

PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE LA AMPLIACION PARA TERMINACION
(LINEA 5) DEL “I.E.S. FRANCISCA DE PEDRAZA” FASE 2

AM8. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y TOPOGRÁFICO

TOMO 3

Promotor: DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS DE VICEPRESIDENCIA,
CONSEJERIA DE EDUCACION Y UNIVERSIDADES DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Arquitecto: FRANCISCO FELIPE MUÑOZ CARABIAS

OCTUBRE 2022



INFORME GEOTECNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA

COMUNIDAD DE MADRID

Nº INFORME O/2005036/26

ALCALÁ DE HENARES

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | **GEOTECNIA** | EDIFICACION | CERTIFICACION | I+D+i | SEGURIDAD Y SALUD



Edición: nº0 Revisión: nº0

Fecha: Agosto de 2022

Pol. Ind. Los Olivos. C/ Innovación,11 (28906)
MADRID - GETAFE
Tel: 916 828 727 Fax: 916 019 683
madrid@cemosa.es

cemosa
Ingeniería y Control

TITULO DEL DOCUMENTO: INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA

Edición número: 0 Fecha edición : Agosto de 2022
Revisión número: 0 Fecha revisión : Agosto de 2022
Edición y Revisión número: 1 Fecha revisión :
Edición y Revisión número: 2 Fecha revisión :
Edición y Revisión número: 3 Fecha revisión :

CONTROL DE CALIDAD

| | Nombre | Firma | Fecha |
|---------------|----------------------|--|----------------|
| Realizado por | Carlos Álvarez Calvo |  Carlos Álvarez Calvo | Agosto de 2022 |
| Revisado | Isidro Ocete Ruiz |  | Agosto de 2022 |
| Aprobado | Isidro Ocete Ruiz |  | Agosto de 2022 |

REGISTRO DE MODIFICACIONES

| Edic./Rev. | Fecha | Responsable modificación | Secc./Párrafo Modificado | Modificación efectuada |
|------------|-------------------|--------------------------|---|------------------------|
| 0/0 | Agosto de 2022 | - | - | Edición inicial |
| 0/1 | Diciembre de 2022 | | 12.3 Presión admisible según los penetrometros 13.0 Resumen y Conclusiones. Anejo 3 Perfil geológico geotécnico | Edición 01 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Este documento refiere la Edición vigente nº0 y revisión vigente nº1. Esta edición y/o revisión anula a las anteriores.

MEMORIA

| | | |
|---------|---|----|
| 1.- | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2.- | ANTECEDENTES Y RECONOCIMIENTO | 2 |
| 2.1.- | Documentación técnica y geotécnica previa | 2 |
| 2.2.- | Características generales de la edificación prevista | 2 |
| 2.3.- | Características generales del entorno de carácter geomorfológico y geotécnico | 3 |
| 3.- | ENTORNO GEOGRÁFICO | 4 |
| 4.- | TRABAJOS REALIZADOS..... | 6 |
| 4.1.- | Reconocimientos de campo | 6 |
| 4.2.- | Resultados de los ensayos de penetración dinámica | 11 |
| 4.3.- | Ensayos de campo y laboratorio | 12 |
| 5.- | GEOLOGÍA | 15 |
| 6.- | SISMOLOGÍA..... | 17 |
| 6.1.- | Introducción | 17 |
| 6.2.- | Mapa de peligrosidad sísmica. Coeficiente de distribución..... | 18 |
| 6.3.- | Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración sísmica básica..... | 18 |
| 7.- | CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES | 20 |
| 7.1.- | Nivel freático..... | 21 |
| 7.1.- | UG.1 Rellenos de naturaleza antrópica..... | 22 |
| 7.2.- | UG.2 Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos..... | 22 |
| 7.3.- | Muestras ensayadas en la UG-2. | 23 |
| 7.3.1.- | Identificación | 23 |
| 7.3.2.- | Ensayos químicos y agresividad en suelos | 25 |
| 7.3.3.- | Ensayos de expansividad y colapso | 25 |
| 7.3.4.- | Ensayos de compactación | 25 |
| 7.4.- | UG.3 Arcillas limosas de tonos marrones | 27 |
| 7.5.- | Muestras ensayadas en la UG-3. | 28 |
| 7.5.1.- | Identificación | 28 |
| 7.5.2.- | Ensayos químicos y agresividad en suelos | 31 |

| | | |
|------------|---|----|
| 7.5.3.- | Parámetros de estado natural..... | 32 |
| 7.5.4.- | Parámetros de resistencia | 32 |
| 7.5.5.- | Ensayos de expansividad y colapso | 32 |
| 7.5.6.- | Ensayos de compactación | 32 |
| 8.- | AGRESIVIDAD..... | 34 |
| 8.1.- | Valores obtenidos en muestras de suelos..... | 34 |
| 8.2.- | Valores obtenidos en muestras de aguas | 35 |
| 9.- | EXPANSIVIDAD..... | 35 |
| 9.1.- | Valores y cuantificaciones obtenidas | 38 |
| 10.- | PERMEABILIDAD | 38 |
| 10.1.- | Movimiento del agua libre..... | 39 |
| 10.2.- | Factores que influyen en la permeabilidad..... | 40 |
| 10.3.- | Valores obtenidos..... | 41 |
| 11.- | DETERMINACIÓN DE LA EXCAVABILIDAD | 42 |
| 11.1.- | Metodología..... | 42 |
| 11.2.- | Evaluación de la excavabilidad | 46 |
| 12.- | MODELOS DE CIMENTACIÓN PLANTEADOS (ZAPATAS Y ZAPATAS CORRIDAS)..... | 47 |
| 12.1.- | Metodología para el cálculo de cimentaciones directas en todo tipo de suelos | 50 |
| 12.1.1.- | Concepto de presión de hundimiento | 50 |
| 12.1.2.- | Concepto de bulbo de tensiones | 52 |
| 12.1.2.1.- | Cálculo de la presión vertical de hundimiento..... | 54 |
| 12.1.3.- | Situaciones transitorias de carga sin drenaje | 56 |
| 12.1.4.- | Comprobación de asientos | 56 |
| 12.2.- | Cálculo de la presión admisible de servicio..... | 58 |
| 12.3.- | Presión admisible según los penetrómetros..... | 61 |
| 13.- | RESUMEN Y CONCLUSIONES | 63 |

ANEJOS

- ANEJO 1. PLANTA GENERAL Y DE SITUACIÓN
- ANEJO 2. MARCO GEOLÓGICO
- ANEJO 3. PERFIL GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO
- ANEJO 4. TRABAJOS DE CAMPO
 - ANEJO 4.1 Registro de sondeos a rotación
 - ANEJO 4.2 Fotografías de testigos de sondeos a rotación
 - ANEJO 4.3 Registro de penetraciones dinámicas
 - ANEJO 4.4 Registro de calicatas
- ANEJO 5. ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
- ANEJO 6. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

APENDICES

- APÉNDICE 1. HOJA DOCUMENTAL

1.- Introducción

El presente documento responde al **INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA** en **ALCALÁ DE HENARES** solicitado a **CEMOSA** por **COMUNIDAD DE MADRID**.

El trabajo se establece con expediente O/2005036/26, y realizado por la delegación de CEMOSA en Madrid.

El objeto del presente estudio viene dado por la necesidad de determinar la tipología y las condiciones de cimentación para la ampliación en el IES Francisca de Pedraza que constará de 1 Edificio educativo de tres plantas y superficie de 2000m² y 2 Pistas deportivas con superficie media de 1512 m².



Figura Nº 1.- Plano en planta de la edificación prevista y sección horizontal.

Para este cometido se han realizado los trabajos de campo, consistentes en penetraciones dinámicas y continuas, junto sondeos mecánicos y rotativos, con extracción continua de testigo.

Para el desarrollo de este trabajo se han ejecutado los siguientes trabajos:

-Trabajos de campo y laboratorio realizados.

- Caracterización geotécnica de los materiales implicados: definición y parametrización.
- Entorno geológico.
- Presencia de nivel freático.
- Perfil geológico-geotécnico.
- Agresividad del suelo frente al hormigón.
- Recomendaciones de cimentación: tipología, carga admisible y otros aspectos.

2.- Antecedentes y reconocimiento

2.1.- Documentación técnica y geotécnica previa

Con carácter previo a la redacción de este estudio, el peticionario facilitó la siguiente documentación:

Tabla 1. Planos facilitados por el peticionario

| | |
|-------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Plano de emplazamiento del edificio |
| <input type="checkbox"/> | Plano de ubicación de la edificación dentro de la parcela |
| <input type="checkbox"/> | Levantamiento topográfico de la parcela |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Plano de planta de la edificación prevista |
| <input type="checkbox"/> | Perfiles tipo de la edificación prevista |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Planos disponibles en formato digital |

2.2.- Características generales de la edificación prevista

Las características de la futura construcción, según la información recabada, son las siguientes:

Tabla 2. Características generales de la edificación

| Tipología de edificación | | Número de plantas de la edificación | |
|---|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Bloque de viviendas | | Nº plantas sobre rasante | 3 |
| <input type="checkbox"/> Aislada, adosada o pareada | | Nº sótanos | |
| <input type="checkbox"/> Otra: Unidad Educativa | | <input type="checkbox"/> Semisótano | |
| <input type="checkbox"/> No determinada | | <input type="checkbox"/> No determinado | |
| Tipología de estructura | | Tipología de forjados | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hormigón armado | | <input type="checkbox"/> Reticular | |
| <input type="checkbox"/> Metálica | | <input type="checkbox"/> Unidireccional | |
| <input type="checkbox"/> Otra: | | <input checked="" type="checkbox"/> No determinada | |
| <input type="checkbox"/> No determinada | | | |

2.3.- Características generales del entorno de carácter geomorfológico y geotécnico

Así mismo, a partir de la visita a campo realizada y de la experiencia que CEMOSA posee en la zona se han podido identificar los siguientes condicionantes geotécnicos y geomorfológicos:

Tabla 3. Experiencia previa en la zona

Problemas geotécnicos habituales en la zona

- | | |
|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Suelos blandos |
| <input type="checkbox"/> | Suelos potencialmente colapsables |
| <input type="checkbox"/> | Suelos potencialmente expansivos |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Rellenos antrópicos o artificiales |
| <input type="checkbox"/> | Restos de edificios y otras construcciones |
| <input type="checkbox"/> | Restos arqueológicos o de valor cultural |
| <input type="checkbox"/> | Terreno vegetal de espesor considerable |
| <input type="checkbox"/> | Discontinuidades litológicas |
| <input type="checkbox"/> | Inestabilidad de laderas naturales |
| <input type="checkbox"/> | Inestabilidad de taludes excavados |
| <input type="checkbox"/> | Desprendimientos |
| <input type="checkbox"/> | Agresividad del terreno |
| <input type="checkbox"/> | Agua agresiva para el hormigón |
| <input type="checkbox"/> | Niveles piezométricos cercanos a la superficie |
| <input type="checkbox"/> | Terrenos no excavables por medios mecánicos |
| <input type="checkbox"/> | Terrenos no ripables por medios mecánicos (necesidad de voladura o martillo neumático) |
| <input type="checkbox"/> | Ausencia de problemas geotécnicos significativos |

Nivel piezométrico en la zona

- | | |
|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Ausencia |
| <input type="checkbox"/> | A menos de 5 m de la superficie |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Situado por debajo de 5 m de la superficie |
| <input type="checkbox"/> | Importantes variaciones del nivel piezométrico dependiendo de la época climática |

Tipologías de cimentación habituales en la zona

- | | |
|-------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Zapatillas aisladas, corridas o vigas flotantes |
| <input type="checkbox"/> | Pozos |
| <input type="checkbox"/> | Losa armada |
| <input type="checkbox"/> | Cimentación profunda |
| <input type="checkbox"/> | No procede |
| <input type="checkbox"/> | Se desconoce |

Tabla 4. Rasgos geomorfológicos

| Morfología | Rellenos antrópicos |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Plana | <input type="checkbox"/> Ausencia |
| <input type="checkbox"/> Alomada | <input checked="" type="checkbox"/> Superficiales (< 1 m.) |
| <input type="checkbox"/> Abrupta (pendientes > 15%) | <input type="checkbox"/> Medios (de 1 a 5 m.) |
| <input type="checkbox"/> Montañosa (pendientes > 30%) | <input type="checkbox"/> Potentes (> 5 m.) |
| Taludes y excavaciones | Indicios de patologías |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausencia | <input checked="" type="checkbox"/> Ausencia |
| <input type="checkbox"/> Alturas < 5 m. | <input type="checkbox"/> Inestabilidad en taludes |
| <input type="checkbox"/> Alturas de 5 a 10 m. | <input type="checkbox"/> Desprendimientos |
| <input type="checkbox"/> Alturas de 10 a 15 m. | <input type="checkbox"/> Colapsos y/o dolinas |
| <input type="checkbox"/> Alturas > 15 m. | <input type="checkbox"/> Patologías de estructuras |
| <input type="checkbox"/> Presencia de elementos de contención | <input type="checkbox"/> Fallos en elementos de contención |
| Hidrología superficial | Interacción con otros edificios |
| <input type="checkbox"/> Ausencia | <input checked="" type="checkbox"/> Edificio medianero sin sótanos |
| <input type="checkbox"/> Alturas < 5 m. | <input type="checkbox"/> Edificio medianero con sótanos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Alturas de 5 a 10 m. | <input type="checkbox"/> Vial perimetral ya construido |
| <input type="checkbox"/> Alturas de 10 a 15 m. | <input type="checkbox"/> Muro perimetral ya construido |

3.- Entorno geográfico

La zona estudiada se sitúa en el término municipal de ALCALÁ DE HENARES.

Las coordenadas aproximadas de la zona estudiada se aportan a continuación:

Tabla 5. Coordenadas aproximadas UTM

| UTM | |
|---|-----------|
| X | Y |
| 467.375 | 4.481.810 |
| <i>Nota: Huso UTM: 30, Zona: S, Datum: WGS84.</i> | |

El área de actuación corresponde al IES Francisca de Pedraza, ubicado en la Av. Europa 44, Alcalá Henares. Madrid. La misma está dentro del casco urbanístico de Alcalá de Henares, por lo que el área de actuación está dentro de una zona urbanizada. El relieve de la parcela es relativamente irregular. Morfológicamente es un área con una sección intervenida por el ser humano, constituida por un edificio educativo de 3 pisos, así como

una cancha deportiva y zonas de usos varios (aparcamientos, y solares vacíos que estarán destinados por la ampliación).

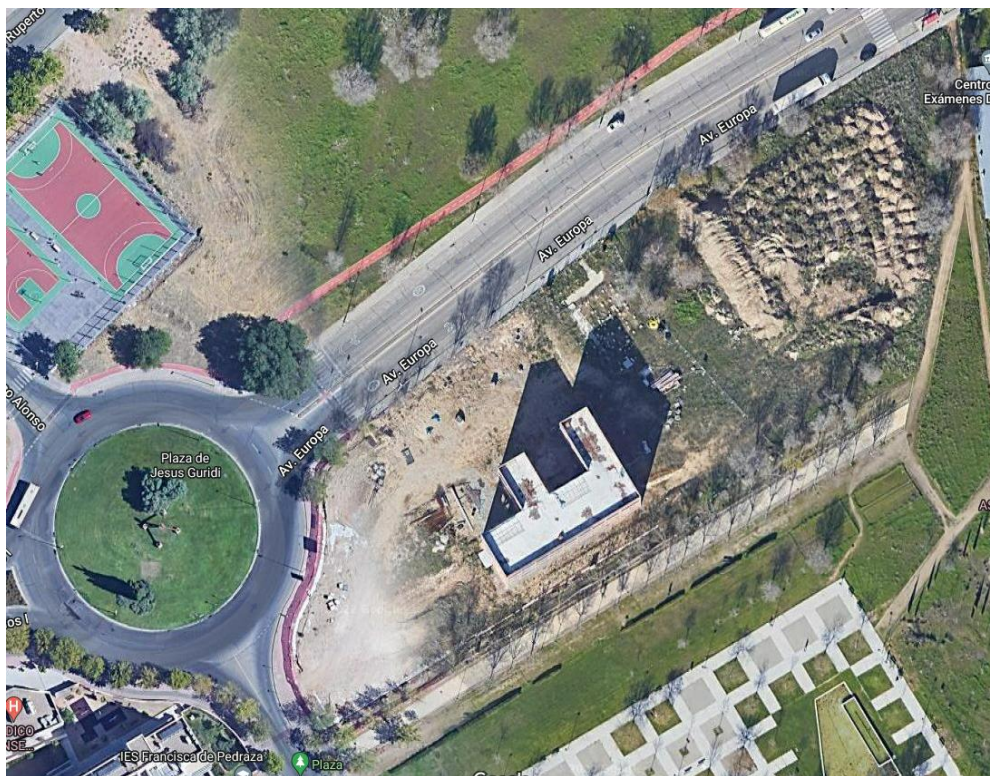


Figura Nº 2.- Vista área de la parcela de estudio.

Comparando la ortofoto histórica del vuelo americano del 56-57 con una imagen más o menos actual, se observa que el área de interés era una zona de cultivo, y el complejo urbanístico no estaba aún desarrollado.



Figura Nº 3.- Comparación de la ortofoto 56-57 con situación actual.

En la siguiente imagen disponible es de fecha 1997. El complejo urbanístico ya está comenzando a desarrollarse, la parcela tiene una disposición parecida. Viendo la foto

actual vemos que la misma estuvo intervenida en algún punto con materiales antrópicos de parcelas aledañas (disposición factible durante el desarrollo urbanístico aledaño).

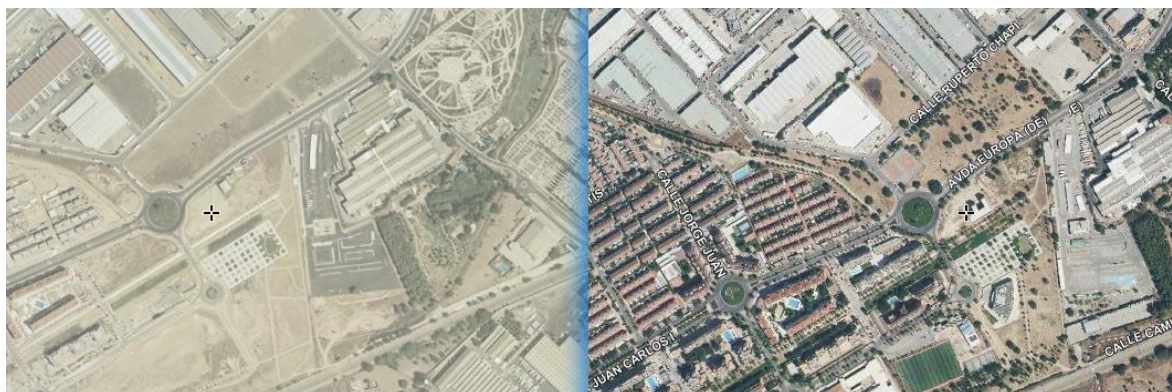


Figura Nº 4.- Comparación de la ortofoto del 97 con situación actual.

4.- Trabajos realizados

Los trabajos realizados han tenido dos caracteres diferentes, los ejecutados en campo o "in situ" y los de laboratorio.

Así mismo también se ha llevado a cabo un estudio bibliográfico, como complemento al trabajo de gabinete.

4.1.- Reconocimientos de campo

Los trabajos de campo realizados se definen a continuación.

Tabla 6. Trabajos de campo

| Tipo | Unidades | Profundidad mínima alcanzada (m.) | Profundidad máxima alcanzada (m.) |
|---|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Sondeos mecánicos con recuperación de testigo | 1 | 12,05 | 12,05 |
| Calicatas de Reconocimiento | 4 | 2,20 | 2,70 |
| Sondeos a penetración dinámica | 2 | 0,80 | 1,00 |

Los sondeos mecánicos a rotación consisten en la ejecución de perforaciones de pequeño diámetro, generalmente de 65 y 140 mm que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna con ensayos geotécnicos de penetración y extracción de muestras inalteradas, en los casos que es posible. Las perforaciones se realizaron con una sonda modelo TECOINSA TP50. Una vez finalizados los sondeos se introdujo tubería PVC ranurada en cada uno de los mismos con objeto de poder realizar un seguimiento de los posibles niveles freáticos y se instaló una tapa metálica como medida de protección de la embocadura de los sondeos.

Los ensayos de penetración SPT se utilizan en geotecnia para correlacionar diferentes parámetros resistentes en los suelos. Estos ensayos determinan la resistencia de los suelos a la penetración de un tomamuestras partido, permitiendo obtener muestras alteradas de suelo dentro de un sondeo para su identificación, y proporcionando a su vez información sobre la variabilidad y rigidez del suelo.

Este tipo de ensayos se realiza en el interior de sondeos, en los cuales es necesario limpiar previamente el fondo de la perforación, manteniendo la entubación por encima del nivel de comienzo del ensayo.

El equipo necesario para la realización de esta prueba consta de un tomamuestras bipartido de pared gruesa de 51 mm de sección acoplado a un varillaje rígido, en cuyo extremo se coloca la cabeza de golpeo y contragolpe, sobre la que impacta una maza de 63,5 kg en caída libre, desde una altura de 76,2 cm. Este equipo suele ir montado sobre el camión de sondeos, acoplado a la sonda y con un funcionamiento automático.

Las muestras inalteradas se pueden obtener a percusión, a presión, o a rotación. En el primer caso, se trata de un ensayo parecido al S.P.T., con la diferencia de que el tomamuestras empleado es del tipo GMPV de pared gruesa, de mayor sección que el del S.P.T., diseñado especialmente para que la muestra se recupere en el interior de un tubo de plástico que cerrado herméticamente con tapas de goma, mantenga inalteradas largo tiempo las propiedades del suelo.

Al igual que en el ensayo S.P.T., se contabilizan los golpes necesarios para penetrar 30 cm, después de haber desechado los primeros 15 cm. Al número obtenido, se le denomina N_i , para diferenciarlo del ensayo Standard. También se pueden obtener muestras inalteradas con el tomamuestras anterior, introducido a presión.

El ensayo de penetración dinámica (DPSH) consiste en la hinca de una puntaza de sección cónica de 20 cm² acoplada a un varillaje de 32 mm de diámetro, mediante golpes propinados por una maza de 63.5 kg que cae desde una altura de 75 cm, impactando sobre una cabeza o “yunque” rígidamente unido al varillaje. El aparato empleado en la realización de estos ensayos fue un penetrómetro modelo PDP 2000P.

La resistencia a la penetración se define como el número de golpes requerido para hacer avanzar el penetrómetro una longitud de 20 cm designándose a este valor como N_{20} , representándose los resultados en gráficos que reflejan los diferentes golpes obtenidos en función de la profundidad. El ensayo se da por terminado cuando se alcanza el rechazo o se supera la profundidad en estudio.

Los datos de golpeo de los penetrómetros permiten una estimación razonable de las características resistentes medias del subsuelo.

En las fotografías siguientes se muestra la ubicación de los diferentes reconocimientos.



Figura Nº 5.- Imagen de la ejecución del sondeo mecánico y rotativo con extracción continua de testigo referido como S-01.



Figura Nº 6.- Fotografía de la ejecución de la calicata referida como C-01.



Figura Nº 7.- Fotografía de la ejecución de la calicata referida como C-02.



Figura Nº 8.- Fotografía de la ejecución de la calicata referida como C-03.



Figura Nº 9.- Fotografía de la ejecución de la calicata referida como C-04.



Figura Nº 10.- Trabajos para la realización de la penetración dinámica, tipo DPSH, referida como P-01.



Figura Nº 11.- Trabajos para la realización de la penetración dinámica, tipo DPSH, referida como P-02.

Las diferentes actas de todos los reconocimientos de campo desarrollados para este trabajo se aportan en los anejos correspondientes.

4.2.- Resultados de los ensayos de penetración dinámica

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de penetración dinámica:

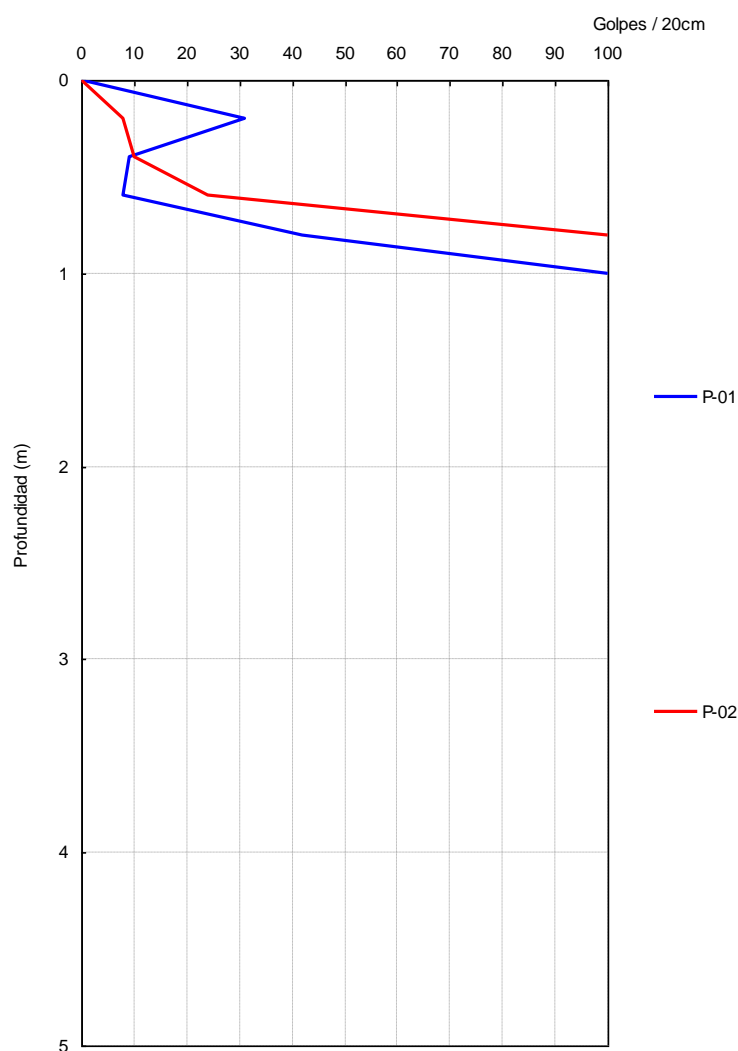


Figura Nº 12.- Registro de los ensayos de penetración dinámica realizados.

4.3.- Ensayos de campo y laboratorio

Los ensayos y trabajos de campo realizados para determinar las características de los materiales detectados han sido los siguientes:

Tabla 7. Ensayos y Trabajos de campo

| Ensayo | unidades | norma |
|---|----------|--|
| Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto | 1 | ASTM D6169-98, ASTM D3550-01, XP P94-202 |
| Ensayo de penetración estandar (SPT) | 4 | UNE 103800 |
| Testigo parafinado | 3 | ASTM D6640-01 |
| Toma de muestra alterada | 4 | - |

Los ensayos de laboratorio realizados para la elaboración de este documento quedan reflejados en las tablas siguientes:

Tabla 8. Trabajos de laboratorio

| Ensayo | unidades | norma |
|--|----------|------------------|
| Clasificación USCS | 6 | ISSMGE |
| Análisis granulométrico por tamizado | 6 | UNE 103101 |
| Determinación de los límites de Atterberg | 6 | UNE 103103 - 104 |
| Determinación de humedad natural | 2 | UNE 103300 |
| Determinación de peso específico aparente | 2 | UNE 103301 |
| Ensayo de compresión simple en suelos | 1 | UNE 103400 |
| Ensayo de corte directo con drenaje | 1 | UNE 103401 |
| Determinación de la presión de hinchamiento | 1 | UNE 103602 |
| Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro | 4 | UNE 103601 |
| Determinación del contenido en sulfatos | 1 | UNE 103202 |
| Determinación del grado de acidez Baumann-Gully | 1 | EHE |
| Determinación del contenido en materia orgánica | 4 | UNE 103204 |
| Determinación del contenido de yesos en los suelos | 4 | NLT-115 |
| Determinación del contenido de sales solubles en los suelos | 4 | NLT-114 |
| Ensayo de colapso en suelos | 4 | NLT-254 |
| Ensayo de compactación Proctor modificado | 4 | UNE 103501 |
| Ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo | 4 | UNE 103502 |
| Análisis de agresividad del agua según EHE | 1 | EHE |

Los valores obtenidos para cada uno de los ensayos realizados se establecen en las siguientes tablas:

Tabla 9. Valores de consistencia o compacidad

| Muestra | | | Consistencia o Compacidad | | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|----|----|----|--------|---------|
| Reconocimiento | Tipo de muestra | Prof. Inicial muestra | Golpeo/15cm | | | | | |
| | | | | | | | N30 MI | N30 SPT |
| | | | V1 | V2 | V3 | V4 | | |
| S-01 | MI | 3,00 | 19 | R | | | R | |
| S-01 | SPT | 3,30 | 31 | 40 | R | | | R |
| S-01 | SPT | 5,40 | 13 | 17 | 24 | 29 | | 41 |
| S-01 | SPT | 8,60 | 14 | 19 | 23 | 32 | | 42 |
| S-01 | SPT | 11,60 | 23 | 33 | R | | | R |

Tabla 10. Ensayos de identificación

| Muestra | | | Identificación | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------------|----------------|--------|--------|---------|----------|----------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Reconocimiento | Tipo de muestra | Prof. Inicial muestra | Granulometría | | | | | | L. Atterberg | | | | | Clasificación USCS |
| | | | 20 mm. | 5 mm. | 2 mm. | 0,4 mm. | 0,08 mm. | Grava (>2mm) % | Arena (2-0,08mm) % | Finos (<0,08mm) % | Límite Líquido | Límite Plástico | Índice Plasticidad | |
| S-01 | TP | 6,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,00 | 95,90 | 0,00 | 4,10 | 95,90 | 56,20 | 27,00 | 29,20 | CH |
| S-01 | TP | 9,20 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 98,90 | 97,80 | 0,00 | 2,20 | 97,80 | 52,60 | 29,40 | 23,20 | MH |
| C-01 | MA | 0,00 | 60,40 | 45,60 | 41,70 | 18,90 | 12,90 | 58,30 | 28,80 | 12,90 | 27,00 | 15,70 | 11,30 | GC |
| C-02 | MA | 2,40 | 65,30 | 47,10 | 42,60 | 27,90 | 11,30 | 57,40 | 31,30 | 11,30 | 28,40 | 19,70 | 8,70 | GP |
| C-03 | MA | 2,40 | 83,80 | 76,40 | 74,80 | 65,20 | 45,40 | 25,20 | 29,40 | 45,40 | 36,30 | 20,80 | 15,50 | SC |
| C-04 | MA | 0,60 | 43,70 | 32,80 | 31,40 | 23,60 | 12,40 | 68,60 | 19,00 | 12,40 | 28,30 | 21,00 | 7,30 | GC |

Tabla 11. Valores de ensayos químicos

| Muestra | | | Ensayos Químicos | | | | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|--|
| Reconocimiento | Tipo de muestra | Prof. Inicial muestra | Mat.Orgánica % | Sulfatos (SO ₃) % | Sulfatos (SO ₄) mg/kg | A.Baumann-Gully ml/kg | Contenido en yesos % | Sales Solubles % | Carbonatos (CO ₃) % | |
| S-01 | TP | 9,20 | | 0,03 | | 22,22 | | | | |
| C-01 | MA | 0,00 | 0,28 | | | | 0,42 | 1,61 | | |
| C-02 | MA | 2,40 | 0,17 | | | | 0,44 | 1,67 | | |
| C-03 | MA | 2,40 | 0,10 | | | | 2,08 | 2,70 | | |
| C-04 | MA | 0,60 | 0,31 | | | | 1,00 | 1,67 | | |

Tabla 12. Ensayos de definición del estado natural y resistencia

| Muestra | | | Parámetros de estado natural | | | | Resistencia | | | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|------|-------|-------------------------------|-----------------------|--|-------------|
| Reconocimiento | Tipo de muestra | Prof. Inicial muestra | | | | | RCS Kpa | | | Con Drenaje | | | Sin Drenaje |
| | | | Corte Directo / Triaxial | Ang. Rozamiento Efectivo ° | Cohesión Efectiva Kpa | Corte Directo / Triaxial | | | | Ang. Rozamiento sin drenaje ° | Cohesión Efectiva Kpa | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| S-01 | TP | 6,00 | | 13,91 | 17,54 | 28,60 | | C-CD | 26,90 | 94,08 | | | |
| S-01 | TP | 9,20 | | 13,52 | 17,54 | 30,01 | 145,00 | | | | | | |

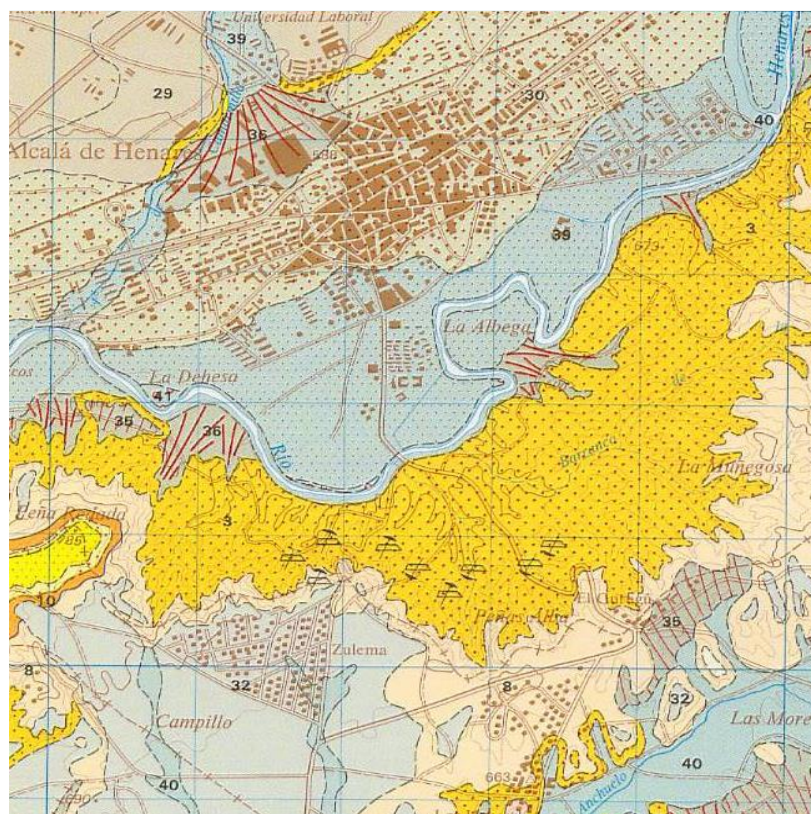
Tabla 13. Ensayos de expansividad/colapso y Compactación

| Muestra | | | Expansividad y Colapso | | | | Compactación | | | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|---------|-----------------------|------------------|-------------|------------|
| Reconocimiento | Tipo de muestra | Prof. Inicial muestra | Edómetro | | Presión de Hinchamiento Kpa | Hinchamiento Libre % | Clasificación Lambe | Asiento Ensayo Colapso % | Proctor | | Indice CBR | | |
| | | | eo | Presión de Preconsolidación Kpa | | | | | Proctor | Densidad Máxima kN/m3 | Humedad óptima % | C.B.R. 100% | C.B.R. 95% |
| S-01 | TP | 6,00 | | | 9,81 | | | | | | | | |
| C-01 | MA | 0,00 | | | | 0,40 | | 0,030 | Mod. | 20,48 | 7,00 | 64,28 | 21,51 |
| C-02 | MA | 2,40 | | | | 1,50 | | 0,040 | Mod. | 20,38 | 6,10 | 56,70 | 29,39 |
| C-03 | MA | 2,40 | | | | 0,90 | | 0,080 | Mod. | 16,75 | 17,30 | 40,93 | 18,43 |
| C-04 | MA | 0,60 | | | | 1,00 | | 0,010 | Mod. | 19,99 | 6,90 | 47,82 | 22,42 |

5.- Geología

La ubicación geológica, a efectos gráficos, del término municipal de ALCALÁ DE HENARES se aporta en el anejo correspondiente.

