

PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE LA AMPLIACION DEL  
CEIP "ISABEL LA CATOLICA" DE ALCORCON.

# 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

DICIEMBRE 2022



**PARÁMETROS ESTRATIGRÁFICOS:**

TRAMO DE PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR	SUELO	CONSISTENCIA	VALORES MEDIOS				
				% de arcilla	LL	LP	IP	$\omega$ (%)
De 0,00 a 5,20 <sub>máximo</sub>	5,20	Rellenos	Moderadamente firme	-----	-----	-----	-----	-----
De 5,20 a 8,60	3,40	PREDOMINIO COHESIVO Toscas y toscos arenosos	Muy firme	60,8	38,5	25,4	13,2	16,4
$\geq 8,60$	INDEFINIDO		Dura					

**PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ESTIMADOS PARA CIMENTACIÓN PROFUNDA POR PILOTES**

TIPO DE TERRENO y CONSISTENCIA	TRAMO DE PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR	RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE (R <sub>f</sub> Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA (R <sub>p</sub> Kg/cm <sup>2</sup> )
Rellenos de 0,00 a 5,20 <sub>máximo</sub> Moderadamente firmes	De 0,00 a 5,20 <sub>máximo</sub>	5,20	-----	-----
Toscas y toscos arenosos De muy firmes a duros	De 5,20 a 8,60	3,40	0,700	30,252
	$\geq 8,60$	INDEFINIDO	1,024	59,304

**Factores de seguridad a aplicar: por fuste  $F_f = 3,0$  y por punta  $F_p = 3,0$**

**Número mínimo de diámetros  $\varnothing$  de empotramiento en el estrato de punta  $\geq 6$**

EGELCO MADRID 18 DE MARZO DE 2019  
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS  
ENSAYOS DE LABORATORIO  
CONTROL DE OBRAS, S.A.

C/. Tajo, 14 - Pol. Ind. Conmar  
28864 Alcorcón (Madrid)

902 100 828 • 918 662 820 • 918 662 821

**FERNANDO GUTIÉRREZ BLANCO**  
INGENIERO DE MINAS  
COLEGIADO N° 1661

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

**SUPERVISADO**

## CTE-CÁLCULO DE PILOTES A PARTIR DE LA RESISTENCIA AL CORTE SINDRENAJE Cu

Diámetro D del pilote =	45	cm
Longitud L del pilote =	11,60	m
Nº de Ø =	25,78	
Área del pilote A =	0,16	m²
Perímetro del pilote P =	1,41	m
Factor de seguridad por fuste =	2,0	
Factor de seguridad por punta =	2,0	
Resistencia característica del hormigón (35 ó 40 Kg/cm²) =	36	Kg/cm²
Tope estructural del pilote =	57	T

	TERRENO 1	TERRENO 2	TERRENO 3	
Longitud L del tramo =	5,20	3,40	3,00	m
Resistencia a compresión simple Rc =	0,00	2,50	5,00	Kg/cm²
Resistencia al corte sin drenaje Cu = Rc/2 =	0,00	1,25	2,50	Kg/cm²
Resistencia al corte sin drenaje Cu = Rc/2 =	0,00	122,55	245,10	KPa
Resistencia por fuste rf = (100·Cu)/(100+Cu) =	0,00	55,07	71,02	KPa
Resistencia por fuste rf =	0,00	0,56	0,72	Kg/cm²
Resistencia por punta qp = Np·Cu = 9·Cu =	0,00	11,25	22,50	Kg/cm²
Resistencia total por punta = qp·A/FS =	0,00	8,95	17,89	T
Resistencia total por fuste = rf·P·L/FS =	0,00	13,50	15,36	T

## CTE-CÁLCULO DE PILOTES A PARTIR DEL N-SPT

Factor de seguridad por fuste =	3,0
Factor de seguridad por punta =	3,0

	TERRENO 1	TERRENO 2	TERRENO 3	
Longitud L del tramo =	5,20	3,40	3,00	m
Nspt =	0,00	25,00	48,50	
Resistencia característica por fuste qf = 0,019125·Nspt =	0,00	0,48	0,93	Kg/cm²
fn =	0,20	0,20	0,20	
Resistencia característica por punta qp = 10,2·fn·Nspt = 2,04·Nspt	0,00	51,00	98,94	Kg/cm²

## VALORES MEDIOS PONDERADOS (aplicados los factores de seguridad y el % de 0,080)

		% 0,080 =		60,8	0,608		
TERRENO	ESPESOR (m)	qf (Kg/cm²)	qp (Kg/cm²)	Qf (T)	Qp (T)	Qtotal (T)	
1	5,20	0,000	0,000	0,00	0,00		
2	3,40	0,233	10,084	11,21	0,00		
3	3,00	0,341	19,768	14,48	31,44	57,13	
L =	11,60	Nº de Ø empotrados en el estrato duro =		6,67			

# ESTUDIO GEOTÉCNICO



**EXPEDIENTE N°:** EG-5143/18

**CLIENTE:** CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA  
COMUNIDAD DE MADRID

**LOCALIZACIÓN:** C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN,  
MADRID

**ASUNTO:** INFORME GEOTÉCNICO

## ÍNDICE.

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO.....	4
2. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO. TRABAJOS REALIZADOS.....	6
3. MARCO GEOLÓGICO.....	8
3.1. INTRODUCCIÓN.....	8
3.2. ESTRATIGRAFÍA.....	9
3.3. MORFOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	11
3.4. SISMICIDAD.....	13
4. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO.....	16
5. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.....	23
5.1. RESULTADOS Y GRÁFICOS DE LOS ENSAYOS.....	23
6. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	30
6.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE UN SUELO.....	30
6.2. LÍMITES DE ATTERBERG.....	30
6.3. HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO.....	31
6.4. CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELO.....	31
6.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	31
6.6. ENSAYO DE CORTE DIRECTO.....	36
6.7. ENSAYO DE PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO.....	37
6.8. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL SUELO ( $\phi$ , $c$ , $\gamma$ , $k$ ).....	39
7. ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LA OBRA.....	41
7.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	41
7.2. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.....	43
7.3. TIPO DE CIMENTACIÓN Y CAPACIDAD PORTANTE.....	44
7.4. EXCAVACIONES.....	63
7.5. CÁLCULO DE ASIENTOS.....	64
7.6. NIVEL FREÁTICO Y AGRESIVIDAD DEL MEDIO.....	66
8. BIBLIOGRAFÍA.....	68
9. CONSIDERACIONES GENERALES.....	69
ANEXOS.....	70

## 1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO.

El presente informe geotécnico ha sido realizado por encargo de la **CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID** para la construcción de un **CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA** que se ubicará en la **CALLE OCHO DE MARZO C/V CALLE DEMOCRACIA**, en el municipio de **ALCORCÓN, MADRID**.

Los trabajos realizados para la redacción del informe han sido los siguientes:

- Siete sondeos mecánicos a rotación con recuperación continua de testigo:
  - S-1, de 12,00 m de profundidad.
  - S-2, de 12,00 m de profundidad.
  - S-3, de 12,00 m de profundidad.
  - S-4, de 12,60 m de profundidad.
  - S-5, de 12,00 m de profundidad.
  - S-6, de 12,00 m de profundidad.
  - S-7, de 12,00 m de profundidad.
- Seis ensayos de penetración dinámica superpesada DPSH.
- Tres perfiles estratigráficos del terreno.
- Ensayos de laboratorio necesarios para la clasificación del terreno.

Así pues, se ha realizado el reconocimiento geotécnico de una parcela de aproximadamente 14.000 m<sup>2</sup> de superficie, donde se proyecta la construcción de un centro educativo; en una primera fase, se construirá el edificio principal, de una planta sobre-rasante, el cual ocupará una superficie en planta de aproximadamente 1.500 m<sup>2</sup>, así como un aparcamiento en superficie de unos 750 m<sup>2</sup>. Posteriormente se construirá la zona de pistas deportivas al aire libre, que ocupará una superficie de unos 3.700 m<sup>2</sup>, la ampliación del aparcamiento, con una superficie adicional de otros 750 m<sup>2</sup>, un gimnasio de una planta sobre-rasante, con una superficie de unos 400 m<sup>2</sup>, y un módulo de primaria, de hasta tres plantas sobre-rasante, que ocupará una superficie en planta de unos 800 m<sup>2</sup> y tendrá una superficie total construida de hasta 2.400 m<sup>2</sup>.

En conjunto, el centro educativo terminará ocupando una superficie de unos 7.900 m<sup>2</sup>, mientras que la superficie total construida será de unos 9.500 m<sup>2</sup>.

Según se define en el CTE, en conjunto, el tipo de construcción sería C-1 (construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida superior a 300 m<sup>2</sup>) y el grupo de terreno sería T-3 (terrenos desfavorables, con importante presencia de rellenos).

El objetivo de los trabajos realizados ha sido la obtención de los datos necesarios para definir las características básicas del terreno, de manera que se pueda concretar la composición y estratigrafía del subsuelo de la zona de estudio, su capacidad portante y la profundidad adecuada para cimentar, y en base a ello, analizar la tipología, base de diseño de la cimentación y método de ejecución recomendable.

En los apartados correspondientes de la presente memoria, se describe la metodología seguida, los trabajos realizados, las características estratigráficas del terreno, su inscripción en el marco geológico del entorno, así como parámetros y características geotécnicas básicas de los materiales, entre otros aspectos relacionados con el subsuelo.

En los anexos que aparecen al final del presente informe se registran los resultados extraídos de los trabajos de campo, haciendo uso de columnas y perfiles estratigráficos del terreno, además de los datos y representaciones correspondientes a los ensayos de laboratorio efectuados, así como un reportaje fotográfico de los trabajos efectuados y del material reconocido.

## **2. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO. TRABAJOS REALIZADOS.**

La campaña de reconocimiento del terreno se inició con la realización de los trabajos de campo, efectuados entre los días 8 y 25 de junio de 2018, complementándose posteriormente con la realización de los ensayos de laboratorio más propicios en función del tipo de terreno extraído.

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de siete sondeos mecánicos a rotación con recuperación continua de testigo y seis ensayos de penetración dinámica superpesada tipo DPSH, con el objeto de reconocer la estratigrafía del subsuelo, tomar muestras para su ensayo en laboratorio, obtener un registro continuo de la resistencia de los materiales atravesados, con lo que poder efectuar la diferenciación de niveles de distinta consolidación, y determinar la existencia o ausencia del nivel freático en la zona investigada.

Los ensayos se han distribuido sobre la superficie de la parcela, cubriendo todas las zonas donde se desarrollarán las diferentes fases de ejecución. La localización de los ensayos aparece en el croquis de situación adjunto en los anexos.

Los sondeos mecánicos se llevaron a cabo con una sonda TECOINSA TP-30 LR montada sobre todoterreno y una sonda TECOINSA TP-50 D montada sobre orugas.

Las perforaciones se ejecutaron a rotación, con recuperación continua de testigo, con diámetros de 101 y 86 mm, habiendo sido necesario el revestimiento de varios sondeos dada la inestabilidad del terreno en su tramo más superficial.

La longitud perforada en los sondeos ha oscilado entre 12,00 y 12,60 m, con lo que la longitud total perforada ha sido de 84,60 m.

Dadas las características que ofrecía el terreno, en el sondeo se han realizado ensayos estándar de penetración (SPT), y se han recogido muestras del registro continuo del sondeo (MA o TS) para su ensayo en laboratorio.

Los ensayos de penetración dinámica se efectuaron con un equipo de penetración de tipo DPSH montado sobre orugas, modelo TECOPSA SPT-TEC 10. Sus características se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Varillaje	1 m de longitud, 32 mm de diámetro
Peso de la maza	63,5 kg
Altura de caída	76 cm
Puntaza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura 5 cm</li> <li>- Puntaza cónica con vértice en ángulo de 90°</li> <li>- Sección circular de 20 cm<sup>2</sup></li> </ul>

El ensayo de penetración dinámica continua consiste en la introducción en el terreno de una puntaza de forma cónica unida a un varillaje, mediante el golpeo de una maza de 63,5 kg que cae libremente desde una altura de 76 cm, registrándose el número de golpes necesarios para hincar cada tramo de 20 cm en que se divide el varillaje.

La prueba finaliza cuando el número de golpes requerido para una penetración de 20 cm es superior de 100, cuando se alcanzan 75 golpes para profundizar 20 cm tres veces consecutivas, o si no se obtiene el rechazo, cuando se alcanza la profundidad máxima que se quiera alcanzar.

Los resultados se presentan en un gráfico que relaciona la profundidad con la resistencia del terreno a la hinca dinámica continua (nivel de consolidación del terreno).

Por otro lado, los ensayos de laboratorio se realizan sobre las muestras recogidas de los sondeos, siguiendo las condiciones que marca la normativa. En general, estos ensayos se clasifican en distintos grupos, que atañen por separado a las distintas características físico-químicas de las muestras analizadas.

La diversificación de los ensayos realizados se presenta en la siguiente tabla:

Tipo	Ensayos
Identificación	Granulometría Límites de Atterberg
Estado	Humedad natural Densidad
Químicos	Sulfatos en suelo Sulfatos en agua
Geomecánicos	Corte directo Presión de hinchamiento

### **3. MARCO GEOLÓGICO.**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN.**

La zona de estudio se localiza en el término municipal de Alcorcón, entre las Hojas Geológicas de Getafe y Madrid (Hojas nº 582 y nº 559 del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, respectivamente).

Se sitúa al Sur del Borde Meridional del Sistema Central, en la Cuenca del Tajo o Submeseta Meridional, participando de las características geológicas del Borde Occidental de la fosa del Tajo, con un esquema estratigráfico mixto en relación a la variación de facies entre el centro y el borde de la cuenca sedimentaria del Tajo.

Uno de los rasgos morfológicos regionales que es singular, viene definido por la denominada Superficie de Madrid que aparece seccionada por los cursos de dirección N-S de los ríos Manzanares y Jarama. Este encajonamiento de estos ríos da lugar a una variada gama de formas (glacis, terrazas, escarpes...), ocupando áreas bastante amplias en la zona, que se datan como Cuaternario.

Estos materiales tienen una litología íntimamente relacionada con los materiales del relieve superior inmediato de los que provienen; este es el caso de las superficies de erosión y de los derrames aluviales de la zona, que tienen una composición de arcosas muy sueltas provenientes de la erosión de las arcosas suprayacentes. En cuanto a los materiales Neógenos, en esta zona se encuentra un cambio lateral de facies, pudiéndose encontrar desde arcosas a arcillas.

La tectónica de la zona es muy escasa, pudiéndose observar deformaciones en los Neógenos en forma de pliegues de gran amplitud. En los Cuaternarios se definen pequeños pulsos de deformación que afectaron a la sedimentación de la época, pero que poco afectaron a las características de los materiales Cuaternarios.

### **3.2. ESTRATIGRAFÍA.**

Los materiales de la Hoja pertenecen al conjunto sedimentario continental que rellena la fosa del Tajo, que representa una cuenca continental cerrada. La mayor parte de los sedimentos corresponden al Mioceno, por lo menos desde la parte más superior del Burdigaliense.

Aparte de ellos, solamente están representados los sedimentos cuaternarios en los valles del Jarama y Manzanares, y algún nivel poco importante de materiales pliocuaternarios en relación con los glaciares y superficies recientes.

