coef. Poisson v | S(cm) |
|--------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
| UNIDAD 1 | 0,00 m | 180 kg/cm ² | 0,30 | 1,410 cm |
| UNIDAD 2 | 2,00 m | 1500 kg/cm ² | 0,10 | 0,067 cm |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| S en el centro(cm) | | | | 1,477 cm |
| S en la esquina (cm) | | | | 0,516 cm |
| Factor K para corrección por rigidez | | | | 0,802 cm |
| S medio (supuesta rígida) | | | | 1,185 cm |



EXPRESIÓN ANALÍTICA BÁSICA

El asiento a una profundidad z bajo la esquina se obtiene a partir de:

$$S_z = \frac{q \cdot B}{2 \cdot E} \cdot (M\phi_{1(A,B,z)} - N\phi_{2(A,B,z)})$$

donde:

- q es la carga unitaria aplicada.
- A es el largo de la cimentación (lado mayor).
- B es el ancho de la cimentación (lado menor).
- z es la profundidad de cálculo del asiento.
- $M = 1 - v^2$
- $N = 1 - v - 2 \cdot v^2$
- E es el modulo de elasticidad.
- v es el coeficiente de Poisson.
- ϕ_1 y ϕ_2 son funciones de m y n que se obtienen mediante las siguientes expresiones:

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1+n^2+m^2} + n}{\sqrt{1+n^2+m^2} - n} \right) + n \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{1+n^2+m^2} + 1}{\sqrt{1+n^2+m^2} - 1} \right) \right]$$

$$\phi_2 = \frac{m}{\pi} \cdot \text{arctag} \left(\frac{n}{m \cdot \sqrt{1+n^2+m^2}} \right)$$

donde:

- $m = z/B$
- $n = A/B$

(Referencias: Steinbrenner (1934) en Geotecnia y Cimentos II pags. 257-263; Harr (1966) en Ingeniería de cimentaciones pag. 266).



ANEJO 7. ENSAYOS DE LABORATORIO.



ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

| | | | |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Muestra: | C-1 (-0,50 m) MA-1. | Ref. Expediente: | OT23-0421 Rev01 |
| Peticionario: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | | |
| Obra: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | | |
| Dirección: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | | |
| Localidad: | TOBARRA (ALBACETE). | Fecha de muestreo: | 8 de mayo de 2.023 |

DATOS DEL MUESTREO

| | |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de material muestreado | Suelo natural |
| Hora del muestreo | 15:30 a 16:30 |
| Referencia del peticionario | - |
| Condiciones climáticas del muestreo | |
| - Temperatura ambiente | 27° C |
| - Humedad relativa | 18% |
| - Nubosidad | Soleado |
| Uso previsto del material | Cimentación de perfiles metálicos |
| Punto de recogida de la muestra | Calicata 1 (C-1) |
| Profundidad de recogida | C-1 (-0,50 metros) |
| Descripción de la muestra | Grava calcárea con arenas y limos Cantos blanquecinos y matriz marrón Granular grosera de matriz areno-limosa > 100 mm |
| Método de muestreo | Al azar sobre el acopio de la excavación |
| Preparación de la muestra para los ensayos | Cuarteo y secado previo a 60° C |

ENSAYOS REALIZADOS

| Ensayo | Normativa aplicada |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Análisis granulométrico de un suelo por tamizado (tamaño > 0,080 mm) | UNE-EN ISO 17892-4 |
| Determinación de los límites de Atterberg de un suelo | UNE-EN ISO 17892-12 |
| Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo | UNE 103204 |
| Determinación del contenido de sales solubles de un suelo | UNE 103205 |
| Determinación del grado de acidez Baumann-Gully de un suelo | UNE 83962 |
| Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos de un suelo | UNE 83963 |
| Determinación del contenido de sulfuros totales de un suelo | PE-956 |
| Determinación del pH de un suelo | ISO 10390 |
| Determinación del contenido de cloruros solubles en agua de un suelo | UNE-EN 1744 |
| Determinación del potencial redox de un suelo | PE-916 |
| Determinación de la Resistividad eléctrica de un suelo <i>in situ</i> | ASTM G 57 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |



ENSAYOS DE LABORATORIO

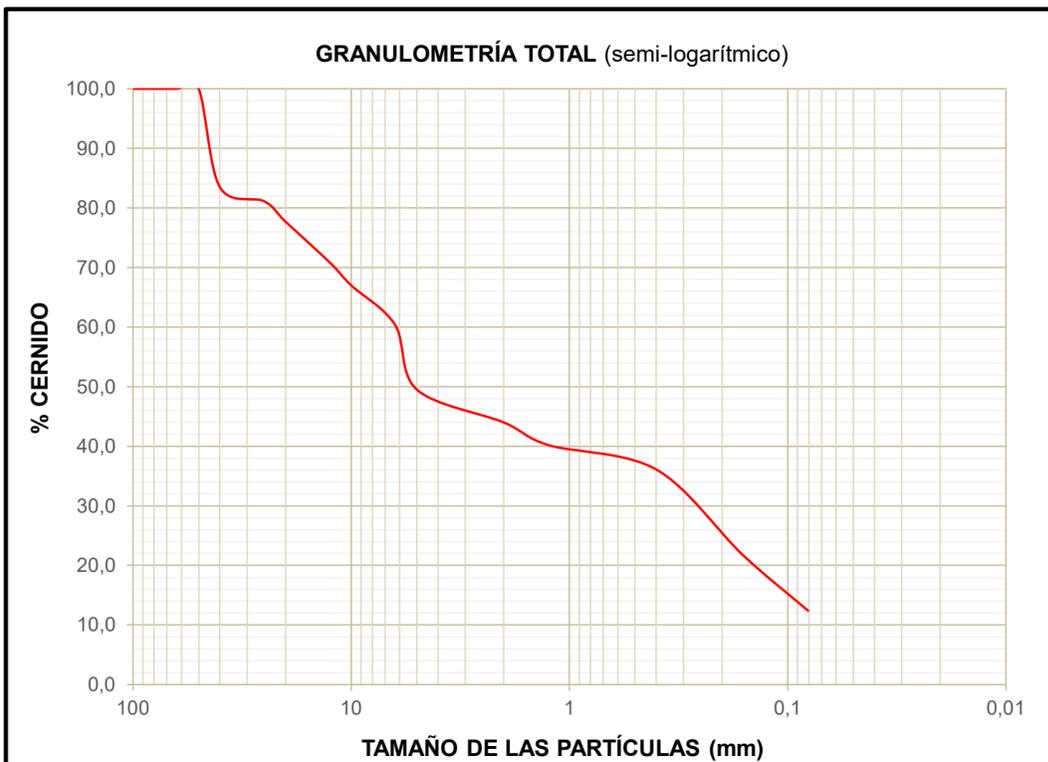
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

Muestra: C-1 (-0,50 m) MA-1. **Ref. Expediente:** OT23-0421 Rev01
Peticionario: COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ.
Obra: E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA.
Dirección: PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16.
Localidad: TOBARRA (ALBACETE). **Fecha de muestreo:** 8 de mayo de 2.023

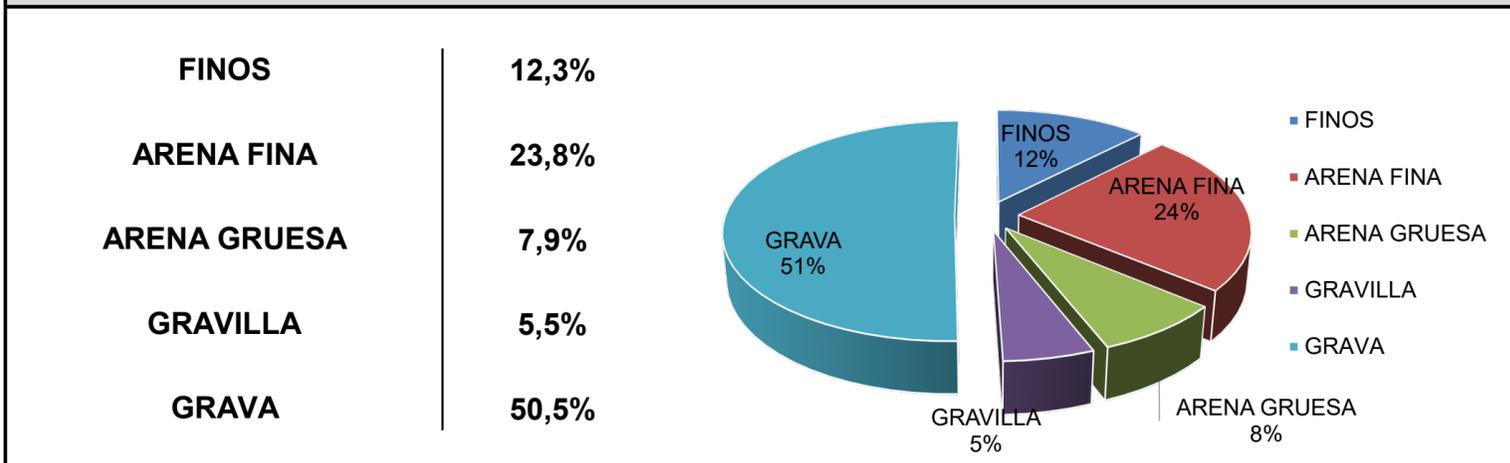
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE UN SUELO POR TAMIZADO (UNE-EN ISO 17892-4)