La situación geológica de la zona estudiada se expresa en el siguiente gráfico extraído de la documentación existente del Mapa Geológico de España (MAGNA), a escala original 1:50.000, del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Ciencia e Innovación



Centro de estudios de Materiales y Control de Obra S.A C.(Benaque Nº9, 29004 (Málaga) . C.I.F.: A-29021334. R.J. de Málaga. T.185, L.98-SA, F.195, P.1356

Así, como resultado de la evolución estructural apuntada, la Cuenca de Madrid aparece limitada por márgenes especialmente heterogéneos: orógenos hercínicos reciclados (Sistema Central, Montes de Toledo), cadenas alpinas plegadas donde aparecen

implicadas formaciones mesozoicas (Cordillera Ibérica en su rama castellana) y mantos ascendidos (lineación de Altomira).

Todo ello condiciona una neta variabilidad en cuanto a la composición de las áreas fuente, que incide en la litología de los sedimentos que componen los sistemas aluviales así como en la de los depósitos lacustres marginales.

Los materiales que caracterizan la zona objeto de estudio están compuestos por gravas areno-limosas cuaternarias (depósitos de terrazas), bajo estos depósitos aparecen unas arcillas limosas marrones terciarias de origen palustre.

6.- Sismología

6.1.- Introducción

La normativa utilizada a la hora de tener en cuenta o no los posibles efectos sísmicos sobre las obras proyectadas, ha sido la "Norma de Construcción Sismorresistente". NCSE-02. REAL DECRETO 997/2002 de 27 de septiembre.

NCSE-02 o Norma de construcción sismorresistente, es una norma española, publicada en BOE 11 octubre 2002.

Típicamente la norma NCSE-02 propone un método de cálculo, que al igual que su predecesora, la NCSE-94 utiliza los métodos tradicionales de proyecto sismorresistente basados en la resistencia.

La NCSE-02 está centrada en la seguridad de la estructura, pero no en cuantificar los daños, por lo que sus comprobaciones sólo son válidas en estado límite último.

Sus capítulos se ordenan como sigue:

- 🕒 Capítulo 1: generalidades.
- 🕒 Capítulo 2: peligrosidad sísmica y acción sísmica en cada punto del territorio.
- 🕒 Capítulo 3: métodos de cálculo para obtención de acciones y desplazamientos.
- 🕒 Capítulo 4: reglas de proyecto y prescripciones constructivas.

La norma NCSE-02 sigue las fases típicas del análisis dinámico de estructuras:

- 🕒 En un primer paso se establece el modelo estructural adecuado. A partir de las características geométricas, los materiales y la configuración de la estructura del modelo se construyen las matrices de masa, amortiguación y rigidez de acuerdo a las convenciones habituales del análisis dinámico. A partir de esas matrices se puede determinar gracias al análisis modal espectral las frecuencias propias de la estructura y sus modos propios. El movimiento oscilatorio de la estructura se representa de hecho como un movimiento armónico compuesto, que en general no será periódico.

- A partir de la ubicación de la estructura, las propiedades del terreno y la zonificación sísmica asociada a la norma se estiman unas aceleraciones típicas impuestas por el terreno y recogidas en los espectros elásticos de respuesta.
- A continuación la combinación de la sollicitación sísmica resumida en los espectros de respuesta y las características de respuesta del terreno resumidas en las frecuencias y modos propios de la estructura, se determinan las fuerzas sísmicas equivalentes sobre el edificio. Posteriormente, estas fuerzas son reducidas en función de la ductilidad de la estructura.

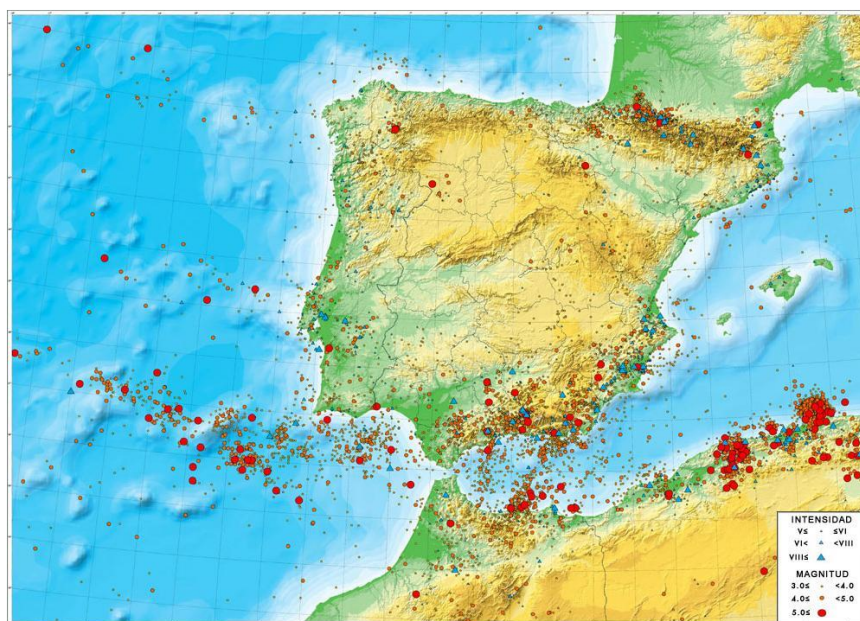


Figura Nº 14.- Magnitud y profundidad de los principales sismos en la zona. Ministerio de Fomento Subsecretaría. Dirección General del Instituto Geográfico.

6.2.- Mapa de peligrosidad sísmica. Coeficiente de distribución.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra 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.

El valor obtenido es el siguiente:

Tabla 14. Coeficiente de distribución

| | | |
|-----------------------------|---|------|
| Coeficiente de contribución | K | 0,00 |
|-----------------------------|---|------|

6.3.- Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración sísmica básica.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la

gravedad, g , la aceleración sísmica básica, a_b –un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno.

En la NSCE en su anejo nº 1 se representan los valores de la aceleración sísmica básica y del coeficiente de contribución, K , de los términos municipales con $a_b > 0,04g$, organizado por comunidades autónomas.

El valor obtenido es el siguiente:

Tabla 15. Aceleración sísmica básica

| Aceleración sísmica básica | a_b / g | $< 0,04$ |
|----------------------------|-----------|----------|
|----------------------------|-----------|----------|

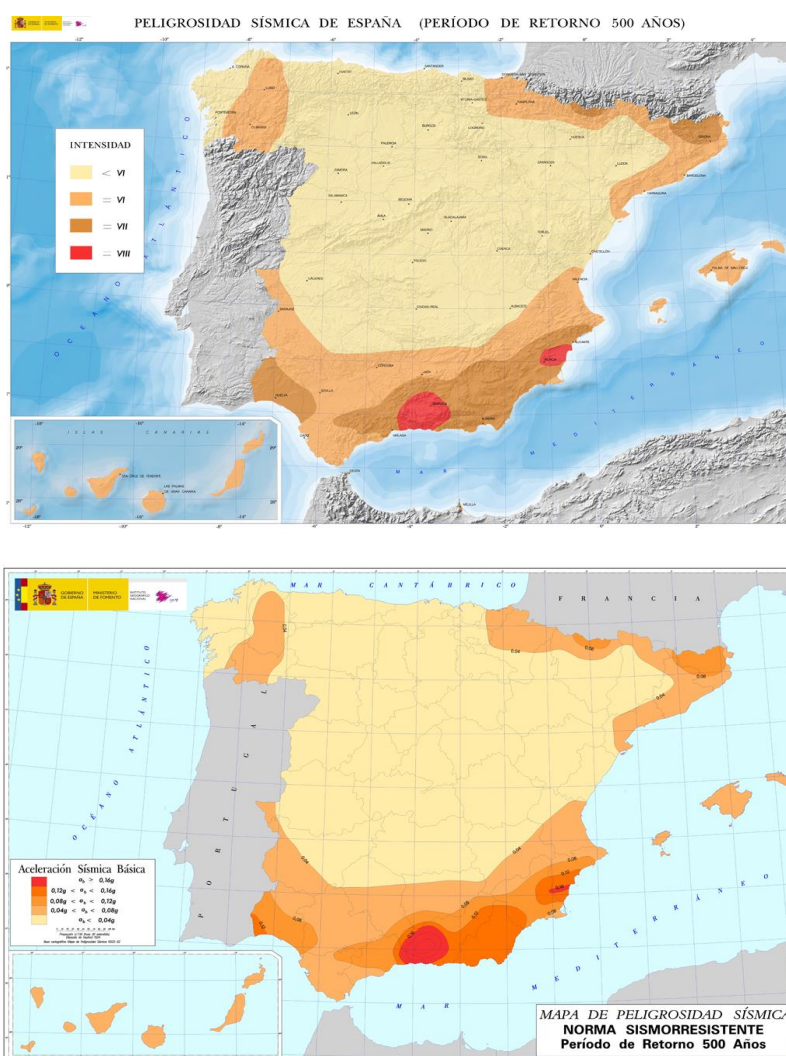


Figura Nº 15.- Peligrosidad sísmica de España (Periodo de retorno 500 años). Intensidad y aceleración sísmica básica.

7.- Caracterización geológica y geotécnica de los materiales

Los datos obtenidos se han analizado en gabinete, integrándolos con los existentes en la bibliografía consultada y permitiendo de esta manera la síntesis de los mismos en la que quedan representadas las distintas formaciones y suelos existentes, los datos hidrogeológicos más relevantes (zonas encharcadas, cursos de agua, etc.), las zonas potencialmente inestables (deslizamientos, etc.) y los condicionantes constructivos del terreno.

Una vez conocidas las diferentes formaciones existentes y su geometría, se procede a caracterizar los materiales.

Sintetizando, los aspectos fundamentales del trabajo realizado han sido el reconocimiento de los terrenos atravesados definiendo:

- 🕒 Litologías.
- 🕒 Clasificaciones de los materiales.
- 🕒 Características geotécnicas.
- 🕒 Situación del nivel freático.
- 🕒 Obtención del perfil geotécnico.
- 🕒 Niveles geotécnicos.
- 🕒 Espesor de tierra vegetal y rellenos.

En función de los trabajos de campo realizados, junto con ensayos de laboratorio ejecutados podemos establecer la siguiente secuencia estratigráfica modelo:

Tabla 16. Modelo estratigráfico establecido.

| Nivel | Material | Desde (m.) | Hasta (m.) |
|-------|--|------------|------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | 0,00 | 2,40 |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | 2,40 | 2,50 |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | 2,50 | - |

El perfil esquemático obtenido se adapta a la siguiente secuencia de materiales detectados.



SUPERVISADO

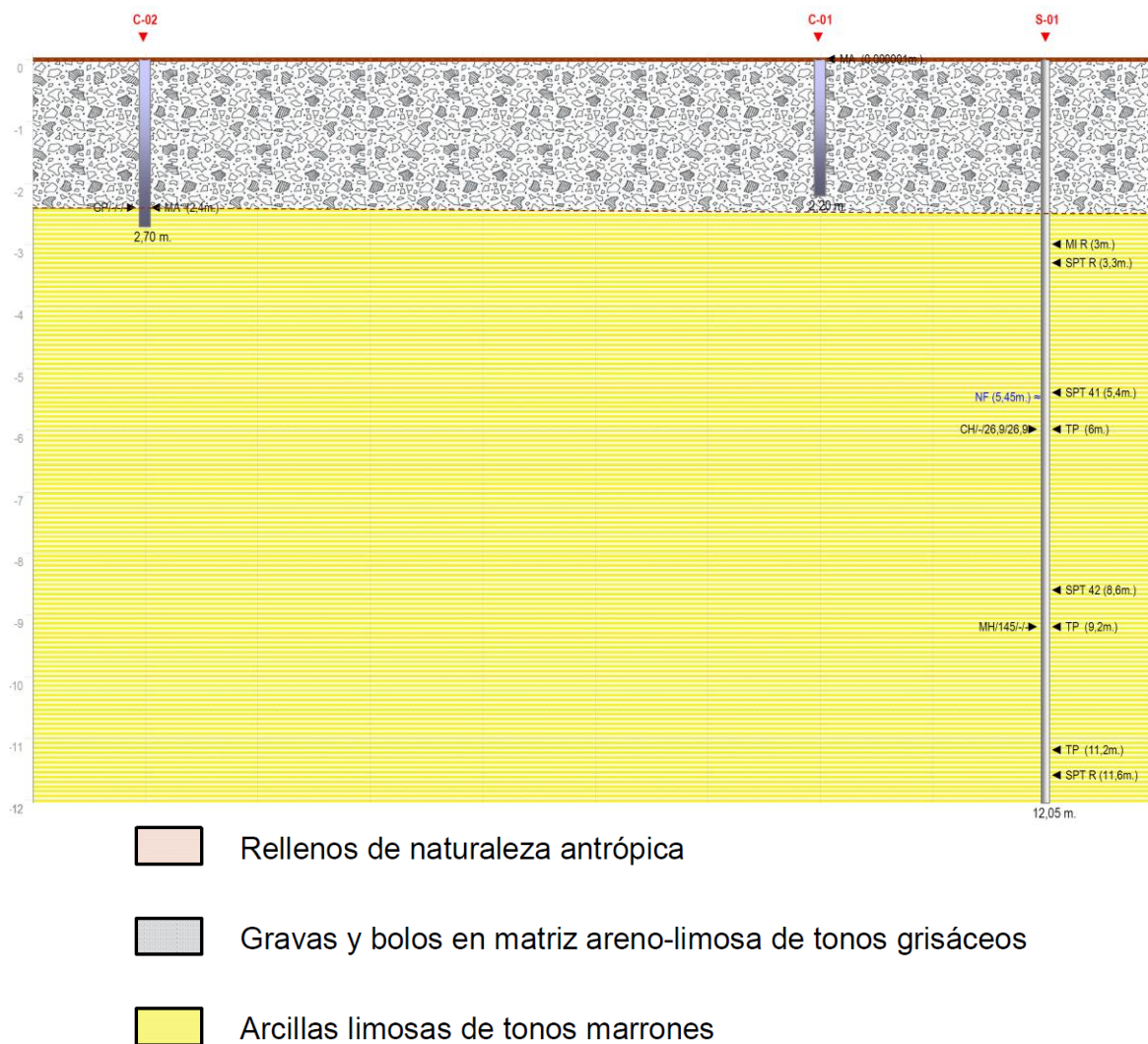


Figura Nº 16.- Perfil esquemático.

7.1.- Nivel freático

Durante las labores de campo se ha comprobado la existencia de los niveles freáticos.

Se ha detectado el nivel freático en el sondeo S-01 a la profundidad de -5,45 m.

Hemos de hacer notar que las medidas del nivel freático se han realizado a la finalización de las perforaciones.

Es probable que el nivel freático pueda oscilar en función del régimen climático y estacional no permaneciendo inalterable, consideración que habrá de ser tenida en cuenta.

7.1.- UG.1 Rellenos de naturaleza antrópica

La UG.1 está formada por Rellenos de naturaleza antrópica, según los trabajos de campo y laboratorio realizados, junto con el seguimiento realizado en gabinete.

La distribución de este nivel, en referencia a su potencia, dentro de las perforaciones realizadas se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 17. Distribución y potencia del nivel estudiado.

| | S-01 | C-01 | C-02 | C-03 | C-04 |
|-------|------|------|------|------|------|
| UG-01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,40 | 0,60 |
| UG-02 | 2,50 | 2,20 | 2,40 | 0,00 | 0,00 |
| UG-03 | 9,55 | - | 0,30 | 2,30 | 1,90 |

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 0,00 m. a techo y 2,40 m. a muro, según el siguiente modelo:

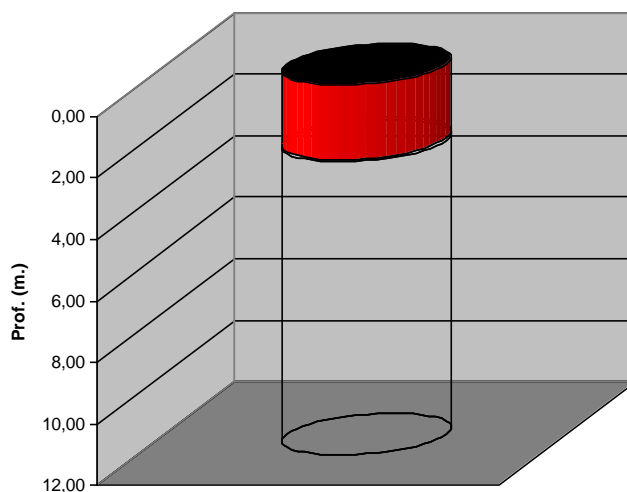


Figura Nº 17.- Distribución del nivel dentro del modelo establecido.

Desde un punto de vista mecánico-geotécnico, este material se caracteriza por presentar bajo e irregular grado de compacidad, siendo imprevisibles los asentamientos que se pueden producir. Por tal motivo, no lo consideramos apto para cimentar directamente sobre él.

7.2.- UG.2 Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos

La UG.2 está formada por Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos, según los trabajos de campo y laboratorio realizados, junto con el seguimiento realizado en gabinete.

La distribución de este nivel, en referencia a su potencia, dentro de las perforaciones realizadas se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 18. Distribución y potencia del nivel estudiado.

| | S-01 | C-01 | C-02 | C-03 | C-04 |
|-------|------|------|------|------|------|
| UG-01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,40 | 0,60 |
| UG-02 | 2,50 | 2,20 | 2,40 | 0,00 | 0,00 |
| UG-03 | 9,55 | | 0,30 | 2,30 | 1,90 |

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 2,40 m. a techo y 2,50 m. a muro, según el siguiente modelo:

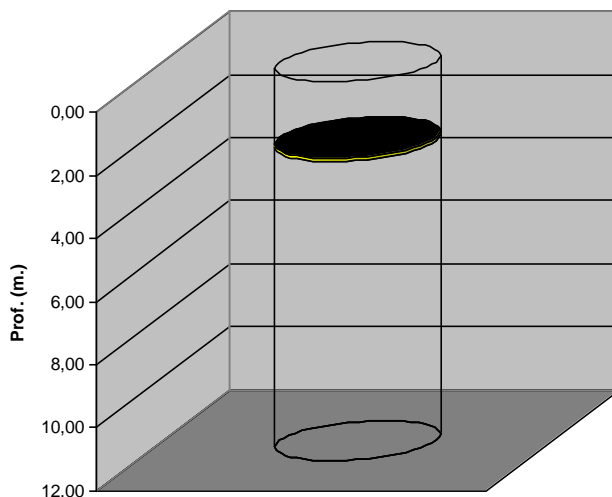


Figura Nº 18.- Distribución del nivel dentro del modelo establecido.

7.3.- Muestras ensayadas en la UG-2.

7.3.1.- Identificación

Los ensayos granulométricos realizados, para esta unidad se detallan en la siguiente tabla, donde se aportan los resultados obtenidos:

Tabla 19. Valores granulométricos

| Recon. | Prof. (m.) | Diámetro (mm.) | | | | |
|--------|------------|----------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 20,00 | 5,00 | 2,00 | 0,40 | 0,08 |
| C-01 | 0,00 | 60,40 | 45,60 | 41,70 | 18,90 | 12,90 |

Los valores obtenidos en las curvas granulométricas han sido las siguientes:

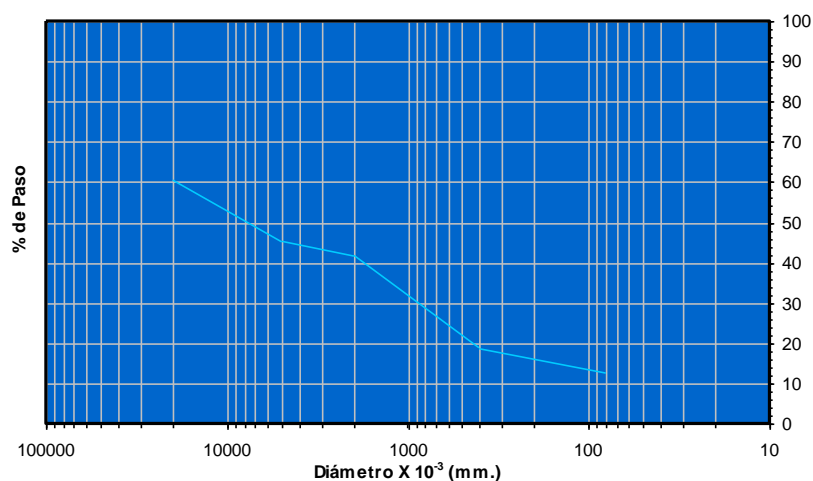


Figura N° 19.- Distribución de curvas granulométricas.

Los valores obtenidos para cada uno de los ensayos de límites de Atterberg desarrollados en este trabajo se definen a continuación:

Tabla 20. Límites de Atterberg

| Recon. | Prof. (m.) | Límite Líquido | Límite Plástico | Índice Plasticidad |
|--------|---------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| C-01 | 0,00 | 27,00 | 15,70 | 11,30 |

La variación de los límites líquidos y plásticos se detallan a continuación:

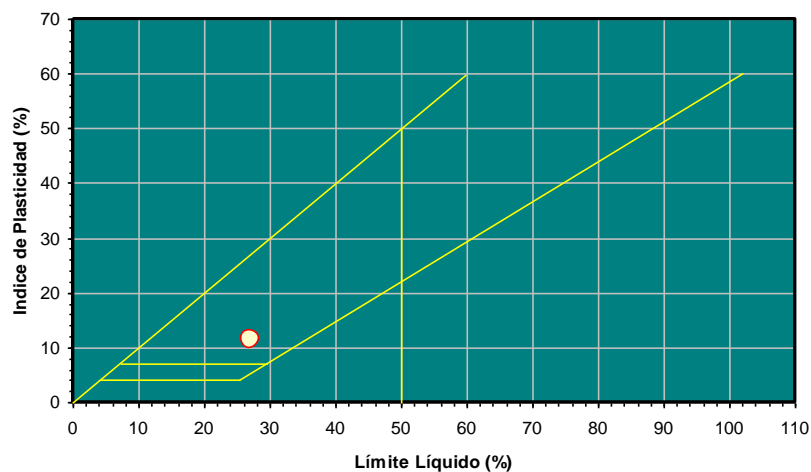


Figura N° 20.- Carta de Casagrande.

La clasificación obtenida según los ensayos realizados ha sido la que se aporta en la tabla siguiente:

**Tabla 21. Clasificación
(Sistema Unificado de
Clasificación de Suelos)**

| Recon. | Prof. (m.) | Clasificación |
|--------|---------------|---------------|
| C-01 | 0,00 | GC |

La distribución porcentual de las muestras ensayadas se puede ver en la gráfica siguiente:

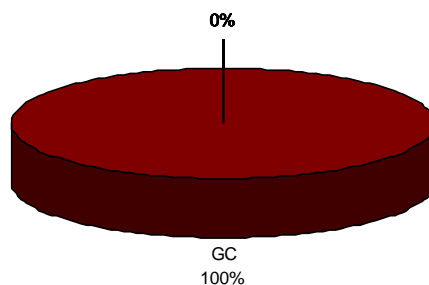


Figura Nº 21.- Clasificación.

7.3.2.- Ensayos químicos y agresividad en suelos

Los valores estadísticos obtenidos a partir de los ensayos realizados se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 22. Valores estadísticos de ensayos químicos

| | M. Organica (%) | Sulfatos (SO3) (%) | Sulfatos (SO4) mg/Kg | A. Baumann- Gully | Yesos (%) | Sales Solubles (%) | Carbonatos (CO3) (%) |
|---------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| Valores | 0,28 | - | - | - | 0,42 | 1,61 | - |

7.3.3.- Ensayos de expansividad y colapso

Los ensayos de expansividad y colapso, junto con los valores obtenidos, se aportan en la siguiente tabla:

Tabla 23. Valores obtenidos en los ensayos de laboratorio

| Recon. | Prof. (m.) | eo (ind. poros) | Presion preconsolid. (Kpa) | P.Hincham. (Kpa) | Hincham. libre (%) | Clasif. Lambe | Asiento en colapso (%) |
|--------|---------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------|---------------------------------|
| C-01 | 0,00 | | | | 0,40 | | 0,03 |

7.3.4.- Ensayos de compactación

Los parámetros obtenidos para los ensayos de compactación son los siguientes:

Tabla 24. Valores de laboratorio obtenidos

| Recon. | Prof. (m.) | Ensayo Proctor | | | C.B.R. | |
|--------|---------------|----------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| | | Proctor | Densidad max (kN/m ³) | Humedad óptima (%) | C.B.R. (100%) | C.B.R. (95%) |
| C-01 | 0,00 | Mod. | 20,48 | 7,00 | 64,28 | 21,51 |

De acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), desde el punto de vista de sus características intrínsecas los materiales se clasificarán en los siguientes tipos:

- Suelos seleccionados
- Suelos adecuados
- Suelos tolerables
- Suelos marginales
- Suelos inadecuados

Teniendo en cuenta las condiciones básicas indicadas en el apartado 330.3 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), así como las que en su caso se exijan en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se utilizarán, en las diferentes zonas del relleno tipo terraplén, los suelos que en este apartado se indican.

- Coronación
- Cimiento
- Núcleo
- Espaldones

Los ensayos realizados son los siguientes, donde se aporta además la clasificación según los criterios establecidos y su probable uso en rellenos:

Tabla 25. Valores obtenidos

| Ensayos de laboratorio | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------|------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Recon. | Prof. (m.) | Tamaño máximo (mm.) | Cernido 2 UNE (%) | Cernido 0,40 UNE (%) | Cernido 0,080 UNE (%) | Materia orgánica (%) | Contenido yeso (%) | Contenido Sales Solubles (%) | Límite Líquido (%) | Índice plasticidad (%) | Asiento Ensayo Colapso (%) | Hinchamiento libre (%) |
| C-01 | 0,00 | | 41,70 | 18,90 | 12,90 | 0,28 | 0,42 | 1,61 | 27,00 | 11,30 | 0,03 | 0,40 |

La clasificación de las diferentes muestras ensayadas es la siguiente:

**Tabla 26. Clasificación obtenida
apartado 330.3 del Pliego de
Prescripciones Técnicas
Generales para Obras de
Carreteras y Puentes (PG-3).**

| Recon. | Prof. (m.) | Clasificación |
|--------|---------------|---------------|
| C-01 | 0,00 | MARGINAL |

7.4.- UG.3 Arcillas limosas de tonos marrones

La UG.3 está formada por Arcillas limosas de tonos marrones, según los trabajos de campo y laboratorio realizados, junto con el seguimiento realizado en gabinete.

La distribución de este nivel, en referencia a su potencia, dentro de las perforaciones realizadas se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 27. Distribución y potencia
del nivel estudiado.**

| | S-01 | C-01 | C-02 | C-03 | C-04 |
|-------|------|------|------|------|------|
| UG-01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,40 | 0,60 |
| UG-02 | 2,50 | 2,20 | 2,40 | 0,00 | 0,00 |
| UG-03 | 9,55 | - | 0,30 | 2,30 | 1,90 |

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 2,50 m. a techo y 12,00 m. a muro, según el siguiente modelo:

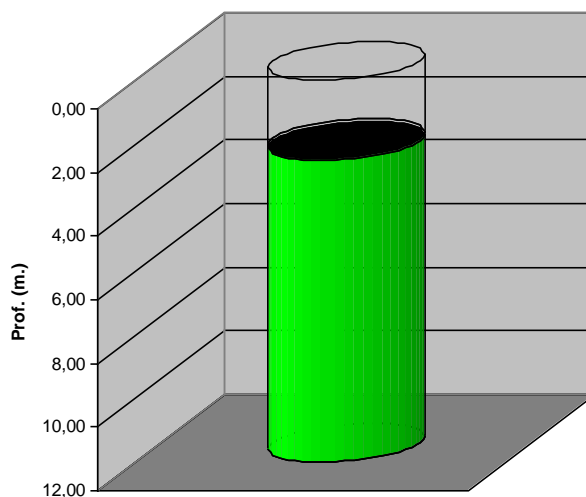


Figura Nº 22.- Distribución del nivel dentro del modelo establecido.

Los ensayos de campo realizados, en cuanto a consistencia o compacidad, junto con las muestras extraídas se detallan a continuación:

Tabla 28. Toma de Muestras. Ensayos de Consistencia o Compacidad

| Recon. | Tipo Muestra | Prof. (m.) | N(1) | N(2) | N(3) | N(4) | N30 (MI) | N30 (SPT) |
|--------|--------------|------------|------|------|------|------|----------|-----------|
| S-01 | MI | 3,00 | 19 | R | | | R | |
| S-01 | SPT | 3,30 | 31 | 40 | R | | | R |
| S-01 | SPT | 5,40 | 13 | 17 | 24 | 29 | | 41 |
| S-01 | TP | 6,00 | | | | | | |
| S-01 | SPT | 8,60 | 14 | 19 | 23 | 32 | | 42 |
| S-01 | TP | 9,20 | | | | | | |
| S-01 | TP | 11,20 | | | | | | |
| S-01 | SPT | 11,60 | 23 | 33 | R | | | R |
| C-02 | MA | 2,40 | | | | | | |
| C-03 | MA | 2,40 | | | | | | |
| C-04 | MA | 0,60 | | | | | | |

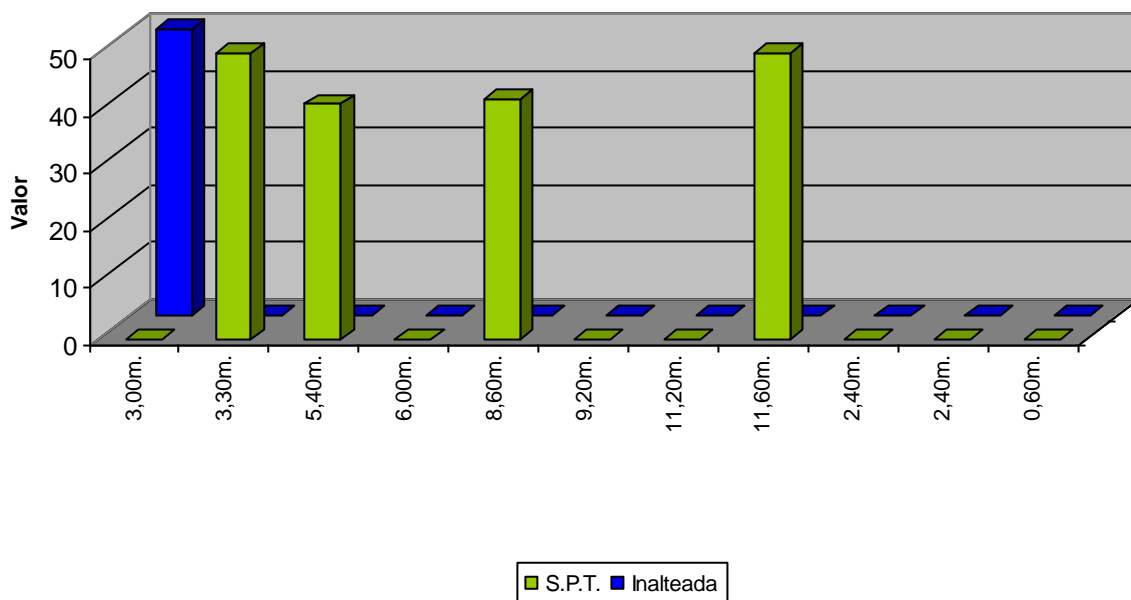


Figura Nº 23.- Valores de compacidad o consistencia.

7.5.- Muestras ensayadas en la UG-3.

7.5.1.- Identificación

Los ensayos granulométricos realizados, para esta unidad se detallan en la siguiente tabla, donde se aportan los resultados obtenidos:

Tabla 29. Valores granulométricos

| Recon. | Prof. (m.) | Diámetro (mm.) | | | | |
|--------|------------|----------------|--------|--------|-------|-------|
| | | 20,00 | 5,00 | 2,00 | 0,40 | 0,08 |
| S-01 | 6,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,00 | 95,90 |
| S-01 | 9,20 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 98,90 | 97,80 |

Tabla 29. Valores granulométricos

| Recon. | Prof. (m.) | Diámetro (mm.) | | | | |
|--------|---------------|----------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 20,00 | 5,00 | 2,00 | 0,40 | 0,08 |
| C-02 | 2,40 | 65,30 | 47,10 | 42,60 | 27,90 | 11,30 |
| C-03 | 2,40 | 83,80 | 76,40 | 74,80 | 65,20 | 45,40 |
| C-04 | 0,60 | 43,70 | 32,80 | 31,40 | 23,60 | 12,40 |

Los valores obtenidos en las curvas granulométricas han sido las siguientes:

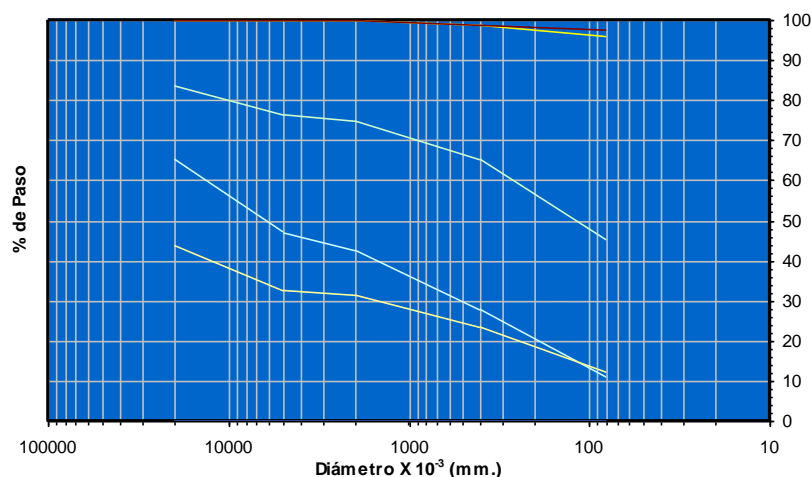


Figura Nº 24.- Distribución de curvas granulométricas.

Los valores medios obtenidos han sido los siguientes:

Tabla 30. Valores estadísticos granulométricos

| | Diámetro (mm.) | | | | |
|---------------|----------------|--------|--------|-------|-------|
| | 20,00 | 5,00 | 2,00 | 0,40 | 0,08 |
| Mínimo (%) | 43,70 | 32,80 | 31,40 | 23,60 | 11,30 |
| Máximo (%) | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,00 | 97,80 |
| Media (%) | 78,56 | 71,26 | 69,76 | 62,92 | 52,56 |
| Desviación | 24,18 | 30,58 | 31,87 | 36,65 | 42,70 |
| Nº de ensayos | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

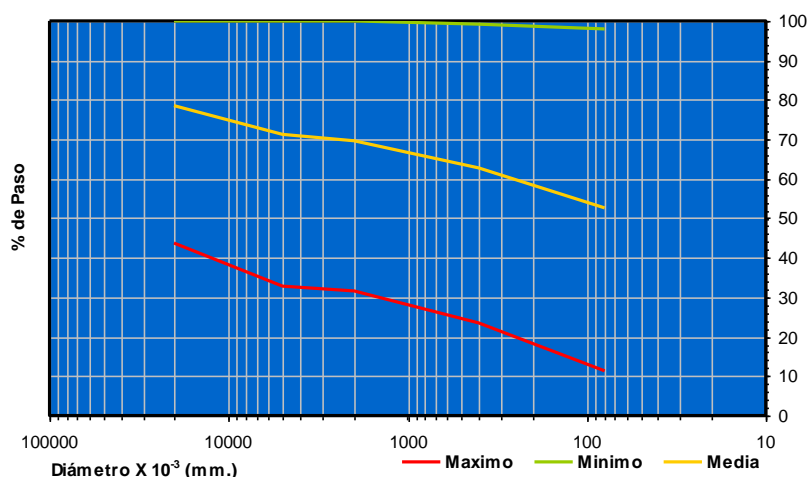


Figura Nº 25.- Valores estadísticos gráficos.