Los materiales miocenos muestran una gran variedad litológica, alcanzando una potencia visible de unos 200 m. Las características estratigráficas de estos materiales permiten agruparlos en tres grandes conjuntos: uno más occidental formado por sedimentos de origen detrítico (verdaderas molasas continentales), otro situado en una banda central y constituido por materiales detríticos finos con intercalación de los primeros minerales de neoformación y, por último, un conjunto situado en el borde oriental, constituido casi exclusivamente por litofacies de origen químico. Estos tres conjuntos representan las facies detríticas de borde, mixtas con minerales de neoformación y químicas centrales respectivamente en el esquema clásico de sedimentación en una cuenca endorreica.

La zona de estudio se localiza sobre estas facies detríticas de borde. Representan la sedimentación de origen mecánico en el borde del Sistema Central y constituyen la denominada facies Madrid dentro del cómputo de facies detríticas que jalonan los bordes de la semicubeta sedimentaria del Tajo.

La facies Madrid está constituida principalmente por arcillas feldespáticas provenientes de la destrucción de los relieves graníticos y metamórficos del Guadarrama. Su distribución espacial forma una orla detrítica al sur del Sistema Central sin solución de continuidad con un conjunto de materiales gruesos en el mismo borde del Guadarrama.

En la región de Getafe representan una avanzadilla hacia el centro de la cuenca, enriqueciéndose en lechos arcillosos que alternan con niveles de granulometría mayor (incluso microconglomerados).

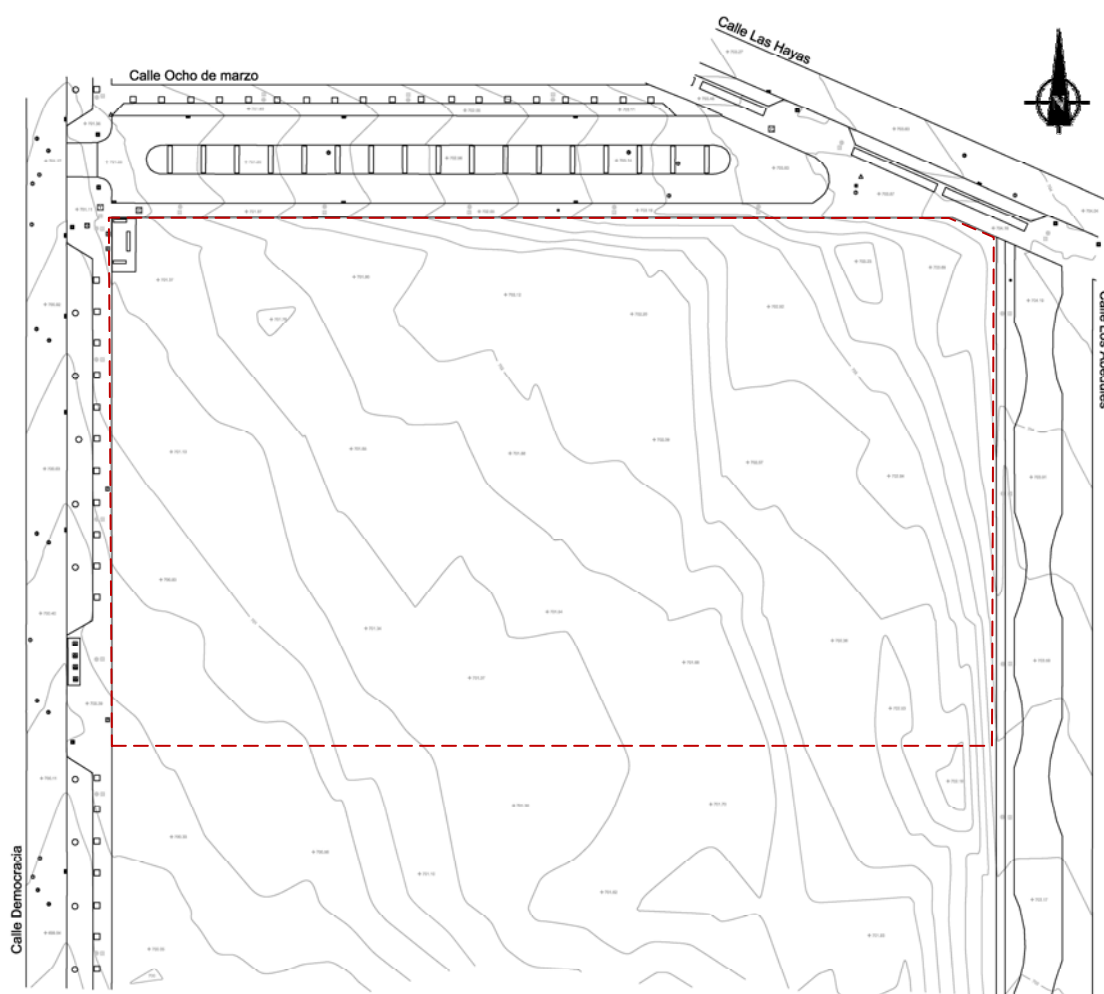


De la propia naturaleza petrogenética de estos materiales se desprende la imposibilidad de establecer conjuntos litoestratigráficos dentro de la formación arcósica. Los niveles no ofrecen continuidad al representar aspectos lenticulares de un medio de sedimentación energético (arroyadas y mantos difusos). Por este motivo las columnas estratigráficas obtenidas en sondeos muy próximos pueden no coincidir en sus términos.

### 3.3. MORFOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La parcela investigada tiene forma rectangular, con la esquina noreste truncada, quedando delimitada por la Calle Ocho de Marzo por el Norte, por la Calle Democracia por el Oeste, por una parcela desocupada por el Sur, por la Calle Abedules por el Este y por la Calle Hayas por el Noreste.

La superficie de la parcela es subhorizontal, con una suave pendiente ascendente desde el Oeste-Suroeste hacia el Este-Noreste, haciéndose ésta más abrupta en el lateral de la Calle Abedules, de manera que entre la esquina suroeste y la esquina noreste existe un desnivel de aproximadamente 4 m. Al mismo tiempo, el interior de la parcela está cubierto por vegetación herbácea y abundantes árboles y arbustos.



Plano topográfico de la parcela.



### 3.4. SISMICIDAD.

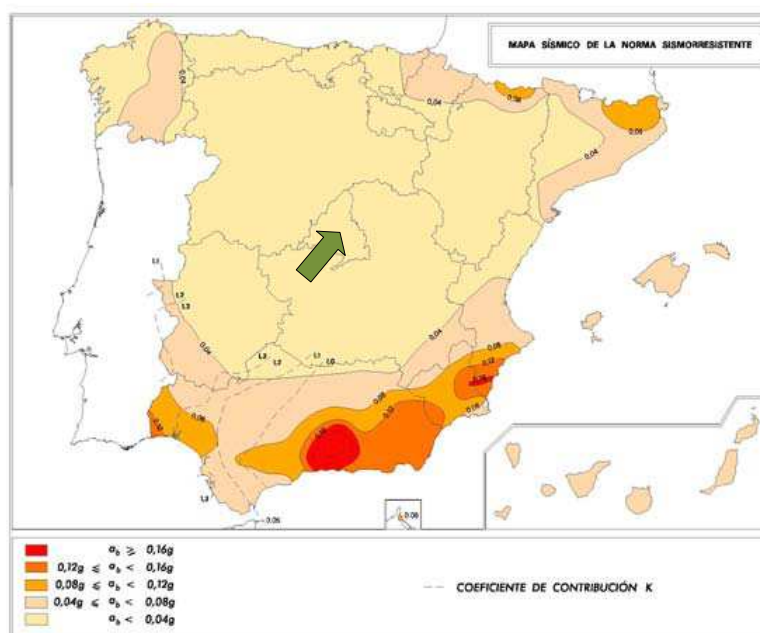
Para la redacción del presente apartado se han seguido las indicaciones de la Norma de Construcción Sismorresistente Española NCSE-02 (publicada en el año 2002).

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

Recoge explícitamente que la finalidad última de la norma es evitar la pérdida de vidas humanas, y reducir el daño y las pérdidas económicas por terremotos en el futuro, tal como se hace en los principales códigos sísmicos internacionales.

Siguiendo el criterio de la norma y a la vista del mapa de peligrosidad sísmica, la zona de estudio presenta una aceleración sísmica básica  $a_b/g$  menor de 0,04, expresada en relación al valor de la gravedad (un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años).

De acuerdo con la Norma NCSE-02, al presentar la zona de estudio una aceleración sísmica menor de 0,04g, no será necesaria la consideración de acciones sísmicas.



Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. BOE 11/10/2002.

Aceleración sísmica de cálculo:

$$a_c = S \times \rho \times a_b$$

$a_b$ : Aceleración sísmica básica =  $<0,04 \cdot g$

$k$ : Coeficiente de contribución =  $1,00$

$\gamma_I$ : Factor de importancia =  $\gamma_I = 1,00$  (importancia normal)

$\gamma_{II}$ : Factor modificador periodo de retorno =  $\gamma_{II} = 1,00$  (Pr= 500 años)

$\rho$ : Coeficiente adimensional de riesgo =  $\rho = \gamma_I \times \gamma_{II} = 1,00$

$S$ : Coeficiente de amplificación del terreno:

$$\text{Para } \rho \times a_b \leq 0,1 \text{ g} \quad S = \frac{C}{1,25}$$

$$\text{Para } 0,1 \text{ g} < \rho \times a_b < 0,4 \text{ g} \quad S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \times \left( \rho \times \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \times \left( 1 - \frac{C}{1,25} \right)$$

$$\text{Para } 0,4 \text{ g} \leq \rho \times a_b \quad S = 1,0$$

Siendo:

$C$ : Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación.

Tipo	Descripción del terreno	Coeficiente C
<b>Terreno tipo I</b>	Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de las ondas transversales o de cizalla, $V_s > 750 \text{ m/s}$ .	1,0
<b>Terreno tipo II</b>	Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de las ondas transversales o de cizalla, $V_s = 400-750 \text{ m/s}$ .	1,3
<b>Terreno tipo III</b>	Suelo granular de compacidad media o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad ondas transversales o de cizalla, $V_s = 200-400 \text{ m/s}$ .	1,6
<b>Terreno tipo IV</b>	Suelo granular suelto o suelo cohesivo blando. Velocidad ondas transversales o de cizalla, $V_s < 200 \text{ m/s}$ .	2,0



El valor de C se determina a partir de los espesores  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  y  $e_4$  de los terrenos tipos I, II, III y IV, existentes en los primeros 30 m bajo la superficie:

$$C = \frac{\sum C_i \times e_i}{30}$$

Se pueden clasificar los terrenos en cuatro tipos según la norma NCSE-02, cada uno de los cuales tendrá un coeficiente de contribución K y un coeficiente del terreno C específicos, encontrando en el presente caso terreno tipo T-IV, correspondiente a suelo granular de compacidad suelta o suelo cohesivo de consistencia blanda, con una velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $V_s$ , inferiores a 200 m/s y terreno tipo T-III, correspondiente a suelo granular de compacidad media o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme, con una velocidad de propagación de las ondas  $V_s$ , de entre 200 y 400 m/s.



#### **4. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO.**

Puede establecerse la estratigrafía del terreno, representada en el anexo 3 del presente informe como columnas estratigráficas de los sondeos, matizándose la descripción del corte de los mismos mediante los datos del laboratorio.

Así pues, tomando como cota de inicio de las columnas estratigráficas la cota de boca de los sondeos, aparecen de techo a base de los mismos los siguientes niveles:

##### **SONDEO N° 1**

##### **NIVEL 1 (de 0,00 m a 4,00 m de profundidad).**

Cobertera vegetal con desarrollo de raíces sobre terreno removilizado areno-arcilloso con cantos dispersos y restos de ladrillo y plástico, todo ello dispuesto sobre un posible depósito de glaciares de edad cuaternario, formado por limos arcillosos con arenas. Colores pardos y pardos oscuros. Compacidad variable, con altibajos, entre floja y media.

##### **NIVEL 2 (de 4,00 m a 12,00 m de profundidad, fin del sondeo).**

Arcillas limosas algo arenosas con pasadas de arcillas limosas bastante arenosas. Presencia de venillas carbonatadas en profundidad. Colores pardos. Consistencia variable, con altibajos, muy firme-dura.

Fin del sondeo S-1 a 12,00 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela. El día 20 de junio de 2018, durante la ejecución del sondeo, se detectó el nivel freático a 7,60 m de profundidad, mientras que en las últimas observaciones realizadas el día 22 de junio de 2018, el nivel freático se encontraba a 4,75 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela.

**SONDEO N° 2****NIVEL 1 (de 0,00 m a 4,00 m de profundidad).**

Cobertera vegetal con desarrollo de raíces sobre terreno removilizado areno-arcilloso con cantos dispersos, todo ello dispuesto sobre un posible depósito de glaciares de edad cuaternario, formado por limos arcillosos con arenas. Colores pardos y pardos oscuros. Compacidad variable, con altibajos, entre floja y media.

**NIVEL 2 (de 4,00 m a 12,00 m de profundidad, fin del sondeo).**

Arcillas limosas algo arenosas con pasadas de arcillas limosas bastante arenosas. Presencia de venillas carbonatadas en profundidad. Colores pardos. Consistencia variable, con altibajos, muy firme-dura.

Fin del sondeo S-2 a 12,00 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela. El día 20 de junio de 2018, durante la ejecución del sondeo, se detectó el nivel freático a 6,00 m de profundidad, mientras que en las últimas observaciones realizadas el día 22 de junio de 2018, el nivel freático se encontraba a 5,00 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela.



### **SONDEO N° 3**

#### **NIVEL 1 (de 0,00 m a 3,00 m de profundidad).**

Cobertera vegetal con desarrollo de raíces sobre terreno removilizado areno-arcilloso y arenoso con cantos dispersos, todo ello dispuesto sobre un posible depósito de glaciares de edad cuaternario, formado por limos arcillosos con arenas. Colores pardos y pardos oscuros. Compacidad variable, con altibajos, entre floja y media.

#### **NIVEL 2 (de 3,60 m a 12,00 m de profundidad, fin del sondeo).**

A techo, de 3,00 a 5,20 m de profundidad, arenas medias-finas algo limo-arcillosas; por debajo, arcillas limosas algo arenosas con pasadas de arcillas limosas bastante arenosas. Presencia de venillas carbonatadas en profundidad. Colores pardos. El tramo arenoso tiene compacidad media; el tramo arcilloso tiene consistencia variable, con altibajos, muy firme-dura.

Fin del sondeo S-3 a 12,00 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela. El día 21 de junio de 2018, durante la ejecución del sondeo, se detectó el nivel freático a 5,70 m de profundidad, mientras que en las últimas observaciones realizadas el día 22 de junio de 2018, el nivel freático se encontraba a 4,40 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela.

**SONDEO N° 4****NIVEL 1 (de 0,00 m a 4,70 m de profundidad).**

Cobertera vegetal con desarrollo de raíces sobre terreno removilizado areno-arcilloso con cantos dispersos, todo ello dispuesto sobre un posible depósito de glaciares de edad cuaternario, formado por limos arcillosos con arenas. Colores pardos y pardos oscuros. Compacidad variable, con altibajos, entre floja y media.