DETERMINACIÓN DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA

| Tamiz UNE (mm) | % que pasa |
|----------------|------------|
| 100 | 100,0 |
| 80 | 100,0 |
| 63 | 100,0 |
| 50 | 100,0 |
| 40 | 83,5 |
| 25 | 81,1 |
| 20 | 77,7 |
| 12,5 | 70,8 |
| 10 | 67,0 |
| 6,3 | 60,4 |
| 5 | 49,5 |
| 2 | 44,0 |
| 1,25 | 40,2 |
| 0,40 | 36,1 |
| 0,16 | 21,7 |
| 0,08 | 12,3 |



PORCENTAJE EN PESO DE LOS DISTINTOS MATERIALES



Observaciones:



ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

Muestra: C-1 (-0,50 m) MA-1. **Ref. Expediente:** OT23-0421 Rev01

Peticionario: COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ.

Obra: E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA.

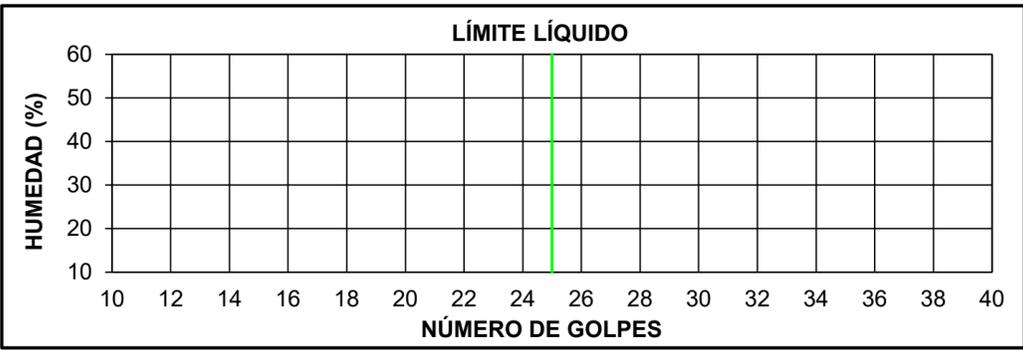
Dirección: PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16.

Localidad: TOBARRA (ALBACETE). **Fecha de muestreo:** 8 de mayo de 2.023

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG DE UN SUELO (UNE-EN ISO 17892-12)

LÍMITE LÍQUIDO

| Nº de golpes | Humedad (%) |
|--------------|-------------|
| | |
| | |
| | |
| | |