Los valores obtenidos para cada uno de los ensayos de límites de Atterberg desarrollados en este trabajo se definen a continuación:

Tabla 31. Límites de Atterberg

| Recon. | Prof. (m.) | Límite Líquido | Límite Plástico | Índice Plasticidad |
|--------|---------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| S-01 | 6,00 | 56,20 | 27,00 | 29,20 |
| S-01 | 9,20 | 52,60 | 29,40 | 23,20 |
| C-02 | 2,40 | 28,40 | 19,70 | 8,70 |
| C-03 | 2,40 | 36,30 | 20,80 | 15,50 |
| C-04 | 0,60 | 28,30 | 21,00 | 7,30 |

La variación de los límites líquidos y plásticos se detallan a continuación:

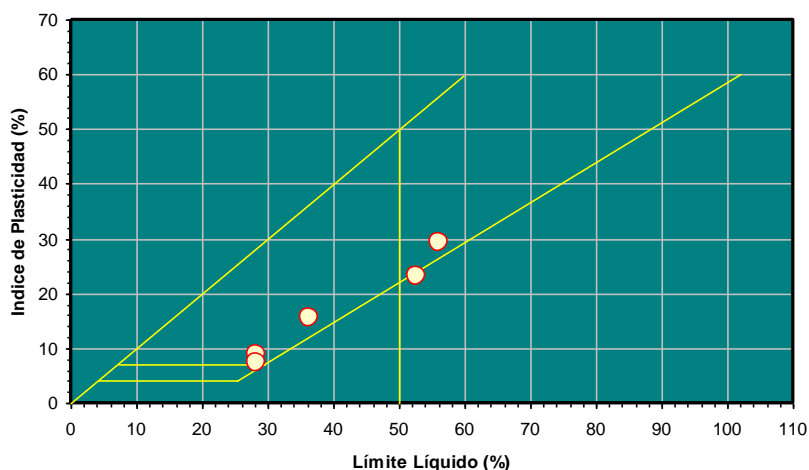


Figura Nº 26.- Carta de Casagrande.

Los valores medios obtenidos, referentes a los Límites de Atterberg han sido los siguientes:

**Tabla 32. Valores estadísticos
Límites de Atterberg**

| | <i>L. Líquido</i> | <i>I. Plasticidad</i> |
|----------------------|-------------------|-----------------------|
| <i>Mínimo (%)</i> | 28,30 | 7,30 |
| <i>Máximo (%)</i> | 56,20 | 29,20 |
| <i>Media (%)</i> | 40,36 | 16,78 |
| <i>Desviación</i> | 13,28 | 9,38 |
| <i>Nº de ensayos</i> | 5 | 5 |

La clasificación obtenida según los ensayos realizados ha sido la que se aporta en la tabla siguiente:

**Tabla 33. Clasificación
(Sistema Unificado de
Clasificación de Suelos)**

| <i>Recon.</i> | <i>Prof. (m.)</i> | <i>Clasificación</i> |
|---------------|-----------------------|----------------------|
| S-01 | 6,00 | CH |
| S-01 | 9,20 | MH |
| C-02 | 2,40 | GP |
| C-03 | 2,40 | SC |
| C-04 | 0,60 | GC |

La distribución porcentual de las muestras ensayadas se puede ver en la grafica siguiente:

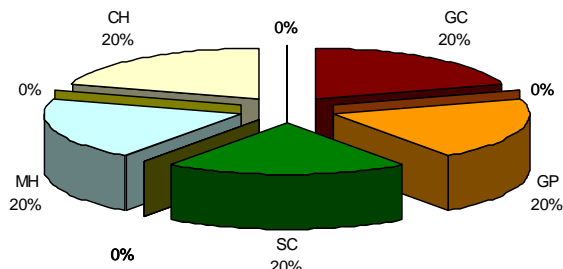


Figura Nº 27.- Clasificación.

7.5.2.- Ensayos químicos y agresividad en suelos

Los valores estadísticos obtenidos a partir de los ensayos realizados se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 34. Valores estadísticos de ensayos químicos

| | <i>M. Orgánica (%)</i> | <i>Sulfatos (SO3) (%)</i> | <i>Sulfatos (SO4) mg/Kg</i> | <i>A. Baumann- Gully</i> | <i>Yesos (%)</i> | <i>Sales Solubles (%)</i> | <i>Carbonatos (CO3) (%)</i> |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| <i>Mínimo</i> | 0,10 | 0,03 | - | 22,22 | 0,44 | 1,67 | - |
| <i>Máximo</i> | 0,31 | 0,03 | - | 22,22 | 2,08 | 2,70 | - |
| <i>Media</i> | 0,19 | 0,03 | - | 22,22 | 1,17 | 2,01 | - |
| <i>Desviación</i> | 0,11 | - | - | - | 0,84 | 0,59 | - |
| <i>Nº de ensayos</i> | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 |

7.5.3.- Parámetros de estado natural

Los valores obtenidos de los parámetros naturales ensayados han sido los siguientes:

Tabla 35. Valores obtenidos de estado natural

| Recon. | Prof. (m.) | Peso Específico (kN/m ³) | Densidad seca (kN/m ³) | Densidad aparente (kN/m ³) | Humedad (%) |
|--------|---------------|--|--|--|----------------|
| S-01 | 6,00 | | 13,91 | 17,54 | 28,60 |
| S-01 | 9,20 | | 13,52 | 17,54 | 30,01 |

7.5.4.- Parámetros de resistencia

Los valores de resistencia obtenidos para este nivel son los siguientes:

Tabla 36. Valores obtenidos en los ensayos de resistencia ejecutados. *Nota: C (Corte Directo). T (Triaxial). CD (Ensayos consolidados y drenados). CU (Ensayos consolidados y sin drenar). UU (Ensayos sin consolidar y sin drenar).

| Recon. | Prof. (m.) | Comp.Simple (KPa) | Ensayos con Drenaje | | | Ensayos sin Drenaje | | |
|--------|---------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| | | | Tipo de ensayo | Ang.roz. Efectivo | Coh.Efect. (Kpa) | Tipo de ensayo | Ang.roz. sin drenaje | Coh.sin dren.(Kpa) |
| S-01 | 6,00 | | C-CD | 26,90 | 94,08 | | | |
| S-01 | 9,20 | 145,00 | | | | | | |

7.5.5.- Ensayos de expansividad y colapso

Los ensayos de expansividad y colapso, junto con los valores obtenidos, se aportan en la siguiente tabla:

Tabla 37. Valores obtenidos en los ensayos de laboratorio

| Recon. | Prof. (m.) | eo (ind. poros) | Presion preconsolid. (Kpa) | P.Hincham. (Kpa) | Hincham. libre (%) | Clasif. Lambe | Asiento en colapso (%) |
|--------|---------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
| S-01 | 6,00 | | | 9,81 | | | |
| C-02 | 2,40 | | | | 1,50 | | 0,04 |
| C-03 | 2,40 | | | | 0,90 | | 0,08 |
| C-04 | 0,60 | | | | 1,00 | | 0,01 |

7.5.6.- Ensayos de compactación

Los parámetros obtenidos para los ensayos de compactación son los siguientes:

Tabla 38. Valores de laboratorio obtenidos

| Recon. | Prof. (m.) | Proctor | Ensayo Proctor | | C.B.R. | |
|--------|---------------|---------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| | | | Densidad max (kN/m ³) | Humedad óptima (%) | C.B.R. (100%) | C.B.R. (95%) |
| C-02 | 2,40 | Mod. | 20,38 | 6,10 | 56,70 | 29,39 |
| C-03 | 2,40 | Mod. | 16,75 | 17,30 | 40,93 | 18,43 |

Tabla 38. Valores de laboratorio obtenidos

| Recon. | Prof. (m.) | Ensayo Proctor | | | C.B.R. | |
|--------|---------------|----------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| | | Proctor | Densidad max (kN/m ³) | Humedad óptima (%) | C.B.R. (100%) | C.B.R. (95%) |
| C-04 | 0,60 | Mod. | 19,99 | 6,90 | 47,82 | 22,42 |

De acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), desde el punto de vista de sus características intrínsecas los materiales se clasificarán en los siguientes tipos:

- Suelos seleccionados
- Suelos adecuados
- Suelos tolerables
- Suelos marginales
- Suelos inadecuados

Teniendo en cuenta las condiciones básicas indicadas en el apartado 330.3 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), así como las que en su caso se exijan en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se utilizarán, en las diferentes zonas del relleno tipo terraplén, los suelos que en este apartado se indican.

- Coronación
- Cimiento
- Núcleo
- Espaldones

Los ensayos realizados son los siguientes, donde se aporta además la clasificación según los criterios establecidos y su probable uso en rellenos:

Tabla 39. Valores obtenidos

| Recon. | Prof. (m.) | Ensayos de laboratorio | | | | | | | | | | |
|--------|---------------|------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | | Tamaño máximo (mm.) | Cernido 2 UNE (%) | Cernido 0,40 UNE (%) | Cernido 0,080 UNE (%) | Materia orgánica (%) | Contenido yeso (%) | Contenido Sales Solubles (%) | Límite Líquido (%) | Índice plasticidad (%) | Asiento Ensayo Colapso (%) | Hinchamiento libre (%) |
| C-02 | 2,40 | | 42,60 | 27,90 | 11,30 | 0,17 | 0,44 | 1,67 | 28,40 | 8,70 | 0,04 | 1,50 |
| C-03 | 2,40 | | 74,80 | 65,20 | 45,40 | 0,10 | 2,08 | 2,70 | 36,30 | 15,50 | 0,08 | 0,90 |
| C-04 | 0,60 | | 31,40 | 23,60 | 12,40 | 0,31 | 1,00 | 1,67 | 28,30 | 7,30 | 0,01 | 1,00 |

La clasificación de las diferentes muestras ensayadas es la siguiente:

**Tabla 40. Clasificación obtenida
apartado 330.3 del Pliego de
Prescripciones Técnicas
Generales para Obras de
Carreteras y Puentes (PG-3).**

| Recon. | Prof. (m.) | Clasificación |
|--------|---------------|---------------|
| C-02 | 2,40 | MARGINAL |
| C-03 | 2,40 | MARGINAL |
| C-04 | 0,60 | MARGINAL |

8.- Agresividad

La clasificación de la agresividad química se ha realizado de acuerdo a lo recogido en el Código Estructural aprobado el 29 de junio de 2021 en el Real Decreto 470/2021, que regula las estructuras de hormigón, de acero y mixtas de hormigón-acero, tanto de edificación como de obra civil.

A modo de resumen se recoge en la siguiente tabla los criterios para la clasificación del tipo de exposición:

Tabla 41. Tipo de exposición.

| Tipo de medio agresivo | Parámetros | Tipo de exposición | | |
|---------------------------|---|--------------------|--------------|---------------|
| | | XA1 | XA2 | XA3 |
| | | Ataque débil | Ataque medio | Ataque fuerte |
| Agua | Valor del PH, según UNE 83.952 | 6,5-5,5 | 5,5-4,5 | < 4,5 |
| | CO ₂ Agresivo (mg CO ₂ / l), según UNE- EN 13.577 | 15- 40 | 40- 100 | > 100 |
| | Ión Amonio (mg NH ₄ ⁺ / l), según UNE 83.954 | 15- 30 | 30- 60 | > 60 |
| | Ión Magnesio (mg Mg ²⁺ / l), según UNE 83.955 | 300- 1000 | 1000- 3000 | > 3000 |
| | Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ / l), según UNE 83.956 | 200- 600 | 600- 3000 | > 3000 |
| | Residuo Seco (mg/l), según UNE 83.957 | 75- 150 | 50- 75 | < 50 |
| Suelo | Grado de Acidez Baumann-Gully (ml/kg), según UNE 83.962 | > 200 | (*) | (*) |
| | Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ / kg de suelo seco), según UNE 83.963 | 2000- 3000 | 3000- 12000 | > 12000 |

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

8.1.- Valores obtenidos en muestras de suelos

Según los trabajos realizados se establecen los siguientes tipos de exposición obtenidos en muestras de suelos:

Tabla 42. Tipos de exposición obtenidos.

| Unidad Geotécnica | Definición | Tipo de exposición |
|-------------------|--|--------------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | - |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | - |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | No agresivo |

8.2.- Valores obtenidos en muestras de aguas

Según los trabajos realizados se establecen los siguientes tipos de exposición obtenidos en muestras de aguas:

| PARÁMETROS | NORMA | RESULTADO | TIPO DE EXPOSICIÓN | | |
|---|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | | Qa - ATAQUE DÉBIL | Qb - ATAQUE MEDIO | Qc - ATAQUE FUERTE |
| VALOR DEL pH | UNE 83952:2008 | 9 | 6,5 - 5,5 | 5,5 - 4,5 | < 4,5 |
| CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ /l) | UNE EN 13577:2008 | NO CONTIENE | 15 - 40 | 40 - 100 | > 100 |
| IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ /l) | UNE 83954:2008 | 0 | 15 - 30 | 30 - 60 | > 60 |
| IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ /l) | UNE 83955:2008 | 46 | 300 - 1000 | 1000 - 3000 | > 3000 |
| IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /l) | UNE 83956:2008 | 112 | 200 - 600 | 600 - 3000 | > 3000 |
| RESIDUO SECO (mg/l) | UNE 83957:2008 | 641 | 75 - 150 | 50 - 75 | < 50 |
| EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD: | | NO AGRESIVA | | | |

9.- Expansividad

Una problemática relevante y a tener en cuenta en nuestro país, es la presencia de suelos arcillosos expansivos, cuya principal característica es la de producir movimientos como consecuencia de hinchamientos y retracciones del subsuelo sobre el cual apoya la cimentación, debidos a cambios de humedad y que provocan en la mayoría de los casos daños estructurales importantes.

Las arcillas expansivas, pertenecen a un grupo mineralógico muy amplio de materiales de naturaleza química silíceas denominados silicatos. Dentro de estos, en función de la distribución de los tetraedros de SiO₄⁻ (figura siguiente) se clasifican sistemáticamente dentro de los Filosilicatos o silicatos laminares. Así, a grandes rasgos y en función del tipo de arcilla, entre lámina y lámina, se emplazarán en mayor o menor medida las moléculas de agua que producirán el hinchamiento.

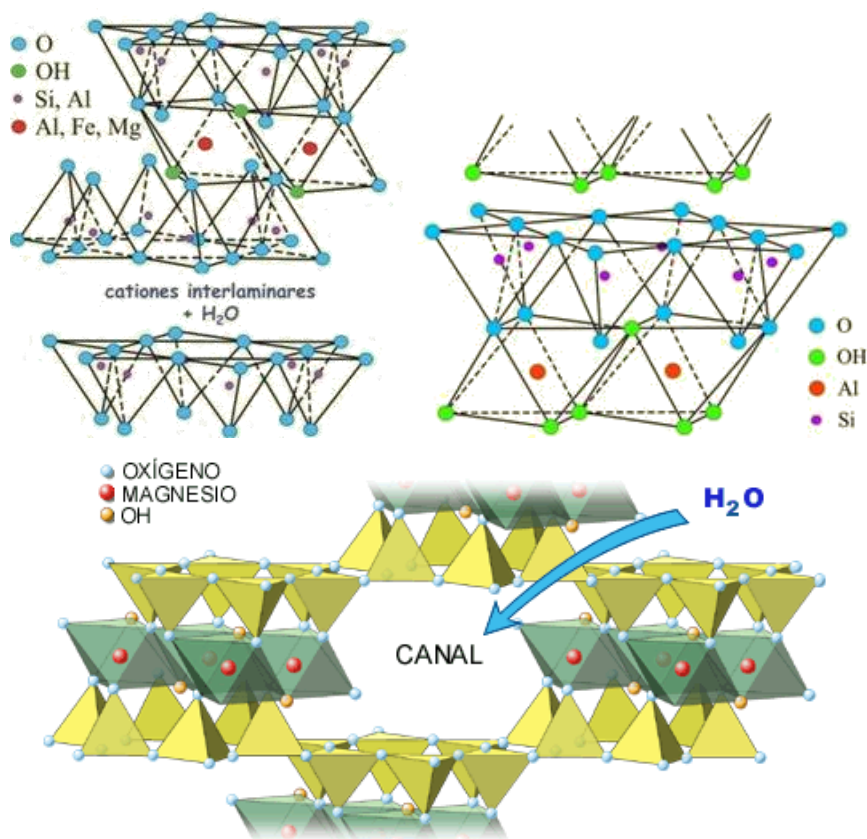


Figura Nº 28.- Estructura química general de las arcillas.

Desde el punto de vista geotécnico, los suelos plásticos o arcillosos, son aquellos capaces de deformarse sin agrietarse, ni producir rebote elástico, cambiando su consistencia al variar el contenido de agua. En función de los cambios de contenido de humedad se dan diferentes estados físicos, siendo los límites para cada estado de consistencia los conocidos como límites de Atterberg: límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, que son el punto de partida para la estimación de la expansividad de un suelo.

La capacidad expansiva del suelo depende de su naturaleza; si un suelo arcilloso modifica el contenido de humedad, el cambio de volumen puede ser significativo. Tanto por aumento de volumen por mayor tenor de humedad como, al reducir la humedad, suele producirse retracción por desecación.

Cuando acaecen problemas en las construcciones como consecuencia de la expansividad del suelo bajo una cimentación, y alrededor de instalaciones auxiliares, pueden llegar a cobrar mucha importancia, provocando agrietamientos, rotura de tuberías de saneamiento y de drenajes, etc.

Por lo general aparecen en edificios de poca altura, en los que por las bajas presiones transmitidas al terreno, no pueden impedir el hinchamiento del suelo y, por otra parte,

cuando debido a economías mal orientadas, no se cimenta a gran profundidad, donde los cambios volumétricos periódicos no se producen.

Los Ensayos de expansividad permiten obtener valores cuantitativos sobre la capacidad expansiva del suelo.

Generalmente se realizan ensayos que correlacionan parámetros básicos del suelo con su potencial expansivo, éstos permiten identificar y clasificar los suelos expansivos, los más utilizados son:

- Ensayos Directos. Cuando se necesita determinar el cambio de volumen del suelo se utiliza un aparato edométrico:

- Ensayo de Hinchamiento Libre: Obtención de las deformaciones que sufre el suelo sometido a niveles tensionales muy bajos.
- Ensayo de Presión Máxima de Hinchamiento: Presión máxima que sufre el suelo sin cambiar su volumen.

- Ensayos Indirectos. Estos ensayos se basan en la medición de una o más propiedades intrínsecas del suelo en complemento con datos disponibles sobre experiencias anteriores acerca del cambio potencial de volumen:

- Ensayo de Difracción de Rayos X : Es la determinación de la constitución de arcillas (minerales constitutivos).
- Plasticidad: determinación de correlaciones locales.
- Contenidos de Humedad, Granulometría, etc.

Los criterios de peligrosidad más aceptados son los siguientes:

Tabla 43. Criterios de peligrosidad según Jiménez Salas.

| Parámetro | Nula | Marginal | Crítica | Muy crítica |
|--------------------------|------|----------|---------|-------------|
| Límite líquido LL | <30 | 30-40 | 40-60 | >60 |
| Índice de Plasticidad IP | 0-15 | 10-35> | 20-55 | >45 |
| %<1 µm | <15 | 13-23 | 23-30 | >28 |
| %<0,074 µm | <30 | 30-60 | 60-95 | >90 |
| Índice PVC de Lambe | <2 | 2-4 | 4-6 | >6 |
| Índice de desecación ID | >1 | 0,8-1 | 0,6-0,8 | <0,6 |

Tabla 44. Criterios de peligrosidad según Chen.

| % Pasa por Tamiz 200 | Límite líquido | S.P.T. | Expansión Probable % | Presión de Hinchamiento | Grado de expansión |
|----------------------|----------------|--------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| >95 | >60 | >30 | >10 | >10 | muy alto |
| 60-95 | 40-60 | 20-30 | 3-10 | 2,5-10 | alto |
| 30-60 | 30-40 | 10-20 | 1-5 | 1,5-2,5 | medio |
| <30 | <30 | <10 | <1 | <0,5 | bajo |

9.1.- Valores y cuantificaciones obtenidas

Según los trabajos realizados se han podido establecer los siguientes valores de expansividad según los criterios utilizados:

Tabla 45. Valoración de la expansividad.

| Unidad Geotécnica | Definición | Criterio de peligrosidad |
|-------------------|--|--------------------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | - |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | Nulo |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | Nulo a Critico |

10.- Permeabilidad

En el estudio de las propiedades hidráulicas del suelo, nos referiremos al movimiento del agua libre entre las partículas, cuya magnitud depende de la permeabilidad del material. Se define un material permeable como aquel que tiene vacíos continuos. Siguiendo este concepto, todos los suelos y materiales constructivos, excluyendo los metálicos, son permeables.

El general distinguiremos dos tipos de flujo: laminar y turbulento. El flujo laminar es aquel en el cual las partículas de agua se mueven o desplazan sin interferencias, o sea, que las partículas no chocan entre sí. Es característico de los limos y las arcillas, pero puede ocurrir en las arenas bajo ciertas condiciones hidráulicas. Un flujo se definirá como turbulento cuando las líneas de flujo se juntan debido al choque de las partículas de agua que se mueven indisciplinadamente. Es propio de las gravas.

10.1.- Movimiento del agua libre

El escurrimiento del agua a través de un material permeable se realiza siguiendo aproximadamente las líneas de filtración. Hay una pérdida de energía (convertida en calor y sonido) debido a la fricción de las partículas de agua dentro de los poros del suelo que genera la sobrepresión hidrostática. Es ésta el elemento motor que provoca el movimiento del agua a través de la masa de suelo.

Definamos los siguientes términos:

Altura de posición o potencial: es la distancia medida desde un plano de referencia arbitrario.

Presión piezométrica: es la presión que provoca que el nivel del agua se eleve en el tubo.

Carga hidráulica: es la pérdida de altura h obtenida por la diferencia de alturas totales h_1 y h_2 .

Sobrepresión hidrostática: es la pérdida de energía determinable por el producto $h \cdot \gamma_w$, donde γ_w es el peso específico del agua (g/cm^3) y h la carga hidráulica.

Principio de Bernoulli.

"En un punto de un líquido, la energía total es igual a la suma de las energías de posición o potencial, piezométrica o de presión, y de velocidad".

Ley de Darcy

Una antigua fórmula empírica mide la cantidad de agua que circula en la unidad de tiempo a través de una superficie unitaria normal a las líneas de filtración, expresada como:

K : permeabilidad de un material poroso, función exclusiva de las características del suelo (cm^2)
 N : viscosidad del líquido que circula ($\text{g} \cdot \text{seg} / \text{cm}^2$)
 i : gradiente de presión (g/cm^3)
 v : velocidad de agua a través de la sección total del suelo.

La consideración de la sección total del suelo es irreal ya que el flujo de agua se efectúa a través de los vacíos del suelo.

Area total = área "ciega" + área de poros.

Reemplazando en la fórmula precedente el gradiente de presión por el gradiente hidráulico tenemos:

$$I_p = i \cdot \gamma_w$$

$$v = (K/h) \cdot i \cdot \gamma_w$$

Como K , h y γ_w son valores constantes los vamos a reunir del siguiente modo:

$$k = ((K \cdot \gamma_w)/h)$$

Sustituyendo en la ecuación anterior, donde k es el coeficiente de permeabilidad al cual le corresponden unidades de velocidad (cm/seg), nos queda:

$v = k \cdot i$ Ley de Darcy

Limitaciones de la Ley de Darcy

El flujo debe ser laminar, lo que implica que la Ley de Darcy sólo es aplicable en materiales finos y en algunos casos de arenas cuyas condiciones sean:

$i < 0.4$ en arenas densas $i < 0.2$ en arenas sueltas

La turbulencia no es congruente con la Ley de Darcy, por lo que no es aplicable a gravas.

Por otra parte, la Ley de Darcy supone que la forma y volumen de los poros por donde circula el agua son independientes de la presión y del tiempo.

Coeficiente de permeabilidad (k)

Se define el coeficiente de permeabilidad como la velocidad que adquiere el agua que fluye cuando el gradiente hidráulico es la unidad.

En la fórmula de Darcy, para $i = 1$ se tiene:

$V = i \cdot k = k$ (cm/seg)

Para llegar a la expresión simplificada de Darcy, asumimos que los factores del coeficiente de permeabilidad eran constantes, lo cual es válido sólo en los casos de filtración de agua a poca profundidad, donde la temperatura varía muy poco y el peso específico y la viscosidad del agua son prácticamente constantes. De modo que el coeficiente de permeabilidad no es un valor absoluto, sino que depende de la temperatura del agua.

En los problemas relativos al flujo de líquidos en general la determinación correcta del coeficiente de permeabilidad es un dato de importancia primordial. Existen diversos procesos en la obtención de la permeabilidad de los suelos: unos de prueba "in situ" (Lugeon/Lefranc) y otros de laboratorio (permeámetros).

10.2.- Factores que influyen en la permeabilidad

Los principales factores, tanto característicos del suelo como del líquido que circula, influyentes en la permeabilidad son:

- 🕒 Forma y tamaño de las partículas
- 🕒 Relación de vacíos del suelo
- 🕒 Grado de saturación del suelo
- 🕒 Cantidad de gases disueltos en el líquido, ya que el aire dificulta la filtración
- 🕒 Propiedades, sobre todo la viscosidad, del líquido que fluye.

VALORES RELATIVOS DE PERMEABILIDAD (Según Terzaghi y Peck) Permeabilidad relativa valores de k Suelo típico (cm/seg).

**Tabla 46. Valores relativos de permeabilidad (Según Terzaghi y Peck)
Permeabilidad relativa valores de k Suelo típico (cm/seg)..**

| Grado de permeabilidad | Valor de k (cm/s) |
|---------------------------|-----------------------|
| Elevada | Superior a 10^{-1} |
| Media | 10^{-1} a 10^{-3} |
| Baja | 10^{-3} a 10^{-5} |
| Muy baja | 10^{-5} a 10^{-7} |
| Prácticamente impermeable | Menor de 10^{-7} |

Tabla 47. Valores relativos de permeabilidad en función del tipo de material.

| Material | Valor de k (cm/s) |
|--|-----------------------|
| Muy permeable: Grava gruesa | Superior a 10^{-1} |
| Moderadamente permeable: Arena, arena fina | 10^{-1} a 10^{-3} |
| Poco permeable: Arena limosa, arena sucia | 10^{-3} a 10^{-5} |
| Muy poco permeable: Limo, arenisca fina | 10^{-5} a 10^{-7} |
| Impermeable Menor: Arcilla | Menor de 10^{-7} |

Tabla 48. Valores relativos de permeabilidad en función del tipo de material.

| Tipo de suelo | Valor de k (m/s) |
|---|-----------------------|
| Grava limpia | $> 10^{-2}$ |
| Arena limpia y mezcla y arena limpia | 10^{-2} a 10^{-5} |
| Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas | 10^{-5} a 10^{-7} |
| Arcilla | $< 10^{-9}$ |

10.3.- Valores obtenidos

Según los trabajos realizados se establecen los siguientes parámetros de permeabilidad:

Tabla 49. Valores de permeabilidad.

| Unidad Geotécnica | Definición | K (m/seg) |
|-------------------|--|---------------------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | - |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | 10^{-2} - 10^{-5} m/s |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | 10^{-2} - 10^{-5} m/s |

11.- Determinación de la excavabilidad

11.1.- Metodología

Para estimar la excavabilidad de cualquier tipo de terreno suele acudir a la velocidad de las ondas obtenidas en perfiles sísmicos de refracción. En el caso de suelos no es habitual la realización de este tipo de ensayos, ya que comúnmente las velocidades de transmisión de las ondas suelen ser inferiores a 1500m/s.

Como referencia, en el National Engineering Handbook del Departamento de Agricultura de Estados Unidos se facilita la siguiente tabla de indicadores de la excavabilidad del terreno:

Tabla 50. Correlación de varios indicadores para la excavabilidad del terreno. Modificada del National Engineering Handbook

| Resistencia del terreno | Descripción | Velocidad sísmica (m/s) | Potencia necesaria (Hp) |
|--|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| Suelo cohesivo muy blando a firme o suelo granular de densidad muy suelta a media | Excavación manual | < 600 | - |
| Suelo cohesivo firme o suelo granular denso en transición a roca muy blanda o dura. Material con aspecto de roca | Maquinaria común | 600-1500 | ≥ 100 |
| Roca blanda a moderadamente blanda | Ripado fácil | 1500-2100 | ≥ 150 |
| Roca moderadamente dura a dura | Ripado difícil | 2100 - 2450 | ≥ 250 |
| Roca muy dura | Ripado muy difícil | 2450 - 2750 | ≥ 350 |

**Tabla 50. Correlación de varios indicadores para la excavabilidad del terreno.
Modificada del National Engineering Handbook**

| Resistencia del terreno | Descripción | Velocidad sísmica (m/s) | Potencia necesaria (Hp) |
|--------------------------|--|-------------------------------|----------------------------|
| Roca extremadamente dura | Ripado extremadamente difícil o voladura | >3000 | ≥ 500 |

En el caso de rocas, existen numerosos métodos para estimar la facilidad de excavación o ripabilidad del terreno, dependientes todos ellos del tipo de maquinaria empleada o los parámetros del macizo rocoso.

El primer caso es evidente, por cuanto la utilización de maquinaria más potente puede hacer que sea “excavable” un terreno que no lo era con medios más modestos.

En cuanto a los factores inherentes al terreno que influyen en la excavabilidad se pueden señalar los siguientes:

- Tipo de roca: Las rocas sedimentarias son normalmente más fáciles de ripar debido en parte a su estratificación. Las rocas metamórficas son generalmente más difíciles de ripar, aunque esto es muy variable, dependiendo de su grado de foliación. Las rocas ígneas son las más difíciles de excavar debido a la escasa existencia de planos de debilidad.
- Estructura: Las discontinuidades en las rocas facilitan el ripado. Establecer la continuidad, espaciado, orientación e inclinación de las juntas, existencia o no de rellenos, es de particular importancia para asegurar la ripabilidad
- Resistencia: Las rocas con menor resistencia a la compresión simple son más fácilmente excavables.
- Meteorización: Las rocas más alteradas se excavan más fácilmente
- Fábrica: Las rocas de grano grueso se ripan más fácilmente que las de grano fino.

El método de determinación de la ripabilidad mediante la medida de la velocidad de las ondas sísmicas fue desarrollado inicialmente en 1958 por la empresa constructora de maquinaria Caterpillar, y se basa en que las ondas sísmicas viajan más rápidamente a través de rocas que tienen una alta densidad que por las menos consolidadas. La velocidad sísmica media depende de factores geológicos tales como dureza, estratificación, grado de fracturación y grado de meteorización, que como se ha indicado anteriormente, todos ellos influyen en la ripabilidad.

Sin embargo, la simple determinación de la velocidad sísmica media no se correlaciona bien con la ripabilidad, de modo que rocas con velocidades sísmicas similares pueden presentar distinta resistencia a la excavación.

Así, Caterpillar desarrolla una serie de gráficos de ripabilidad en función del tipo de maquinaria, litología implicada y velocidad sísmica. Ejemplos de estos gráficos se muestran en las siguientes figuras:

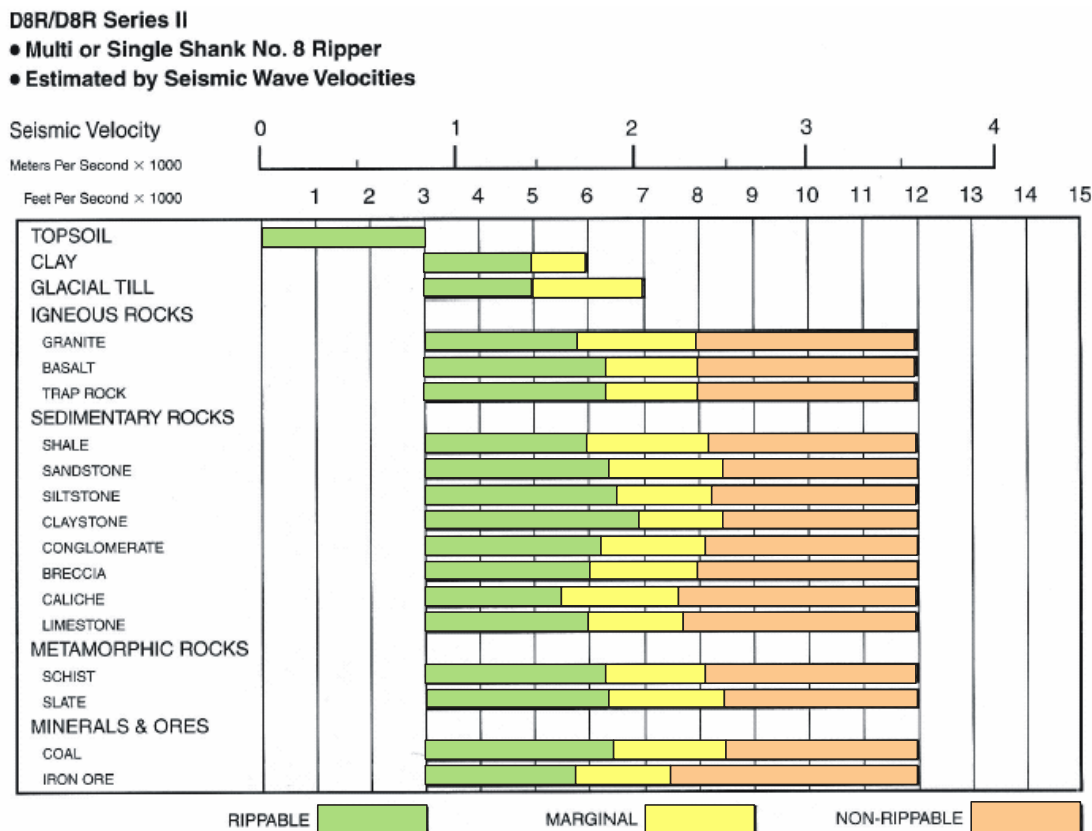


Figura Nº 29.- Ejemplo de gráfico de ripabilidad de Caterpillar para un bulldozer tipo D8.

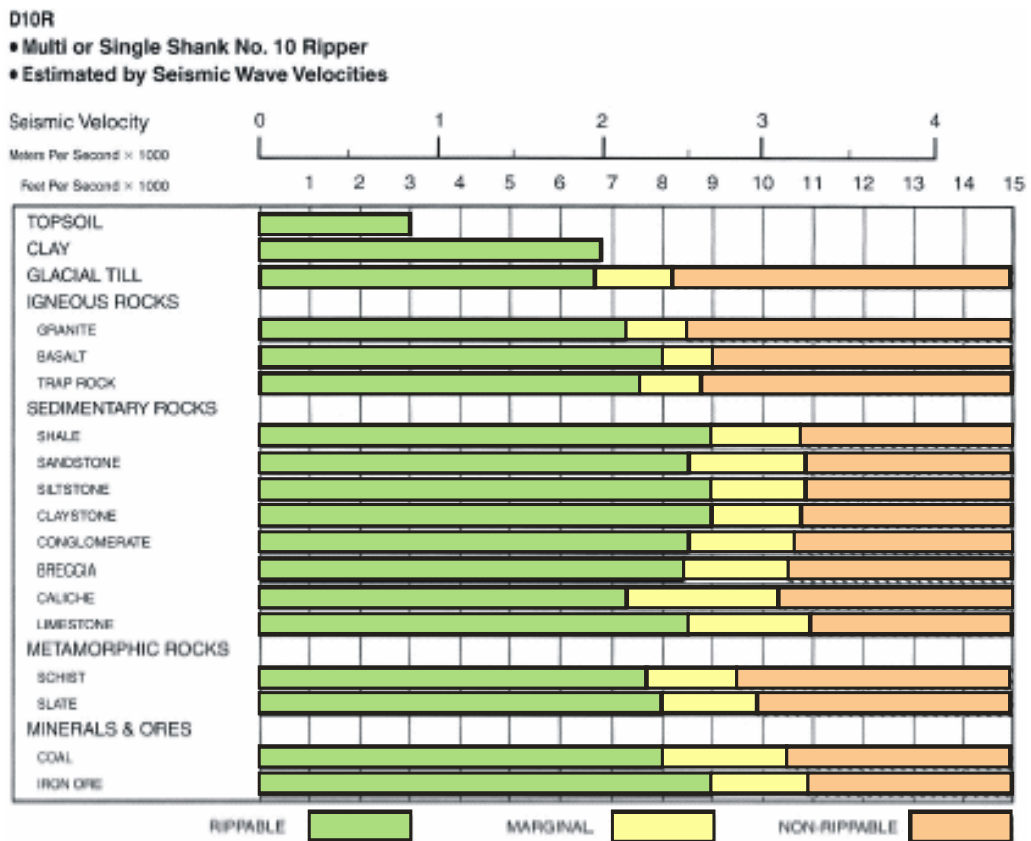


Figura Nº 30.- Ejemplo de gráfico de ripabilidad de Caterpillar para un bulldozer tipo D10.