**NIVEL 2 (de 4,70 m a 12,60 m de profundidad, fin del sondeo).**

Arcillas limosas algo arenosas con pasadas de arcillas limosas bastante arenosas. Presencia de venillas carbonatadas en profundidad. Colores pardos. Consistencia variable, con altibajos, muy firme-dura.

Fin del sondeo S-4 a 12,60 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela. El día 21 de junio de 2018, durante la ejecución del sondeo, se detectó el nivel freático a 6,50 m de profundidad, mientras que en las últimas observaciones realizadas el día 22 de junio de 2018, el nivel freático se encontraba a 4,80 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela.

## **SONDEO N° 5**

### **NIVEL 1 (de 0,00 m a 4,00 m de profundidad).**

Cobertera vegetal con desarrollo de raíces sobre terreno removilizado areno-arcilloso y arenoso con cantos dispersos, todo ello dispuesto sobre un posible depósito de glaciares de edad cuaternario, formado por limos arcillosos con arenas. Colores pardos y pardos oscuros. Compacidad variable, con altibajos, entre floja y media.

### **NIVEL 2 (de 4,00 m a 12,00 m de profundidad, fin del sondeo).**

Arcillas limosas algo arenosas con pasadas de arcillas limosas bastante arenosas. Presencia de venillas carbonatadas en profundidad. Colores pardos. Consistencia variable, con altibajos, muy firme-dura.

Fin del sondeo S-5 a 12,00 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela. El día 25 de junio de 2018, durante la ejecución del sondeo, se detectó el nivel freático a 6,00 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela.

**SONDEO N° 6****NIVEL 1 (de 0,00 m a 4,00 m de profundidad).**

Cobertera vegetal con desarrollo de raíces sobre terreno removilizado areno-arcilloso con cantos dispersos y restos de ladrillo, cerámica y plástico, todo ello dispuesto sobre un posible depósito de glaciés de edad cuaternario, formado por limos arcillosos con arenas. Colores pardos y pardos oscuros. Compacidad variable, con altibajos, entre floja y media.

**NIVEL 2 (de 4,00 m a 12,00 m de profundidad, fin del sondeo).**

Arcillas limosas algo arenosas con pasadas de arcillas limosas bastante arenosas. Presencia de venillas carbonatadas en profundidad. Colores pardos. Consistencia variable, con altibajos, muy firme-dura.

Fin del sondeo S-6 a 12,00 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela. El día 25 de junio de 2018, durante la ejecución del sondeo, se detectó el nivel freático a 4,80 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela.

**SONDEO N° 7****NIVEL 1 (de 0,00 m a 3,40 m de profundidad).**

Cobertera vegetal con desarrollo de raíces sobre terreno removilizado areno-arcilloso con cantos dispersos y restos de ladrillo, todo ello dispuesto sobre un posible depósito de glaciares de edad cuaternario, formado por limos arcillosos con arenas. Colores pardos y pardos oscuros. Compacidad variable, con altibajos, entre floja y media.

**NIVEL 2 (de 3,40 m a 12,00 m de profundidad, fin del sondeo).**

A techo, de 3,40 a 4,40 m de profundidad, arenas medias-finas algo limo-arcillosas; por debajo, arcillas limosas algo arenosas con pasadas de arcillas limosas bastante arenosas. Presencia de venillas carbonatadas en profundidad. Colores pardos. El tramo arenoso tiene compacidad media; el tramo arcilloso tiene consistencia variable, con altibajos, muy firme-dura.

Fin del sondeo S-7 a 12,00 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela. El día 22 de junio de 2018, durante la ejecución del sondeo, se detectó el nivel freático a 4,60 m de profundidad respecto de la superficie de la parcela.

## 5. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.

### 5.1. RESULTADOS Y GRÁFICOS DE LOS ENSAYOS.

Mediante el ensayo de penetración dinámica se obtiene la resistencia que el terreno opone a la penetración, siendo datos orientativos los valores de carga admisible reflejados en el presente informe. La consecución de tales datos se ha realizado a través de la llamada fórmula de “los holandeses”, que sin estar normalizada, es la más empleada comúnmente en el campo de la Geotecnia.

La resistencia dinámica se calcula según la fórmula antes mencionada, con un coeficiente de seguridad igual a 3, a partir de lo cual se obtiene la carga de trabajo.

$Rd = (M^2 \times H) / ((e + e1) \times (M + P) \times A)$	<b>Rd</b> Resistencia dinámica en $kg/cm^2$
	<b>H</b> Altura de caída de la maza (76 cm)
	<b>P</b> Peso de las varillas en $kg + 20$ (Cada m de profundidad 6,155 kg)
	<b>M</b> Peso de la maza en $kg$ (63,50 kg)
	<b>e</b> Penetración $cm/n^\circ$ de golpes
	<b>e1</b> Constante = 0,50
	<b>A</b> Sección de la punta en $cm^2$ (20 $cm^2$ )

Para cimentaciones superficiales, en medios homogéneos y tratándose de terreno no cohesivo, puede aplicarse una carga de trabajo de  $\sigma = Rd/20$ , siempre que exista una relación de empotramiento de  $D/B > 1$ , siendo **D** el empotramiento de la zapata y **B** el ancho de la misma. Para las cimentaciones profundas (pilotes), puede aceptarse una carga de trabajo de  $Rd/12 \leq \sigma < Rd/6$ .

A continuación, se realiza una interpretación de los resultados del ensayo DPSH a intervalos de 0,20 metros, calculando la carga admisible del terreno para un factor de seguridad igual a 3.

**ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE  
PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH**

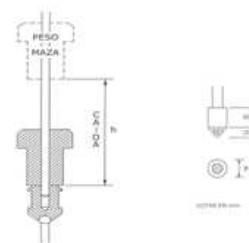
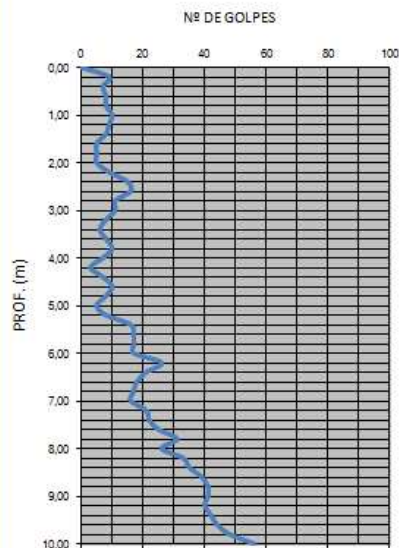
Fecha 8/6/2018

Nº Acta 04324/01

Nº EXPEDIENTE: 5143/18  
 CLIENTE: Cº DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
 TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria  
 DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia.  
 Alcorcón, Madrid.  
 COTA DE INICIO: ≈ 702,00 m  
 NIVEL FREÁTICO: No detectado

**Características del penetrómetro DPSH:**

Maquinaria: TECOPSA SPT-TEC 10  
 Área de la puntaza: 20 cm<sup>2</sup>  
 Altura de caída: 76 cm  
 Peso de la maza: 63,5 kg  
 Diámetro del varillaje: 3,2 cm  
 Intervalo de golpeo: 20 cm

**ESQUEMA DEL PENETRÓMETRO**

**PENETRÓMETRO Nº 1**
**Nº DE GOLPES PARA 20cm PROFUNDIDAD**

Firma Técnico Responsable  
David Martín



Firma Jefe de Área GTC  
Negia María Milián



ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH Nº 1		
Profundidad (m)	Nº de Golpes	$Q_{adm} = Rd/20$ (FS = 3) kg/cm <sup>2</sup>
0,2	9	1,10
0,4	7	0,88
0,6	8	0,97
0,8	8	0,95
1	10	1,13
1,2	9	1,02
1,4	8	0,91
1,6	5	0,60
1,8	5	0,59
2	5	0,59
2,2	9	0,96
2,4	15	1,40
2,6	16	1,45
2,8	11	1,08
3	11	1,07
3,2	8	0,82
3,4	6	0,63
3,6	8	0,80
3,8	10	0,95
4	7	0,70
4,2	3	0,32
4,4	7	0,68
4,6	10	0,90
4,8	8	0,75
5	5	0,49
5,2	8	0,73
5,4	16	1,24
5,6	17	1,28
5,8	17	1,27
6	17	1,25
6,2	26	1,64
6,4	21	1,42
6,6	18	1,26
6,8	17	1,20
7	16	1,14
7,2	21	1,36
7,4	22	1,39
7,6	25	1,49
7,8	31	1,68
8	26	1,50
8,2	33	1,71
8,4	35	1,75
8,6	39	1,83
8,8	41	1,86
9	41	1,84
9,2	40	1,80
9,4	42	1,83
9,6	44	1,86
9,8	48	1,92
10	56	2,03



# **ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH**

Fecha 8/6/2018

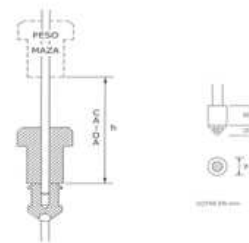
Nº Acta 04324/02

**Nº EXPEDIENTE:** 5143/18  
**CLIENTE:** Cº DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
**TIPO DE OBRA:** Centro de educación infantil y primaria  
**DIRECCIÓN:** C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia.  
Alcorcón, Madrid.  
**COTA DE INICIO:** ≈ 701,15 m  
**NIVEL FREÁTICO:** ≈ -6,00 m

## **Características del penetrómetro DPSH:**

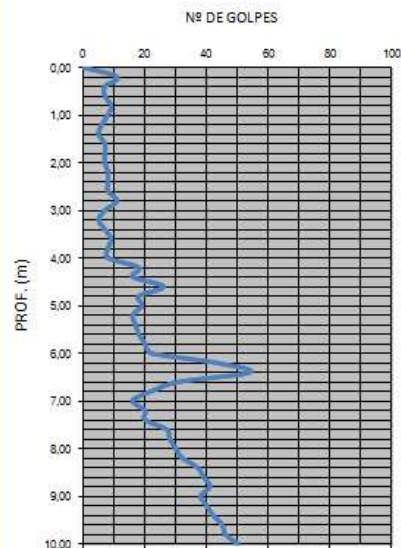
**Maquinaria:** TECOPSA SPT-TEC 10  
**Área de la puntaza:** 20 cm<sup>2</sup>  
**Altura de caída:** 76 cm  
**Peso de la maza:** 63,5 kg  
**Diámetro del varillaje:** 3,2 cm  
**Intervalo de golpeo:** 20 cm

## **ESQUEMA DEL PENETRÓMETRO**



## **PENETRÓMETRO Nº 2**

## **Nº DE GOLPES PARA 20cm PROFUNDIDAD**


Firma Técnico Responsable  
David Martín



Firma Jefe de Área GTC  
Negia María Milián





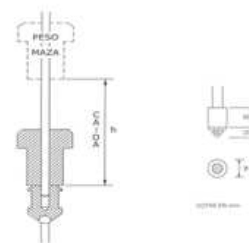
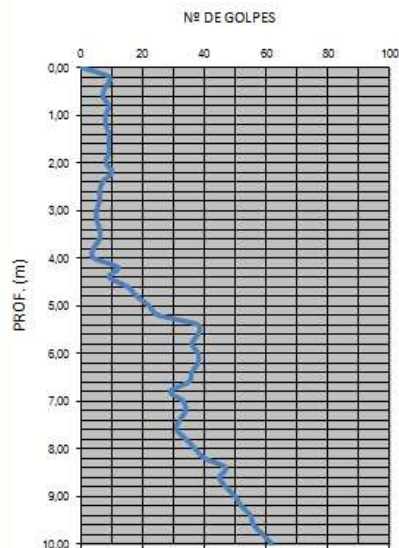
**ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE  
PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH**

Fecha 8/6/2018

Nº Acta 04324/03

Nº EXPEDIENTE: 5143/18  
 CLIENTE: Cº DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
 TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria  
 DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia.  
 Alcorcón, Madrid.  
 COTA DE INICIO: ≈ 701,85 m  
 NIVEL FREÁTICO: No detectado

**Características del penetrómetro DPSH:**  
 Maquinaria: TECOPSA SPT-TEC 10  
 Área de la puntaza: 20 cm<sup>2</sup>  
 Altura de caída: 76 cm  
 Peso de la maza: 63,5 kg  
 Diámetro del varillaje: 3,2 cm  
 Intervalo de golpeo: 20 cm

**ESQUEMA DEL PENETRÓMETRO**

**PENETRÓMETRO Nº 3**
**Nº DE GOLPES PARA 20cm PROFUNDIDAD**

Firma Técnico Responsable  
David Martín



Firma Jefe de Área GTC  
Negia María Milián



ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH Nº 3		
Profundidad (m)	Nº de Golpes	$Q_{adm} = R_d/20$ (FS = 3) kg/cm <sup>2</sup>
0,2	9	1,10
0,4	8	0,98
0,6	7	0,86
0,8	9	1,05
1	8	0,94
1,2	8	0,93
1,4	9	1,01
1,6	9	0,99
1,8	9	0,98
2	8	0,88
2,2	10	1,04
2,4	7	0,77
2,6	6	0,66
2,8	6	0,65
3	5	0,55
3,2	5	0,54
3,4	6	0,63
3,6	6	0,62
3,8	4	0,43
4	4	0,43
4,2	12	1,07
4,4	9	0,84
4,6	15	1,23
4,8	18	1,39
5	22	1,57
5,2	25	1,68
5,4	38	2,11
5,6	38	2,09
5,8	36	2,01
6	38	2,05
6,2	38	2,02
6,4	36	1,95
6,6	35	1,90
6,8	29	1,70
7	33	1,81
7,2	34	1,82
7,4	32	1,74
7,6	31	1,69
7,8	34	1,77
8	37	1,83
8,2	40	1,89
8,4	47	2,02
8,6	45	1,96
8,8	47	1,98
9	50	2,02
9,2	52	2,04
9,4	55	2,07
9,6	56	2,07
9,8	59	2,10
10	62	2,12

# **ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH**

Fecha 8/6/2018

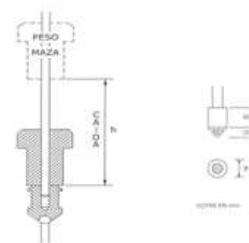
Nº Acta 04360/01

**Nº EXPEDIENTE:** 5143/18  
**CLIENTE:** Cº DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
**TIPO DE OBRA:** Centro de educación infantil y primaria  
**DIRECCIÓN:** C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia.  
Alcorcón, Madrid.  
**COTA DE INICIO:** ≈ 702,40 m  
**NIVEL FREÁTICO:** No detectado

## **Características del penetrómetro DPSH:**

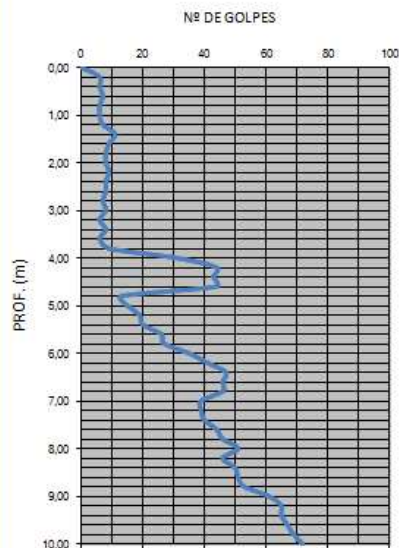
**Maquinaria:** TECOPSA SPT-TEC 10  
**Área de la puntaza:** 20 cm<sup>2</sup>  
**Altura de caída:** 76 cm  
**Peso de la maza:** 63,5 kg  
**Diámetro del varillaje:** 3,2 cm  
**Intervalo de golpeo:** 20 cm