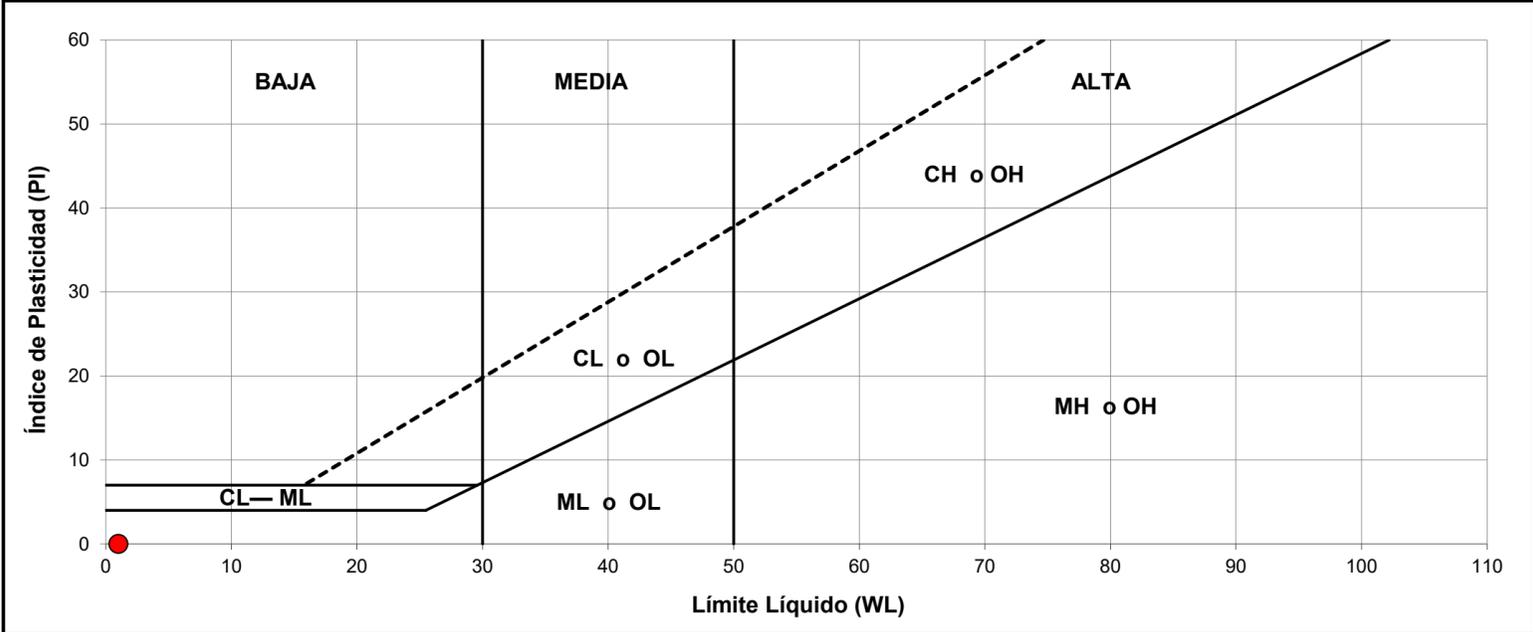


| Nº de golpes | Humedad (%) |
|--------------|-------------|
| | |
| | |
| | |
| | |

| LÍMITE PLÁSTICO | |
|-----------------|-------------|
| Punto | Humedad (%) |
| | |
| | |
| | |
| Valor medio | |

| RESULTADOS | |
|-----------------------|-------------|
| Límite líquido | NO PLÁSTICO |
| Límite plástico | NO PLÁSTICO |
| Índice de plasticidad | NO PLÁSTICO |
| Rango de plasticidad | Nula |

CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE



Observaciones:



ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

Muestra: C-1 (-0,50 m) MA-1. **Ref. Expediente:** OT23-0421 Rev01

Peticionario: COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ.

Obra: E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA.

Dirección: PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16.

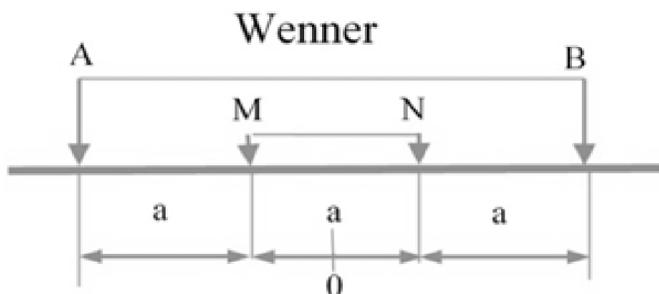
Localidad: TOBARRA (ALBACETE). **Fecha de muestreo:** 8 de mayo de 2.023

DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE UN SUELO *IN SITU* MEDIANTE EL MÉTODO WENNER DE CUATRO ELECTRODOS (ASTM G 57)

CARACTERÍSTICAS DEL RESISTIVÍMETRO

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| Resistivímetro (fabricante): | SYSCAL JUNIOR SWITCH-72 (IRIS INSTRUMENTS) |
| Nº de serie: | 12693 – 3723808745 – 1247 |