Igualmente, se han desarrollado gráficos de estimación de la productividad, si bien es necesario señalar que se refieren a condiciones ideales de máquinas que dedican todo su tiempo al escarificado, con el cien por cien de eficiencia, por lo que los resultados reales pueden ser considerablemente menores:

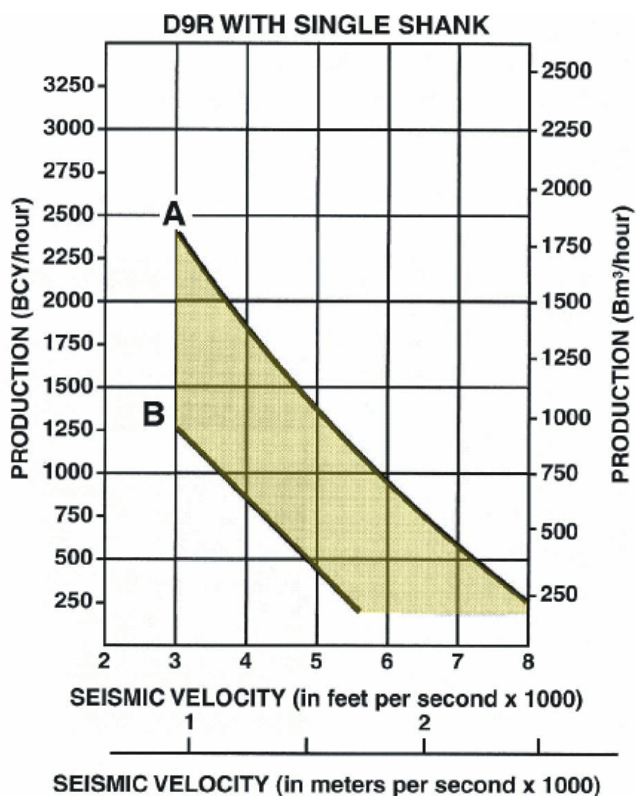


Figura Nº 31.- Ejemplo de gráfico de productividad de Caterpillar para un bulldozer tipo D9.

11.2.- Evaluación de la excavabilidad

De acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes trabajos realizados se puede estimar la excavabilidad del siguiente modo, para cada uno de los niveles definidos en los apartados anteriores:

Tabla 51. Excavabilidad.

| Unidad Geotécnica | Definición | Excavabilidad |
|-------------------|--|-------------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | Excavación manual |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | Maquinaria común |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | Maquinaria común |

12.- Modelos de cimentación planteados (zapatas y zapatas corridas)

A partir de las hipótesis planteadas entendemos factible la adopción de un modelo de cimentación mediante zapatas aisladas o zapatas corridas, apoyadas en el sustrato portante referido como unidad UG.3 y definido como Arcillas limosas de tonos marrones. Este nivel ha sido detectado a una profundidad generalizada de 2,50 m. desde la cota de rasante actual o boca de perforación.

Se establece esta unidad como unidad de apoyo debido a la falta de continuidad detectada en la UG.2, con el objeto de evitar posibles comportamientos diferenciales, entendiéndose que a la profundidad a la que se ha alcanzado es factible su apoyo mediante zapatas o zapatas apoyadas sobre pozos.

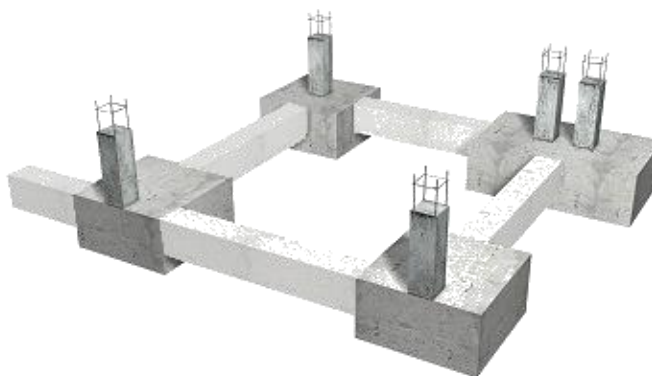


Figura Nº 32.- Modelo de cimentación planteado mediante zapatas

De modo genérico, las tareas de excavación del fondo y laterales se efectuarán inmediatamente antes del vertido del hormigón de limpieza al objeto de impedir que el terreno de cimentación sufra cualquier deterioro. Se procurará mantener abierta la excavación el menor tiempo que sea posible. El fondo de excavación deberá tener planeidad y homogeneidad suficiente al objeto de evitar asientos de tipo diferencial, retirando cualquier material suelto.

En aquellas zapatas en las que sea preciso realizar, en el fondo de la misma, una compactación de este y/o realizar una cama de hormigón, se deben tener en cuenta las consideraciones establecidas a este respecto para trabajos en el interior de zanjas, en la Sección 4 Terraplenados, rellenos y compactación del DB-PRL MT Movimiento de Tierras.

Durante el encofrado

1. El encofrado de zapatas y encepados se considerará en aquellos casos en los que la cimentación se ejecute de forma directa sobre el terreno, sin tener que realizar excavación previa. En estos casos se puede considerar un encofrado metálico o de madera, tal y como se representan en las figuras siguientes:

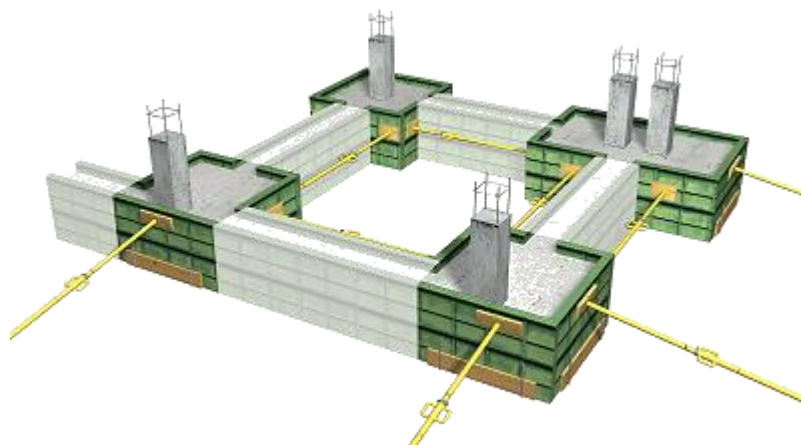


Figura Nº 33.- Encofrado metálico.

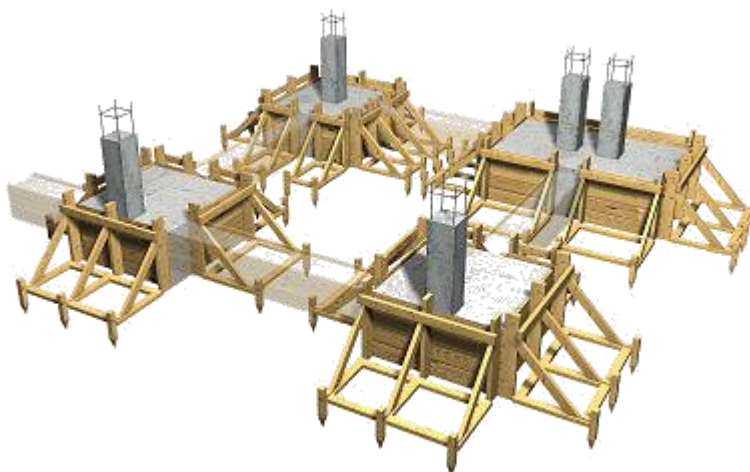
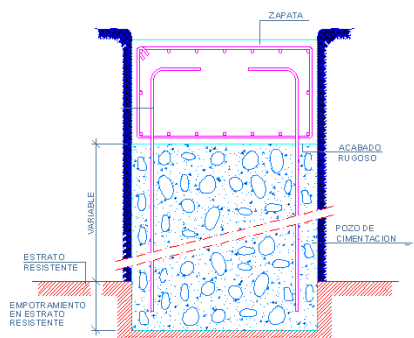


Figura Nº 34.- Encofrado de madera.

2. Asimismo, para zapatas enterradas con paredes de excavación que presenten una cohesión insuficiente, se dispondrán encofrados para evitar posibles desprendimientos.
3. Durante el encofrado se deben organizar las tareas de forma que:
 - Los encofrados metálicos se utilicen de conformidad a las especificaciones del fabricante y en especial a los esfuerzos que deben soportar.
 - Se asegure el mantenimiento diario del orden y limpieza de la zona afectada, eliminando residuos y en especial maderas y puntas.
4. En el transporte de paneles de encofrado, siempre que intervengan aparatos elevadores (como grúas torre, grúas autopropulsadas, camiones pluma, etc.), es necesario asegurar la calidad y condiciones de uso de los aparejos de izado y la definición del método de eslingado, según proceda, y atendiendo a las especificaciones del fabricante.

Durante el armado

1. Se deben organizar los trabajos y circulación de forma que se eliminen sobrecargas dinámicas en zonas próximas a los bordes de las excavaciones de cimentación en las que se esté trabajando, muy especialmente en excavaciones superiores a 1,30 m de profundidad, restringiendo la aproximación de los vehículos a las mismas.
2. Durante el montaje de la ferralla para el armado, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

| | |
|---------------------------------------|---|
| Zapatas superficiales (sobre terreno) | La armadura, de forma general, se montará "in situ", si bien también podrá estar elaborada. |
| Zapatas enterradas (en excavación) | <p>En zapatas profundas:</p> <p>Prioritariamente, se asegurará que la armadura se introduzca ya elaborada, para evitar el acceso de trabajadores al interior (instalación de armaduras y atado) y/o tiempos prolongados de permanencia en su interior.</p> <p>En pozos de cimentación:</p> <p>Preferentemente, realizar un vertido de hormigón en masa, para elevar la cota de trabajo y, posteriormente, elaborar la zapata.</p>  |
| | Si fuese preciso acceder al interior de zapatas, encepados o pozos, por causa justificada técnicamente, antes de la realización de los trabajos en el interior se revisarán los taludes y/o sistemas de sostenimiento instalados. |
| | En zapatas de grandes dimensiones, para alturas superiores a 2 m, se asegurará la disponibilidad de líneas auxiliares de anclaje horizontales, para posibilitar la fijación del sistema anticaídas por parte de los trabajadores. |

3. Una vez realizado el armado, se asegurará la instalación de sistemas de protección (setas o tapones, cajeados, o sistemas similares, etc.) sobre las armaduras verticales, teniendo en cuenta la resistencia de estos sistemas ante las características del posible daño que las armaduras puedan provocar ante contactos directos (rozamiento) o caídas sobre las mismas (impacto).
4. En zapatas, emparrillados y losas de gran superficie, durante el montaje "in situ" de la armadura se habilitarán pasillos de desplazamiento sobre las mismas (plancha de madera, tabloncillos de madera o sistemas similares) para minimizar riesgos de torceduras y caídas al mismo nivel en estas tareas.

5. En referencia a las acciones aplicables a los trabajos de elaboración de ferralla, se atenderá a lo dispuesto en la Sección 1 Elaboración de ferralla del DB-PRL ES Estructuras.

Durante el hormigonado y vibrado

1. En las operaciones de hormigonado y vibrado de zapatas, encepados y/o pozos de cimentación, su realización dependerá de la disposición en el terreno de los mismos (en superficie o enterrada).
2. En el caso de cimentación enterrada, prioritariamente se realizará desde el exterior, pero si fuese preciso ubicarse sobre el mismo, por dimensiones del cimientto, se debe asegurar la disponibilidad de plataformas de trabajo resistentes (transportables) y protegidas con barandillas en su perímetro, y dispuestas perpendicularmente al eje de la zanja o zapata, de forma que se impida el deslizamiento imprevisto de las mismas.
3. En zapatas, emparrillados y losas de gran superficie, durante el vertido de hormigón desde la propia armadura de habilitarán pasillos de desplazamiento sobre las mismas.

Durante el desencofrado

1. Se organizarán las tareas de desencofrado, de forma que durante el “despegue” del encofrado, no exista personal en el radio de acción de la carga.
2. En la utilización de desencofrantes de limpieza se deberá tener en cuenta la dosificación establecida por el fabricante.

En todo caso entendemos que la normativa de aplicación será:

- Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón: **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**.
- Ejecución: **CTE, CB-SE-C Seguridad estructural; Cimientos. NTE-CSZ. Cimentaciones superficiales: Zapatas.**

La metodología de cálculo establecida se detalla a continuación.

12.1.- Metodología para el cálculo de cimentaciones directas en todo tipo de suelos

12.1.1.- Concepto de presión de hundimiento

Aunque se han descrito diversos mecanismos del hundimiento de cimentaciones gran parte de las teorías existentes parten del modelo estudiado por Prandtl (1920) en el cual se considera al suelo como un medio perfectamente plástico. En la siguiente figura se reproduce el estado límite último de hundimiento de un suelo, sobre el cual se apoya una cimentación, y se puede observar la formación de posibles líneas de fractura en el terreno.

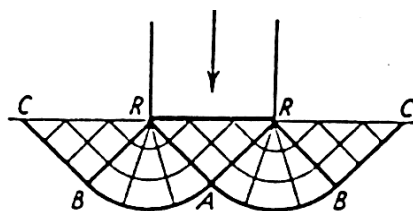


Figura Nº 35.- Mecanismo de rotura por hundimiento de una cimentación en medio plástico (Prandtl 1920)

Así, se define la presión de hundimiento de una cimentación como la presión actuante (total bruta) sobre el terreno bajo la cimentación que supera la resistencia característica del terreno frente a este modo de rotura.

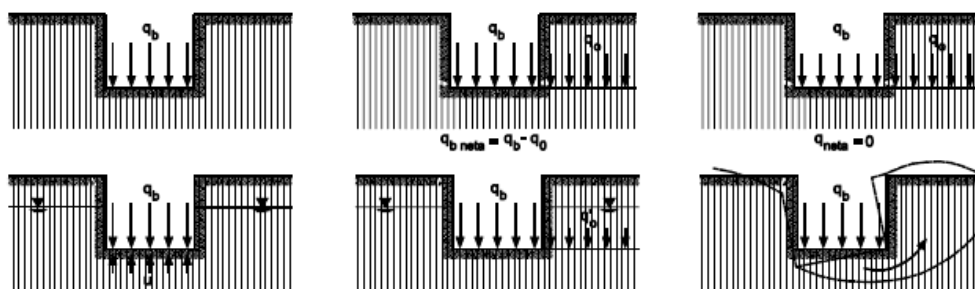


Figura Nº 36.- Definición de presiones

Tabla 52. Definiciones para el estudio de cimentaciones directas

| Símbolo | Variable y definición |
|---|--|
| q_b | Presión total bruta Presión vertical total que actúa en la base del cimiento, definida como el cociente entre la carga total actuante, incluyendo el peso del cimiento y aquello que pueda gravitar sobre él, y el área equivalente del cimiento. |
| $q_b' = q_b - u$ | Presión efectiva bruta Diferencia entre la presión total bruta y la presión neutra al nivel de la base del cimiento |
| $q_{neta} = q_b - p_o$ | Presión total neta Diferencia entre la presión total bruta y la presión vertical total en el terreno adyacente al nivel de la base del cimiento. Es por tanto, el incremento de presión vertical total a que se ve sometido el terreno por debajo del cimiento debido a las cargas de la cimentación. |
| $q'_{neta} = q_b' - p'o = q_b - p_o = q_{neta}$ | Presión efectiva neta Diferencia entre la presión efectiva bruta y la presión vertical efectiva al nivel de la base del cimiento, debida a la sobrecarga del terreno adyacente. |
| $q_h, q'h = R_k$ | Presión vertical de hundimiento Resistencia característica del terreno R_k para el estado límite de hundimiento. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión bruta o neta (ejemplo: $q'_{net,h}$ es la presión de carga efectiva neta que produce la rotura del terreno) |

Tabla 52. Definiciones para el estudio de cimentaciones directas

| <i>Símbolo</i> | <i>Variable y definición</i> |
|----------------|--|
| q_{adm} | Presión vertical admisible Es el valor de cálculo de la resistencia del terreno (R_d). Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión bruta o neta |
| q_s, q_s' | Presión vertical admisible de servicio Es la presión vertical admisible de una cimentación teniendo en cuenta no sólo la seguridad frente al hundimiento, sino también su tolerancia a los asentos, por tanto igual o menor que la presión vertical admisible. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión bruta o neta |

La presión admisible o valor de cálculo de la resistencia del terreno se determina mediante la siguiente expresión:

$$R_d = \frac{R_K}{\gamma_R}$$

Siendo

γ_R el coeficiente parcial de resistencia

R_K la resistencia característica del terreno o presión vertical de hundimiento (q_h)

En la siguiente tabla se reproducen los valores que toma el coeficiente de seguridad parcial γ_R en el estado límite último de hundimiento para cimentaciones directas, según la tabla 2.1 del DB-SE-C:

Tabla 53. Coeficientes de seguridad parciales de resistencia

| <i>Situación de dimensionado</i> | <i>Coeficiente de seguridad parcial frente al hundimiento</i> |
|----------------------------------|---|
| Persistente o transitoria | 3,0 |
| Extraordinaria | 2,0 |

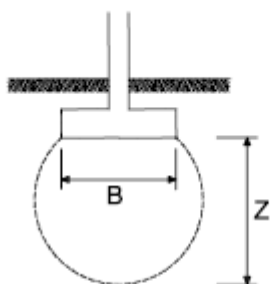
12.1.2.- Concepto de bulbo de tensiones

El incremento de presión transmitido al terreno por una cimentación directa disminuye progresivamente en profundidad con la distancia a ésta. A efectos de cálculo de asentos y salvo en el caso de suelos blandos, se podrá suponer que el límite de interés se circunscribe a una profundidad tal que el incremento de presión vertical originado en el terreno sea el menor de los siguientes valores:

- El 10% de la presión vertical neta transmitida por la cimentación
- El 5% de la presión efectiva vertical existente a esa profundidad antes de construir el edificio

El criterio apuntado en el anterior párrafo suele dar lugar a que, el citado límite de interés en el terreno tenga una profundidad aproximada de $2B$, siendo B el ancho o dimensión menor en planta de la cimentación correspondiente.

El lugar geométrico del espacio de suelo así definido se denomina “bulbo de tensiones”, cuya forma cualitativa se muestra en la figura siguiente. El incremento de presión recibido por el suelo más allá de este bulbo será, en la mayoría de los casos, lo suficientemente pequeño como para que sus efectos sean comparativamente despreciables.



B : ancho de la cimentación (dimensión menor en planta en el caso de cimentaciones rectangulares, ancho medio en trapezoidales y diámetro en circulares).

Z : Profundidad de influencia ($\simeq 1,5$ a $2B$)

Figura Nº 37.- Concepto de bulbo de tensiones

Las observaciones anteriores indican que, a igualdad del resto de condiciones, el asiento que experimentará una cimentación directa dependerá de las dimensiones del área cargada.

Si el diseño de las cimentaciones da lugar a zapata relativamente próximas, los bulbos de tensiones se solaparán en profundidad, por lo que, a efectos de asiento, habrá que comprobar la cimentación como si tuviera el ancho total del conjunto de las zapatas.

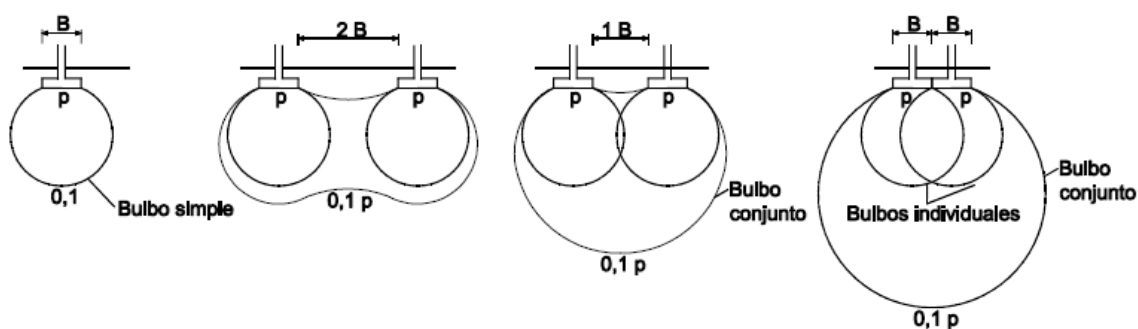


Figura Nº 38.- Influencia de la proximidad de zapatas

Será de gran interés en el cálculo de asientos disponer de suficiente información geotécnica referente al posible crecimiento del módulo de deformación del terreno con la profundidad, factor éste que puede contribuir a atenuar los asientos diferenciales asociados a la variación de las dimensiones de las zapatas.

12.1.2.1.- Cálculo de la presión vertical de hundimiento

La presión de hundimiento de una cimentación directa en todo tipo de suelos viene definida analíticamente por la expresión recogida en el apartado 4.3.2.1 del DB-SE-C, debida a Brinch-Hansen (1970):

$$q_h = c_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0k} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B^* \gamma_k N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

Dicha fórmula podrá expresarse en términos de presiones totales o efectivas, brutas o netas. En la tabla siguiente se recoge el significado de cada una de las variables presentes en dicha expresión así como las fórmulas de los coeficientes correctores.

Tabla 54. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

| Variable | Definición | Expresión |
|------------|--|---|
| q_h | Presión vertical de hundimiento o resistencia característica del terreno R_k | |
| q_{0k} | Presión vertical característica alrededor del cimientto al nivel de su base | (véase nota 1) |
| c_k | Valor característico de la cohesión del terreno | |
| B^* | Ancho equivalente del cimientto | |
| γ_k | Peso específico característico del terreno por debajo de la base del cimientto | $\gamma_k = \gamma_{ap}$ si el N.F. se encuentra a profundidad mayor que B^* bajo el plano de cimentación $\gamma_k = \gamma'$ si el N.F. se encuentra en o sobre el plano de cimentación $\gamma_k = \gamma' + \frac{z}{B} (\gamma_{ap} - \gamma')$ si el NF se sitúa entre los anteriores |
| D | Profundidad del plano de cimentación | (véase nota 2) |
| N_c | Factor de capacidad de carga para la cohesión efectiva | $N_c = (N_q - 1) \cdot \cotg \phi'$; para $\phi' = 0$: $N_c = 1$ |
| N_q | Factor de capacidad de carga para la sobrecarga en el plano de cimentación | $N_q = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} e^{\pi \cdot \tg \phi'}$ |
| N_γ | Factor de capacidad de carga para el peso específico del terreno | $N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \cdot \tg \phi'$ |
| d_c | Coefficiente corrector de influencia por profundidad | $d_c = 1 + 0,34 \cdot \arctg(D/B^*)$ (ver nota 3) |
| d_q | Coefficiente corrector de influencia por profundidad | $d_q = 1 + 2 \frac{N_q}{N_c} (1 - \sin \phi_k)^2 \arctan \frac{D}{B^*}$; para $\phi_k = 0$: $d_q = 1$ |
| d_γ | Coefficiente corrector de influencia por profundidad | $d_\gamma = 1$ |

Tabla 54. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

| Variable | Definición | Expresión |
|------------|--|---|
| s_c | Coeficiente corrector de influencia de forma | $s_c = 1 + 0,2 \frac{B^*}{L^*}$ (véase nota 4) |
| s_q | Coeficiente corrector de influencia de forma | $s_q = 1 + 1,5 \cdot \text{tg} \phi_k \frac{B^*}{L^*}$ |
| s_γ | Coeficiente corrector de influencia de forma | $s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B^*}{L^*}$ |
| i_c | Coeficiente corrector de influencia de inclinación de la resultante (δ) | $i_c = \frac{i_q N_q - 1}{N_q - 1}$; para $\phi_k = 0$: $i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{B^* L^* c_k}} \right)$ |
| i_q | Coeficiente corrector de influencia de inclinación de la resultante (δ) | $i_q = (1 - 0,7 \cdot \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L)$ (véase nota 5) |
| i_γ | Coeficiente corrector de influencia de inclinación de la resultante (δ) | $i_\gamma = (1 - \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L)$ |
| t_c | Coeficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β | $t_c = e^{-2\beta \text{tg} \phi_k}$ (véase nota 6) |
| t_q | Coeficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β | $t_q = 1 - \text{sen} 2\beta$ |
| t_γ | Coeficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β | $t_\gamma = 1 - \text{sen} 2\beta$ |

Nota 1: La presión característica alrededor de la cimentación q_{0K} o sobrecarga debida al terreno en derredor del cimiento debe emplearse prudentemente en cimentaciones someras, debiendo asegurarse en su caso que las hipótesis realizadas se mantendrán durante la vida útil de la obra. Podrá incluirse además las siguientes cargas:

- En edificios cimentados con zapatas aisladas y corridas, edificios con forjados o cámaras sanitarias y soleras, puede añadirse a q_{0K} el peso del encache, la solera y demás cargas permanentes que pueda garantizarse que existirán durante la vida útil de la obra.
- En edificios cimentados con losa, puede añadirse a q_{0K} el peso de los elementos permanentes en el exterior de la misma.

Nota 2: La profundidad D a considerar en el cálculo de dicho coeficiente será la representada en la siguiente figura:

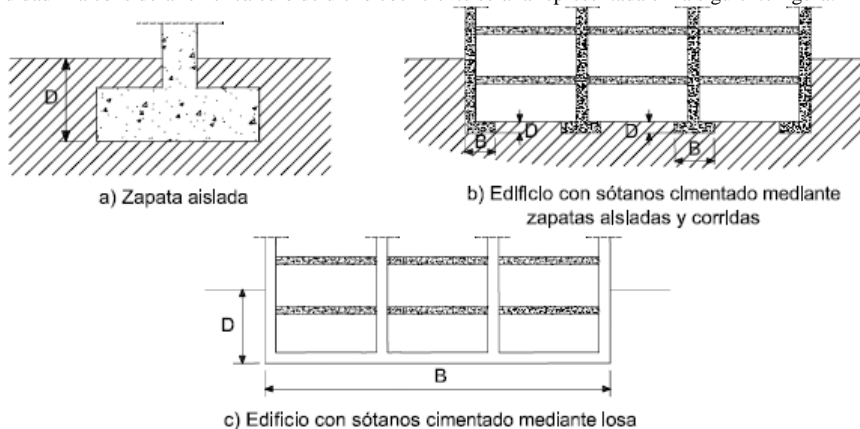


Figura N° 39.- Profundidad D a considerar en la determinación de la presión de hundimiento

Nota 3: El coeficiente corrector de influencia por profundidad no se tendrá en cuenta en los siguientes supuestos:

- Si se construyen zapatas poco profundas en terrenos arcillosos, de plasticidad elevada, que en épocas secas puedan desarrollar grietas por retracción.
- Si la profundidad de cimentación D es inferior a 2m
- Si la cimentación está cercana a un talud
- Si no se puede garantizar la permanencia, en el tiempo, del terreno situado por encima de la base de cimentación

Nota 4: En el caso de zapatas circulares los coeficientes correctores de influencia de la forma toman los siguientes valores: $s_c=s_q=1,2$; $s_\gamma=0,6$

Nota 5: Podrá despreciarse la influencia de la inclinación de la resultante cuando la componente horizontal de la misma sea inferior al 10% de la vertical. Cuando se pueda asegurar cierta cohesión en el contacto de la cimentación con el terreno se podrá emplear un ángulo de inclinación de la resultante menor:

$$\operatorname{tg} \delta^* = \frac{\operatorname{tg} \delta}{1 + \frac{B \cdot L \cdot c_k}{V \cdot \operatorname{tg} \phi_k}}$$

Nota 6: Podrá despreciarse la influencia de la proximidad a un talud si su inclinación es igual o inferior a 5°. Por el contrario, para inclinaciones superiores a $\phi/2$ debe llevarse a cabo un estudio específico de estabilidad global.

12.1.3.- Situaciones transitorias de carga sin drenaje

En suelos finos (limos y arcillas), saturados y de baja permeabilidad, suelen ser más desfavorables las **situaciones de dimensionado transitorias de carga sin drenaje**. Bajo esta hipótesis se supone que los incrementos de presión intersticial generados por las cargas del edificio no se disipan instantáneamente tras su aplicación. En términos generales, esta situación de dimensionado se da si el coeficiente de permeabilidad del terreno saturado resulta inferior a $K=10^{-6}$ m/s. Para el cálculo de la presión de hundimiento en estas situaciones se entran en cuenta las siguientes consideraciones:

- La presión de hundimiento se expresará en términos de tensiones totales, estando la resistencia al corte del terreno representada por $\phi_K=0$ y $c_K=c_u$.
- El valor de q_{0K} será la presión vertical total debida a la sobrecarga

En caso de que la resistencia al corte sin drenaje de suelo aumente linealmente con la profundidad según una ley de tipo $c_u=c_0+m \cdot z$, se podrá adoptar para el cálculo de la presión de hundimiento el valor de c_u a una profundidad $B/4$ bajo la cimentación, siempre que dicho valor no supere $2 \cdot c_0$.

12.1.4.- Comprobación de asientos

En el caso de arcillas sobreconsolidadas en las que con las presiones aplicadas por la cimentación no se llegue a superar la presión de preconsolidación y no se produzcan plastificaciones locales, la estimación de asientos se llevará a cabo por medio de métodos elásticos, como por ejemplo el método aproximado de Steinbrenner (1936), que considera el terreno situado bajo la cimentación como un semiespacio elástico. Según este método, el asiento viene dado por la siguiente expresión:

$$S_z = \frac{q_b \cdot B}{2 \cdot E} (A \cdot N_1 \cdot (a, b, c) - B \cdot N_2 \cdot (a, b, c))$$

siendo:

- q_b = Presión bruta (efectiva) transmitida por la cimentación al terreno.
- B = Ancho de la cimentación.
- E = Módulo de Elasticidad.
- A y B = Coeficientes dependientes del módulo de Poisson considerado.
- N_1, N_2 = Funciones dependientes de las dimensiones de la cimentación y de la profundidad estimada.

A efectos prácticos, este método será aplicable en suelos cuya resistencia a compresión simple sea superior a la presión transmitida al terreno por la cimentación, así como en todo tipo de suelos cuyo comportamiento pueda suponerse elástico y lineal, representado por sus parámetros elásticos E y ν .

Lógicamente, la primera cuestión a resolver es cuál es el asiento que pueden soportar las estructuras a cimentar.

A título orientativo la norma NBE-AE-88 fija los asientos admisibles según se indica en la siguiente tabla.

Tabla 55. Asientos generales admisibles según NBE-AE-88

| Características del edificio | Asiento general máximo (mm) | |
|--|-----------------------------|--------------------|
| | Terrenos sin cohesión | Terrenos cohesivos |
| Obras de carácter monumental | 12 | 25 |
| Edificios con estructura de hormigón armado de gran rigidez | 35 | 50 |
| Edificios con estructura de hormigón armado de pequeña rigidez | | |
| Estructuras metálicas hiperestáticas | 50 | 75 |
| Edificios con muros de fábrica | | |
| Estructuras metálicas isostáticas | | |
| Estructuras de madera | 50 * | 75 * |
| Estructuras provisionales | | |

Nota (*) : comprobando que no se produce
desorganización en la estructura ni en los cerramientos

Por otra parte, los daños en la estructura están asociados a los asientos diferenciales entre los distintos apoyos. Los criterios más habituales de limitación de asientos diferenciales se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 56. Asientos admisibles en función de la distorsión angular

| <i>Características del edificio</i> | <i>Distorsión angular β</i> |
|---|--|
| Estructuras isostáticas y muros de contención | 1 / 300 |
| Estructuras reticuladas con tabiquería de separación | 1 / 500 |
| Estructuras de paneles prefabricados | 1 / 700 |
| Muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia arriba | 1 / 1000 |
| Muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia abajo | 1 / 2000 |
| Muros de carga | 1 / 2000 |

Observaciones: se define distorsión angular como la diferencia de asientos entre dos puntos dividida por la distancia en planta entre dichos puntos

En este estudio se ha operado en sentido inverso: fijado el asiento máximo admisible para la estructura proyectada se ha calculado la denominada **presión vertical admisible por asientos**, simplemente despejando el término q_b en la expresión enunciada al inicio de este apartado. Dicha presión podrá ser neta, de utilidad para las cimentaciones compensadas (ap. 4.4 del DB-SE-C).

12.2.- Cálculo de la presión admisible de servicio

Se define la presión admisible de servicio como aquella que cumple el criterio de seguridad frente al hundimiento y que no genera asientos inadmisibles. En definitiva, la presión admisible de la cimentación es el menor valor de entre la presión admisible frente al hundimiento y la presión admisible por asientos.

Las hipótesis para el cálculo de presiones admisibles, tanto por hundimiento como por asientos, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 57. Hipótesis de cálculo

| | | |
|--|-------------------|---|
| Tipología de cimentación | - | Zapatas o Zapatas corridas |
| Profundidad de empotramiento de la cimentación en el material portante | m | 0,40 m |
| Densidad del terreno bajo el plano de cimentación | kN/m ³ | 18,0 |
| Situación de dimensionado | - | Transitoria a corto plazo (sin drenaje) |
| Cohesión sin drenaje | kPa | 150,00 |
| Modelo constitutivo para estimación de asientos | - | Elástico – largo plazo |
| Asiento admisible | cm | 5,00 cm |

Tabla 57. Hipótesis de cálculo

| Compresibilidad del terreno bajo la cimentación | Potencia | E' | v |
|---|-----------|------|-----------------|
| | m | MPa | (coef. poisson) |
| UG.3 | Inf. Cim. | 30,0 | 0,3 |

El cálculo completo de dichas presiones y otros parámetros intermedios, según la metodología descrita anteriormente, está desarrollado en el anejo correspondiente.