## **ESQUEMA DEL PENETRÓMETRO**



## **PENETRÓMETRO Nº 4**

## **Nº DE GOLPES PARA 20cm PROFUNDIDAD**


Firma Técnico Responsable  
David Martín



Firma Jefe de Área GTC  
Negia María Milián





# **ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH**

Fecha 8/6/2018

Nº Acta 04360/02

Nº EXPEDIENTE:	5143/18
CLIENTE:	Cº DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN
TIPO DE OBRA:	Centro de educación infantil y primaria
DIRECCIÓN:	C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia. Alcorcón, Madrid.
COTA DE INICIO:	≈ 701,50 m
NIVEL FREÁTICO:	No detectado

**Características del penetrómetro DPSH:**

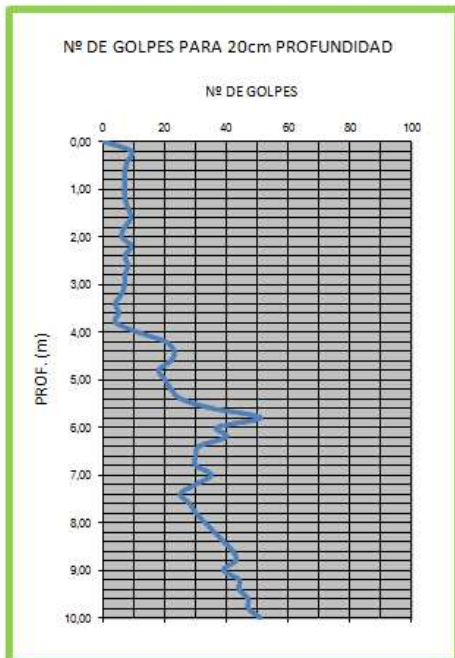
Maquinaria: TECOPSA SPT-TEC 10  
Área de la puntaza: 20 cm<sup>2</sup>  
Altura de caída: 76 cm  
Peso de la maza: 63,5 kg  
Diámetro del varillaje: 3,2 cm  
Intervalo de golpeo: 20 cm

**ESQUEMA DEL PENETRÓMETRO**



ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH Nº 5		
Profundidad (m)	Nº de Golpes	$Q_{adm} = Rd/20$ (FS = 3) kg/cm <sup>2</sup>
0,2	9	1,10
0,4	8	0,98
0,6	7	0,86
0,8	7	0,85
1	7	0,84
1,2	7	0,83
1,4	8	0,91
1,6	9	0,99
1,8	7	0,80
2	6	0,69
2,2	9	0,96
2,4	7	0,77
2,6	8	0,85
2,8	7	0,75
3	7	0,74
3,2	6	0,64
3,4	4	0,44
3,6	5	0,53
3,8	4	0,43
4	11	1,01
4,2	20	1,54
4,4	23	1,67
4,6	22	1,60
4,8	18	1,39
5	20	1,47
5,2	22	1,55
5,4	25	1,67
5,6	35	2,00
5,8	51	2,38
6	37	2,02
6,2	40	2,08
6,4	31	1,80
6,6	30	1,75
6,8	30	1,73
7	35	1,86
7,2	30	1,70
7,4	25	1,51
7,6	28	1,60
7,8	30	1,65
8	33	1,72
8,2	36	1,79
8,4	39	1,85
8,6	42	1,90
8,8	43	1,90
9	39	1,80
9,2	44	1,89
9,4	44	1,87
9,6	47	1,92
9,8	47	1,90
10	51	1,95

## **PENETRÓMETRO Nº 5**


Firma Técnico Responsable  
David Martín



Firma Jefe de Área GTC  
Negia María Milián



**ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE  
PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH**

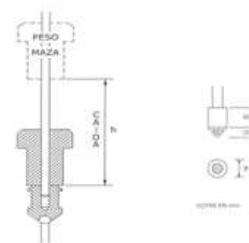
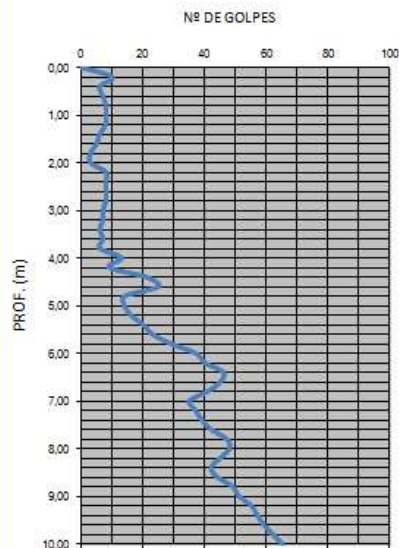
Fecha 8/6/2018

Nº Acta 04360/03

Nº EXPEDIENTE: 5143/18  
 CLIENTE: Cº DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
 TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria  
 DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia.  
 Alcorcón, Madrid.  
 COTA DE INICIO: ≈ 701,75 m  
 NIVEL FREÁTICO: No detectado

**Características del penetrómetro DPHS:**

Maquinaria: TECOPSA SPT-TEC 10  
 Área de la puntaza: 20 cm<sup>2</sup>  
 Altura de caída: 76 cm  
 Peso de la maza: 63,5 kg  
 Diámetro del varillaje: 3,2 cm  
 Intervalo de golpeo: 20 cm

**ESQUEMA DEL PENETRÓMETRO**

**PENETRÓMETRO Nº 6**
**Nº DE GOLPES PARA 20cm PROFUNDIDAD**

Firma Técnico Responsable  
David Martín



Firma Jefe de Área GTC  
Negia María Milián



## **6. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.**

A partir de la toma de muestras “in situ”, se pueden determinar las principales características del terreno mediante la realización de los oportunos ensayos de laboratorio.

Es importante indicar que los resultados obtenidos en los ensayos llevados a cabo sólo afectan a las muestras analizadas, teniendo éstos un carácter puntual.

### **6.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE UN SUELO.**

Se han realizado nueve análisis granulométricos por tamizado para determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, obteniendo el porcentaje de éstas que pasan por los diferentes tamices, y definiendo finalmente el contenido de gravas, arenas y finos (limos y arcillas).

### **6.2. LÍMITES DE ATTERBERG.**

Se han efectuado nueve ensayos para definir las propiedades plásticas de las fracciones finas del terreno y se realizan mediante el empleo del aparato de Casagrande.

- **LÍMITE LÍQUIDO.**

Se define el Límite Líquido como la humedad que tiene un suelo amasado con agua y colocado en una cuchara normalizada, cuando un surco, realizado con un acanalador normalizado, que divide dicho suelo en dos mitades, se cierra a lo largo de su fondo en una longitud de 13 mm, tras haber dejado caer 25 veces la mencionada cuchara desde una altura de 10 mm sobre una base también normalizada, con una cadencia de 2 golpes por segundo.

- **LÍMITE PLÁSTICO.**

El Límite Plástico se define como la humedad más baja con la que pueden formarse con un suelo, cilindros de 3mm de grosor, rodando dicho suelo entre los dedos y una superficie lisa, hasta que los cilindros comiencen a resquebrajarse.

- **ÍNDICE DE PLASTICIDAD.**

El Índice de Plasticidad es la diferencia de entre el límite líquido y el límite plástico.

### 6.3. HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO.

Se han realizado nueve ensayos para determinar la humedad de un suelo mediante secado en estufa, definiéndose la humedad como el cociente, expresado en tanto por ciento, entre la masa de agua que pierde el suelo al secarlo y la masa del suelo seco.

### 6.4. CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELO.

Se han realizado diez ensayos para reconocer la existencia de sulfatos solubles en suelo, pasándolos a disolución con agua y haciendo precipitar posteriormente los sulfatos disueltos mediante una disolución de cloruro bórico. La definición de este parámetro resulta útil para definir la agresividad del terreno frente al hormigón.

### 6.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos identificativos y químicos, realizados sobre las distintas muestras analizadas. Para identificar el terreno se ha seguido la clasificación USCS.



**SONDEO S-1. (3,60-4,00 m). LIMO DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSO (MH)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	51,2
5	100	LÍMITE PLÁSTICO
2	98,4	32,1
0,4	80,5	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	55,3	19,1
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		19,06 %

**SONDEO S-1. (7,00-7,40 m). ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD CON ARENA (CL)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	32,4
5	100	LÍMITE PLÁSTICO
2	100	22,0
0,4	97,3	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	70,6	10,4
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		18,19 %

**SONDEO S-2. (4,60-5,00 m). ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD ARENOSA (CL)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	37,4
5	99,8	LÍMITE PLÁSTICO
2	99,1	24,4
0,4	91,5	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	52,0	13,0
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		16,81 %



**SONDEO S-3. (3,60-4,00 m). ARENA LIMOSA (SM)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	33,1
5	99,2	LÍMITE PLÁSTICO
2	92,9	25,1
0,4	39,0	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	15,9	8,0
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		6,10 %

**SONDEO S-4. (6,60-7,00 m). ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD ARENOSA (CL)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	31,4
5	100	LÍMITE PLÁSTICO
2	99,9	22,7
0,4	95,4	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	59,7	8,7
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		17,41 %

**SONDEO S-5. (4,20-4,60 m). ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD CON ARENA (CL)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	39,9
5	100	LÍMITE PLÁSTICO
2	99,8	25,2
0,4	97,3	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	74,2	14,7
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		15,32 %



**SONDEO S-5. (7,60-8,00 m). LIMO (ML)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	46,3
5	100	LÍMITE PLÁSTICO
2	100	27,2
0,4	99,6	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	96,5	19,1
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		22,39 %

**SONDEO S-6. (2,30-2,70 m). TERRENO REMOVILIZADO Y RELLENOS**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	-	-
5	-	LÍMITE PLÁSTICO
2	-	-
0,4	-	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	-	-
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
535,07 mg/kg		-

**SONDEO S-6. (4,00-4,40 m). LIMO CON ARENA (ML)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	34,7
5	99,9	LÍMITE PLÁSTICO
2	99,3	24,7
0,4	89,1	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	70,3	10,0
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		16,89 %

**SONDEO S-7. (2,60-3,00 m). ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD ARENOSA (CL)**

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	40,4
5	99,1	LÍMITE PLÁSTICO
2	96,4	24,9
0,4	77,0	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	52,6	15,5
CONTENIDO DE SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		14,98 %

## 6.6. ENSAYO DE CORTE DIRECTO.

El ensayo de corte directo tiene como objetivo determinar los parámetros resistentes de una muestra de suelo sometida a un esfuerzo cortante. Los dos componentes a los que se debe la resistencia al esfuerzo cortante en el suelo son la cohesión, aportada por la fracción fina del suelo, y el ángulo rozamiento interno.

El ensayo de corte directo se realiza sobre una probeta de suelo confinada lateralmente por las paredes rígidas de una caja de corte, que se encuentra dividida en dos mitades; la muestra es sometida a una carga normal constante y simultáneamente a la muestra se le aplica un empuje lateral que corta la probeta por un plano horizontal mientras se encuentra sometida a una presión normal a dicho plano.

Se realiza el ensayo para tres probetas de una misma muestra de suelo, aplicando diferentes cargas normales, de forma que si por un lado se proyecta en una gráfica el desplazamiento horizontal producido entre los dos bloques y la tensión tangencial, y por otro lado la tensión tangencial máxima que se alcanza para cada tensión normal aplicada, podremos encontrar la envolvente de los círculos de Mohr, con lo que ello implica: la cohesión y el ángulo de rozamiento interno.

A continuación se ofrecen los resultados obtenidos en los ensayos efectuados:

<b>CORTE DIRECTO (U.U.)</b>	<b>SONDEO S-1 (3,60-4,00m)</b>	<b>SONDEO S-2 (4,60-5,00m)</b>	<b>SONDEO S-5 (4,20-4,60m)</b>
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2,04	2,08	2,23
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,76	1,80	2,01
Cohesión (kPa)	<b>10,67</b>	<b>22,67</b>	<b>27,67</b>
Ángulo de Rozamiento (°)	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>

## 6.7. ENSAYO DE PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO.

Este ensayo tiene por objeto la determinación de la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro, siendo dicha presión de hinchamiento la presión vertical necesaria para mantener sin cambio de volumen (es decir, en equilibrio), una probeta confinada lateralmente, cuando se inunda de agua la célula edométrica estanca que contiene a aquella.

El valor de la presión de hinchamiento  $P_h$ , se obtiene dividiendo la carga aplicada en el momento del equilibrio,  $Q$ , expresada en N, por la sección recta de la probeta,  $S$ , en  $\text{mm}^2$ , mediante la siguiente expresión:

$$P_h = Q/S \times 1000 \text{ (kPa)}$$

A continuación, se ofrecen los resultados obtenidos en los ensayos llevados a cabo para la determinación de la presión de hinchamiento de un suelo:

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO	SONDEO S-1 (3,60-4,00m)	SONDEO S-4 (6,60-7,00m)	SONDEO S-5 (4,20-4,60m)	SONDEO S-7 (6,20-6,60m)
Densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,98	2,06	2,14	1,99
Densidad seca ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,65	1,74	1,85	1,71
Humedad inicial (%)	20,20	18,31	15,87	16,41
Humedad final (%)	22,07	20,00	19,39	19,76
Presión de hincham. ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	<b>0,41</b>	<b>0,31</b>	<b>1,22</b>	<b>0,46</b>

De estos resultados, se deduce que se estaría en presencia de un terreno con una expansividad potencial media-alta, siempre respecto a las condiciones de humedad en las que se encontraban las muestras en el momento de su ensayo, siendo posible que se produzcan variaciones volumétricas del terreno de cierta importancia, como consecuencia de modificaciones en las condiciones de humedad del subsuelo que se puedan producir, bien durante la fase constructiva o bien con posterioridad a esta.

Todo terreno expansivo se considera activo siempre que se encuentre sometido a variaciones de su contenido de humedad (los suelos se secan y se contraen con el clima seco, hinchándose de nuevo al humedecerse con la lluvia, con aguas de escorrentía, con fugas de canalizaciones o por el ascenso capilar de agua subterránea).

Se considera como capa activa del terreno el tramo superficial del subsuelo que interacciona con la atmósfera, estimándose como tal en la Península Ibérica aproximadamente los 3,00-4,00 primeros metros de profundidad.

Así pues, el terreno encontrado haría necesario tener un cierto cuidado por las posibles variaciones en las condiciones de humedad que se pudieran dar, con lo que se deberían adoptar las medidas de seguridad oportunas.