DISPOSITIVO DE MEDIDA



EXPRESIONES ANALÍTICAS

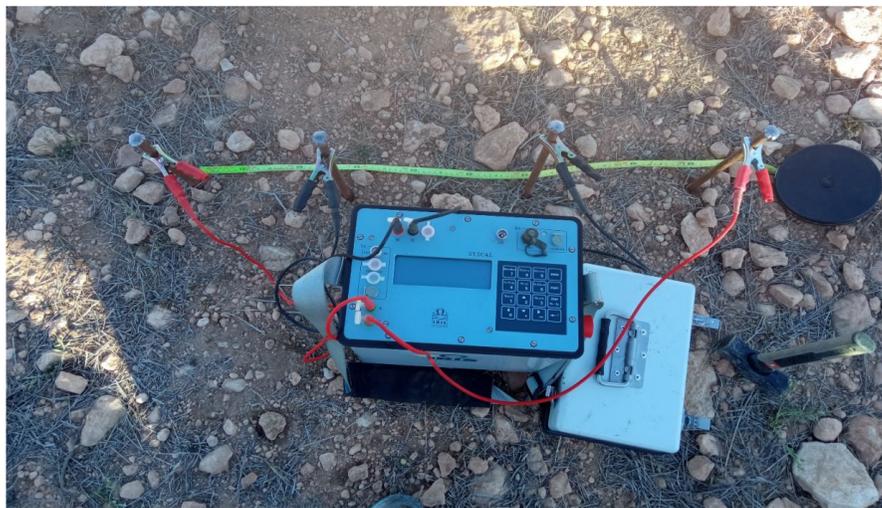
Resistividad eléctrica: $\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$

Constante geométrica: $K = 2 \cdot \pi \cdot a$

DATOS DEL ENSAYO

| Medida | Espaciado a (m) | Coefficiente K | Rs (kΩ) | ΔV (mV) | I (mA) | ρ (Ω·m) |
|--------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|-------------|----------------|
| 1 | 0,30 | 1,885 | 29,08 | 30,73 | 0,06 | 1045,15 |
| 2 | 0,30 | 1,885 | 36,33 | 30,23 | 0,05 | 1173,57 |
| Valor medio | 0,30 | 1,885 | 32,71 | 30,48 | 0,05 | 1109,36 |

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO



Detalle de la medida de la resistividad eléctrica del subsuelo

Observaciones:



ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

| | | | |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Muestra: | C-1 (-0,50 m) MA-1. | Ref. Expediente: | OT23-0421 Rev01 |
| Peticionario: | COMUNIDAD DE REGANTES ABENUJ. | | |
| Obra: | E.G. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA. | | |
| Dirección: | PARCELA 5028 DEL POLÍGONO 16. | | |
| Localidad: | TOBARRA (ALBACETE). | Fecha de muestreo: | 8 de mayo de 2.023 |

ENSAYOS QUÍMICOS

| Ensayo | Resultado | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|
| Determinación del contenido de materia orgánica de un suelo (UNE 103204) | 1,69 | % |
| Determinación del contenido de sales solubles de un suelo (UNE 103205) | 0,377 | % |
| Determinación del grado de acidez Baumann-Gully de un suelo (UNE 83962) | 22 | ml/kg |
| Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos (SO_4^{2-}) (UNE 83963) | 725 | mg/kg |
| Determinación del contenido de sulfuros totales de un suelo (PE-956) | <1,2 (*) | mg/kg |
| Determinación del pH de un suelo (ISO 10390) | 8,37 | |
| Determinación del contenido de cloruros solubles en agua (UNE-EN 1744) | 17 | mg/kg |
| Determinación del potencial redox de un suelo (PE-916) | 137 | mV |

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (USCS) | GM (Grava limosa con arena) |
| CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN EL ARTÍCULO 330 DEL PG-3 | SUELO TOLERABLE (*) |

(*) Faltaría comprobar el asiento en colapso y el hinchamiento libre para su completa clasificación.

| | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Observaciones: | (*) La medida está por debajo del límite de detección del equipo de Espectrometría molecular (rango: 1,2 - 3000 mg/kg) |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 143_TOBARRA EN EL MUNICIPIO DE TOBARRA (ALBACETE)

El presente informe consta de seis (6) páginas numeradas.

En Albacete, a 22 de mayo de 2.022.

Firmado: Silvia Rodríguez Gómez

Geóloga

Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

N.º de Colegiada: 7.510

Firmado: Manuel Martín Paramio

Geólogo

Máster en Geología y Gestión Ambiental de los Recursos Minerales

N.º de Colegiado: 7.798

Condiciones del presente documento:

1. Se prohíbe la reproducción parcial de los datos contenidos en este documento.
2. Este documento se considera confidencial y secreto.
3. Los resultados de los ensayos tienen valor únicamente en relación con las muestras ensayadas.