En el siguiente esquema se pone de manifiesto la estimación del mecanismo de rotura para las condiciones impuestas en las hipótesis de cálculo:

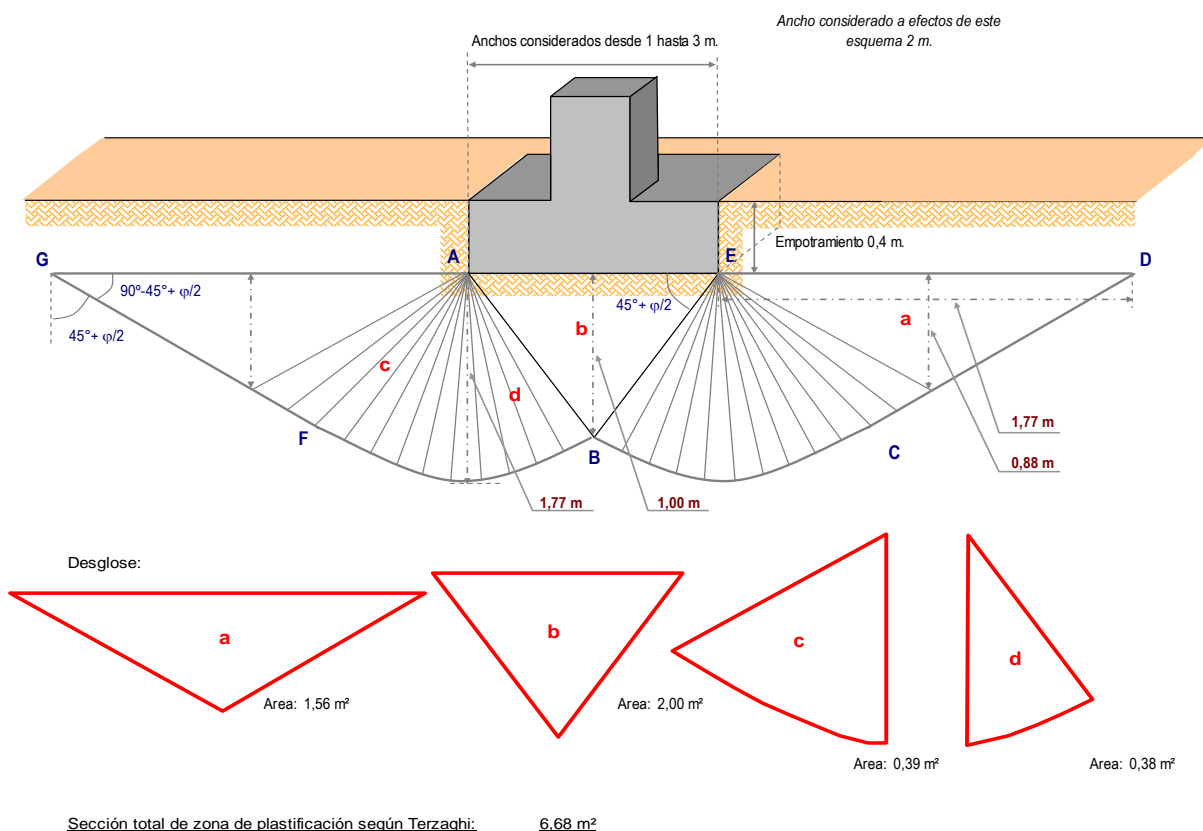
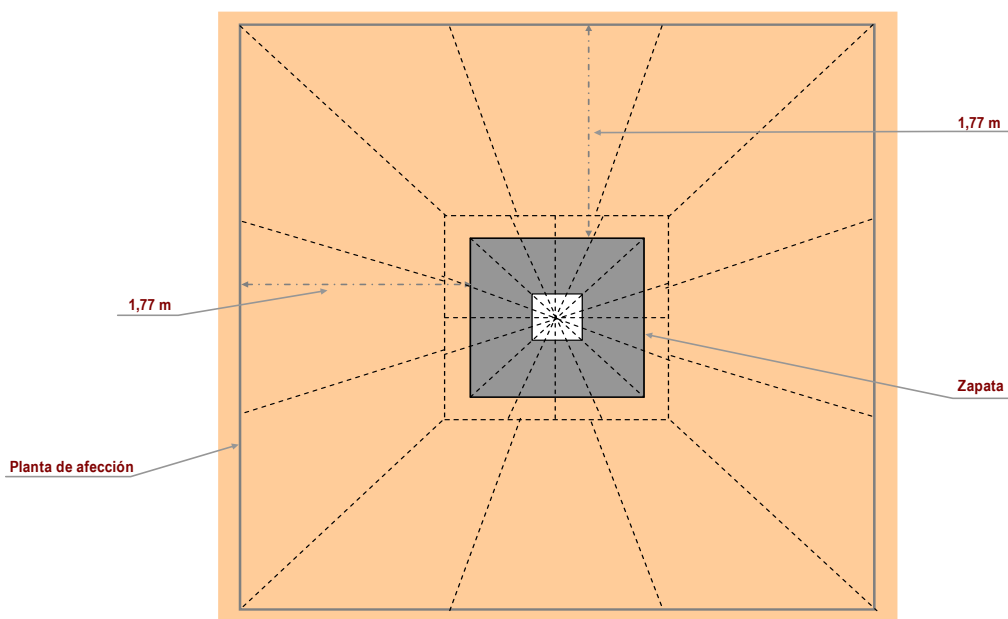


Figura N° 40.- Mecanismo de rotura obtenido y zonas de afección (Sección)

Planta total de zona de plastificación según Terzaghi: 30,67 m²



Volumen total aproximado de plastificación, para zapata aislada según Terzaghi: 37,00 m³

Figura Nº 41.- Mecanismo de rotura obtenido y zonas de afección (Planta)

La representación grafica de los valores obtenidos de carga admisible por hundimiento y asientos es la siguiente:

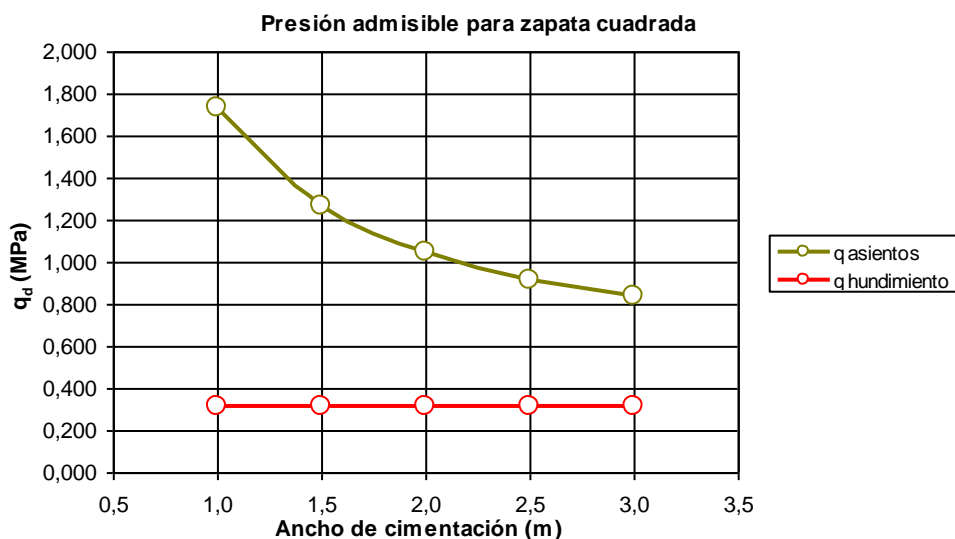


Figura Nº 42.- Zapata cuadrada

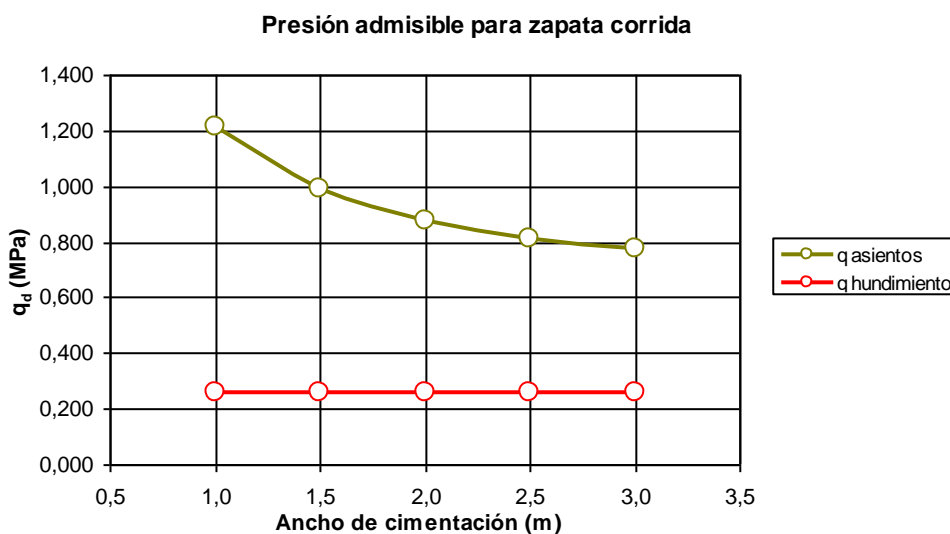


Figura Nº 43.- Zapata corrida

Los valores obtenidos para la carga admisible se detallan a continuación:

Tabla 58. Presión vertical admisible de servicio para zapatas

| Ancho de zapata | Zapata cuadrada | | Zapata corrida | |
|-----------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|
| | q'_s | Criterio | q'_s | Criterio |
| <i>m</i> | <i>MPa</i> | - | <i>MPa</i> | - |
| 1,0 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 1,5 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 2,0 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 2,5 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 3,0 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |

Con carácter general puede adoptarse, para zapatas de dimensiones habituales de 2,0 x 2,0 m una presión admisible de servicio de 0,311 MPa en la situación de dimensionado considerada, si bien podrá atenderse, en cualquier caso, a lo indicado en la tabla precedente.

12.3.- Presión admisible según los penetrómetros

La presión admisible para el tipo de cimentación de los muros para ajardinamiento, se ha calculado partiendo de los resultados obtenidos en los sondeos a penetración dinámica, se estima a continuación mediante la expresión de Hiley (G. y C. III, Pág. 340), (Revista de Obras Públicas, Dic-1971, por H.Bolomey Frazer) según la cual:

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

Siendo:

- M = peso de la maza (63,5Kg).
- H = altura de caída de la maquina (76cm).
- F = coeficiente que depende del tipo de terreno.
- e = penetración unitaria (20cm/N20).
- n, a, c = coeficientes que dependen de la penetración unitaria y de la profundidad del ensayo.

En nuestro caso adoptamos F = 50 (Matriz Arcillosa), un valor que estimamos de la unidad geotécnica EG-2 expuesta en el estudio geotécnico previo.

En la siguiente tabla se facilita la carga admisible obtenida para cada uno de los penetrómetros realizados, considerando distintas profundidades.

**Tabla 1. Carga admisible a
partir del ensayo de
penetración dinámica (Kp/cm²)**

| Prof. (m.) | P-01 | P-02 |
|------------|------|------|
| 0,20 | 3,74 | 1,43 |
| 0,40 | 1,56 | 1,71 |
| 0,60 | 1,40 | 3,18 |
| 0,80 | 5,88 | 5,92 |
| 1,00 | 1,76 | |

La unidad Geotécnica queda representada por una carga admisible del ordena a 1,40 kp/cm².

Los cálculos basados en la expresión de Hiley ofrecen un valor de tensión admisible general, contemplando la carga admisible por hundimiento y por asiento. Dado que se desconocen los terrenos existentes por debajo de la cota alcanzada por los ensayos de penetración dinámica, los valores de tensiones admisibles aquí dados, deben ser tomados con la debida cautela debiendo confirmarse la uniformidad de la consistencia/compacidad del suelo por debajo de la cota investigada. Se debe, además, confirmar las propiedades geotécnicas y naturaleza del terreno por debajo de la profundidad alcanzada por los penetrómetros.

Hemos de hacer notar que estas estimaciones de carga admisible deben ser consideradas como meramente aproximativas debiendo ser contrastadas con los trabajos necesarios para su aceptación.

En especial, deberá estudiarse la inexistencia de rellenos antrópicos, que no habrán de considerarse como portantes bajo ningún caso, extremo que queda fuera del contexto y carácter de este documento.

Aun sí con la información aportada con los estudios de penetración dinámica es factible **proponer la cimentación superficial para las zapatas de los muros considerados en este nivel geotécnico EG-2.**

13.- Resumen y Conclusiones

A partir de todos los trabajos realizados y lo referido anteriormente, en este documento, se pueden extraer este resumen a modo de conclusiones:

- 🕒 El presente documento responde al **INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA** en **ALCALÁ DE HENARES** solicitado a **CEMOSA** por **COMUNIDAD DE MADRID**.
- 🕒 El trabajo se establece con expediente O/2005036/26, y realizado por la delegación de CEMOSA en Madrid.
- 🕒 Las coordenadas aproximadas de la zona estudiada se aportan a continuación:

Tabla 59. Coordenadas aproximadas UTM

| UTM | |
|---------|-----------|
| X | Y |
| 467.375 | 4.481.810 |

Nota: Huso UTM: 30, Zona: S, Datum: WGS84.

- 🕒 Los trabajos de campo realizados se definen a continuación.

Tabla 60. Trabajos de campo

| Tipo | Unidades | Profundidad mínima alcanzada (m.) | Profundidad máxima alcanzada (m.) |
|---|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Sondeos mecánicos con recuperación de testigo | 1 | 12,05 | 12,05 |
| Calicatas de Reconocimiento | 4 | 2,20 | 2,70 |
| Sondeos a penetración dinámica | 2 | 0,80 | 1,00 |

- 🕒 Los ensayos y trabajos de campo realizados para determinar las características de los materiales detectados han sido los siguientes:

Tabla 61. Ensayos y Trabajos de campo

| Ensayo | unidades | norma |
|---|----------|--|
| Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto | 1 | ASTM D6169-98, ASTM D3550-01, XP P94-202 |
| Ensayo de penetración estandar (SPT) | 4 | UNE 103800 |
| Testigo parafinado | 3 | ASTM D6640-01 |
| Toma de muestra alterada | 4 | - |

- Los ensayos de laboratorio realizados para la elaboración de este documento quedan reflejados en las tablas siguientes:

Tabla 62. Trabajos de laboratorio

| Ensayo | unidades | norma |
|--|----------|---------------------|
| Clasificación USCS | 6 | ISSMGE |
| Análisis granulométrico por tamizado | 6 | UNE 103101 |
| Determinación de los límites de Atterberg | 6 | UNE 103103 - 104 |
| Determinación de humedad natural | 2 | UNE 103300 |
| Determinación de peso específico aparente | 2 | UNE 103301 |
| Ensayo de compresión simple en suelos | 1 | UNE 103400 |
| Ensayo de corte directo con drenaje | 1 | UNE 103401 |
| Determinación de la presión de hinchamiento | 1 | UNE 103602 |
| Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro | 4 | UNE 103601 |
| Determinación del contenido en sulfatos | 1 | UNE 103202 |
| Determinación del grado de acidez Baumann-Gully | 1 | EHE |
| Determinación del contenido en materia orgánica | 4 | UNE 103204 |
| Determinación del contenido de yesos en los suelos | 4 | NLT-115 |
| Determinación del contenido de sales solubles en los suelos | 4 | NLT-114 |
| Ensayo de colapso en suelos | 4 | NLT-254 |
| Ensayo de compactación Proctor modificado | 4 | UNE 103501 |
| Ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo | 4 | UNE 103502 |
| Análisis de agresividad del agua según EHE | 1 | EHE |

- En función de los trabajos de campo realizados, junto con ensayos de laboratorio ejecutados podemos establecer la siguiente secuencia estratigráfica modelo:

Tabla 63. Modelo estratigráfico establecido.

| Nivel | Material | Desde (m.) | Hasta (m.) |
|-------|--|------------|------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | 0,00 | 2,40 |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | 2,40 | 2,50 |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | 2,50 | - |

- El perfil esquemático obtenido se adapta a la siguiente secuencia de materiales detectados.

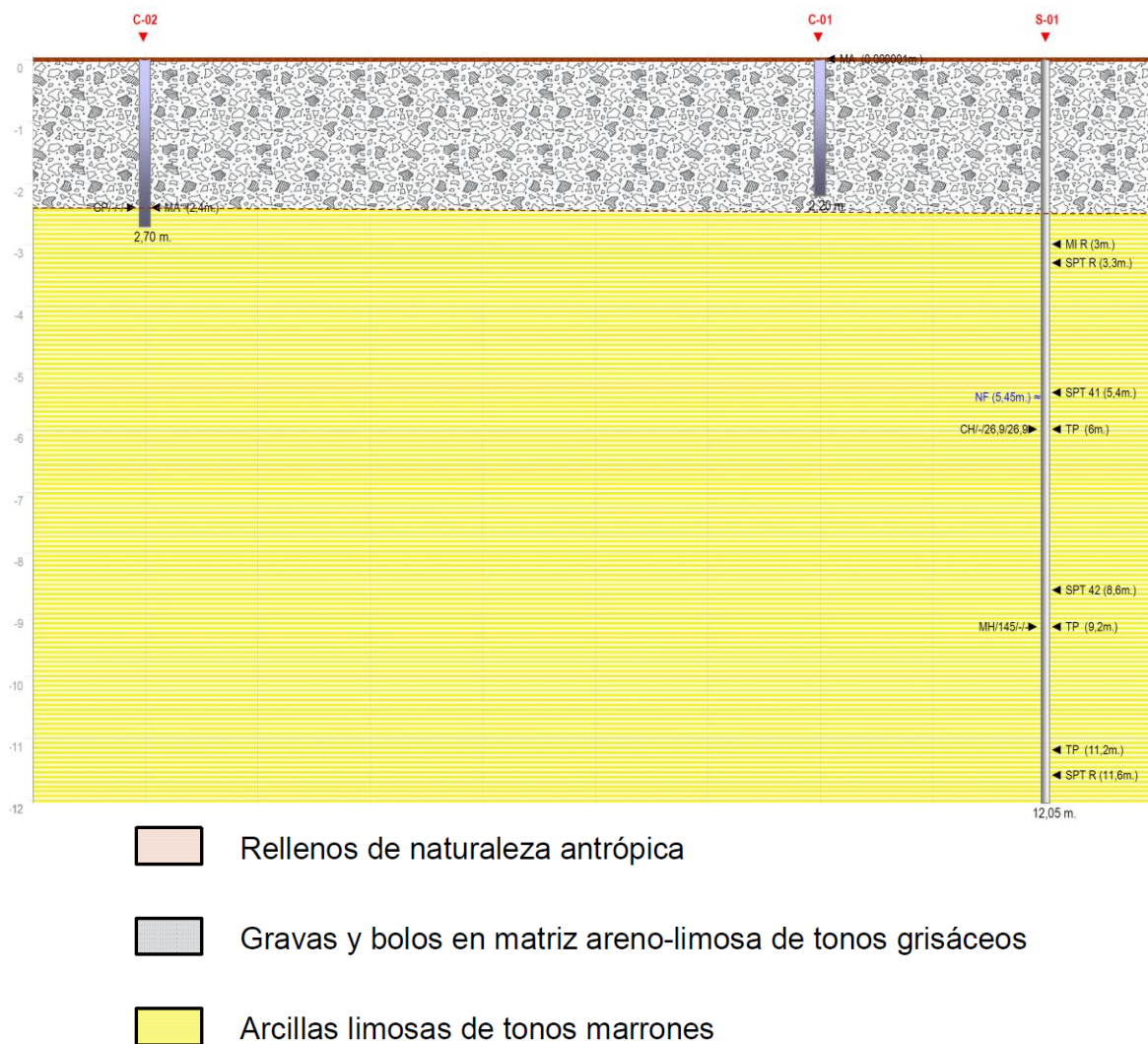


Figura Nº 44.- Perfil esquemático.

- Durante las labores de campo se ha comprobado la existencia de los niveles freáticos. Se ha detectado el nivel freático en el sondeo S-01 a la profundidad de - 5,45 m. Hemos de hacer notar que las medidas del nivel freático se han realizado a la finalización de las perforaciones. Es probable que el nivel freático pueda oscilar en función del régimen climático y estacional no permaneciendo inalterable, consideración que habrá de ser tenida en cuenta.
- Según los trabajos realizados se establecen los siguientes tipos de exposición obtenidos en muestras de suelos:

Tabla 64. Tipos de exposición obtenidos.

| Unidad Geotécnica | Definición | Tipo de exposición |
|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | - |

Tabla 64. Tipos de exposición obtenidos.

| Unidad Geotécnica | Definición | Tipo de exposición |
|-------------------|--|--------------------|
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | - |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | No agresivo |

Según los trabajos realizados se establecen los siguientes tipos de exposición obtenidos en muestras de aguas:

| PARÁMETROS | NORMA | RESULTADO | TIPO DE EXPOSICIÓN | | |
|---|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | | Qa - ATAQUE DÉBIL | Qb - ATAQUE MEDIO | Qc - ATAQUE FUERTE |
| VALOR DEL pH | UNE 83952:2008 | 9 | 6,5 - 5,5 | 5,5 - 4,5 | < 4,5 |
| CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ /l) | UNE EN 13577:2008 | NO CONTIENE | 15 - 40 | 40 - 100 | > 100 |
| IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ /l) | UNE 83954:2008 | 0 | 15 - 30 | 30 - 60 | > 60 |
| IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ /l) | UNE 83955:2008 | 46 | 300 - 1000 | 1000 - 3000 | > 3000 |
| IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /l) | UNE 83956:2008 | 112 | 200 - 600 | 600 - 3000 | > 3000 |
| RESIDUO SECO (mg/l) | UNE 83957:2008 | 641 | 75 - 150 | 50 - 75 | < 50 |
| EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD: | | NO AGRESIVA | | | |

Según los trabajos realizados se han podido establecer los siguientes valores de expansividad según los criterios utilizados:

Tabla 65. Valoración de la expansividad.

| Unidad Geotécnica | Definición | Criterio de peligrosidad |
|-------------------|--|--------------------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | - |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | Nulo |

Según los trabajos realizados se establecen los siguientes parámetros de permeabilidad:

Tabla 66. Valores de permeabilidad.

| Unidad Geotécnica | Definición | K (m/seg) |
|-------------------|--|---|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | - |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | 10 ⁻² - 10 ⁻⁵ m/s |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | 10 ⁻² - 10 ⁻⁵ m/s |

- De acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes trabajos realizados se puede estimar la excavabilidad del siguiente modo, para cada uno de los niveles definidos en los apartados anteriores:

Tabla 67. Excavabilidad.

| Unidad Geotécnica | Definición | Excavabilidad |
|-------------------|--|-------------------|
| UG.1 | Rellenos de naturaleza antrópica | Excavación manual |
| UG.2 | Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos | Maquinaria común |
| UG.3 | Arcillas limosas de tonos marrones | Maquinaria común |

- A partir de las hipótesis planteadas entendemos factible la adopción de un modelo de cimentación mediante zapatas aisladas o zapatas corridas, apoyadas en el sustrato portante referido como unidad UG.3 y definido como Arcillas limosas de tonos marrones. Este nivel ha sido detectado a una profundidad generalizada de 2,50 m. desde la cota de rasante actual o boca de perforación.
- Se establece esta unidad como unidad de apoyo debido a la falta de continuidad detectada en la UG.2, con el objeto de evitar posibles comportamientos diferenciales, entendiendo que a la profundidad a la que se ha alcanzado es factible su apoyo mediante zapatas o zapatas apoyadas sobre pozos.
- Las hipótesis para el cálculo de presiones admisibles, tanto por hundimiento como por asientos, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 68. Hipótesis de cálculo

| | | | |
|--|-------------------|---|-----------------|
| Tipología de cimentación | - | Zapatas o Zapatas corridas | |
| Profundidad de empotramiento de la cimentación en el material portante | m | 0,40 m | |
| Densidad del terreno bajo el plano de cimentación | kN/m ³ | 18,0 | |
| Situación de dimensionado | - | Transitoria a corto plazo (sin drenaje) | |
| Cohesión sin drenaje | kPa | 150,00 | |
| Modelo constitutivo para estimación de asientos | - | Elástico – largo plazo | |
| Asiento admisible | cm | 5,00 cm | |
| Compresibilidad del terreno bajo la cimentación | Potencia | E' | v |
| | m | MPa | (coef. poisson) |

Tabla 68. Hipótesis de cálculo

| | | | |
|------|-----------|------|-----|
| UG.3 | Inf. Cim. | 30,0 | 0,3 |
|------|-----------|------|-----|

- Los valores obtenidos para la carga admisible se detallan a continuación:

Tabla 69. Presión vertical admisible de servicio para zapatas

| Ancho de zapata | | Zapata cuadrada | | Zapata corrida | |
|-----------------|--|-----------------|-------------|----------------|-------------|
| | | q'_s | Criterio | q'_s | Criterio |
| m | | MPa | - | MPa | - |
| 1,0 | | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 1,5 | | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 2,0 | | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 2,5 | | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 3,0 | | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |

- Con carácter general puede adoptarse, para zapatas de dimensiones habituales de 2,0 x 2,0 m una presión admisible de servicio de 0,311 MPa. en la situación de dimensionado considerada, si bien podrá atenderse, en cualquier caso, a lo indicado en la tabla precedente.**
- Se proyectan muros de contención en el ajardinamiento con altura inferior a 1,5 metros. La cimentación de estos muros es directamente sobre la unidad Geotécnica UG-2. Asumiendo una tensión admisible en cualquier caso inferior a 1,40 kp/cm².
- Se proyecta una pista polideportiva completa sobre una solera de 15 cm de espesor de hormigón HA-25/P/20 armada con mallazo de 15x15x10 sobre una subbase granular de zahorra compactada. Esta subbase granular es continuidad del relleno estructural de aproximadamente 1,00 m de espesor que servirá para garantizar un apoyo homogéneo de las pistas. El relleno estructural se ejecutará mediante la extensión y compactación de terreno adecuado/seleccionado en tongadas de 0,30 m espesor; cada tongada se compactará al 95-100% de su Próctor normal/modificado previa protección del terreno mediante un geotextil de poliéster punzonado.
- SE proyectan una serie de viales de acceso interno de las instalaciones del centro educativo. Se descarta la unidad geotécnica UG-01 como cimiento de explanada, al considerarse como rellenos antrópicos, muy heterogéneos con materiales de procedencia en parte antrópica. Se retirará este nivel.
- El terreno natural sobre el que se apoye el paquete de la explanación de los viales es el definido con las características de la unidad geotécnica EG-2.a:

Los parámetros obtenidos para los ensayos de compactación son los siguientes:

Tabla 70. Valores de laboratorio obtenidos

| Recon. | Prof. (m.) | Ensayo Proctor | | | C.B.R. | |
|--------|---------------|----------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| | | Proctor | Densidad max (kN/m ³) | Humedad óptima (%) | C.B.R. (100%) | C.B.R. (95%) |
| C-01 | 0,00 | Mod. | 20,48 | 7,00 | 64,28 | 21,51 |

Teniendo en cuenta las condiciones básicas indicadas en el apartado 330.3 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), así como las que en su caso se exijan en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. La unidad Geotécnica UG-2 se clasifica como marginal.

Tabla 71. Valores obtenidos

| Recon. | Prof. (m.) | Ensayos de laboratorio | | | | | | | | | | |
|--------|---------------|------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | | Tamaño máximo (mm.) | Cernido 2 UNE (%) | Cernido 0,40 UNE (%) | Cernido 0,080 UNE (%) | Materia orgánica (%) | Contenido yeso (%) | Contenido Sales Solubles (%) | Límite Líquido (%) | Índice plasticidad (%) | Asiento Ensayo Colapso (%) | Hinchamiento libre (%) |
| C-01 | 0,00 | | 41,70 | 18,90 | 12,90 | 0,28 | 0,42 | 1,61 | 27,00 | 11,30 | 0,03 | 0,40 |

La clasificación de las diferentes muestras ensayadas es la siguiente:

**Tabla 72. Clasificación obtenida
apartado 330.3 del Pliego de
Prescripciones Técnicas
Generales para Obras de
Carreteras y Puentes (PG-3).**

| Recon. | Prof. (m.) | Clasificación |
|--------|---------------|---------------|
| C-01 | 0,00 | MARGINAL |

- Partiendo de esta clasificación y de los requerimientos para los viales se diseñará el pavimento atendiendo a la Norma 6.1-IC. (Orden 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 O MARGINALES (IN) | SUELOS TOLERABLES (0) | SUELOS ADECUADOS (1) | SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3) | ROCA (R) |
| CATEGORÍA DE EXPLANADA | E1 $R_{d1} \geq 100 \text{ kPa}$ | | | | | |
| | E2 $R_{d2} \geq 120 \text{ kPa}$ | | | | | |
| | E3 $R_{d3} \geq 300 \text{ kPa}$ | | | | | |

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 510 del PG-3)

0 Suelo tolerable (Art. 510 del PG-3)

1 Suelo adecuado (Art. 510 del PG-3)

2 Suelo seleccionado (Art. 510 del PG-3)

3 Suelo seleccionado (Art. 510 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 espesor mínimo: 15 cm (Art. 610 del PG-3)

Tipo de material: S-EST 2

espesor mínimo en cm: 30

suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

Figura Nº 45.- Tipos de suelos de la explanación.

- Las conclusiones alcanzadas en el presente estudio geotécnico se basan en reconocimientos puntuales en campo y del análisis de laboratorio realizado sobre muestras, también puntuales, extraídas del terreno. De este modo cabe la posibilidad de que existan diferencias, en cuanto a las características geológicas y geotécnicas del terreno, entre la interpretación que se expone en el presente estudio y los condicionantes realmente presentes en el subsuelo.
- Por estos motivos, antes de proceder a la realización de la estructura de cimentación un técnico competente deberá comprobar visualmente, o mediante las pruebas que juzgue oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con lo estimado en el presente estudio geotécnico. En particular se deberá comprobar lo siguiente:

 - La estratigrafía coincide con la estimada en el presente estudio geotécnico.
 - El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas en dicho estudio.
 - La resistencia y humedad del terreno encontrado al nivel de cimentación coinciden con las supuestas en el presente estudio geotécnico.
 - No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc, o los existentes se ajustan a lo previsto en el presente estudio.
 - No se detectan corrientes subterráneas que puedan provocar socavación o arrastres.

El presente estudio geotécnico consta de una memoria de 71 páginas, 6 anejos a la memoria y un apéndice.

En Madrid y firmado en Agosto de 2022



Carlos Álvarez Calvo
Grado Ingeniería Civil
Equipo de Redacción
Técnico Redactor



Germán López Pineda
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Delegación de Córdoba
Técnico Redactor

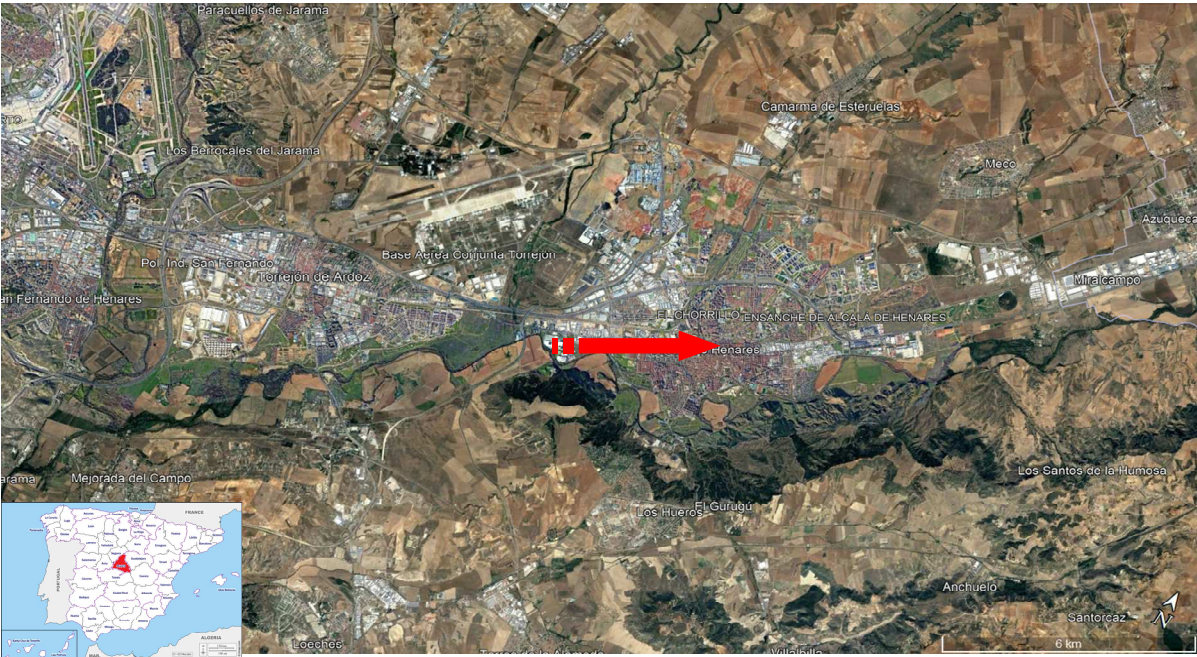


Juan Alfonso Delgado Capllonch
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Delegación de Granada
Supervisor






Isidro Ocete Ruiz
Ldo. CC. Geológicas. DEA Ingeniería Terreno
Director Técnico Dpto. Geotecnia
Supervisor