A continuación se detallan algunas recomendaciones genéricas para cuando el terreno es potencialmente expansivo, las cuales podría adoptar la Dirección Facultativa si lo estimase oportuno, sin que se descarten otras soluciones alternativas que se pudieran llegar a considerar:

- Las excavaciones necesarias para la ejecución de la obra, podrían provocar variaciones en el estado de humedad del terreno, lo que podría afectar a las cimentaciones. Así pues, habrá que cuidar que esas condiciones de humedad no se modifiquen durante la fase constructiva o con posterioridad; para ello, los trabajos se desarrollarán con la mayor brevedad posible, evitando prolongadas exposiciones a la intemperie de las excavaciones.
- Empotramiento suficiente de la cimentación en el terreno, preferiblemente por debajo de la capa activa del terreno, con objeto de limitar los posibles cambios en su humedad y reducir los efectos de una posible expansividad.
- Las soleras no deberían apoyar directamente sobre el terreno potencialmente expansivo, siendo preferible la ejecución de forjados sanitarios con una correcta ventilación y debidamente calculados, o su disposición sobre un encachado o una mejora de terreno.
- Se recomienda la ejecución de aceras alrededor de la edificación, con objeto de reducir la infiltración de agua hacia la cimentación. Las aceras deberían tener una ligera pendiente hacia fuera para evacuar las aguas a cunetas adecuadas.
- Se aconseja reducir en lo posible la disposición de zonas ajardinadas en las inmediaciones de la edificación, debido a las infiltraciones de agua de riego en el terreno y/o el desecamiento del terreno que producirían las raíces de hipotéticos árboles cercanos.
- Deberán controlarse todas las conducciones subterráneas, saneamientos, canalizaciones y tuberías, para evitar roturas o fugas de agua que alteren el estado de humedad del subsuelo.

## 6.8. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL SUELO ( $\phi$ , $c$ , $\gamma$ , $k$ ).

Para la determinación de los parámetros intrínsecos del terreno se pueden tomar como referencia los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio, así como los establecidos en las tablas “D.26. Valores orientativos de densidades de suelos”, “D.27. Propiedades básicas de los suelos” y “D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad” incluidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE), o los indicados en la bibliografía geotécnica habitual.

En base a los tipos de terreno existentes en el subsuelo de la parcela, según las observaciones efectuadas y los datos bibliográficos disponibles, se tendrían los siguientes parámetros:

NIVEL 1-A. TERRENO REMOVILIZADO Y RELLENOS			
Parámetros característicos del suelo	Resultados de laboratorio	Valores CTE	Otros valores bibliográficos
Ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ )	-	25°	-
Cohesión ( $C$ )	-	-	-
Densidad seca ( $\gamma_s$ )	-	-	-
Densidad aparente ( $\gamma_a$ )	-	1,70 g/cm <sup>3</sup>	-
Humedad ( $H$ )	-	-	-
Coeficiente de permeabilidad ( $k$ )	-	-	-

NIVEL 1-B. DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE GLACIS			
Parámetros característicos del suelo	Resultados de laboratorio	Valores CTE	Otros valores bibliográficos
Ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ )	22°	16-28°	20-30°
Cohesión ( $C$ )	10,67 kPa	-	20-80 kPa
Densidad seca ( $\gamma_s$ )	1,65-1,76 g/cm <sup>3</sup>	1,40-2,10 g/cm <sup>3</sup>	-
Densidad aparente ( $\gamma_a$ )	1,98-2,04 g/cm <sup>3</sup>	1,60-2,20 g/cm <sup>3</sup>	1,80-2,10 g/cm <sup>3</sup>
Humedad ( $H$ )	14,98-19,06 %	-	18-38 %
Coeficiente de permeabilidad ( $k$ )	-	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-9</sup> m/s	5×10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-10</sup> m/s

NIVEL 2. ARCILLAS ARENOSAS Y LIMOS ARENOSOS			
Parámetros característicos del suelo	Resultados de laboratorio	Valores CTE	Otros valores bibliográficos
Ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ )	18-20°	16-28°	20-30°
Cohesión (C)	22,67-27,67 kPa	-	20-80 kPa
Densidad seca ( $\gamma_s$ )	1,74-2,01 g/cm <sup>3</sup>	1,40-2,10 g/cm <sup>3</sup>	-
Densidad aparente ( $\gamma_a$ )	2,06-2,23 g/cm <sup>3</sup>	1,60-2,20 g/cm <sup>3</sup>	1,80-2,10 g/cm <sup>3</sup>
Humedad (H)	15,32-22,39 %	-	18-38 %
Coefficiente de permeabilidad (k)	-	< 10 <sup>-9</sup> m/s	5×10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-10</sup> m/s

## 7. ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LA OBRA.

### 7.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

La parcela investigada tiene forma rectangular, con la esquina noreste truncada, quedando delimitada por la Calle Ocho de Marzo por el Norte, por la Calle Democracia por el Oeste, por una parcela desocupada por el Sur, por la Calle Abedules por el Este y por la Calle Hayas por el Noreste.

La superficie de la parcela es subhorizontal, con una suave pendiente ascendente desde el Oeste-Suroeste hacia el Este-Noreste, haciéndose ésta más abrupta en el lateral de la Calle Abedules, de manera que entre la esquina suroeste y la esquina noreste existe un desnivel de aproximadamente 4 m.

Al mismo tiempo, el interior de la parcela está cubierto por vegetación herbácea y abundantes árboles y arbustos.

Debido a la pendiente del terreno, los ensayos de campo se han efectuado a diferentes cotas; en función del plano topográfico disponible, se podrían considerar las siguientes cotas de inicio de los ensayos de campo:

Ensayo	Cota de inicio aproximada	Ensayo	Cota de inicio aproximada
S-1	≈ 701,30 m	P-1	≈ 702,00 m
S-2	≈ 702,15 m	P-2	≈ 701,15 m
S-3	≈ 702,90 m	P-3	≈ 701,85 m
S-4	≈ 701,65 m	P-4	≈ 702,40 m
S-5	≈ 701,00 m	P-5	≈ 701,50 m
S-6	≈ 701,55 m	P-6	≈ 701,75 m
S-7	≈ 702,40 m		

En base a los resultados obtenidos de los sondeos llevados a cabo, se ha podido establecer que el subsuelo de la parcela estudiada estaría compuesto por los siguientes materiales:



**Nivel 1:** desde la superficie de la parcela hasta 3,00-4,70 m de profundidad, aparecería una cobertera vegetal con desarrollo de raíces sobre terreno removilizado areno-arcilloso con cantos dispersos y en ocasiones restos de ladrillo, cerámica y plástico, todo ello dispuesto sobre un posible depósito de glaciares de edad cuaternario, formado por limos arcillosos con arenas. Los materiales presentan colores pardos y pardos oscuros. La compacidad del terreno es variable, con altibajos, entre floja y media, y su compresibilidad puede ser bastante elevada en algunas zonas.

**Nivel 2:** por debajo del nivel de relleno, desde 3,00-4,70 m hasta 12,00-12,60 m de profundidad, fin de los sondeos, aparecerían arcillas limosas algo arenosas con pasadas de arcillas limosas bastante arenosas, las cuales presentan venillas carbonatadas en profundidad; a techo, en el lateral Este de la parcela, aparece un tramo de 1,00-2,20 m de espesor de arenas medias-finas algo limo-arcillosas. Los materiales presentan colores pardos. La compacidad del terreno es media para el tramo arenoso, mientras que para los materiales arcillo-limosos la consistencia del terreno es muy firme-dura, aunque con altibajos.

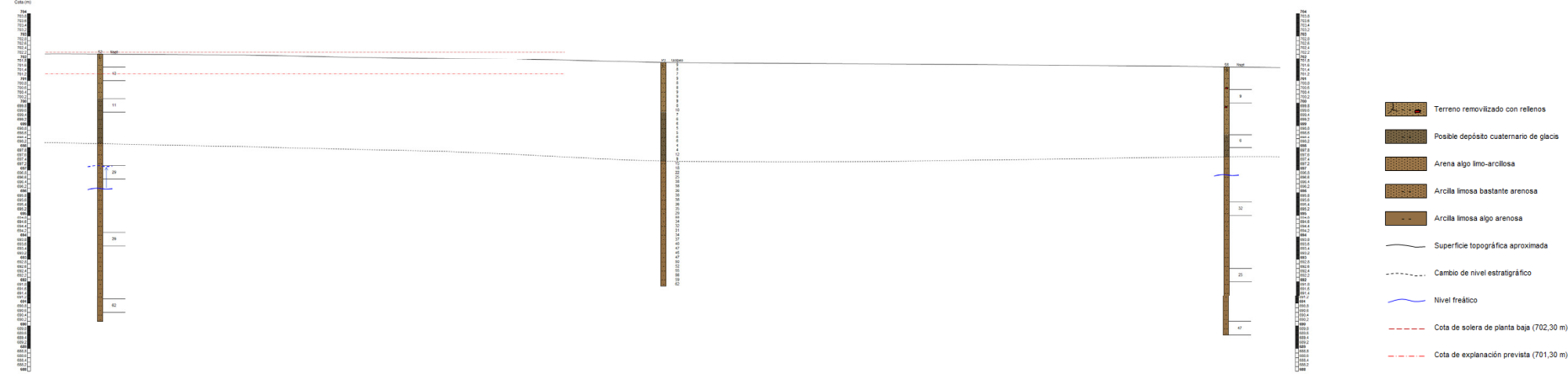
Los resultados alcanzados en los ensayos de penetración dinámica vendrían a corroborar los resultados obtenidos en los sondeos.

Por su parte, durante la realización de los sondeos, efectuados entre los días 20 y 25 de junio de 2018, se detectó la presencia del nivel freático en todos ellos, a profundidades de entre 4,60 y 7,60 m respecto de la superficie de la parcela, quedando el nivel de agua estabilizado a profundidades de entre 4,40 y 5,00 m de profundidad respecto de la superficie del terreno, según se pudo observar en mediciones realizadas posteriormente.

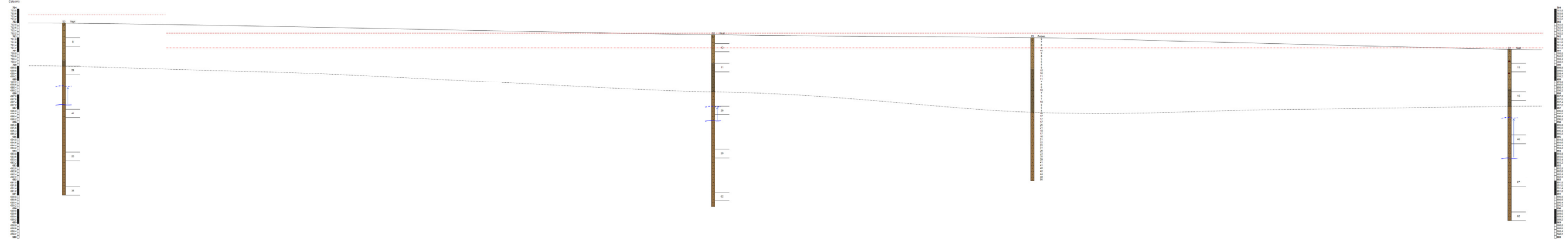


## 7.2. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.

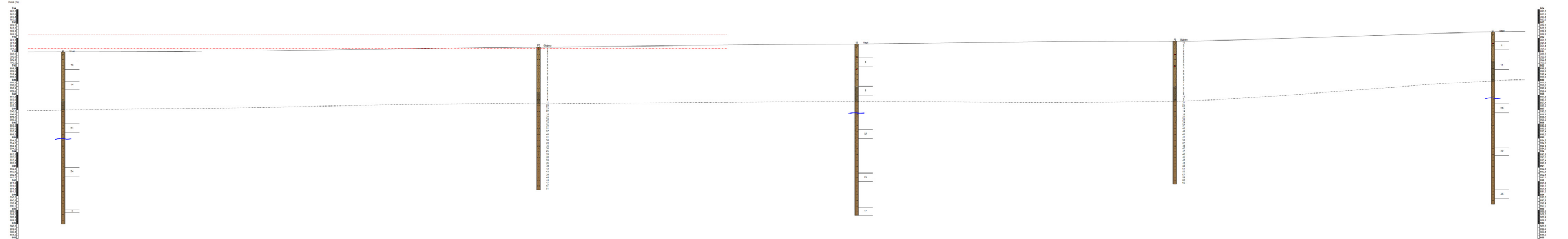
PERFIL ESTRATIGRÁFICO 1  
Calle Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid.



PERFIL ESTRATIGRÁFICO 2  
Calle Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid.



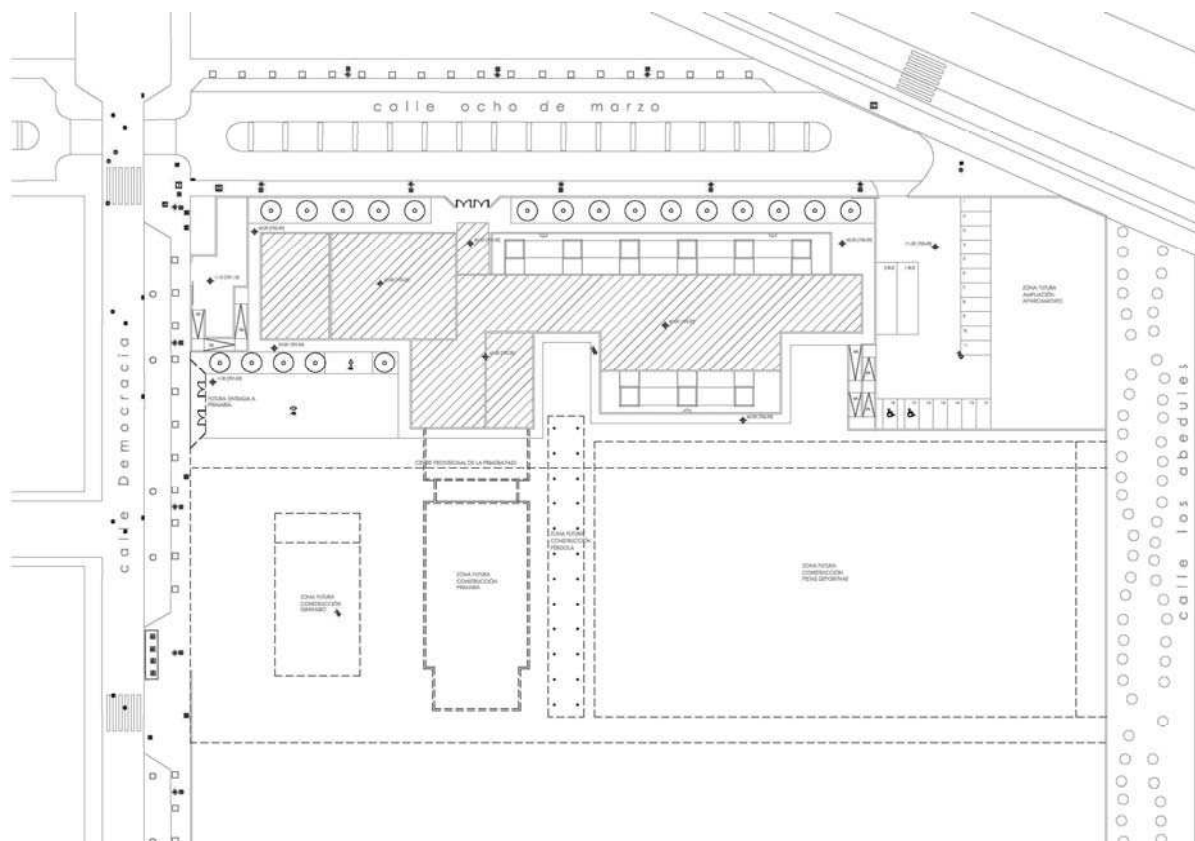
PERFIL ESTRATIGRÁFICO 3  
Calle Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid.