ANEJO 1. PLANTA GENERAL Y DE SITUACIÓN



Leyenda

-  Penetración dinámica
-  Sondeo mecánico
-  Calicata de reconocimiento

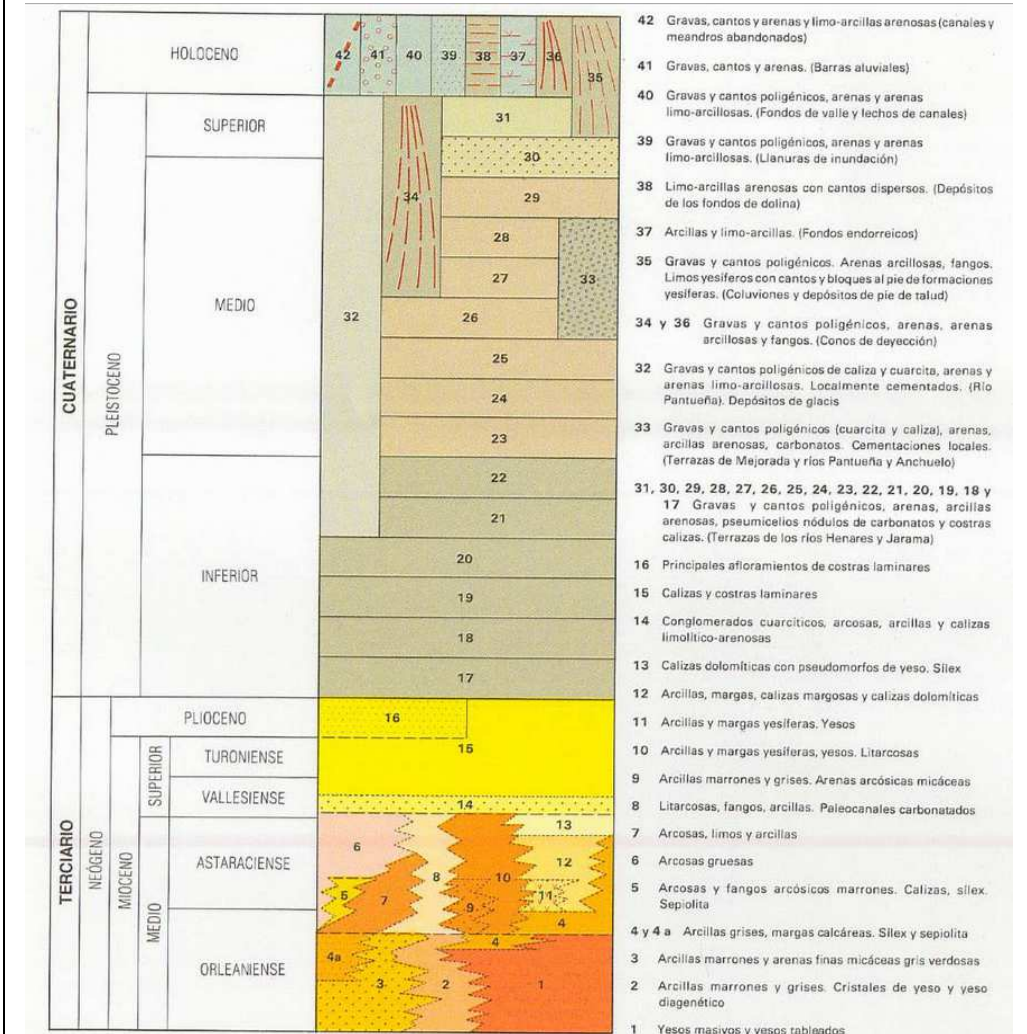
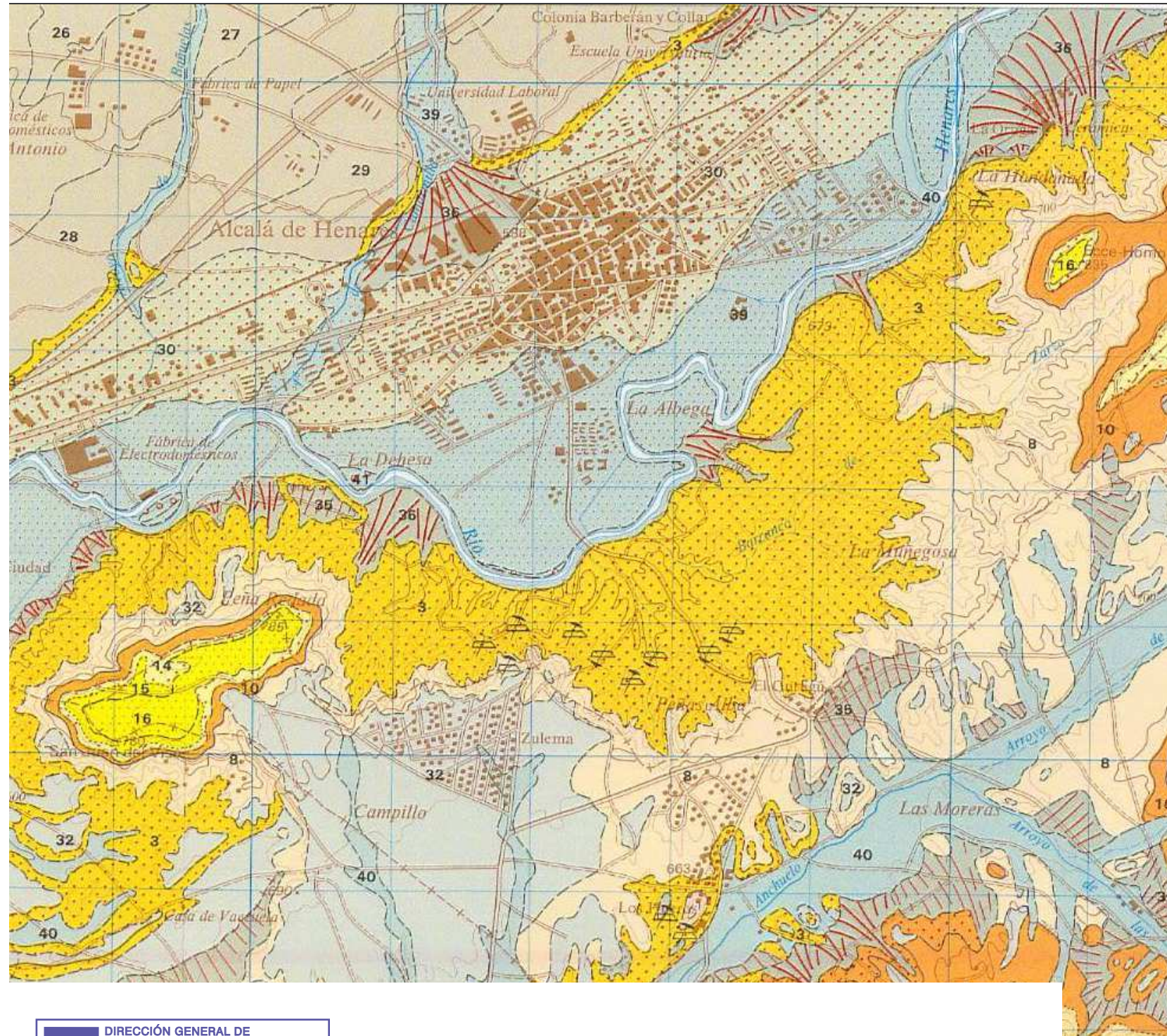
 DIRECCIÓN GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS
Vicepresidencia, Consejería de
Educación y Universidades
Comunidad de Madrid

SUPERVISADO



ANEJO 2. MARCO GEOLÓGICO

MARCO GEOLOGICO



ANEJO

CONTEXTO GEOLÓGICO, PLANO Y LEYENDA DE LA ZONA EN ESTUDIO

HOJA MAGNA 560/20-22 ALCALÁ DE HENARES

ESCALA ORIGINAL: 1.50.000

PETICIONARIO:

COMUNIDAD DE MADRID

EJECUTADO POR:

cemosa
Ingeniería y Control

TÍTULO DEL TRABAJO

INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA

SUSTITUYE A:

PRESUPUESTO:

5012,16

SUSTITUIDO POR:

EXPEDIENTE:

O/2005036/26

ESCALA:

Referida

TÍTULO:

ENTORNO GEOLÓGICO

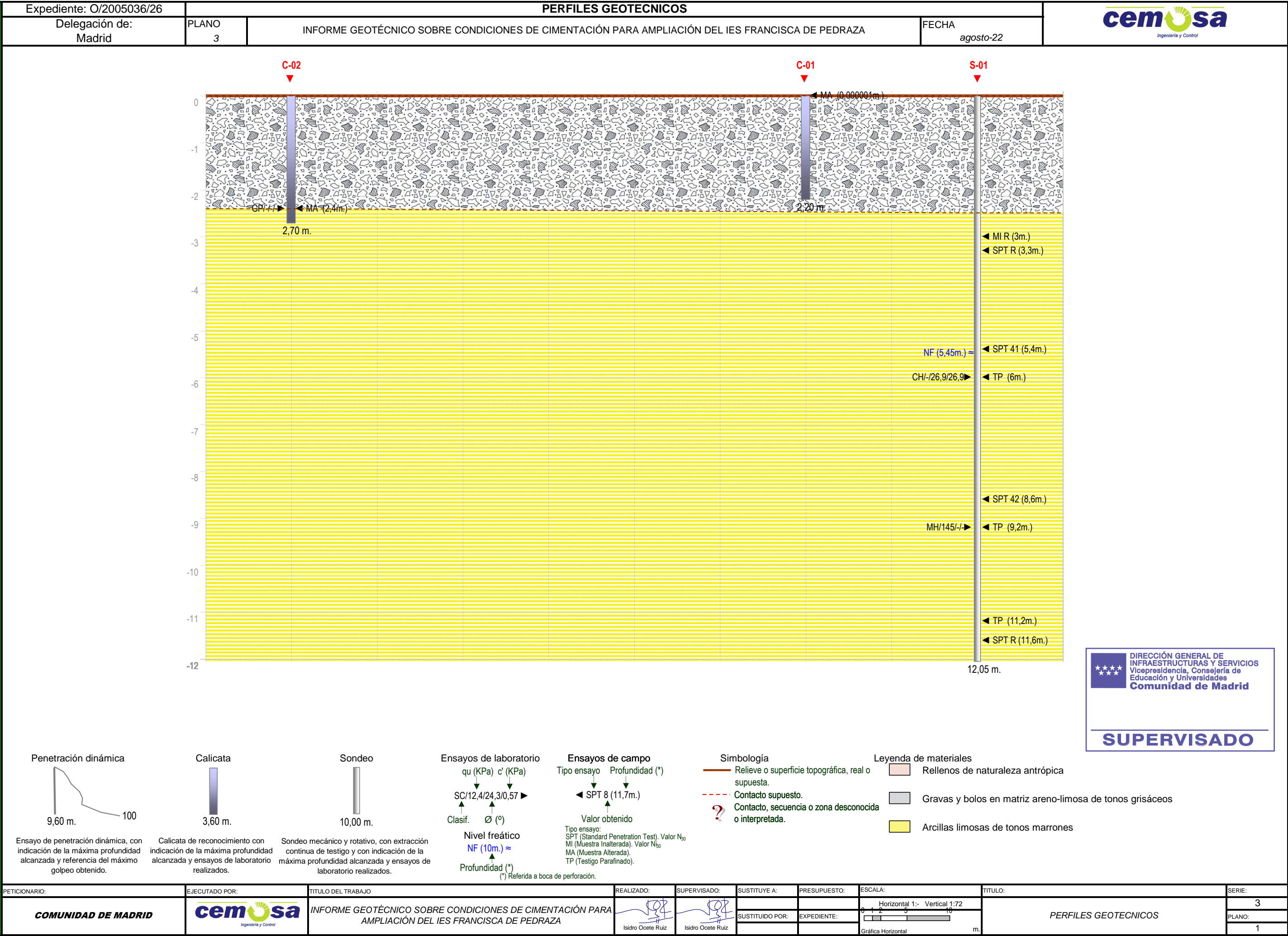
NÚMERO:

2

FICHA:

1 de 1

ANEJO 3. PERFIL GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO



C-02

MA (0.000001m.)

C-01

S-01

0

-1

-2

-3

-4

-5

-6

-7

-8

-9

-10

-11

-12

GP/-/-

MA (2.4m.)

2.70 m.

2.20 m.

12.05 m.

MI R (3m.)

SPT R (3.3m.)

NF (5.45m.) ≈

CH/-/26,9/26,9

SPT 41 (5.4m.)

TP (6m.)

SPT 42 (8.6m.)

TP (9.2m.)

TP (11.2m.)

SPT R (11.6m.)

Penetración dinámica

9,60 m. 100

Ensayo de penetración dinámica, con indicación de la máxima profundidad alcanzada y referencia del máximo golpeo obtenido.

Calicata

3,60 m.

Calicata de reconocimiento con indicación de la máxima profundidad alcanzada y ensayos de laboratorio realizados.

Sondeo

10,00 m.

Sondeo mecánico y rotativo, con extracción continua de testigo y con indicación de la máxima profundidad alcanzada y ensayos de laboratorio realizados.

Ensayos de laboratorio

qu (KPa) c' (KPa)

SC/12,4/24,3/0,57

Clasif. Ø (°)

Nivel freático

NF (10m.) ≈

Profundidad (*)

(*) Referida a boca de perforación.

Ensayos de campo

Tipo ensayo Profundidad (*)

SPT 8 (11,7m.)

Valor obtenido

Tipo ensayo:
SPT (Standard Penetration Test). Valor N₆₀
MI (Muestra Inalterada). Valor N₆₀
MA (Muestra Alterada).
TP (Testigo Parafinado).

Simbología

Relieve o superficie topográfica, real o supuesta.

Contacto supuesto.

Contacto, secuencia o zona desconocida o interpretada.

Leyenda de materiales

Rellenos de naturaleza antrópica

Gravas y bolos en matriz areno-limosa de tonos grisáceos

Arcillas limosas de tonos marrones

PETICIONARIO:

COMUNIDAD DE MADRID

EJECUTADO POR:

TITULO DEL TRABAJO

INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA

REALIZADO:

Isidro Ocete Ruiz

SUPERVISADO:

Isidro Ocete Ruiz

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

PRESUPUESTO:

EXPEDIENTE:

ESCALA:

Horizontal 1:- Vertical 1:72

Gráfica Horizontal m.

TITULO:

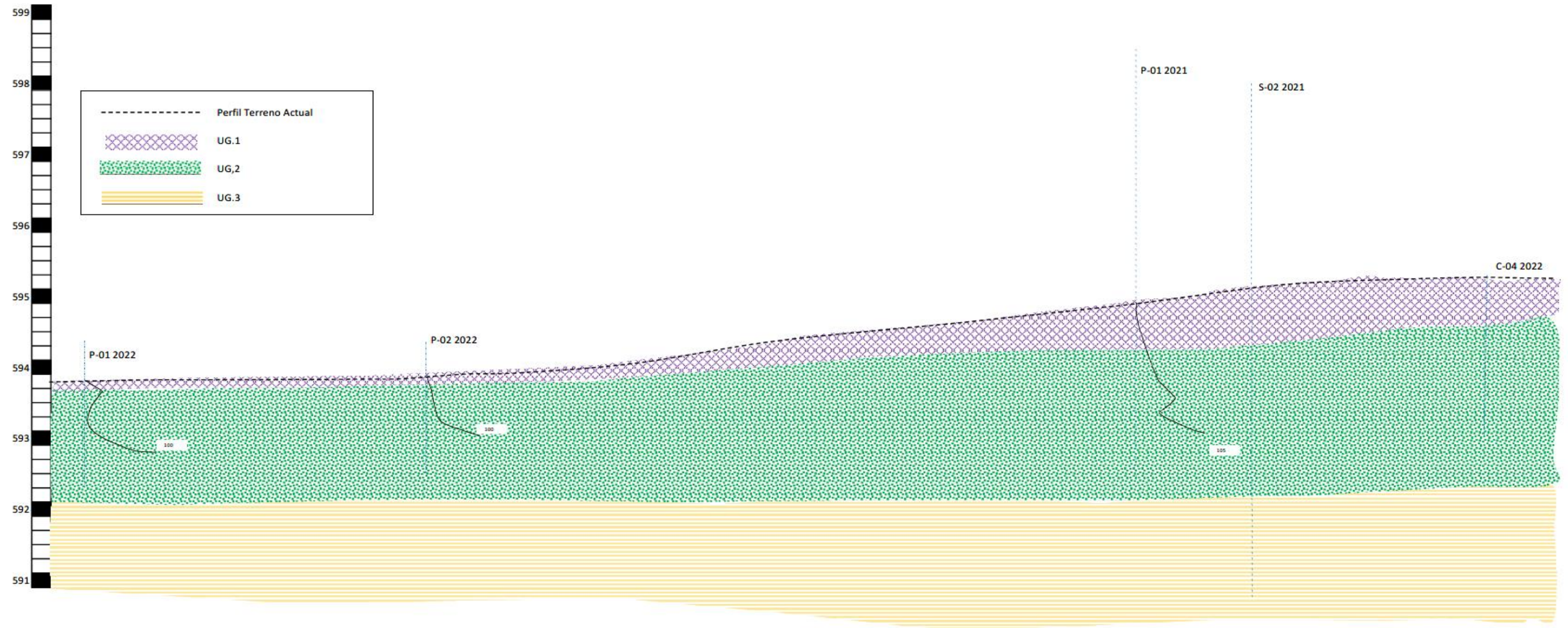
PERFILES GEOTECNICOS


SERIE:

3

PLANO:

1



| | | | | | | | |
|---------------------|--|--|-----------------|--------------|------------|----------------|---------|
| PETICIONARIO: | EJECUTADO POR: | TÍTULO DEL TRABAJO | SUSTITUYE A: | PRESUPUESTO: | ESCALA: | TÍTULO: | NÚMERO: |
| COMUNIDAD DE MADRID |  | ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES | | - | Sin escala | PLANTA GENERAL | 1 |
| | | | SUSTITUIDO POR: | EXPEDIENTE: | | | FICHA: |
| | | | | O/2005036/26 | | | 1 de 2 |

ANEJO 4. TRABAJOS DE CAMPO

ANEJO 4.1 Registro de sondeos a rotación

EDICIÓN: ED02 12/04/2021 SON-1 NºActa: 017-22/008450/1 Código de actividad: 1201/08/2022/615 (1284655) CENTRO DE ESTUDIOS DE MATERIALES Y CONTROL DE OBRA, S.A. (CEMOSA) Pol. Ind. Los Olivos C/ Innovación 11 28906 GETAFE TEL. 916828727 FAX. 916019683 URL: www.cemosa.es E-MAIL: madrid@cemosa.es

Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID Equipo: TECOINSA TP50/D 99.18.307
IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES



| P (m) | DF (m) | TRAMAS | ESPESOR (m) | DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO | NF (m) | RECUP (%) | R.Q.D (%) | MUESTRAS |
|-------|--------|--------|-------------|--|--------|-----------|-----------|--|
| 0 | | | | | | 0 | 0 | |
| | | | 1.5 | Gravas heterométricas subangulosas y redondeadas con matriz areno limosas de color grisáceo. Presenta tramos de arenas competentes y cantos tamaño bolo de hasta 10 cm hacia base. | | | | |
| | | | 1 | Gravas heterométricas subangulosas y redondeadas con limos de color grisáceo. Presencia de cantos dispersos de tamaño bolo, de hasta 14 cm. | | | | |
| | | | | | | | | MI 19/R Pl. 3 PF. 3.3 SPT 31/40/R Pl. 3.3 PF. 3.7 |
| | | | | | 5.45 | | | SPT 13/17/24/29 Pl. 5.4 PF. 6 TP Pl. 6 PF. 6.4 |
| | | | 9.55 | Arcillas con limos de color marrón y parcheados verdosos. Compacidad firme y buena plasticidad. Presencia de cantos tamaño grava media hacia techo, así como moteados arcillosos negruzcos a base. | | | | SPT 14/19/23/32 Pl. 8.6 PF. 9.2 TP Pl. 9.2 PF. 9.6 |
| | | | | | | | | TP Pl. 11.2 PF. 11.6 SPT 23/33/R Pl. 11.6 PF. 12.05 |
| 12 | | | | | | | | |

COTA FINAL: 12,05 m

OBSERVACIONES:



Mi: Muestra finalizada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo perforado MM: Muestra alterada LF: Ensayo lateral UU: Ensayo Lúgano PE: Presiónmetro NF: Nivel freático RECUP: Recuperación de testigo R.Q.D: Recuperación "Rock Quality Designation" Perforación B (Batería simple), D (Batería dobla), T (Batería triple), W (Corona de vidrio), d (Corona de diamante), r (m), Profundidad (m), D(r) (m) Diámetro de perforación Muestras Pl: Profundidad inicial (m), Pl: Profundidad final (m)

ANEJO 4.2 Fotografías de testigos de sondeos a rotación


| | | | |
|---|--|--|---|
|  <p> cemosa <small>Ingeniería y Control</small> c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400 </p> | REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo | | ENSAYO: S-01 |
| | TRABAJO: | INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA | Expediente: O/2005036/26 |
| | PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE MADRID | |



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 1.



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 2.


| | | | |
|--|--|--|---|
|  <p> cemosa Ingeniería y Control c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400 </p> | REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo | | ENSAYO: S-01 |
| | TRABAJO: | INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA | Expediente: O/2005036/26 |
| | PETICIONARIO: | COMUNIDAD DE MADRID | |

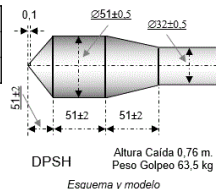


Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 3.



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 4.

ANEJO 4.3 Registro de penetraciones dinámicas



Referencia:

P-01

Expediente: **O/2005036/26/01**

Peticionario:

IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
COMUNIDAD DE MADRID

Coordenadas UTM:

X: 467350.000

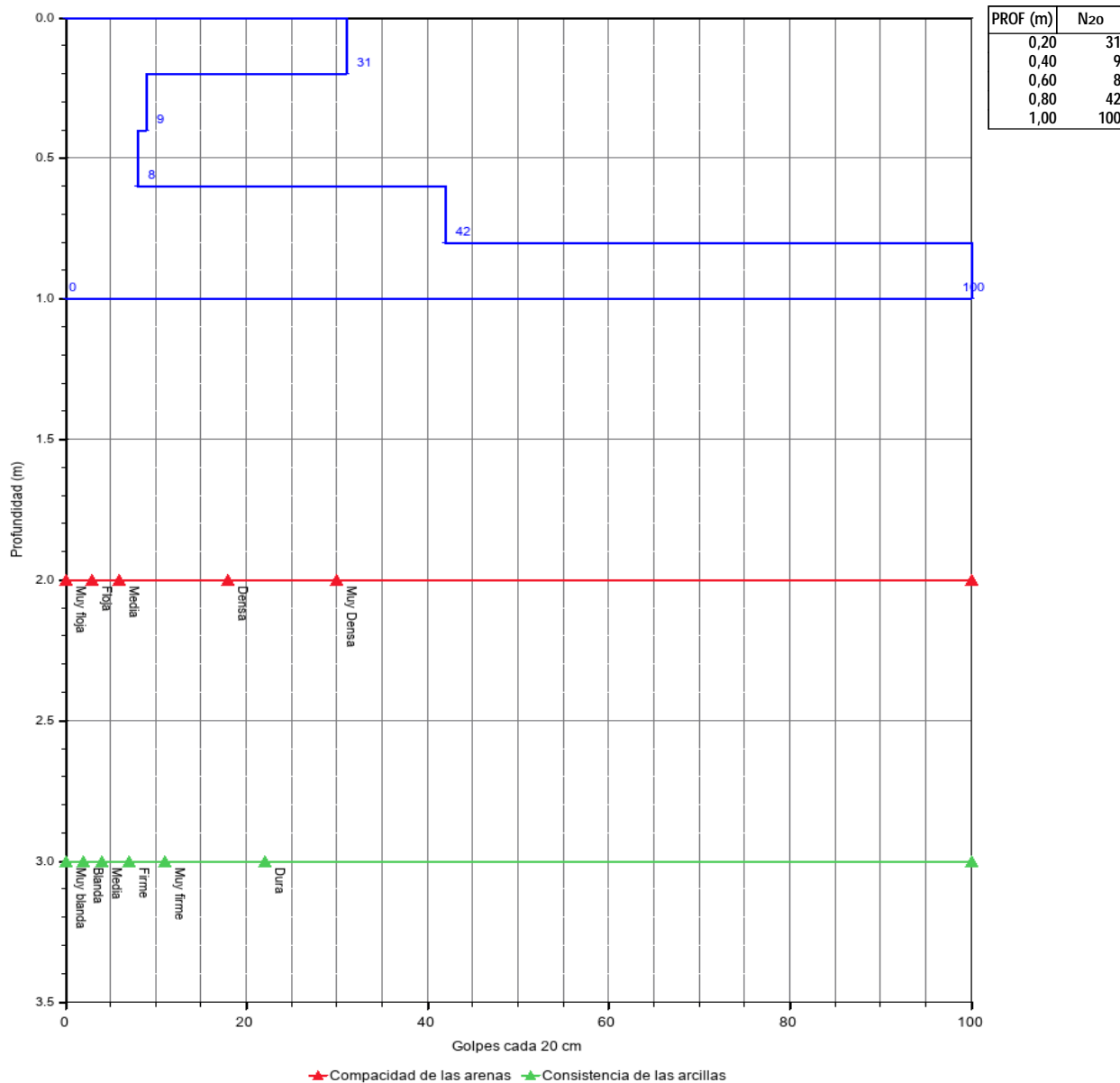
Y: 4481789.000

Fecha:

06/07/2022 a

Equipo: TECOINSA TP50/D 99.18.307

REGISTRO DE PENETRACIÓN DINÁMICA



Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

Madrid a 07/07/2022



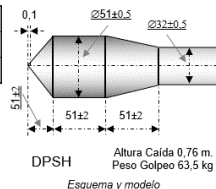
Dispositivo de golpeo DPSH: Puntaza de sección cónica 20m2, máquina 63,5Kp, altura de caída 75cm, peso de varillaje 6Kp/ml. Normas de aplicación: Prueba continua de penetración superpesada UNE-EN ISO 22476-2-2008.

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ÁREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural). EFA (Ensayos de obras de fábrica y albanilería) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural).

Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado. Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio. CEMOSA no se hace responsable de los datos o información aportados por el cliente/fabricante.

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036



Referencia:

P-02

Expediente: **O/2005036/26/01**

Peticionario:

IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
COMUNIDAD DE MADRID

Coordenadas UTM:

X: 467361.000

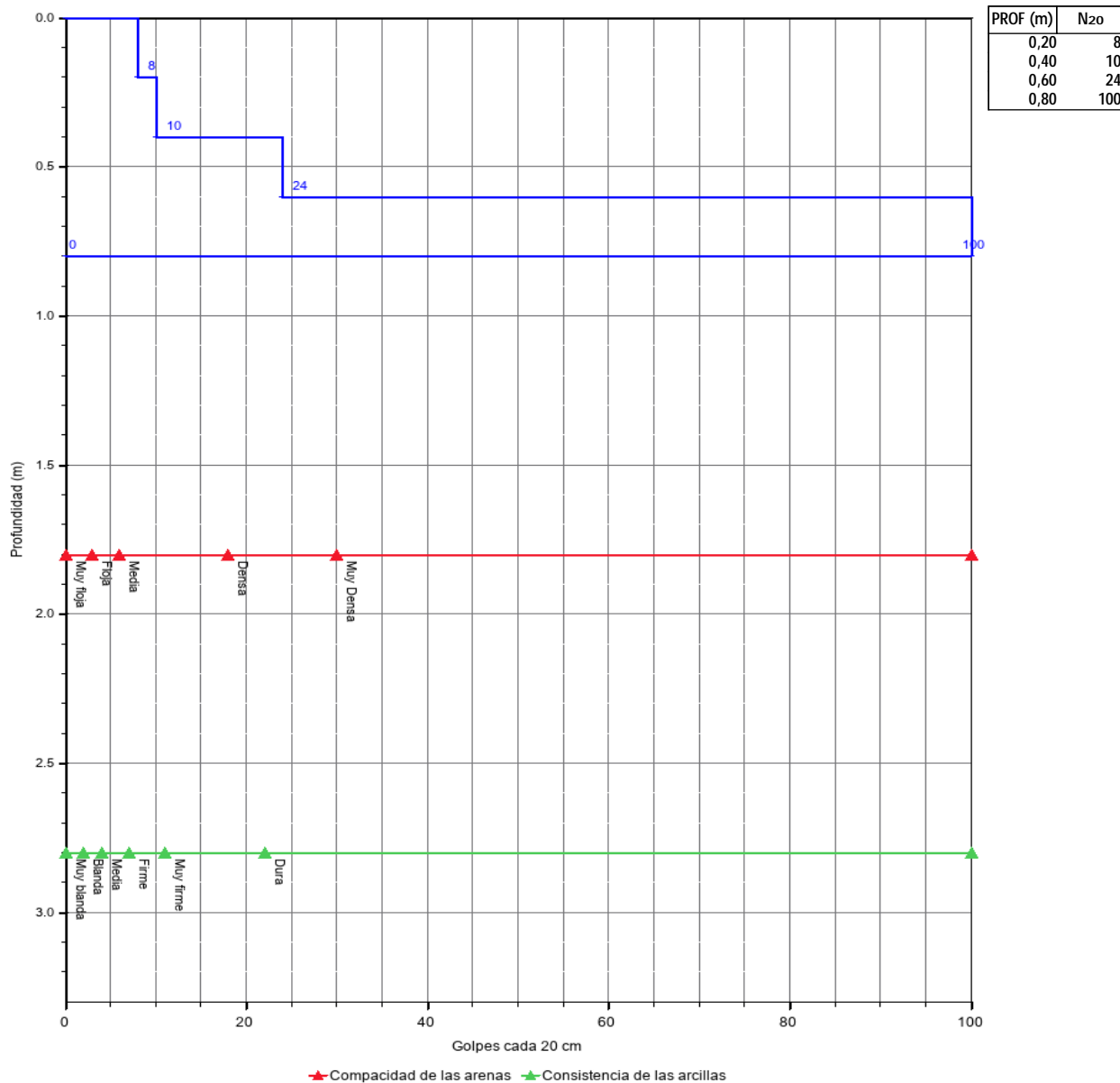
Y: 4481810.000

Fecha:

06/07/2022 a

Equipo: TECOINSA TP50/D 99.18.307

REGISTRO DE PENETRACIÓN DINÁMICA

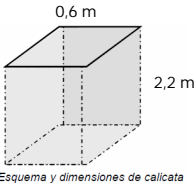


Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

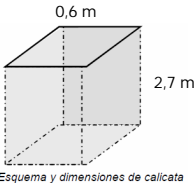
Madrid a 07/07/2022

ANEJO 4.4 Registro de calicatas



Excavabilidad: Mala
Estabilidad: Regular

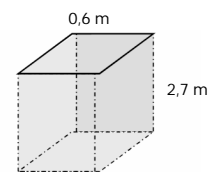
| PROF. (m) | ESPESOR | DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO | NF | MUESTRAS |
|-------------------|---------|---|----|------------------|
| 0.0 | 1.9 | Gravas heterométricas subangulosas y subredondeadas con matriz arenosas de grano fino, color marrón grisáceo. Presencia de abundantes cantos tamaño bolo de hasta 20 cm de diametro. Material suelto. | | MA Pl. 0 PF. 1.9 |
| 0.5 | | | | |
| 1.0 | | | | |
| 1.5 | | | | |
| 2.0 | 0.3 | Gravas heterométricas subangulosas y subredondeadas con matriz areno arcillosa, color marrón. Presencia de bolos de hasta 15 cm de diametro. Material suelto y humedo. | | |
| COTA FINAL: 2,2 m | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |



Excavabilidad: Buena Estabilidad: Regular

| PROF. (m) | ESPESOR | DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO | NF | MUESTRAS |
|--|---------|-------------------------|----|----------|
| <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></</div></div> | | | | |

Mt: Muestra inalterada SP: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo perforado MA: Muestra alterada JF: Ensayo Jélicou LU: Ensayo Lugeon PE: Presiónmetro NF: Nivel freático RECUP: Recuperación de testigo R.O.D: Recuperación "Rock Quality Designation" Perforación B: (Batería simple), D: (Batería dobla), T: (Batería triple), w: (corona de wida), d: (corona de diametro), P(m): Profundidad (m), DP(m): Diametro de perforación. Muestras PI: Profundidad inicial (m), PF: Profundidad final (m)



Esquema y dimensiones de calicata

Excavabilidad: Regular

Estabilidad: Regular

| PROF. (m) | ESPESOR | DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO | NF | MUESTRAS |
|--|-------------------------------|---|----|-------------------------------|
| <div> <div>0.0</div> <div>0.5</div> <div>1.0</div> <div>1.5</div> <div>2.0</div> <div>2.5</div> </div> | <div>2.4</div> <div>0.3</div> | <div> <p>Relleno Antrópico. Gravas heterométricas subangulosas y subredondeadas con matriz areno arcillosa, color marrón. Presencia de abundantes restos antrópicos de ladrillo de hasta tamaño bolo.</p> <p>Arcillas limosas con algo de gravas heterométricas de color marrón verdoso. Material suelto y húmedo.</p> </div> | | <div>MA Pl. 2.4 PF. 2.7</div> |

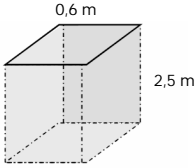
COTA FINAL: 2,7 m

OBSERVACIONES: Adyacente a sección removida para la creción de zona de paso.

M1: Muestra materializada S1: Ensayo de percepción estándar P: Ensayo personalizado MA: Muestra aleatoria F: Ensayo fletante W: Ensayo largo P1: Pensamiento F1: Nivel fletante BCU: Recapacitación de Ensayo R, D: Recapacitación "Roca Quality Designation" Percepción B (Bavaria sample), V (Bavaria video), (Bavaria photo), w (corona de vidrio), d (corona de diamante), P(m), Profundidad (m), D(m), Diámetro de perforación
 Muestra, P1: Profundidad inicial (m), P1: Profundidad final (m)

Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES

Equipo:



Excavabilidad: Regular
Estabilidad: Regular

| PROF. (m) | ESPESOR | DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO | NF | MUESTRAS |
|---|---------|-------------------------|----|----------|
| <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> | | | | |

Mt: Muestra inalterada SP: Ensayo de penetración estándar TP: Ensayo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lúgani LU: Ensayo Lúgani PE: Presiónmetro NF: Nivel freático RECUP: Recuperación de testigo R.O.D: Recuperación "Rock Quality Designation" Perforación B (Batería simple), D (Batería dobla), T (Batería triple), w (corona de wida), d (corona de diamante), P(m), Profundidad (m), D(p(m)) Diametro de perforación. Muestras PI Profundidad inicial (m), PF Profundidad final (m)

ANEJO 5. ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/009261/1 Anula a:
Obra: IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:
Modalidad de control:

AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL AGUA FRENTE AL HORMIGÓN (EHE 2008)

ALBARÁN: **1741760** CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2022/007892(1284717)** FECHA TOMA: **05/07/2022-00:00**

MATERIAL

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| TIPO: | AGUA | MODALIDAD DE MUESTREO: | GEO - Muestreado por Geotecnia |
| ORIGEN DE LA MUESTRA: | | MUESTREO POR: | MARIA DEL PRADO MORA AVILES |
| PROCEDECIA: | S-01 MAG 5.45 - 5.95 | NORMA DE MUESTREO: | |
| LUGAR DE TOMA: | S-01 | Tª AGUA EN LA TOMA (°C): | 0 |
| UBICACIÓN: | | LOTE LABORATORIO: | |
| PROFUNDIDAD (m): | - | LOTE CLIENTE: | |

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Determinación de la agresividad potencial frente a hormigones. Incluye los ensayos: determinación del pH, EHE 2008; UNE 83952:2008; UNE EN 13577:2008; UNE 83954:2008; UNE 83955:2008; UNE ión magnesio, ión amonio, sulfatos, CO2 y residuo seco (agua-análisis de agresividad al hormigón) 83956:2008; UNE 83957:2008

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en la siguiente tabla.

Temperatura del agua antes de los ensayos (°C): **23**

| PARÁMETROS | NORMA | RESULTADO | TIPO DE EXPOSICIÓN | | |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | | Qa - ATAQUE DEBIL | Qb - ATAQUE MEDIO | Qc - ATAQUE FUERTE |
| VALOR DEL pH | UNE 83952:2008 | 9 | 6,5 - 5,5 | 5,5 - 4,5 | < 4,5 |
| CO2 AGRESIVO (mg CO2/l) | UNE EN 13577:2008 | NO CONTIENE | 15 - 40 | 40 - 100 | > 100 |
| IÓN AMONIO (mg NH4 +/l) | UNE 83954:2008 | 0 | 15 - 30 | 30 - 60 | > 60 |
| IÓN MAGNESIO (mg Mg2+/l) | UNE 83955:2008 | 46 | 300 - 1000 | 1000 - 3000 | > 3000 |
| IÓN SULFATO (mg SO4 2-/l) | UNE 83956:2008 | 112 | 200 - 600 | 600 - 3000 | > 3000 |
| RESIDUO SECO (mg/l) | UNE 83957:2008 | 641 | 75 - 150 | 50 - 75 | < 50 |
| EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD: | | NO AGRESIVA | | | |

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 27/07/2022

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Responsable de Ensayos Químicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DCE:30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.07.27 14:41:46 +02'00'

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DCE:30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.07.27 14:41:46 +02'00'

Expediente: **0/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/009262/1
Obra: IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1741752**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2022/007890(1284710)**

FECHA TOMA: **05/07/2022-00:00**

MATERIAL

| | | | |
|----------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| TIPO: | SUELO | MODALIDAD DE MUESTREO: | GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA |
| DESCRIPCIÓN: | S-01 TP 6.00 - 6.40 | MUESTREO POR: | MARIA DEL PRADO MORA AVILES |
| PROCEDENCIA: | S-01 TP 6.00 - 6.40 | LOTE LABORATORIO: | |
| LUGAR DE TOMA: | S-01 | LOTE CLIENTE: | |
| UBICACIÓN: | | | |

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

| | |
|---|---|
| Corte directo residual (suelos) | UNE 103401:1998 |
| Límites de Atterberg (suelos) | UNE 103103:1994; UNE 103104:1993 |
| Presión de hinchamiento en edómetro (suelos) | UNE 103602:1996 |
| Análisis granulométrico (suelos) | UNE 103101:1995 |
| Determinación de la humedad mediante secado en estufa (suelos) | UNE 103300:1993 |
| Determinación de la densidad aparente (balanza hidrostática) (suelos) | UNE 103301:1994 |
| Clasificación e índice de grupo (suelos) | ASTM 2487:2000 |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

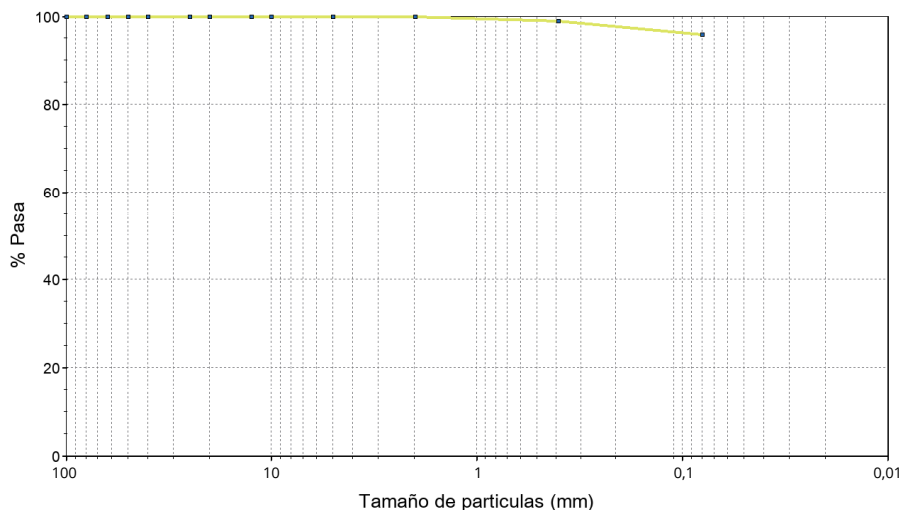
La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente en CEMOSA.

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/009262/1
Código de muestra: 1201/017/2022/007890(1284710)
Procedencia: S-01 TP 6.00 - 6.40

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

| TAMIZ (mm) | % PASA |
|------------|--------|
| 100 | 100,0 |
| 80 | 100,0 |
| 63 | 100,0 |
| 50 | 100,0 |
| 40 | 100,0 |
| 25 | 100,0 |
| 20 | 100,0 |
| 12,5 | 100,0 |
| 10 | 100,0 |
| 5 | 100,0 |
| 2 | 100,0 |
| 0,4 | 99,0 |
| 0,080 | 95,9 |



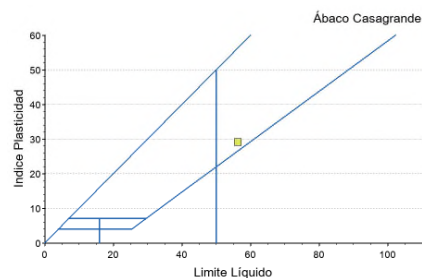
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **56,2** LÍMITE PLÁSTICO: **27,0** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **29,2**

CLASIFICACIÓN

Arcilla de Alta Plasticidad

| | |
|------------------|--------------|
| U.S.C.S: | CH |
| AASHTO: | A-7-6 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 20 |



DENSIDAD Y HUMEDAD

DENSIDAD - UNE 103301

| | |
|-----------------|-------------|
| HÚMEDA (g/cm³): | 1,79 |
| SECA (g/cm³): | 1,41 |

HUMEDAD - UNE 103201

| | |
|--------------|-------------|
| HUMEDAD (%): | 28,6 |
|--------------|-------------|

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/009262/1
Código de muestra: 1201/017/2022/007890(1284710)
Procedencia: S-01 TP 6.00 - 6.40

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

CORTE DIRECTO

DATOS DE ENSAYO

ESTADO DE LA MUESTRA: **INALTERADA**

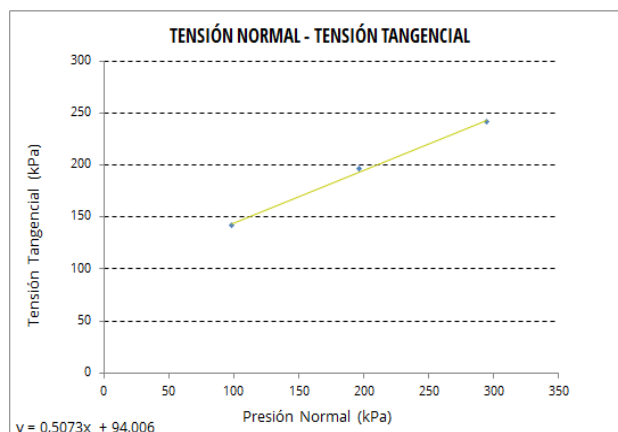
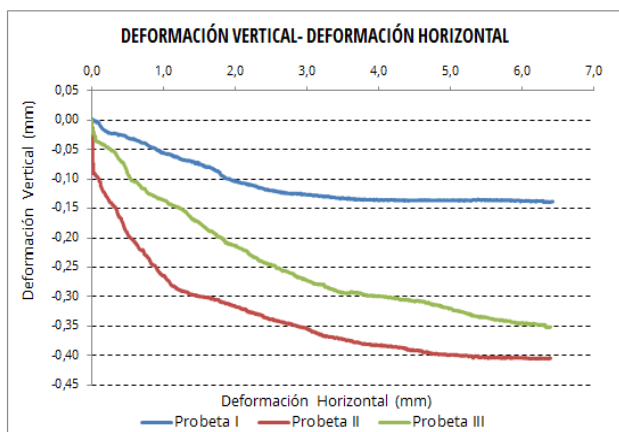
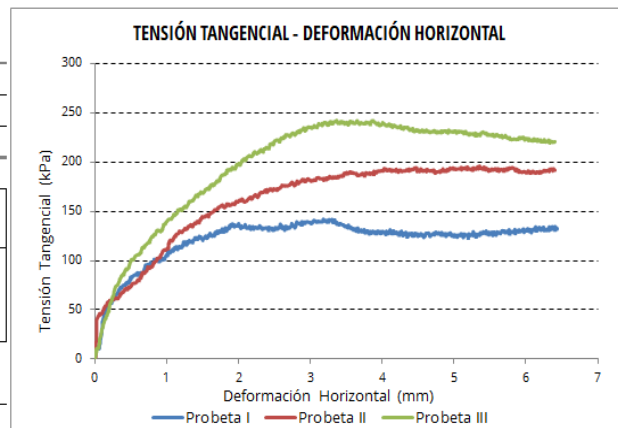
TIPO DE CAJA: **CILINDRICA**

TIPO DE ENSAYO: **CD**

| Nº PROBETA | TENSIÓN TANGENCIAL (kg/cm²) | HUMEDAD INICIAL (%) | HUMEDAD FINAL (%) | DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³) | DENSIDAD SECA (g/cm³) |
|------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 1,45 | 28,0 | 33,9 | 1,77 | 1,38 |
| 2 | 2,00 | 28,0 | 31,5 | 1,81 | 1,41 |
| 3 | 2,47 | 28,0 | 31,2 | 1,71 | 1,34 |

ÁNGULO DE ROZAMIENTO (°) **26,9**

COHESIÓN (kg/cm²) **0,96**



Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/009262/1
Código de muestra: 1201/017/2022/007890(1284710)
Procedencia: S-01 TP 6.00 - 6.40

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO DE UN SUELO EN EDÓMETRO

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |
| ÁREA (cm²): | 19,63 |
| ALTURA (mm): | 20 |
| DIÁMETRO (mm): | 50 |

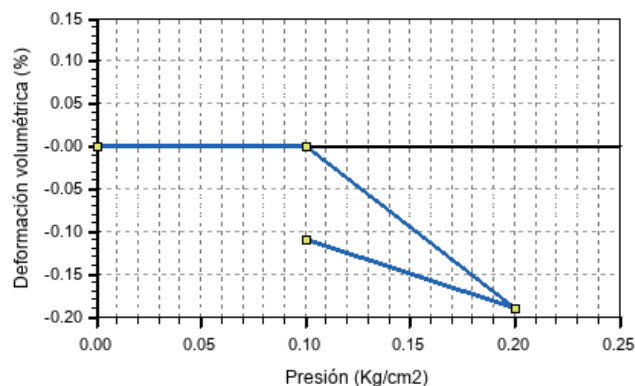
DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|----------------------------------|-------------|
| DENSIDAD HÚMEDA INICIAL (g/cm³): | 1,79 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,42 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 26,4 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 30,8 |

| PRESIÓN (Kg/cm²) | PRESIÓN (kPa) | DEFORMACIÓN (%) |
|------------------|---------------|-----------------|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,10 | 9,81 | 0,00 |
| 0,20 | 19,61 | -0,19 |
| 0,10 | 9,81 | -0,11 |

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO (Kg/cm²) 0,10

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO (kPa) 9,81



Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 27/07/2022

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, o=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.07.27 14:31:00 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, o=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.07.27 14:30:51 +02'00'

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/009263/1
Obra: IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1741751**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2022/007891(1284709)**

FECHA TOMA: **05/07/2022-00:00**

MATERIAL

| | | | |
|----------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| TIPO: | SUELO | MODALIDAD DE MUESTREO: | GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA |
| DESCRIPCIÓN: | S-01 TP 9.20 - 9.60 | MUESTREO POR: | MARIA DEL PRADO MORA AVILES |
| PROCEDENCIA: | S-01 TP 9.20 - 9.60 | LOTE LABORATORIO: | |
| LUGAR DE TOMA: | S-01 | LOTE CLIENTE: | |
| UBICACIÓN: | | | |

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

| | |
|--|---|
| Límites de Atterberg (suelos) | UNE 103103:1994; UNE 103104:1993 |
| Análisis granulométrico (suelos) | UNE 103101:1995 |
| Ensayo de compresión simple (suelos) | UNE 103400:1993 |
| Determinación del contenido de sulfatos solubles (cuantitativo) (suelos) | UNE 103201:2019 |
| Determinación de la acidez Bauman-Gully (suelos) | UNE 83962:2008 |
| Clasificación e índice de grupo (suelos) | ASTM 2487:2000 |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

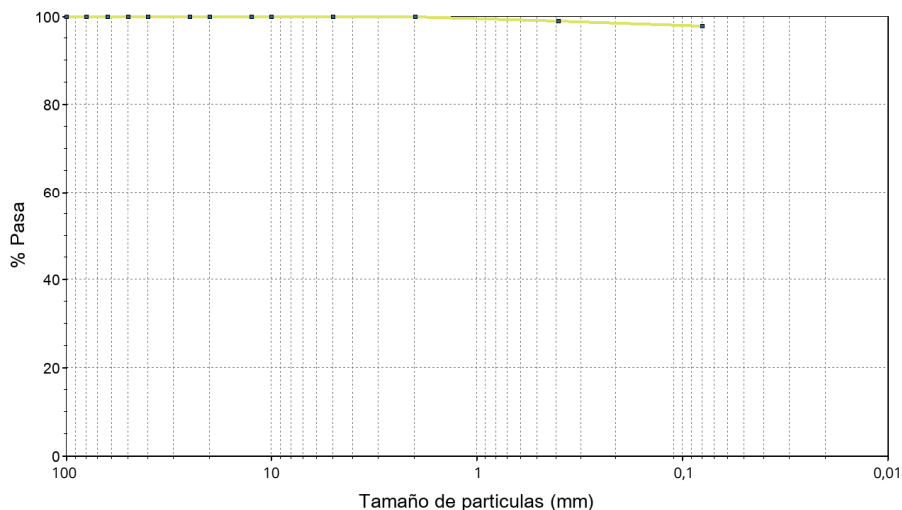
La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente en CEMOSA.

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/009263/1
Código de muestra: 1201/017/2022/007891(1284709)
Procedencia: S-01 TP 9.20 - 9.60

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

| TAMIZ (mm) | % PASA |
|------------|--------|
| 100 | 100,0 |
| 80 | 100,0 |
| 63 | 100,0 |
| 50 | 100,0 |
| 40 | 100,0 |
| 25 | 100,0 |
| 20 | 100,0 |
| 12,5 | 100,0 |
| 10 | 100,0 |
| 5 | 100,0 |
| 2 | 100,0 |
| 0,4 | 98,9 |
| 0,080 | 97,8 |



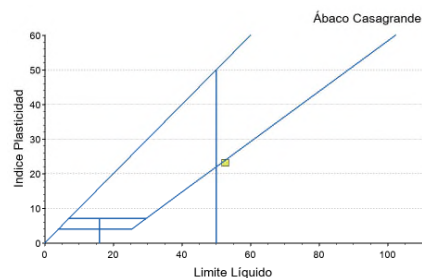
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **52,6** LÍMITE PLÁSTICO: **29,4** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **23,2**

CLASIFICACIÓN

Limo de Alta Plasticidad

| | |
|------------------|--------------|
| U.S.C.S: | MH |
| AASHTO: | A-7-6 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 20 |



ANÁLISIS QUÍMICO

| | | | |
|------------------------------------|-------------|--------------------------------|---|
| SULFATO (% SO ₃): | 0,03 | SALES SOLUBLES (g/100g suelo): | - |
| MATERIA ORGÁNICA (%): | - | YESOS (%): | - |
| CARBONATOS (% CaCO ₃): | - | | |

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/009263/1
Código de muestra: 1201/017/2022/007891(1284709)
Procedencia: S-01 TP 9.20 - 9.60

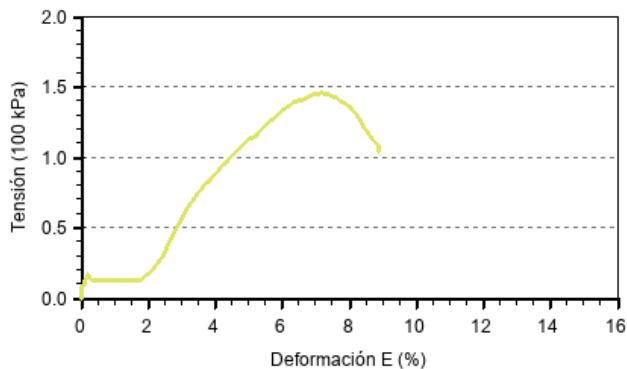
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE

ENSAYO CON MUESTRA INALTERADA

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| DIÁMETRO (cm): | 7,45 |
| ALTURA (cm): | 14,6 |
| HUMEDAD (%): | 30,01 |
| R. COMP. SIMPLE, q_u (kPa): | 145 |
| R. COMP. SIMPLE (kp/cm²): | 1,45 |
| DEFORM. EN ROTURA, ϵ_v (%): | 7,00 |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 1,79 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,38 |

FORMA DE ROTURA



AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL SUELO FRENTE AL HORMIGÓN

| PARÁMETROS | NORMA | RESULTADO | TIPO DE EXPOSICIÓN | | |
|-------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | | Qa - ATAQUE DÉBIL | Qb - ATAQUE MEDIO | Qc - ATAQUE FUERTE |
| ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg): | UNE 83962 | 22,22 | > 200 | NO APLICABLE | NO APLICABLE |
| EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD: | | NO AGRESIVA | | | |

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 27/07/2022

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.07.27 14:30:09 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.07.27 14:30:02 +02'00'

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010411/1
Obra: IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1749326** CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2022/009070(1296767)** FECHA TOMA: **29/06/2022-00:00**

MATERIAL

| | | | |
|----------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| TIPO: | SUELO | MODALIDAD DE MUESTREO: | GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA |
| DESCRIPCIÓN: | C-01 MA 0.00 - 1.90 | MUESTREO POR: | MARIA DEL PRADO MORA AVILES |
| PROCEDENCIA: | C-01 MA 0.00 - 1.90 | LOTE LABORATORIO: | |
| LUGAR DE TOMA: | C-01 | LOTE CLIENTE: | |
| UBICACIÓN: | | | |

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

| | |
|--|---|
| Índice C.B.R. - con compactación Próctor Modificado (sin incluirlo) (suelos) | UNE 103502:1995 |
| Clasificación e índice de grupo (suelos) | ASTM 2487:2000 |
| Análisis granulométrico (suelos) | UNE 103101:1995 |
| Ensayo de colapso (suelos) | NLT 254:1999 |
| Hinchamiento libre en edómetro (suelos) | UNE 103601:1996 |
| Determinación del contenido en sales solubles (suelos) | NLT 114:1999 |
| Contenido materia orgánica (permanganato potásico) (suelos) | UNE 103204:1993; UNE 103204 ERR:1993 |
| Contenido de yesos (suelos) | NLT 115:1999 |
| Límites de Atterberg (suelos) | UNE 103103:1994; UNE 103104:1993 |
| Apisonado por método Próctor Modificado (suelos) | UNE 103501:1994 |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

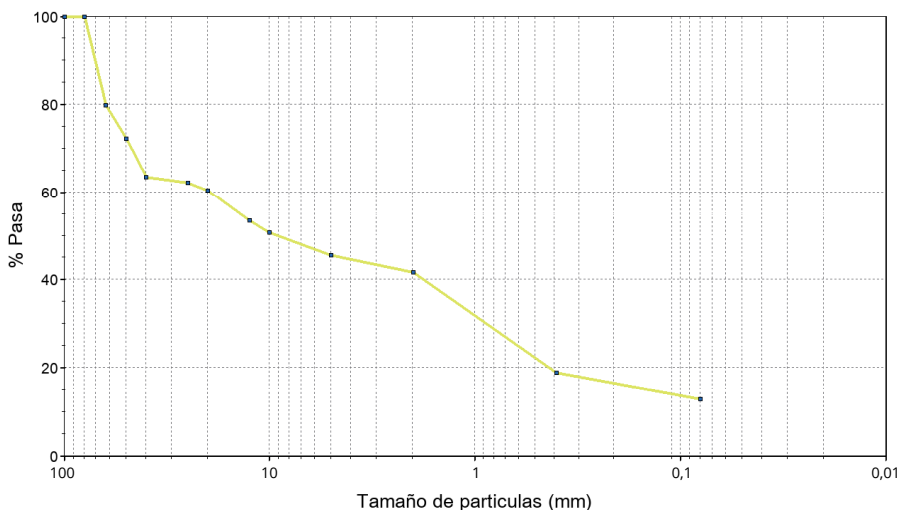
La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente en CEMOSA.

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010411/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009070(1296767)
Procedencia: C-01 MA 0.00 - 1.90

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

| TAMIZ (mm) | % PASA |
|------------|--------|
| 100 | 100,0 |
| 80 | 100,0 |
| 63 | 79,8 |
| 50 | 72,3 |
| 40 | 63,5 |
| 25 | 62,2 |
| 20 | 60,4 |
| 12,5 | 53,5 |
| 10 | 50,8 |
| 5 | 45,6 |
| 2 | 41,7 |
| 0,4 | 18,9 |
| 0,080 | 12,9 |



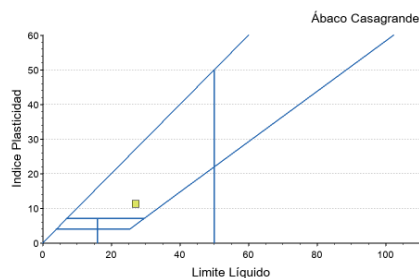
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **27,0** LÍMITE PLÁSTICO: **15,7** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **11,3**

CLASIFICACIÓN

Grava Arcillosa

| | |
|------------------|--------------|
| U.S.C.S: | GC |
| AASHTO: | A-2-6 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 0 |



ANÁLISIS QUÍMICO

| | | | |
|------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| SULFATO (% SO ₃): | - | SALES SOLUBLES (g/100g suelo): | 1,61 |
| MATERIA ORGÁNICA (%): | 0,28 | YESOS (%): | 0,421 |
| CARBONATOS (% CaCO ₃): | - | | |

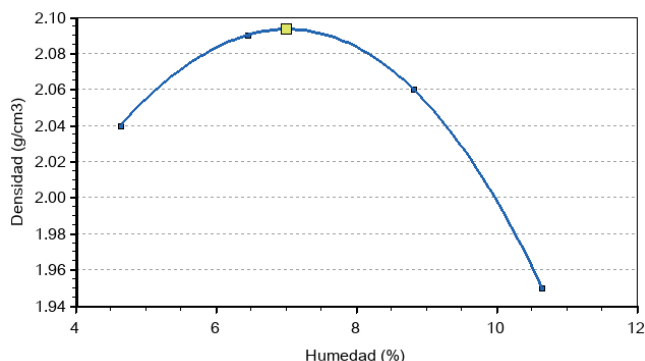
Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010411/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009070(1296767)
Procedencia: C-01 MA 0.00 - 1.90

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

DATOS DEL MOLDE

VOLUMEN DEL MOLDE (cm³): **2320**
MAZA (kg): **4,535**
ALTURA DE CAÍDA (mm): **457**
Nº DE CAPAS: **5**
Nº DE GOLPES POR CAPA: **60**



MATERIAL GRUESO

CANTIDAD (%): -
DENSIDAD (g/cm³): -

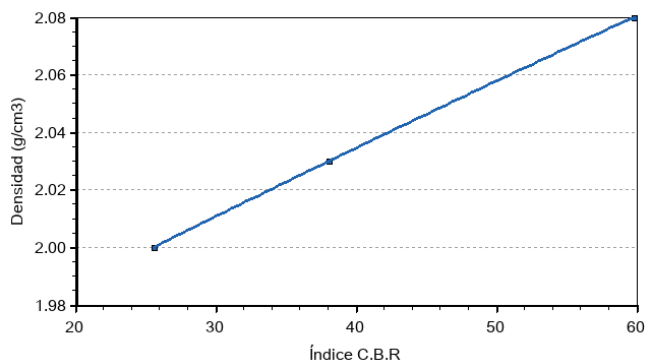
| RESULTADOS | | | |
|------------|----------------|------------------|-------------|
| PUNTO Nº | % AGUA AÑADIDA | DENSIDAD (g/cm³) | HUMEDAD (%) |
| 1 | 2 | 2,04 | 4,6 |
| 2 | 4 | 2,09 | 6,5 |
| 3 | 6 | 2,06 | 8,8 |
| 4 | 8 | 1,95 | 10,7 |

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,09**
HUMEDAD ÓPTIMA (%): **7,0**
DENSIDAD CORREGIDA (g/cm³): **2,09**
HUMEDAD CORREGIDA (%): **7,0**

ÍNDICE C.B.R (PROCTOR MODIFICADO)

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: **SUELO**
TIPO DE MUESTRA: **COMPACTADA**
TIPO PROCTOR: **MODIFICADO**
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,09**
HUMEDAD ÓPTIMA (%): **7,0**



DATOS DEL ENSAYO

SOBRECARGA UTILIZADA (kg): **13,6**
SUSTITUCIÓN DE MATERIAL: **NO**
MATERIAL RETENIDO TAMIZ 20 mm: **39,6**
TIPO DE C.B.R.: **INMERSIÓN + PENETRACIÓN**

DENSIDADES

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,09**
98% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,05**
97% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,03**
95% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **1,99**

C.B.R

64,28
46,64
38,10
21,51

| PUNTO Nº | HUMEDAD ANTES INMERSIÓN (%) | HUMEDAD DESPUÉS INMERSIÓN (%) | ENERGÍA COMPACTACIÓN (%) | HINCHAMIENTO (%) | DENSIDAD (g/cm³) | ÍNDICE C.B.R |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|------------------|--------------|
| 1 | 6,8 | 10,6 | 100 | 0,96 | 2,08 | 59,8 |
| 2 | 7,1 | 10,7 | 50 | 0,98 | 2,03 | 38,1 |
| 3 | 6,9 | 10,8 | 25 | 0,82 | 2,00 | 25,6 |

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010411/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009070(1296767)
Procedencia: C-01 MA 0.00 - 1.90

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

HINCHAMIENTO LIBRE DE UN SUELO EN EDÓMETRO

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| ALTURA (mm): | 20,00 |
| ÁREA (cm²): | 19,63 |
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |

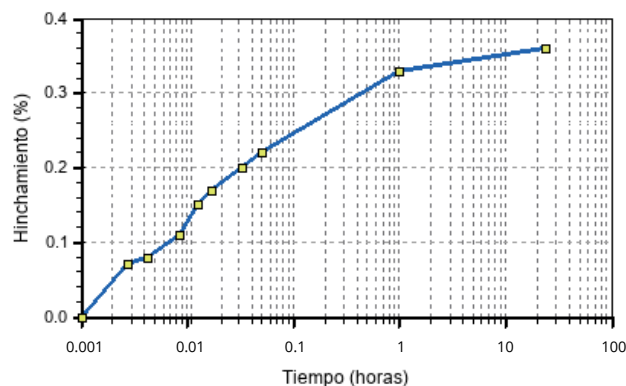
DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------|
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 2,16 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,98 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 8,9 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 11,7 |

PRESIÓN VERTICAL (kPa): **10**

| TIEMPO | LECTURA (mm) | HINCHAMIENTO (%) |
|--------|--------------|------------------|
| 0 S | 4,95 | 0,00 |
| 10 S | 4,97 | 0,07 |
| 15 S | 4,97 | 0,08 |
| 30 S | 4,98 | 0,11 |
| 45 S | 4,98 | 0,15 |
| 1 MI | 4,99 | 0,17 |
| 2 MI | 4,99 | 0,20 |
| 3 MI | 5,00 | 0,22 |
| 1 HR | 5,02 | 0,33 |
| 24 HR | 5,03 | 0,36 |

HINCHAMIENTO LIBRE (%): **0,4**



COLAPSO EN SUELOS

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| ALTURA (mm): | 20,00 |
| AREA (cm²): | 19,63 |
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |

DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------------|
| TIPO DE PROBETA: | Remoldeada |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 2,16 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,98 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 9,05 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 11,61 |

ÍNDICE DE COLAPSO (I) (%): **0,03** POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (Ic) (%): **0,03**

| PRESIÓN VERTICAL: | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| PRESIÓN (kg/cm²) | LECTURA (µm) | ASIENTO (mm) |
| PROCESO DE CARGA SIN INUNDAR | | |
| 0,05 | 5.000 | 0,00 |
| 0,10 | 4.955 | 0,18 |
| 0,20 | 4.920 | 0,32 |
| 0,50 | 4.870 | 0,52 |
| 1,00 | 4.773 | 0,91 |
| 2,00 | 4.644 | 1,42 |
| CARGA INUNDADA EN EQUILIBRIO | | |
| 2,00 | 4.638 | 1,45 |

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 19/08/2022

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.08.19 14:31:39 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.08.19 14:31:29 +02'00'

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010412/1
Obra: IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1749329** CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2022/009071(1296769)** FECHA TOMA: **29/07/2022-00:00**

MATERIAL

| | | | |
|----------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| TIPO: | SUELO | MODALIDAD DE MUESTREO: | GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA |
| DESCRIPCIÓN: | C-02 MA 2.40 - 2.90 | MUESTREO POR: | MARIA DEL PRADO MORA AVILES |
| PROCEDENCIA: | C-02 MA 2.40 - 2.90 | LOTE LABORATORIO: | |
| LUGAR DE TOMA: | C-02 | LOTE CLIENTE: | |
| UBICACIÓN: | | | |

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

| | |
|--|---|
| Índice C.B.R. - con compactación Próctor Modificado (sin incluirlo) (suelos) | UNE 103502:1995 |
| Clasificación e índice de grupo (suelos) | ASTM 2487:2000 |
| Análisis granulométrico (suelos) | UNE 103101:1995 |
| Ensayo de colapso (suelos) | NLT 254:1999 |
| Hinchamiento libre en edómetro (suelos) | UNE 103601:1996 |
| Determinación del contenido en sales solubles (suelos) | NLT 114:1999 |
| Contenido materia orgánica (permanganato potásico) (suelos) | UNE 103204:1993; UNE 103204 ERR:1993 |
| Contenido de yesos (suelos) | NLT 115:1999 |
| Límites de Atterberg (suelos) | UNE 103103:1994; UNE 103104:1993 |
| Apisonado por método Próctor Modificado (suelos) | UNE 103501:1994 |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

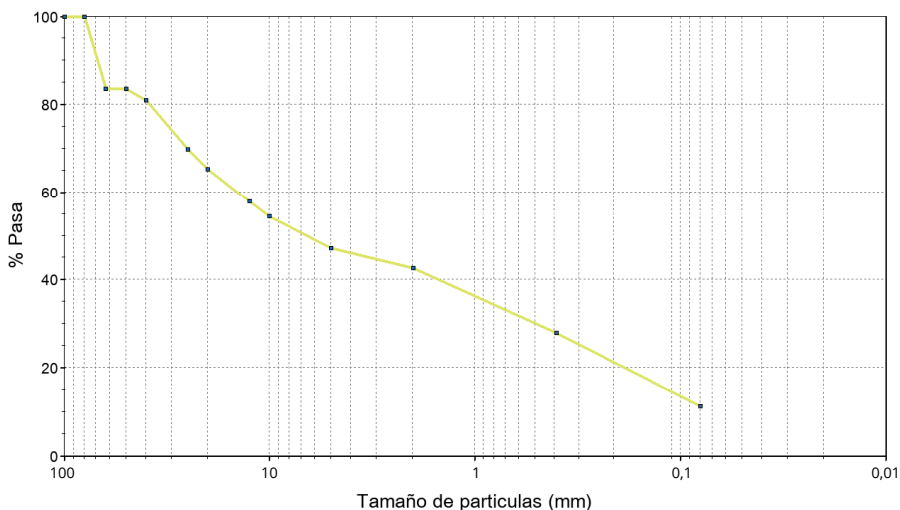
La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente en CEMOSA.

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010412/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009071(1296769)
Procedencia: C-02 MA 2.40 - 2.90

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

| TAMIZ (mm) | % PASA |
|------------|--------|
| 100 | 100,0 |
| 80 | 100,0 |
| 63 | 83,5 |
| 50 | 83,5 |
| 40 | 81,0 |
| 25 | 69,8 |
| 20 | 65,3 |
| 12,5 | 57,9 |
| 10 | 54,5 |
| 5 | 47,1 |
| 2 | 42,6 |
| 0,4 | 27,9 |
| 0,080 | 11,3 |



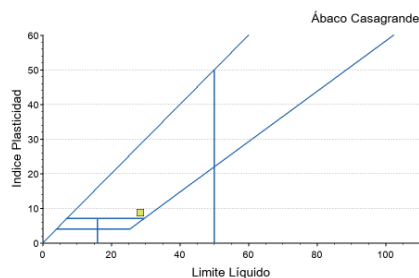
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **28,4** LÍMITE PLÁSTICO: **19,7** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **8,7**

CLASIFICACIÓN

Grava Arcillosa Mal Graduada

| | |
|------------------|--------------|
| U.S.C.S.: | GP-GC |
| AASHTO: | A-2-4 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 0 |



ANÁLISIS QUÍMICO

| | | | |
|------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| SULFATO (% SO ₃): | - | SALES SOLUBLES (g/100g suelo): | 1,67 |
| MATERIA ORGÁNICA (%): | 0,17 | YESOS (%): | 0,436 |
| CARBONATOS (% CaCO ₃): | - | | |

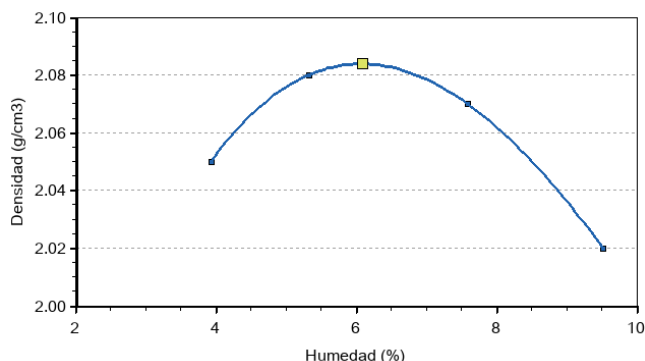
Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010412/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009071(1296769)
Procedencia: C-02 MA 2.40 - 2.90

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

DATOS DEL MOLDE

VOLUMEN DEL MOLDE (cm³): **2320**
MAZA (kg): **4,535**
ALTURA DE CAÍDA (mm): **457**
Nº DE CAPAS: **5**
Nº DE GOLPES POR CAPA: **60**



MATERIAL GRUESO

CANTIDAD (%): -
DENSIDAD (g/cm³): -

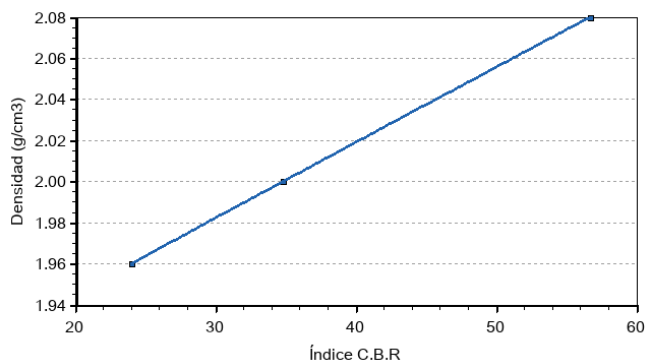
| RESULTADOS | | | |
|------------|----------------|------------------|-------------|
| PUNTO Nº | % AGUA AÑADIDA | DENSIDAD (g/cm³) | HUMEDAD (%) |
| 1 | 2 | 2,05 | 3,9 |
| 2 | 4 | 2,08 | 5,3 |
| 3 | 6 | 2,07 | 7,6 |
| 4 | 8 | 2,02 | 9,5 |

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,08**
HUMEDAD ÓPTIMA (%): **6,1**
DENSIDAD CORREGIDA (g/cm³): **2,08**
HUMEDAD CORREGIDA (%): **6,1**

ÍNDICE C.B.R (PROCTOR MODIFICADO)

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: **SUELO**
TIPO DE MUESTRA: **COMPACTADA**
TIPO PROCTOR: **MODIFICADO**
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,08**
HUMEDAD ÓPTIMA (%): **6,1**



DATOS DEL ENSAYO

SOBRECARGA UTILIZADA (kg): **13,6**
SUSTITUCIÓN DE MATERIAL: **NO**
MATERIAL RETENIDO TAMIZ 20 mm: **34,7**
TIPO DE C.B.R.: **INMERSIÓN + PENETRACIÓN**

DENSIDADES

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,08**
98% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,04**
97% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,02**
95% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **1,98**

C.B.R

56,70
45,70
40,24
29,39

| PUNTO Nº | HUMEDAD ANTES INMERSIÓN (%) | HUMEDAD DESPUÉS INMERSIÓN (%) | ENERGÍA COMPACTACIÓN (%) | HINCHAMIENTO (%) | DENSIDAD (g/cm³) | ÍNDICE C.B.R |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|------------------|--------------|
| 1 | 6,0 | 10,1 | 100 | 1,27 | 2,08 | 56,7 |
| 2 | 6,0 | 5,9 | 50 | 1,18 | 2,00 | 34,8 |
| 3 | 6,2 | 10,2 | 25 | 1,22 | 1,96 | 24,0 |

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010412/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009071(1296769)
Procedencia: C-02 MA 2.40 - 2.90

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

HINCHAMIENTO LIBRE DE UN SUELO EN EDÓMETRO

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| ALTURA (mm): | 20,00 |
| ÁREA (cm²): | 19,63 |
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |

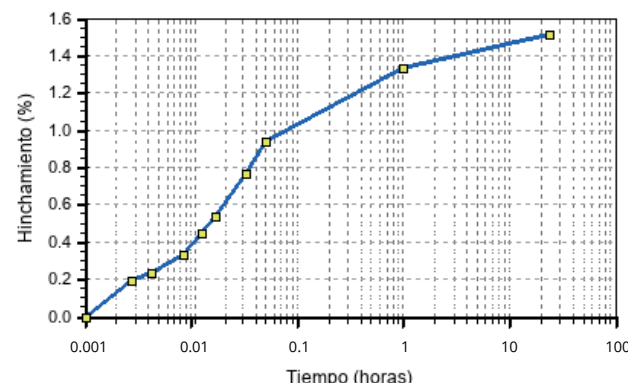
DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------|
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 2,14 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,98 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 8,3 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 13,1 |

PRESIÓN VERTICAL (kPa): **10**

| TIEMPO | LECTURA (mm) | HINCHAMIENTO (%) |
|--------|--------------|------------------|
| 0 S | 4,98 | 0,00 |
| 10 S | 5,02 | 0,19 |
| 15 S | 5,02 | 0,23 |
| 30 S | 5,04 | 0,33 |
| 45 S | 5,07 | 0,45 |
| 1 MI | 5,09 | 0,54 |
| 2 MI | 5,13 | 0,77 |
| 3 MI | 5,17 | 0,94 |
| 1 HR | 5,24 | 1,33 |
| 24 HR | 5,28 | 1,51 |

HINCHAMIENTO LIBRE (%): **1,5**



COLAPSO EN SUELOS

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| ALTURA (mm): | 20,00 |
| AREA (cm²): | 19,63 |
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |

DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------------|
| TIPO DE PROBETA: | Remoldeada |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 2,14 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,98 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 7,93 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 13,92 |

ÍNDICE DE COLAPSO (I) (%): **0,04** POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (Ic) (%): **0,04**

| PRESIÓN VERTICAL: | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| PRESIÓN (kg/cm²) | LECTURA (µm) | ASIENTO (mm) |
| PROCESO DE CARGA SIN INUNDAR | | |
| 0,05 | 5.000 | 0,00 |
| 0,10 | 4.957 | 0,17 |
| 0,20 | 4.920 | 0,32 |
| 0,50 | 4.864 | 0,54 |
| 1,00 | 4.797 | 0,81 |
| 2,00 | 4.701 | 1,20 |
| CARGA INUNDADA EN EQUILIBRIO | | |
| 2,00 | 4.708 | 1,17 |

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 19/08/2022

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.08.19 14:32:24 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.08.19 14:32:16 +02'00'

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010413/1
Obra: IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1749330**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2022/009072(1296770)**

FECHA TOMA: **29/07/2022-00:00**

MATERIAL

| | | | |
|----------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| TIPO: | SUELO | MODALIDAD DE MUESTREO: | GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA |
| DESCRIPCIÓN: | C-03 MA 2.40 - 2.70 | MUESTREO POR: | MARIA DEL PRADO MORA AVILES |
| PROCEDENCIA: | C-03 MA 2.40 - 2.70 | LOTE LABORATORIO: | |
| LUGAR DE TOMA: | C-03 | LOTE CLIENTE: | |
| UBICACIÓN: | | | |

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

| | |
|--|---|
| Índice C.B.R. - con compactación Próctor Modificado (sin incluirlo) (suelos) | UNE 103502:1995 |
| Clasificación e índice de grupo (suelos) | ASTM 2487:2000 |
| Análisis granulométrico (suelos) | UNE 103101:1995 |
| Ensayo de colapso (suelos) | NLT 254:1999 |
| Hinchamiento libre en edómetro (suelos) | UNE 103601:1996 |
| Determinación del contenido en sales solubles (suelos) | NLT 114:1999 |
| Contenido materia orgánica (permanganato potásico) (suelos) | UNE 103204:1993; UNE 103204 ERR:1993 |
| Contenido de yesos (suelos) | NLT 115:1999 |
| Límites de Atterberg (suelos) | UNE 103103:1994; UNE 103104:1993 |
| Apisonado por método Próctor Modificado (suelos) | UNE 103501:1994 |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

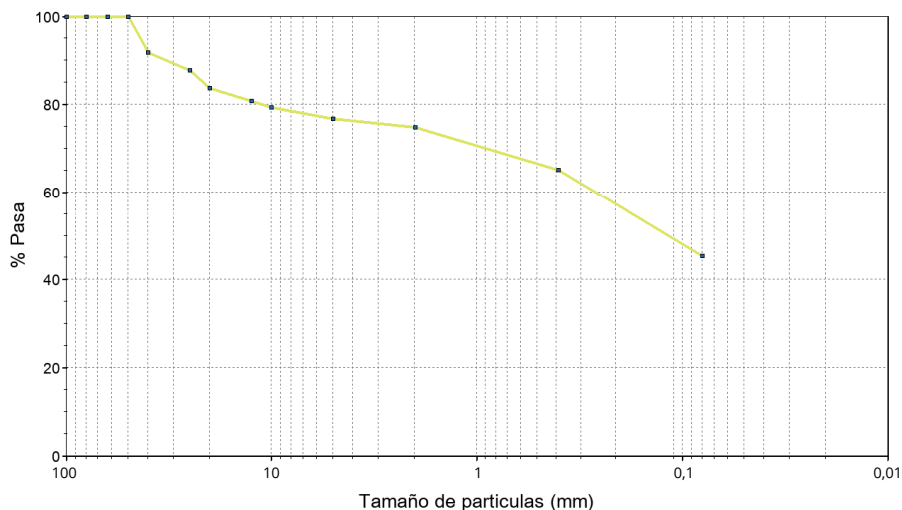
La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente en CEMOSA.