### 7.3. TIPO DE CIMENTACIÓN Y CAPACIDAD PORTANTE.

Se proyecta la construcción de un centro educativo: en una primera fase, se construirá el edificio principal, de una planta sobre-rasante, así como un aparcamiento en superficie; posteriormente se construirá la zona de pistas deportivas al aire libre, la ampliación del aparcamiento, un gimnasio de una planta sobre-rasante y un módulo de primaria, de hasta tres plantas sobre-rasante.

En conjunto, el centro educativo terminará ocupando una superficie de unos 7.900 m<sup>2</sup>, mientras que la superficie total construida será de unos 9.500 m<sup>2</sup>.



Plano de planta del proyecto.



Sección longitudinal del edificio principal que se construirá en la primera fase.

Según el plano facilitado por la Dirección Facultativa, la planta baja del edificio se situará a la cota 702,30 m, mientras que el aparcamiento se encontrará a la cota 703,60 m; al mismo tiempo, el edificio contará con forjado sanitario, por lo que la cota de explanación se encontraría a la cota 701,30 m.

A la cota de explanación considerada, el terreno previsiblemente estará formado por terreno removilizado areno-arcilloso de baja compacidad y subyacentemente aparecerían los depósitos cuaternarios de glaciés de baja consistencia, con un espesor conjunto entre ambos tramos de 4,00-4,50 m por debajo del plano de explanación en la mitad oeste de la parcela, decreciendo gradualmente este espesor hasta aproximadamente 1,50 m hacia el Este de la parcela.

Estos materiales no son los más adecuados para soportar la cimentación de las edificaciones, por lo que sería necesario travesarlos y alcanzar el terreno arcillo-limoso de mayor consistencia que aparece en profundidad. Para ello, se podría emplear una cimentación mediante pozos de cimentación, rellenos de hormigón en masa y culminados por las zapatas estructurales, solución que sería viable en las zonas donde el espesor de terreno blando no exceda de 2,00-2,50 m; si el espesor de terreno blando a atravesar fuera mayor habría que considerar el empleo de una cimentación profunda mediante pilotes “in situ” o bien, reconsiderar las cotas del proyecto y ejecutar una cámara sanitaria mayor, con la que retirar un mayor espesor de terreno blando y acortar la profundidad de los pozos.

La capacidad portante del terreno viene determinada por el tipo de estructura y cimentación a diseñar, por las cargas a transmitir y por la composición y características del terreno existente tanto a la cota de apoyo de la cimentación como por debajo de la misma.

Puesto que el apoyo de los pozos de cimentación se produciría en un tramo de arcillas y limos con arenas finas, se tendría que realizar una comprobación para hipótesis de terreno cohesivo.

Para ello, se podría estimar un valor de resistencia a la compresión simple según las relaciones expuestas en el CTE, basándonos en los valores obtenidos en los ensayos SPT realizados en el interior de los sondeos; aunque el empleo de los ensayos SPT no se considera la opción más idónea para la determinación de las características portantes de los terrenos cohesivos, se considera un método válido siempre que se estimen con las naturales precauciones.

A continuación se indican algunas de las relaciones más usuales entre la resistencia a la rotura a la compresión simple ( $q_u$ ) y los índices  $N_{SPT}$  y la consistencia de las arcillas, según aparecen en el Código Técnico de la Edificación (CTE):

Valores orientativos de $N_{SPT}$ y $q_u$ Extracto de la tabla D.23 SE-C Cimientos (CTE)		
Consistencia del suelo	$N_{SPT}$	$q_u$ (kPa)
Muy blando	< 10	0 - 80
Blando	10 - 25	80 - 150
Medio	25 - 50	150 - 300
Compacto	50 - R	300 - 500

Consistencia de las arcillas Tabla D.3 SE-C Cimientos (CTE)	
Clasificación	$q_u$ (kPa)
Muy blanda	0 - 25
Blanda	25 - 50
Media	50 - 100
Firme	100 - 200
Muy firme	200 - 400
Dura	> 400

Según se recoge en la tabla D.23 del Documento Básico SE-C Cimientos (CTE-2007), si para el terreno arcillo-limoso del Nivel 2 se considera un índice  $N_{SPT}$  de al menos 25, se podrían estimar unos valores orientativos para la resistencia a la compresión simple de 0,80-1,50 kg/cm<sup>2</sup>.

Por otro lado, según la tabla D.3 del Documento Básico SE-C Cimientos (CTE-2007), para un terreno de consistencia muy firme se podría estimar un valor orientativo para la resistencia a la compresión simple de 2,00-4,00 kg/cm<sup>2</sup>.

Así pues, en función de las anteriores consideraciones, se podría considerar que las arcillas arenosas y limos arenosos del Nivel 2, en conjunto con una consistencia mínima de muy firme, tendrían un valor de resistencia a la compresión simple de aproximadamente 2,00 kg/cm<sup>2</sup>.

De este modo, los valores de carga de hundimiento ( $q_h$ ) y de carga admisible del terreno ( $q_{adm}$ ), para una profundidad de apoyo ( $D$ ) de los pozos de al menos 2,00 m por debajo de la cota de explanación finalmente alcanzada, serían las siguientes:

$$q_h = 1,20 \times C_u \times N_c + (\rho \times D)$$

Siendo:

$q_u$  = resistencia a la compresión simple =  $2,00 \text{ kg/cm}^2 = 20,00 \text{ t/m}^2$

$C_u$  = cohesión al corte sin drenaje ( $q_u/2$ ) =  $10,00 \text{ t/m}^2$

$N_c$  = coeficiente de carga = 5,14

$\rho$  = densidad aparente media =  $2,06 \text{ t/m}^3$

$D$  = empotramiento mínimo en el terreno = 2,00 m

Sustituyendo valores, se tendría:

$$q_h = 1,20 \times 10,00 \times 5,14 + (2,06 \times 2,00) = 65,80 \text{ t/m}^2$$

Aplicando un factor de seguridad  $F=3$ , finalmente se tendría:

$$q_{adm} = q_h/F = 65,80/3 = 21,93 \text{ t/m}^2 = 2,19 \text{ kg/cm}^2$$

Para apoyos en terrenos cohesivos, si se considera como premisas que el asiento diferencial máximo sea de 1,00-1,25 cm y que el asiento diferencial pueda alcanzar el valor de 2/3 del asiento total, se tiene que el asiento total máximo estaría limitado a unos 2,00 cm, por lo que la carga admisible a emplear se vería restringida por los asientos previstos.

En cualquiera de los casos posibles, se recomienda apoyar la cimentación en terreno lo más homogéneo posible para evitar la aparición de asientos diferenciales. Además, si a la cota de cimentación prevista se encontrara algún blandón inesperado, se atravesarán estos materiales hasta alcanzar materiales con un comportamiento geotécnico adecuado, alargando lo necesario la profundidad de los pozos de cimentación.

Por tanto, para una cimentación mediante pozos de cimentación que se empotren al menos 0,30 m en las arcillas limosas con arenas del Nivel 2, de manera que los pozos tengan una profundidad máxima del orden de 2,50-3,00 m por debajo del plano de explanación, se podría adoptar una carga de trabajo de hasta  $2,00 \text{ kg/cm}^2$ , limitándose las dimensiones de la cimentación a una anchura máxima de 2,00 m.

En el caso de que finalmente fuera necesario emplear una cimentación profunda mediante pilotes hormigonados “in situ”, estos se empotrarían en las arcillas limosas con arenas del Nivel 2 que aparecerían unos 4,00-4,50 m por debajo del plano de explanación y que presentan una consistencia mínima de muy firme.

Si se emplean pilotes de diámetro inferior a 0,45 m, no se podrán ejecutar pilotes aislados, sino grupos de al menos dos pilotes, unidos por un encepado que servirá para el apoyo de las cargas estructurales, transmitiendo toda la carga a niveles resistentes inferiores.

Si se emplean pilotes de diámetro igual o superior a 0,45 m e inferior a 1,00 m, se podrán ejecutar pilotes aislados, siempre que se realice un arriostramiento en dos direcciones ortogonales y se asegure la integridad del pilote en toda su longitud de acuerdo con los métodos de control adecuados.

Si se emplean pilotes de diámetro igual o superior a 1,00 m, se podrán ejecutar pilotes aislados sin necesidad de arriostramiento, siempre que se asegure la integridad del pilote en toda su longitud de acuerdo con los métodos de control adecuados, y el pilote se arme para las excentricidades permitidas y momentos resultantes.

Para el pre-dimensionamiento de los pilotes se emplea el método de cálculo establecido en el CTE, que se explica a continuación:



## CÁLCULO DE PILOTAJE (Método del CTE)

La resistencia característica al hundimiento de un pilote aislado se considerará dividida en dos partes: resistencia por punta y resistencia por fuste.

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk}$$

Siendo:

$R_{ck}$  la resistencia frente a la carga vertical que produce el hundimiento;

$R_{pk}$  la parte de la resistencia que se supone soportada por la punta;

$R_{fk}$  la parte de la resistencia que se supone soportada por el contacto pilote-terreno en el fuste.

Para estimar ambas componentes de la resistencia se supondrá que son proporcionales a las áreas de contacto respectivas de acuerdo con las expresiones:

$$R_{pk} = q_p \cdot A_p$$

$$R_{fk} = \int_0^L \tau_f \cdot p_f \cdot dz$$

Siendo:

$q_p$  la resistencia unitaria por la punta;

$A_p$  el área de la punta;

$\tau_f$  la resistencia unitaria por el fuste;

$L$  la longitud del pilote dentro del terreno;

$p_f$  el perímetro de la sección transversal del pilote;

$z$  la profundidad contada desde la parte superior del pilote en contacto con el terreno.



Cuando la resistencia unitaria por fuste varíe con la profundidad, para el cálculo de la resistencia total por fuste se debe realizar una integración a lo largo del pilote. En los casos en que la resistencia total por fuste sea constante por tramos y también lo sea la longitud del contorno del pilote en cualquier sección horizontal, la resistencia por fuste se considerará como un sumatorio con un término por cada tramo, esto es:

$$R_{fk} = \sum \tau_f \cdot A_f$$

Siendo:

$A_f$  el área del contacto entre el fuste del pilote y el terreno en cada tramo;

$\tau_f$  la resistencia unitaria por fuste en cada tramo.

Considerando el empleo de pilotes perforados hormigonados “in situ” sin control de parámetros, con diámetros ( $\varnothing$ ) de entre 0,45 y 0,55 m, se tiene que el tope estructural de los pilotes sería el siguiente:

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

Siendo:

$\sigma$  la tensión del pilote, en pilotes perforados  $\sigma = 3,5 \text{ MPa} = 3500 \text{ kN/m}^2$ ;

$A$  área de la sección transversal (supuesto pilote de  $\varnothing = 0,45 \text{ m}$ ) =  $0,16 \text{ m}^2$ .

$A$  área de la sección transversal (supuesto pilote de  $\varnothing = 0,55 \text{ m}$ ) =  $0,24 \text{ m}^2$ .

Con lo que:

$$\text{pilote de } \varnothing = 0,45 \text{ m} \quad Q_{\text{tope}} = 560 \text{ kN}$$

$$\text{pilote de } \varnothing = 0,55 \text{ m} \quad Q_{\text{tope}} = 840 \text{ kN}$$

La determinación de la resistencia de hundimiento se puede realizar mediante soluciones analíticas o mediante ensayos de penetración “in situ”; cuando los pilotes atraviesan suelos cohesivos, la carga de hundimiento, evaluada mediante fórmulas estáticas, debe calcularse en dos situaciones que corresponden al hundimiento sin drenaje o a corto plazo y al hundimiento con drenaje o a largo plazo.

## CORTO PLAZO

### Resistencia por fuste:

en suelos cohesivos:

$$\tau_f = \frac{100 \times C_u}{100 + C_u} ; \tau_f \leq 100 kPa$$

en suelos granulares:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \tan \phi ; \tau_f \leq 120 kPa$$

siendo

$C_u$  resistencia al corte sin drenaje;

$\sigma'_v$  la presión vertical efectiva al nivel considerado;

$k_f$  coeficiente de empuje horizontal, para pilotes perforados  $k_f=0,75$ ;

$f$  factor de reducción del rozamiento del fuste, para pilotes “in situ”  $f=1,00$ ;

$\Phi$  ángulo de rozamiento interno del suelo.

La resistencia al corte sin drenaje se puede estimar a partir de la expresión:

$$C_u = q_u / 2$$

donde

$C_u$  resistencia al corte sin drenaje;

$q_u$  resistencia a la compresión simple;

El CTE, en la Tabla D.3 Consistencia de las arcillas, clasifica las arcillas en función de su resistencia a la compresión simple:

**Tabla D.3. Consistencia de las arcillas**

Clasificación	Resistencia a compresión simple $q_u$ (kPa)
Muy blanda	0-25
Blanda	25-50
Media	50-100
Firme	100-200
Muy firme	200-400
Dura	> 400

Dada su baja compacidad y elevada compresibilidad se desestima la posible colaboración que pudieran aportar los materiales de relleno y los depósitos cuaternarios de glaciares, los cuales tendrían un espesor aproximado de 4 m por debajo del plano de explanación.

Una vez que los pilotes atravesasen esos primeros 4 m, éstos se desarrollarían en el terreno arcillo-limoso de elevada consistencia del Nivel 2, el cual se encontrará afectado por el nivel freático, en una franja de aproximadamente 2 m de espesor, a una profundidad media de 6 m respecto de la cota de explanación, de manera que se tendría:

- Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con un espesor medio de unos 2,00 m por debajo de los rellenos, una densidad aparente media de  $21,2 \text{ kN/m}^3$ , una resistencia a la compresión simple teórica de  $200 \text{ kN/m}^2$  y una resistencia al corte sin drenaje teórica de  $100 \text{ kN/m}^2$ :

$$\tau_f = \frac{100 \times C_u}{100 + C_u} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50,00 \text{ kN/m}^2$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45 \text{ m}$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 50,00 \times (0,45 \times \pi \times 2,00) = 141,00 \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55 \text{ m}$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 50,00 \times (0,55 \times \pi \times 2,00) = 173,00 \text{ kN}$$

- Arcillas limosas con arenas bajo el nivel freático, terreno cohesivo, con un espesor medio de unos 2,00 m por debajo del tramo anterior, una densidad sumergida teórica de  $11,2 \text{ kN/m}^3$ , una resistencia a la compresión simple teórica de  $200 \text{ kN/m}^2$  y una resistencia al corte sin drenaje teórica de  $100 \text{ kN/m}^2$ :

$$\tau_f = \frac{100 \times C_u}{100 + C_u} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50,00 \text{ kN/m}^2$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45 \text{ m}$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 50,00 \times (0,45 \times \pi \times 2,00) = 141,00 \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55 \text{ m}$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 50,00 \times (0,55 \times \pi \times 2,00) = 173,00 \text{ kN}$$

- Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con una densidad aparente media de 21,2 kN/m<sup>3</sup>, una resistencia a la compresión simple teórica de 400 kN/m<sup>2</sup> y una resistencia al corte sin drenaje teórica de 200 kN/m<sup>2</sup>, continuando previsiblemente estos materiales en profundidad más allá de la cota topográfica 689,00 m hasta la que se han reconocido.

$$\tau_f = \frac{100 \times C_u}{100 + C_u} = \frac{100 \times 200}{100 + 200} = 66,67 \text{ kN/m}^2$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45 \text{ m}$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 66,67 \times (0,45 \times \pi \times L) = 94,00L \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55 \text{ m}$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 66,67 \times (0,55 \times \pi \times L) = 115,33L \text{ kN}$$

Siendo L la longitud de empotramiento de los pilotes dentro del nivel considerado.

### Resistencia por punta:

en suelos cohesivos:

$$q_p = N_p \times C_u$$

en suelos granulares:

$$q_p = f_p \times \sigma'_{vp} \times N_q$$

siendo

$N_p$  Depende del empotramiento del pilote, pudiéndose adoptar un valor igual a 9;

$C_u$  La resistencia al corte sin drenaje del suelo cohesivo, teniendo en cuenta la presión de confinamiento al nivel de la punta (entorno comprendido entre dos diámetros por encima y dos diámetros por debajo de ella).

$f_p$  2,50 para pilotes perforados hormigonados “in situ”;

$\sigma'_{vp}$  la presión vertical efectiva al nivel de la punta antes de instalar el pilote;

$N_q$  factor de capacidad de carga definido por la expresión  $\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \times e^{\pi \tan \phi}$   
donde

$\Phi$  es el ángulo de rozamiento interno del suelo.

El apoyo de la punta de los pilotes se producirá en el tramo de arcillas limosas con arenas que presentan una mayor consistencia, terreno de naturaleza cohesiva para el que se considera una resistencia al corte sin drenaje teórica de 200 kN/m<sup>2</sup>.

Sustituyendo valores, para la resistencia por punta se tendría:

$$q_p = 9 \times 200 = 1800 \text{ kN/m}^2$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45 \text{ m}$

$$R_{pk} = q_p \times A_p = 1800 \times (\pi \times r^2) = 288,00 \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55 \text{ m}$

$$R_{pk} = q_p \times A_p = 1800 \times (\pi \times r^2) = 432,00 \text{ kN}$$



### Resistencia total frente al hundimiento:

Una vez calculada la resistencia por punta y por fuste, se tiene la resistencia total frente al hundimiento a corto plazo para la estratigrafía considerada:

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45$  m

$$R_{ck} = 141,00 + 141,00 + 288,00 + 94,00L \text{ kN}$$

$$R_{ck} = 94,00L + 570,00 \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55$  m

$$R_{ck} = 173,00 + 173,00 + 432,00 + 115,33L \text{ kN}$$

$$R_{ck} = 115,33L + 778,00 \text{ kN}$$

Por tanto, aplicando un factor de seguridad ( $\gamma_R$ ) de 3, la longitud de empotramiento dentro de las arcillas limosas con arenas por debajo del tramo saturado por el nivel freático, necesaria para cubrir en su totalidad el tope estructural de los pilotes, sería:

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45$  m

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R} = \frac{R_{ck}}{3}$$

$$R_{cd} = Q_{\text{tope}} = 560 \text{ kN}$$

$$560 = \frac{94,00L + 570,00}{3} \quad ; \quad L = 11,81 \text{ m}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55$  m

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R} = \frac{R_{ck}}{3}$$

$$R_{cd} = Q_{\text{tope}} = 840 \text{ kN}$$

$$840 = \frac{115,33L + 778,00}{3} \quad ; \quad L = 15,10 \text{ m}$$

Así pues, en la situación a corto plazo, para poder aprovechar al máximo el tope estructural de los pilotes de 0,45 m de diámetro, sería necesario empotrarlos 11,81 m en las arcillas limosas con arenas por debajo del tramo afectado por el nivel freático, con lo que la longitud total de los pilotes por debajo del nivel de relleno sería de aproximadamente 15,80 m; por su parte, para poder aprovechar al máximo el tope estructural de los pilotes de 0,55 m de diámetro, sería necesario empotrarlos 15,10 m en las arcillas limosas con arenas por debajo del tramo afectado por el nivel freático, con lo que la longitud total de los pilotes por debajo del nivel de relleno sería de aproximadamente 19,10 m.

## LARGO PLAZO

### Resistencia por fuste:

en suelos granulares y cohesivos:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi \quad ; \quad \tau_f \leq 100 \text{ kPa}$$

siendo

- $\sigma'_v$  la presión vertical efectiva al nivel considerado;
- $k_f$  coeficiente de empuje horizontal, para pilotes perforados  $k_f=0,75$ ;
- $f$  factor de reducción del rozamiento del fuste, para pilotes “in situ”  $f=1,00$ ;
- $\Phi$  ángulo de rozamiento interno del suelo.

Considerando el mismo modelo conceptual del subsuelo empleado anteriormente, se tendría:

- Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con un espesor medio de unos 2,00 m por debajo del nivel de relleno, una densidad aparente media de 21,2 kN/m<sup>3</sup> y un ángulo de rozamiento medio de 19°.

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi = 101,20 \times 0,75 \times 1 \times \operatorname{tg} 19^\circ = 26,13 \text{ kN/m}^2$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45 \text{ m}$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 26,13 \times (0,45 \times \pi \times 2,00) = 73,70 \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55 \text{ m}$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 26,13 \times (0,55 \times \pi \times 2,00) = 90,43 \text{ kN}$$

- Arcillas limosas con arenas bajo el nivel freático, terreno cohesivo, con un espesor medio de unos 2,00 m por debajo del tramo anterior, una densidad sumergida teórica de 11,2 kN/m<sup>3</sup> y un ángulo de rozamiento medio de 19°.

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi = 133,60 \times 0,75 \times 1 \times \operatorname{tg} 19^\circ = 34,50 \text{ kN/m}^2$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45$  m

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 34,50 \times (0,45 \times \pi \times 2,00) = 97,29 \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55$  m

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 34,50 \times (0,55 \times \pi \times 2,00) = 119,38 \text{ kN}$$

- Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con una densidad aparente media de  $21,2 \text{ kN/m}^3$  y un ángulo de rozamiento medio de  $19^\circ$ , continuando previsiblemente estos materiales en profundidad más allá de la cota topográfica  $689,00$  m hasta la que se han reconocido:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \text{tg} \phi = (144,80 + 10,60L) \times 0,75 \times 1 \times \text{tg} 19^\circ = 37,39 + 2,74L \text{ kN/m}^2$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45$  m

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = (37,39 + 2,74L) \times (0,45 \times \pi \times L) = 3,86L^2 + 52,72L \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55$  m

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = (37,39 + 2,74L) \times (0,55 \times \pi \times L) = 4,74L^2 + 64,68L \text{ kN}$$

Siendo L la longitud de empotramiento de los pilotes dentro del nivel considerado.

### Resistencia por punta:

en suelos granulares y cohesivos:

$$q_p = f_p \times \sigma'_{vp} \times N_q$$

siendo

$f_p$  2,50 para pilotes perforados hormigonados “in situ”;

$\sigma'_{vp}$  la presión vertical efectiva al nivel de la punta antes de instalar el pilote;

$N_q$  factor de capacidad de carga definido por la expresión  $\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \times e^{\pi \tan \phi}$

donde

$\Phi$  es el ángulo de rozamiento interno del suelo.

El apoyo de la punta de los pilotes se producirá en el tramo de arcillas limosas con arenas que presentan una mayor consistencia, terreno de naturaleza cohesiva para el que se considera un ángulo de rozamiento medio de 19°, con lo que para la resistencia por punta se tendría:

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45\text{m}$

$$q_p = 2,50 \times (144,80 + 21,20L) \times 5,80 = 2098,78 + 307,28L \text{ kN/m}^2$$

$$R_{pk} = q_p \times A_p = (2098,78 + 307,28L) \times (\pi \times r^2) = 335,80 + 49,16L \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55\text{m}$

$$q_p = 2,50 \times (144,80 + 21,20L) \times 5,80 = 2098,78 + 307,28L \text{ kN/m}^2$$

$$R_{pk} = q_p \times A_p = (2098,78 + 307,28L) \times (\pi \times r^2) = 503,71 + 73,75L \text{ kN}$$

### Resistencia total frente al hundimiento:

Una vez calculada la resistencia por punta y por fuste, se tiene la resistencia total frente al hundimiento a largo plazo para la estratigrafía considerada:

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45$  m

$$R_{ck} = 73,70 + 97,29 + (3,86L^2 + 52,72L) + (335,80 + 49,16L) \text{ kN}$$

$$R_{ck} = 3,86L^2 + 101,88L + 506,79 \text{ kN}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55$  m

$$R_{ck} = 90,43 + 119,38 + (4,74L^2 + 64,68L) + (503,71 + 73,75L) \text{ kN}$$

$$R_{ck} = 4,74L^2 + 138,43L + 713,51 \text{ kN}$$

Por tanto, aplicando un factor de seguridad ( $\gamma_R$ ) de 3, la longitud de empotramiento dentro de las arcillas limosas con arenas por debajo del tramo saturado por el nivel freático, necesaria para cubrir en su totalidad el tope estructural de los pilotes, sería:

Para pilotes de  $\varnothing = 0,45$  m

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R} = \frac{R_{ck}}{3}$$

$$R_{cd} = Q_{\text{tope}} = 560 \text{ kN}$$

$$560 = \frac{3,86L^2 + 101,88L + 506,79}{3} \quad ; \quad L = 8,67 \text{ m}$$

Para pilotes de  $\varnothing = 0,55$  m

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R} = \frac{R_{ck}}{3}$$

$$R_{cd} = Q_{\text{tope}} = 840 \text{ kN}$$

$$840 = \frac{4,74L^2 + 138,43L + 713,51}{3} \quad ; \quad L = 9,78 \text{ m}$$



Así pues, en la situación a largo plazo, para poder aprovechar al máximo el tope estructural de los pilotes de 0,45 m de diámetro, sería necesario empotrarlos 8,67 m en las arcillas limosas con arenas por debajo del tramo afectado por el nivel freático, con lo que la longitud total de los pilotes por debajo del nivel de relleno sería de aproximadamente 12,67 m; por su parte, para poder aprovechar al máximo el tope estructural de los pilotes de 0,55 m de diámetro, sería necesario empotrarlos 9,78 m en las arcillas limosas con arenas por debajo del tramo afectado por el nivel freático, con lo que la longitud total de los pilotes por debajo del nivel de relleno sería de aproximadamente 13,78 m.

Como la hipótesis más restrictiva ha resultado ser la situación a corto plazo, se tomarán los datos obtenidos en el cálculo correspondiente como valores preliminares para el dimensionamiento de los pilotes.

Durante la ejecución del pilotaje, se deberá controlar el espesor real y la naturaleza de los materiales atravesados, para confirmar que las hipótesis de cálculo son adecuadas, así como para confirmar la presencia del nivel freático y el espesor de terreno saturado, adoptando en cada caso las medidas adecuadas que garanticen la integridad estructural de los pilotes.

Sin embargo, si no fuera necesario alcanzar los topes estructurales máximos, debido a que las bajadas de cargas de los pilares de la edificación fueran muy inferiores, solo sería necesario que la resistencia al hundimiento del terreno cubriera la parte de carga utilizada.

Siguiendo el modelo de cálculo propuesto, la Dirección Facultativa de la obra o la empresa encargada del pilotaje, podrán adaptar los resultados obtenidos a la realidad del terreno y a las necesidades particulares de la obra, evaluando distintas dimensiones de pilote, diferente profundidad de empotramiento, el empleo de mayor o menor número de pilotes por encepado, etc... cumpliendo en cualquier caso los criterios de seguridad oportunos que garanticen la seguridad de la obra y del personal a su disposición, así como de las infraestructuras cercanas.

Es importante recalcar que la profundidad final de los pilotes será la que determine la empresa encargada de su ejecución, siendo los presentes cálculos un tanteo preliminar para su diseño.

En lo que respecta a la ejecución del aparcamiento y las futuras pistas deportivas, no se recomienda que apoyen directamente sobre el terreno removilizado; la solución más adecuada sería efectuar un pequeño vaciado y seguidamente ejecutar un relleno estructural de aproximadamente 1,00 m de espesor, que serviría para garantizar un apoyo homogéneo para las pistas y el firme del aparcamiento.

El relleno estructural se ejecutaría mediante la extensión y compactación de terreno adecuado/seleccionado en tongadas de 0,30 m espesor; cada tongada se compactaría al 95-100% de su Próctor normal/modificado.

Como consideraciones adicionales a todo lo expuesto anteriormente, si finalmente las estructuras se ejecutasen con una cimentación combinada mediante pozos y pilotes, sería necesario hacer uso de juntas de dilatación para separar zonas con distinta cimentación.

Además, se recomienda un riguroso control durante el desarrollo de la obra para confirmar que los materiales existentes coinciden con los reconocidos en el presente estudio y que la consistencia del terreno de apoyo es la adecuada.

Para evitar modificaciones en las condiciones de humedad del subsuelo, que pudieran dar lugar a hipotéticas alteraciones en las características resistentes del subsuelo, o incluso posibles cambios volumétricos del terreno por la expansividad potencial de la matriz arcillo-limosa, se estima imprescindible realizar las excavaciones necesarias en el menor tiempo posible, evitando que dichas excavaciones queden expuestas a la intemperie durante prolongados espacios de tiempo.

Además, se guardarán en todo momento las medidas de seguridad oportunas que garanticen la seguridad de los viales adyacentes, así como de la misma obra y del personal a su disposición.

Por último, es importante destacar que aunque el análisis y las conclusiones recogidas en el presente informe están basados en una interpretación razonable de los datos obtenidos en los ensayos puntuales realizados, se recomienda comprobar durante la ejecución de la obra que los resultados obtenidos son generalizables a toda la superficie de la parcela afectada por las construcciones.

#### 7.4. EXCAVACIONES.

El índice de excavabilidad, que se obtiene a partir de las tablas de HADJIGEORGIOU Y SCOBLE, para el nivel de relleno que cubre la parcela sería de 20-30, indicativo de terreno de fácil excavación, aumentando progresivamente la dificultad de la excavación con la profundidad, según se vaya incrementando la consistencia del terreno, para el caso de que finalmente se opte por una cimentación mediante pozos.

Todos estos materiales podrán ser retirados con maquinaria excavadora convencional, de la suficiente potencia para acometer con garantías los movimientos de tierras necesarios.

Índice de excavabilidad según Hadjigeorgiou y Scoble (1990)					
Clase	1	2	3	4	5
Resistencia bajo carga puntual $I_{s(50)}$ (MPa) Valoración ( $I_s$ )	0,5 0	0,5-1,5 10	1,5-2,0 15	2,0-3,5 20	> 3,5 25
Tamaño de bloque $J_v$ (Juntas/m <sup>3</sup> ) Valoración ( $B_s$ )	Muy pequeño 30 5	Pequeño 10-30 15	Medio 3-10 30	Grande 1-3 45	Muy grande 1 50
Alteración Valoración ( $W$ )	Completa 0,6	Alta 0,7	Moderada 0,8	Ligera 0,9	Nula 1,0
Disposición estructural relativa Valoración ( $J_s$ )	Muy favorable 0,5	Favorable 0,7	Ligeramente favorable 1,0	Desfavorable 1,3	Muy desfavorable 1,5
Índice de excavabilidad (IE)	< 20	20-30	30-45	45-55	> 55
Facilidad de excavación	Muy fácil	Fácil	Difícil	Muy difícil	Voladura

## 7.5. CÁLCULO DE ASIENTOS.

En primer lugar, se realiza el cálculo de asientos para la solución de cimentación propuesta, pozos de cimentación apoyados en terreno cohesivo arcillo-limoso, asumiendo para este caso un asiento máximo de unos 2,0 cm.