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010413/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009072(1296770)
Procedencia: C-03 MA 2.40 - 2.70

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

| TAMIZ (mm) | % PASA |
|------------|--------|
| 100 | 100,0 |
| 80 | 100,0 |
| 63 | 100,0 |
| 50 | 100,0 |
| 40 | 91,8 |
| 25 | 87,8 |
| 20 | 83,8 |
| 12,5 | 80,8 |
| 10 | 79,4 |
| 5 | 76,8 |
| 2 | 74,8 |
| 0,4 | 65,2 |
| 0,080 | 45,4 |



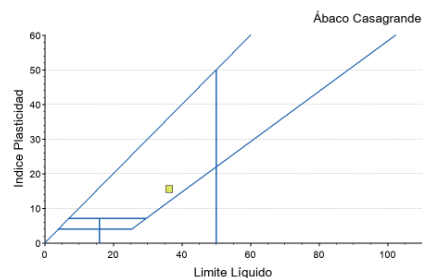
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **36,3** LÍMITE PLÁSTICO: **20,8** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **15,5**

CLASIFICACIÓN

Arena Arcillosa

| | |
|------------------|------------|
| U.S.C.S.: | SC |
| AASHTO: | A-6 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 4 |



ANÁLISIS QUÍMICO

| | | | |
|------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| SULFATO (% SO ₃): | - | SALES SOLUBLES (g/100g suelo): | 2,70 |
| MATERIA ORGÁNICA (%): | 0,10 | YESOS (%): | 2,082 |
| CARBONATOS (% CaCO ₃): | - | | |

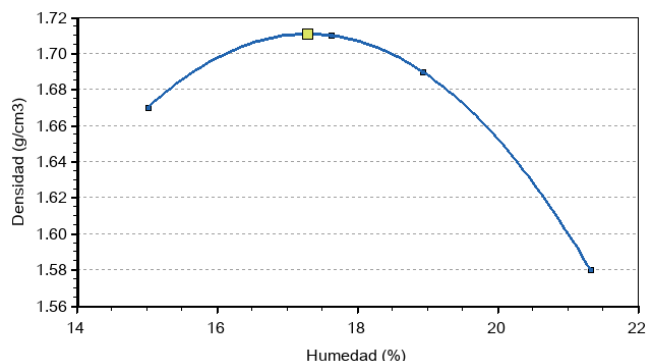
Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010413/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009072(1296770)
Procedencia: C-03 MA 2.40 - 2.70

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

DATOS DEL MOLDE

| | |
|--------------------------|--------------|
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm³): | 2320 |
| MAZA (kg): | 4,535 |
| ALTURA DE CAÍDA (mm): | 457 |
| Nº DE CAPAS: | 5 |
| Nº DE GOLPES POR CAPA: | 60 |



MATERIAL GRUESO

| | |
|-------------------|---|
| CANTIDAD (%): | - |
| DENSIDAD (g/cm³): | - |

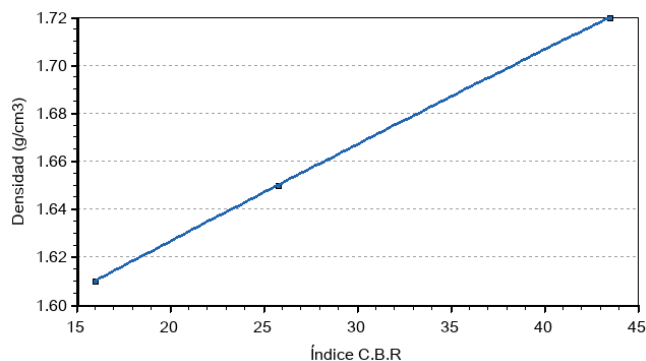
| RESULTADOS | | | |
|------------|----------------|------------------|-------------|
| PUNTO Nº | % AGUA AÑADIDA | DENSIDAD (g/cm³) | HUMEDAD (%) |
| 1 | 2 | 1,67 | 15,0 |
| 2 | 4 | 1,71 | 17,6 |
| 3 | 6 | 1,69 | 18,9 |
| 4 | 8 | 1,58 | 21,3 |

| | |
|-----------------------------|-------------|
| DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): | 1,71 |
| HUMEDAD ÓPTIMA (%): | 17,3 |
| DENSIDAD CORREGIDA (g/cm³): | 1,71 |
| HUMEDAD CORREGIDA (%): | 17,3 |

ÍNDICE C.B.R (PROCTOR MODIFICADO)

DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------------|
| MATERIAL: | SUELO |
| TIPO DE MUESTRA: | COMPACTADA |
| TIPO PROCTOR: | MODIFICADO |
| DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): | 1,71 |
| HUMEDAD ÓPTIMA (%): | 17,3 |



DATOS DEL ENSAYO

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| SOBRECARGA UTILIZADA (kg): | 13,6 |
| SUSTITUCIÓN DE MATERIAL: | NO |
| MATERIAL RETENIDO TAMIZ 20 mm: | 16,2 |
| TIPO DE C.B.R: | INMERSIÓN + PENETRACIÓN |

| DENSIDADES | C.B.R |
|------------------------------|--------------|
| DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): | 40,93 |
| 98% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): | 33,30 |
| 97% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): | 28,28 |
| 95% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): | 18,43 |

| PUNTO Nº | HUMEDAD ANTES INMERSIÓN (%) | HUMEDAD DESPUÉS INMERSIÓN (%) | ENERGÍA COMPACTACIÓN (%) | HINCHAMIENTO (%) | DENSIDAD (g/cm³) | ÍNDICE C.B.R |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|------------------|--------------|
| 1 | 17,2 | 21,6 | 100 | 0,99 | 1,72 | 43,5 |
| 2 | 17,5 | 22,0 | 50 | 0,82 | 1,65 | 25,8 |
| 3 | 17,3 | 21,7 | 25 | 0,90 | 1,61 | 16,0 |

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010413/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009072(1296770)
Procedencia: C-03 MA 2.40 - 2.70

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

HINCHAMIENTO LIBRE DE UN SUELO EN EDÓMETRO

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| ALTURA (mm): | 20,00 |
| ÁREA (cm²): | 19,63 |
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |

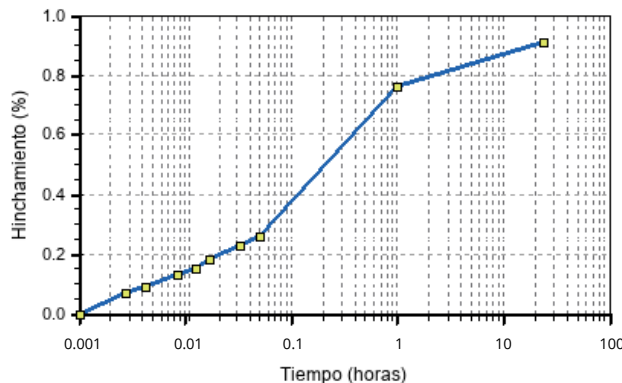
DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------|
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 1,93 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,62 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 19,3 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 24,1 |

PRESIÓN VERTICAL (kPa): **10**

| TIEMPO | LECTURA (mm) | HINCHAMIENTO (%) |
|--------|--------------|------------------|
| 0 S | 4,97 | 0,00 |
| 10 S | 4,98 | 0,07 |
| 15 S | 4,99 | 0,09 |
| 30 S | 4,99 | 0,13 |
| 45 S | 5,00 | 0,15 |
| 1 MI | 5,00 | 0,18 |
| 2 MI | 5,01 | 0,23 |
| 3 MI | 5,02 | 0,26 |
| 1 HR | 5,12 | 0,76 |
| 24 HR | 5,15 | 0,91 |

HINCHAMIENTO LIBRE (%): **0,9**



COLAPSO EN SUELOS

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| ALTURA (mm): | 20,00 |
| AREA (cm²): | 19,63 |
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |

DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------------|
| TIPO DE PROBETA: | Remoldeada |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 1,92 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,61 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 19,39 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 23,80 |

ÍNDICE DE COLAPSO (I) (%): **0,08** POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (Ic) (%): **0,07**

| PRESIÓN VERTICAL: | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| PRESIÓN (kg/cm²) | LECTURA (µm) | ASIENTO (mm) |
| PROCESO DE CARGA SIN INUNDAR | | |
| 0,05 | 5.000 | 0,00 |
| 0,10 | 4.951 | 0,20 |
| 0,20 | 4.920 | 0,32 |
| 0,50 | 4.863 | 0,55 |
| 1,00 | 4.779 | 0,88 |
| 2,00 | 4.690 | 1,24 |
| CARGA INUNDADA EN EQUILIBRIO | | |
| 2,00 | 4.705 | 1,18 |

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 19/08/2022

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.08.19 14:33:02 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.08.19 14:32:55 +02'00'

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010414/1
Obra: IES FRANCISCA DE PEDRAZA EN LA GARENA. ALCALÁ DE HENARES
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1749331**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2022/009073(1296772)**

FECHA TOMA: **29/07/2022-00:00**

MATERIAL

| | | | |
|----------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| TIPO: | SUELO | MODALIDAD DE MUESTREO: | GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA |
| DESCRIPCIÓN: | C-04 MA 0.60 - 2.00 | MUESTREO POR: | MARIA DEL PRADO MORA AVILES |
| PROCEDENCIA: | C-04 MA 0.60 - 2.00 | LOTE LABORATORIO: | |
| LUGAR DE TOMA: | C-04 | LOTE CLIENTE: | |
| UBICACIÓN: | | | |

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

| | |
|--|---|
| Índice C.B.R. - con compactación Próctor Modificado (sin incluirlo) (suelos) | UNE 103502:1995 |
| Clasificación e índice de grupo (suelos) | ASTM 2487:2000 |
| Análisis granulométrico (suelos) | UNE 103101:1995 |
| Ensayo de colapso (suelos) | NLT 254:1999 |
| Hinchamiento libre en edómetro (suelos) | UNE 103601:1996 |
| Determinación del contenido en sales solubles (suelos) | NLT 114:1999 |
| Contenido materia orgánica (permanganato potásico) (suelos) | UNE 103204:1993; UNE 103204 ERR:1993 |
| Contenido de yesos (suelos) | NLT 115:1999 |
| Límites de Atterberg (suelos) | UNE 103103:1994; UNE 103104:1993 |
| Apisonado por método Próctor Modificado (suelos) | UNE 103501:1994 |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

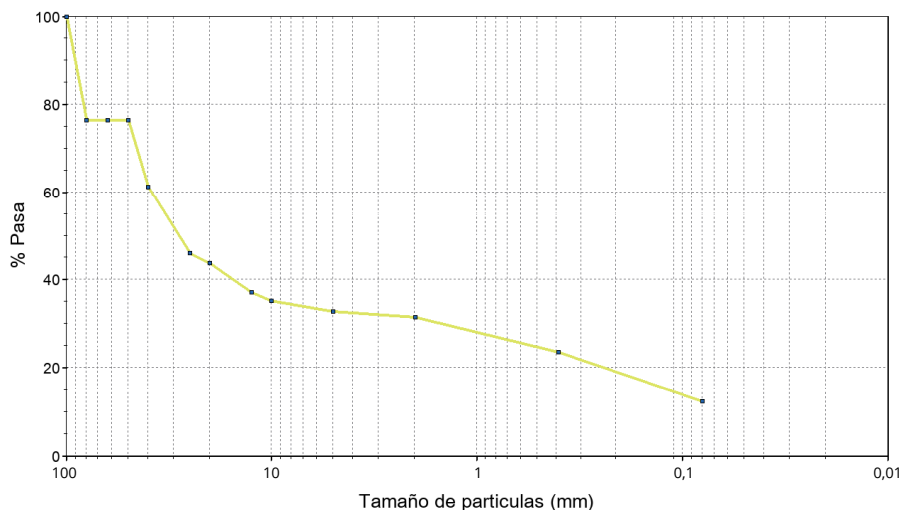
La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente en CEMOSA.

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010414/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009073(1296772)
Procedencia: C-04 MA 0.60 - 2.00

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

| TAMIZ (mm) | % PASA |
|------------|--------|
| 100 | 100,0 |
| 80 | 76,4 |
| 63 | 76,4 |
| 50 | 76,4 |
| 40 | 61,3 |
| 25 | 46,0 |
| 20 | 43,7 |
| 12,5 | 37,1 |
| 10 | 35,2 |
| 5 | 32,8 |
| 2 | 31,4 |
| 0,4 | 23,6 |
| 0,080 | 12,4 |



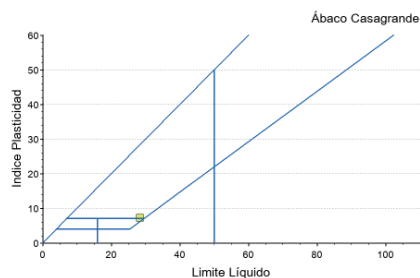
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **28,3** LÍMITE PLÁSTICO: **21,0** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **7,3**

CLASIFICACIÓN

Grava Arcillosa

| | |
|------------------|--------------|
| U.S.C.S: | GC |
| AASHTO: | A-2-4 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 0 |



ANÁLISIS QUÍMICO

| | | | |
|------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| SULFATO (% SO ₃): | - | SALES SOLUBLES (g/100g suelo): | 1,67 |
| MATERIA ORGÁNICA (%): | 0,31 | YESOS (%): | 0,997 |
| CARBONATOS (% CaCO ₃): | - | | |

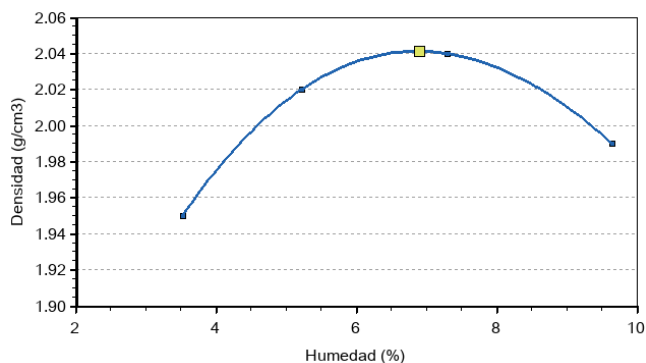
Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010414/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009073(1296772)
Procedencia: C-04 MA 0.60 - 2.00

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

DATOS DEL MOLDE

VOLUMEN DEL MOLDE (cm³): **2320**
MAZA (kg): **4,535**
ALTURA DE CAÍDA (mm): **457**
Nº DE CAPAS: **5**
Nº DE GOLPES POR CAPA: **60**



MATERIAL GRUESO

CANTIDAD (%): -
DENSIDAD (g/cm³): -

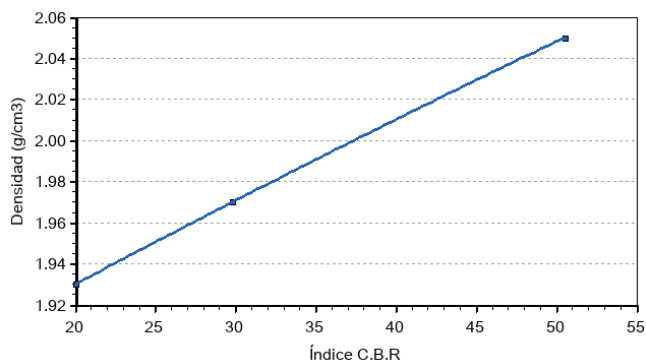
| RESULTADOS | | | |
|------------|----------------|------------------|-------------|
| PUNTO Nº | % AGUA AÑADIDA | DENSIDAD (g/cm³) | HUMEDAD (%) |
| 1 | 2 | 1,95 | 3,5 |
| 2 | 4 | 2,02 | 5,2 |
| 3 | 6 | 2,04 | 7,3 |
| 4 | 8 | 1,99 | 9,7 |

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,04**
HUMEDAD ÓPTIMA (%): **6,9**
DENSIDAD CORREGIDA (g/cm³): **2,04**
HUMEDAD CORREGIDA (%): **6,9**

ÍNDICE C.B.R (PROCTOR MODIFICADO)

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: **SUELO**
TIPO DE MUESTRA: **COMPACTADA**
TIPO PROCTOR: **MODIFICADO**
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,04**
HUMEDAD ÓPTIMA (%): **6,9**



DATOS DEL ENSAYO

SOBRECARGA UTILIZADA (kg): **13,6**
SUSTITUCIÓN DE MATERIAL: **NO**
MATERIAL RETENIDO TAMIZ 20 mm: **56,3**
TIPO DE C.B.R: **INMERSIÓN + PENETRACIÓN**

DENSIDADES

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,04**
98% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **2,00**
97% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **1,98**
95% DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³): **1,94**

C.B.R

47,82
37,38
32,30
22,42

| PUNTO Nº | HUMEDAD ANTES INMERSIÓN (%) | HUMEDAD DESPUÉS INMERSIÓN (%) | ENERGÍA COMPACTACIÓN (%) | HINCHAMIENTO (%) | DENSIDAD (g/cm³) | ÍNDICE C.B.R |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|------------------|--------------|
| 1 | 6,9 | 10,2 | 100 | 0,66 | 2,05 | 50,5 |
| 2 | 7,0 | 10,3 | 50 | 0,62 | 1,97 | 29,8 |
| 3 | 6,7 | 10,0 | 25 | 0,55 | 1,93 | 20,0 |

Expediente: **O/2005036/26/01**
Nº acta: 017-22/010414/1
Código de muestra: 1201/017/2022/009073(1296772)
Procedencia: C-04 MA 0.60 - 2.00

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

HINCHAMIENTO LIBRE DE UN SUELO EN EDÓMETRO

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| ALTURA (mm): | 20,00 |
| ÁREA (cm²): | 19,63 |
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |

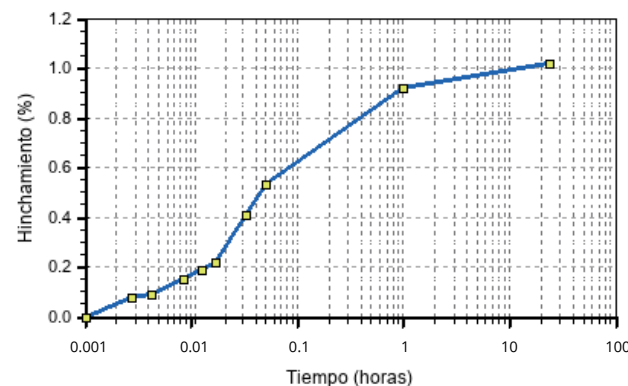
DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------|
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 2,10 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,93 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 8,8 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 13,4 |

PRESIÓN VERTICAL (kPa): **10**

| TIEMPO | LECTURA (mm) | HINCHAMIENTO (%) |
|--------|--------------|------------------|
| 0 S | 4,99 | 0,00 |
| 10 S | 5,00 | 0,08 |
| 15 S | 5,00 | 0,09 |
| 30 S | 5,02 | 0,15 |
| 45 S | 5,02 | 0,19 |
| 1 MI | 5,03 | 0,22 |
| 2 MI | 5,07 | 0,41 |
| 3 MI | 5,09 | 0,53 |
| 1 HR | 5,17 | 0,92 |
| 24 HR | 5,19 | 1,02 |

HINCHAMIENTO LIBRE (%): **1,0**



COLAPSO EN SUELOS

DATOS DE LA CÉLULA

| | |
|----------------|--------------|
| ALTURA (mm): | 20,00 |
| AREA (cm²): | 19,63 |
| VOLUMEN (cm³): | 39,26 |

DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------|-------------------|
| TIPO DE PROBETA: | Remoldeada |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³): | 2,10 |
| DENSIDAD SECA (g/cm³): | 1,93 |
| HUMEDAD INICIAL (%): | 8,84 |
| HUMEDAD FINAL (%): | 15,13 |

ÍNDICE DE COLAPSO (I) (%): **0,01** POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (Ic) (%): **0,01**

| PRESIÓN VERTICAL: | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| PRESIÓN (kg/cm²) | LECTURA (µm) | ASIENTO (mm) |
| PROCESO DE CARGA SIN INUNDA | | |
| 0,05 | 5.000 | 0,00 |
| 0,10 | 4.972 | 0,11 |
| 0,20 | 4.952 | 0,19 |
| 0,50 | 4.914 | 0,34 |
| 1,00 | 4.857 | 0,57 |
| 2,00 | 4.794 | 0,82 |
| CARGA INUNDADA EN EQUILIBRIO | | |
| 2,00 | 4.791 | 0,84 |

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 19/08/2022

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.08.19 14:34:36 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2022.08.19 14:34:28 +02'00'



ANEJO 6. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Peticionario COMUNIDAD DE MADRID
Trabajo INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA
Expediente O/2005036/26

CÁLCULO DE LA PRESIÓN VERTICAL DE HUNDIMIENTO

EXPRESION ANALITICA BASICA

$$q_h = c_K N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0K} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B \cdot \gamma_K N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

SITUACION DE DIMENSIONADO

Situación de dimensionado

Transitoria a corto plazo (sin drenaje)

Forma de la cimentación

Rectangular

Ancho equivalente B* (m)

1,00 1,50 2,00 2,50 3,00

¿Existe flujo ascendente?

No $i_v = 0,4$
 Gradiente vertical medio en 1,5B bajo la base de la cimentación

Inclinación del terreno situado junto a la cimentación

$\beta = 0$
 Si $\beta > 4/2$ se recomienda llevar a cabo un estudio específico de estabilidad global

¿Talud en situación transitoria y sin drenaje?

No
 En situaciones transitorias y sin drenaje, puede calcularse la presión de hundimiento como en terreno horizontal y después reducirla en $2\beta c_u$
 $2\beta c_u =$ KPa

Factor de seguridad

Situación transitoria
 $\gamma_R = 3$

PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL TERRENO

Resistencia al corte

$\phi_K = 0$ c_K y ϕ_K representativos de una profundidad entre B y 1.5-B, a contar desde la base de la cimentación
 $c_K = 150,0$ KPa

En situaciones sin drenaje, $z c_u$ aumenta linealmente con la profundidad?

No

| z m | c_u kPa |
|--------|--------------|
| 10,0 | 50 |
| 10,0 | 150 |

Peso específico por debajo de la base de cimentación

$\gamma = 18,0$ KN/m³ En cálculo a corto plazo considerar peso específico aparente
 $\gamma_{ap} = 18,0$ KN/m³

| B* m | c_K kPa | γ_K kN/m ³ |
|---------|--------------|---------------------------------|
| 1,0 | 150,0 | 18,0 |
| 1,5 | 150,0 | 18,0 |
| 2,0 | 150,0 | 18,0 |
| 2,5 | 150,0 | 18,0 |
| 3,0 | 150,0 | 18,0 |

Sobrecarga al nivel de la base de la cimentación

¿Tener en cuenta? Si $\gamma_{ap}(\text{sup}) = 18,0$ KN/m³
 $H = 0,40$ m
 $q_{0K} = 7,2$ KPa

Para contar con el término de sobrecarga q_{0K} se debe asegurar durante la vida útil de la obra que no se realicen excavaciones junto a las cimentaciones que pudieran dar lugar a una reducción, o incluso anulación, de la misma.

Resistencia al corte del terreno situado sobre la base de la cimentación

¿Tener en cuenta? No

No se debe tener en cuenta en los siguientes casos:

- Cimentaciones someras en arcillas muy plásticas que en épocas secas puedan desarrollar grietas por retracción.
- Profundidades de cimentación D inferiores a 2m.
- Cimentaciones cercanas a taludes
- Cuando no se pueda garantizar la permanencia en el tiempo del terreno situado por encima de la base de cimentación

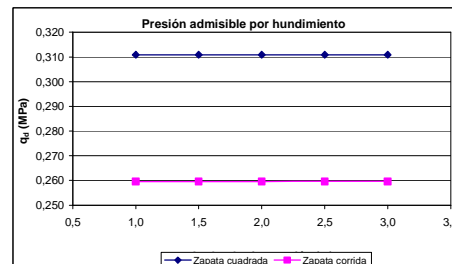
FACTORES CORRECTORES O DE INFLUENCIA

| B* (m) | Zapata cuadrada (L*=B*) | | | | | Zapata corrida (L*>>B*) | | | | |
|--|-------------------------|------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|------|
| | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 3,00 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 3,00 |
| Influencia de la resistencia al corte del terreno situado sobre la base de la cimentación | | | | | | | | | | |
| $d_c =$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| $d_q =$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| $d_\gamma =$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Influencia de la forma de la cimentación | | | | | | | | | | |
| $s_c =$ | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| $s_q =$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| $s_\gamma =$ | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| Factores de capacidad de carga | | Influencia de la proximidad de un talud a la cimentación | | Influencia de la inclinación de la resultante de acciones sobre la cimentación (A considerar en fase de proyecto) | |
|--------------------------------|------|--|------|---|---|
| $N_c =$ | 5,14 | $i_c =$ | 1,00 | $i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$; para $\phi_K = 0 : i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{B \cdot L \cdot c_K}} \right)$ | $i_q = (1 - 0,7 \cdot \tan \delta_B)^3 \cdot (1 - \tan \delta_L)$ |
| $N_q =$ | 1,00 | $t_c =$ | 1,00 | $i_\gamma = (1 - \tan \delta_B)^3 \cdot (1 - \tan \delta_L)$ | |
| $N_\gamma =$ | | $t_q =$ | 1,00 | | |

PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE POR HUNDIMIENTO

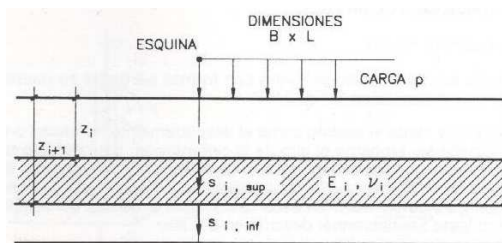
| Ancho de cimentación m | Zapata cuadrada | Zapata corrida |
|---------------------------|-----------------|----------------|
| | q_d MPa | q_d MPa |
| 1,0 | 0,311 | 0,260 |
| 1,5 | 0,311 | 0,260 |
| 2,0 | 0,311 | 0,260 |
| 2,5 | 0,311 | 0,260 |
| 3,0 | 0,311 | 0,260 |



Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Trabajo: INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA
Expediente: O/2005036/26

CALCULO DE LA PRESION VERTICAL ADMISIBLE DE SERVICIO

CALCULO ELASTICO DE ASIENTOS - METODO DE STEINBRENNER



Asiento en profundidad

Acoratamiento del estrato

$$s(z) = \frac{p \cdot B}{2 \cdot E} (A \cdot \phi_1 - B \cdot \phi_2) \quad \hat{I} = s_i(z_i) - s_i(z_{i+1})$$

siendo:

$$A = 1 - \nu^2$$

$$B = 1 - \nu - 2\nu^2$$

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \left(\ln \frac{t+n}{t-n} + n \cdot \ln \frac{t+1}{t-1} \right)$$

$$\phi_2 = \frac{m}{\pi} \arctg \frac{n}{t \cdot m}$$

$$m = \frac{z}{B}$$

$$n = \frac{L}{B}$$

$$t = (1 + n^2 + m^2)^{\frac{1}{2}}$$

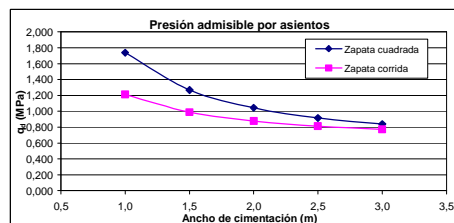
PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL TERRENO

| | UNIDAD GEOTÉCNICA | Prof. inicial m | Prof. final m | Espesor m | E MPa | v |
|---------|----------------------|--------------------|------------------|--------------|----------|-----|
| NIVEL 1 | UG.3 | | 6,0 | 6,0 | 30,0 | 0,3 |
| NIVEL 2 | | | | | | 0,3 |
| NIVEL 3 | | | | | | |
| NIVEL 4 | | | | | | |
| NIVEL 5 | | | | | | |
| | | | Total | 6,0 | | |

PRESION VERTICAL ADMISIBLE POR ASIENTOS

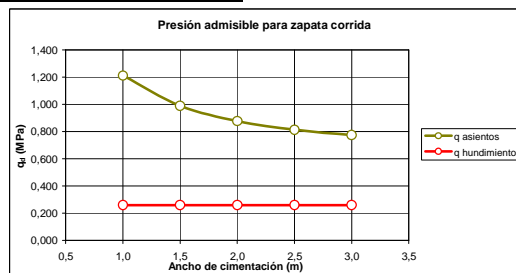
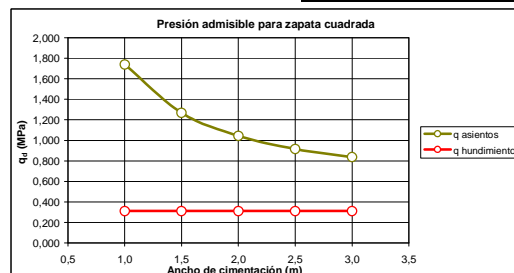
| |
|-------------------|
| Asiento admisible |
| 5 cm |

| Ancho de cimentación m | Zapata cuadrada q _d MPa | Zapata corrida q _d MPa | ¿Espesor=2·B? |
|---------------------------|--|---|---------------|
| 1,0 | 1,738 | 1,211 | SI |
| 1,5 | 1,268 | 0,989 | SI |
| 2,0 | 1,043 | 0,878 | SI |
| 2,5 | 0,916 | 0,813 | SI |
| 3,0 | 0,837 | 0,773 | SI |



PRESION VERTICAL ADMISIBLE DE SERVICIO

| Ancho de cimentación m | Zapata cuadrada | | Zapata corrida | |
|---------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | q _d MPa | Limitación | q _d MPa | Limitación |
| 1,0 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 1,5 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 2,0 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 2,5 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |
| 3,0 | 0,311 | Hundimiento | 0,260 | Hundimiento |



VALORES DE K_{sp30} DEDUCIDOS DEL CALCULO DE ASIENTOS

| Ancho de cimentación m | Zapata cuadrada | | Zapata corrida | |
|---------------------------|--|--|--|--|
| | K _{sp30} MN/m ³ | K _{sp30} MN/m ³ | K _{sp30} MN/m ³ | K _{sp30} MN/m ³ |
| 1,0 | 35 | 116 | 24 | 81 |
| 1,5 | 25 | 127 | 20 | 99 |
| 2,0 | 21 | 139 | 18 | 117 |
| 2,5 | 18 | 153 | 16 | 136 |
| 3,0 | 17 | 167 | 15 | 155 |
| | Valor medio | 140 | Valor medio | 117 |

APÉNDICE 1. HOJA DOCUMENTAL

FICHA DOCUMENTAL

El presente documento, de título **INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DEL IES FRANCISCA DE PEDRAZA** ha sido realizado por CEMOSA, en su delegación de **Madrid**, en la siguiente dirección:

**Pol. Ind. Los Olivos. C/ Innovación,11 (28906)
MADRID – GETAFE**

El teléfono y email de contacto son los siguientes:

**Tel: 916 828 727 Fax: 916 019 683
madrid@cemosa.es**

Para cualquier consulta o aclaración, así como para cualquier cuestión relacionada con este documento habrá de dirigirse al siguiente técnico de contacto:

Carlos Álvarez Calvo

Carlos Álvarez Calvo

Centro de estudios de Materiales y Control de Obra S.A C.\Benaque Nº9, 29004 (Málaga) C.I.F.: A-29021334. R.J. de Málaga. T.185, L.98-SA, F.195, P.1356