En cualquier caso, es preciso indicar que el asiento máximo tolerable por la estructura será fijado por el autor del proyecto, atendiendo a las características de la obra.

Si para la cota a la que apoyaría la cimentación propuesta se adopta  $N_{30} = 25$  como valor del índice  $N_{SPT}$ , un valor medio de resistencia a la compresión simple de  $q_u = 2,00 \text{ kg/cm}^2$ , un módulo de deformación del orden de  $300 \text{ kg/cm}^2$ , y si se considera una cimentación con una anchura máxima de 2,00 m, se puede comprobar que los asientos estimados serían inferiores al asiento máximo admisible, efectuándose los cálculos mediante métodos elásticos, según la fórmula:

$$s = b \times p \times \left[ \frac{1 - \nu^2}{E'} \right] \times K_0$$

Siendo:

$s$  = Asiento total

$p$  = Tensión admisible =  $2,00 \text{ kg/cm}^2$

$b$  = Ancho de cimentación estimado =  $2,00 \text{ m} = 200 \text{ cm}$

$\nu$  = Módulo de Poisson = 0,30

$E'$  = Módulo de deformación estimado =  $300 \text{ kg/cm}^2$

$K_0$  = Coeficiente de forma y distribución de carga = 1,12

Para apoyos de la cimentación en las arcillas limosas con arenas de elevada consistencia del Nivel 2, con una tensión de trabajo de hasta  $2,00 \text{ kg/cm}^2$  se tendría:

$$St = 1,4 \text{ cm} \leq S_{adm}$$

Al obtener como asientos totales estimados un valor menor de 2,0 cm, y teniendo en cuenta que  $St \leq S_{adm}$ , se concluye que el riesgo de asentamiento para las cimentaciones propuestas sería admisible.

Por su parte, si finalmente se optase por una cimentación profunda, en la fase actual del proyecto no resulta posible conocer con exactitud el número de pilotes que se emplearán, el diámetro y el tipo de pilote elegido, la longitud finalmente adoptada y la carga media de trabajo de cada pilote, por lo que se estima conveniente que el cálculo de los asientos previstos sea realizado por parte de la dirección facultativa de la obra o en su defecto por la empresa encargada de la ejecución del pilotaje, una vez se conozcan con precisión todos los detalles de la obra.

En todo caso, suele admitirse que en general la resistencia por el fuste de un pilote se moviliza totalmente con deformaciones verticales del orden del 0,5-1,0 % del diámetro del pilote. Puesto que los pilotes considerados tendrían un diámetro de entre 0,45 y 0,55 m, los asientos necesarios para movilizar la resistencia por fuste serían del orden de 4,5-5,5 mm. Las pruebas de carga experimentales confirman que los asientos necesarios para movilizar totalmente la resistencia pueden ser algo mayores, pero siempre de orden milimétrico.

Por otro lado, se deberá considerar el efecto grupo cuando la separación entre los ejes de los pilotes sea inferior a 3 diámetros, ya que la proximidad entre pilotes se traduciría en una interacción entre ellos.

Por último, es importante indicar que en cualquiera de los casos, la Dirección Facultativa deberá tener en cuenta la correcta modulación de las características estructurales de la obra, de forma individual y no genérica, utilizando las dimensiones definitivas de la cimentación para poder realizar un cálculo preciso de los asientos, que estará correlacionado con los resultados geotécnicos aportados en este informe (espesores de los estratos, tensiones admisibles y módulos de deformación, entre otros parámetros), siendo éstos unos cálculos aproximados.

## 7.6. NIVEL FREÁTICO Y AGRESIVIDAD DEL MEDIO.

Durante la ejecución de los sondeos, efectuados entre los días 20 y 25 de junio de 2018, se detectó la presencia del nivel freático a distintas cotas respecto de la superficie del terreno, entre 4,60 y 7,60 m de profundidad, variando dicha profundidad con el tiempo, hasta 4,40-5,00 m por debajo de la superficie de la parcela.

A continuación se muestran los datos obtenidos en las mediciones efectuadas:

Ensayo	Profundidad del nivel freático durante ejecución de trabajos	Profundidad del nivel freático tras el fin de los trabajos
S-1	≈-7,60 m el 20/6	≈-4,75 m el 22/6
S-2	≈-6,00 m el 20/6	≈-5,00 m el 22/6
S-3	≈-5,70 m el 21/6	≈-4,40 m el 22/6
S-4	≈-6,50 m el 21/6	≈-4,80 m el 22/6
S-5	≈-6,00 m el 25/6	-
S-6	≈-4,80 m el 25/6	-
S-7	≈-4,60 m el 22/6	-

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA.

Los ensayos para la determinación del contenido de sulfatos solubles en agua han dado como resultados unos valores de **52,58 y 179,71 mg/l**, por lo que según la instrucción EHE, que establece un rango de valores de 200-600 mg/l para la clasificación de ataque químico débil (ambiente Qa), se trataría de unas **aguas no agresivas** ya que los resultados obtenidos son inferiores al rango especificado.

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL TERRENO.

Los ensayos para la determinación del contenido en sulfatos solubles de un suelo, realizados sobre una muestra de los rellenos del **Nivel 1** ha dado como resultado un contenido de **535,07 mg/kg**, mientras que los realizados sobre las muestras del glacis cuaternario del **Nivel 1** y las del terreno arcillo-limoso del **Nivel 2**, han dado como resultado **NO CONTIENE** en todos los casos.



Según la instrucción EHE, ninguno de los terrenos ensayados sería agresivo frente al hormigón, ya que no se ha alcanzado en ningún caso el rango de valores de 2.000-3.000 mg/kg establecido para la clasificación de ataque químico débil (ambiente Qa).

### **CONCLUSIONES RESPECTO DE LA AGRESIVIDAD.**

La instrucción EHE establece el uso de hormigón sulforresistente en obra a partir de un contenido de sulfatos solubles en suelo superior a 3.000 mg/kg (Ambiente Qb) o de un contenido de sulfatos solubles en agua superior a 600 mg/l (Ambiente Qb).

Con los ensayos de laboratorio efectuados, se ha determinado que ni las aguas subterráneas ni el terreno que compone el subsuelo de la parcela serían agresivos, por lo que en principio no sería necesario emplear hormigones sulforresistentes en obra.



## 8. BIBLIOGRAFÍA.

- Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, IGME.
- Código Técnico de la Edificación. 2007.
- González de Vallejo, L.I.; Ferrer, M.; Ortuño, L.; Oteo Mazo, C. Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid, 2002.
- Jiménez Salas, J.A., de Justo Alpañés, J.L. Geotecnia y Cimientos I. Ed. Rueda, Madrid, 1971.
- Rodríguez Ortiz, J.M.; Serra Gesta, J.; Oteo Mazo, C. Curso aplicado de cimentaciones. COAM, Madrid, 1982.
- Sede Electrónica del Catastro.  
<http://www.sedecatastro.gob.es/>
- Google Maps.  
<https://www.google.es/maps/>
- Goolzoom Mapas.  
<https://es.goolzoom.com/>

## 9. CONSIDERACIONES GENERALES.

Todas las consideraciones incluidas en este estudio se basan en los reconocimientos efectuados, por lo que dado el carácter puntual de los mismos, sería conveniente comprobar durante la ejecución de la cimentación que las características del subsuelo son coincidentes con las observadas en los puntos investigados.

No son descartables, por tanto, variaciones respecto a las hipótesis aquí consideradas, por lo que se estima necesaria la supervisión de las obras por un técnico competente que corrobore o modifique las conclusiones aquí incluidas.

Así pues, las conclusiones ofrecidas se someten a consideración de la Dirección Facultativa de la obra, por ser ésta una interpretación de los resultados obtenidos en los puntos muestreados.

Deberá garantizarse en cualquier caso la seguridad de las infraestructuras adyacentes, de la propia obra y del personal a su disposición, adoptando en cada situación las medidas oportunas.

Este informe no podrá ser modificado y/o reproducido de forma total o parcial sin la aprobación de Geología, Materiales y Construcción S.L.U.

La presente memoria consta de 109 hojas, numeradas correlativamente y selladas en Madrid, a 13 de julio de 2018.



David Barreno  
Geólogo  
Nº de colegiado – 5197



Negia María Milián Rodríguez  
Directora Técnica GMC Ingeniería

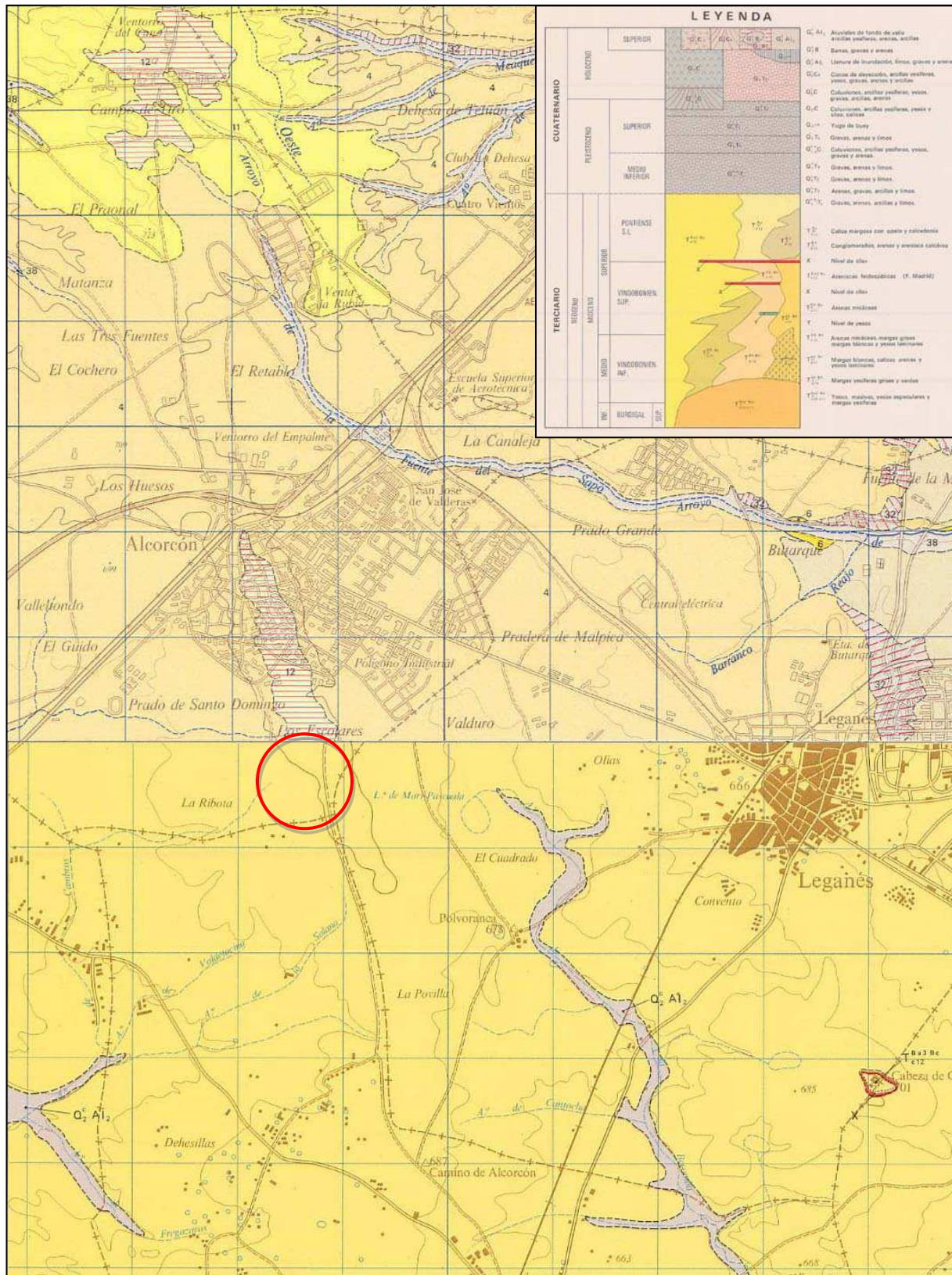
**GEOLOGÍA MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN SLU**  
C/ REYES CATÓLICOS Nº 6 - NAVE 108  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
B-83569699  
gmc@gmcingenieria.com



## ANEXOS

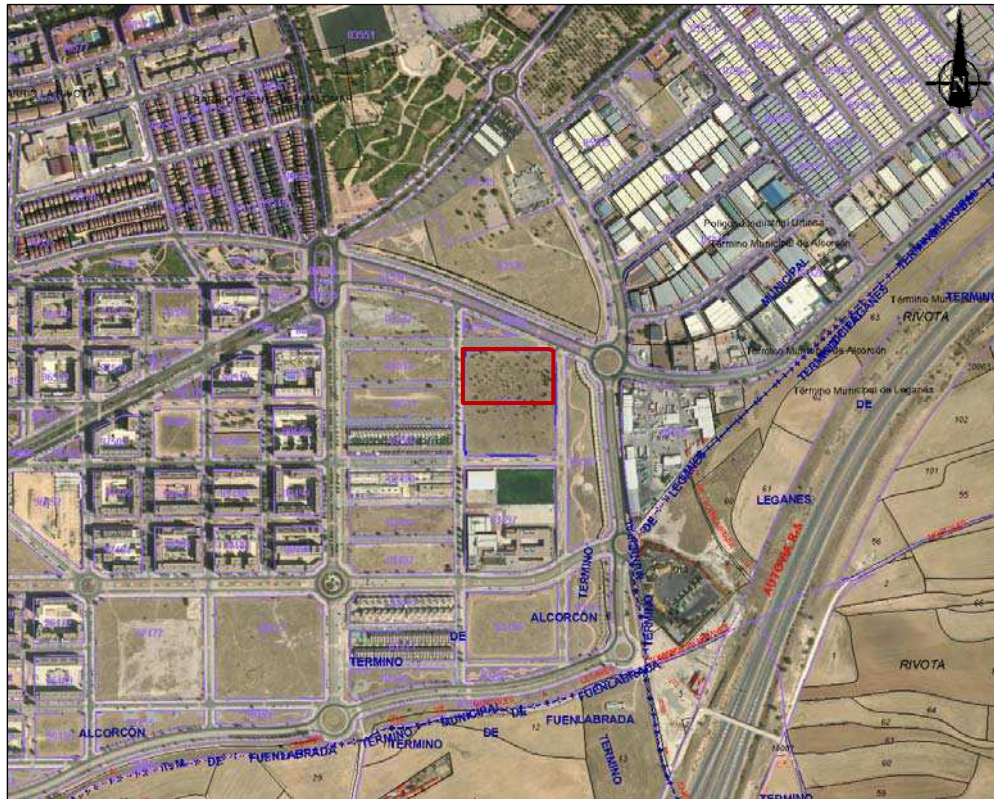
- Anexo 1.- MAPA GEOLÓGICO.**
- Anexo 2.- CROQUIS DE SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.**
- Anexo 3.- COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS DE LOS SONDEOS.**
- Anexo 4.- ENSAYOS DE LABORATORIO.**
- Anexo 5.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**

## ANEXO 1



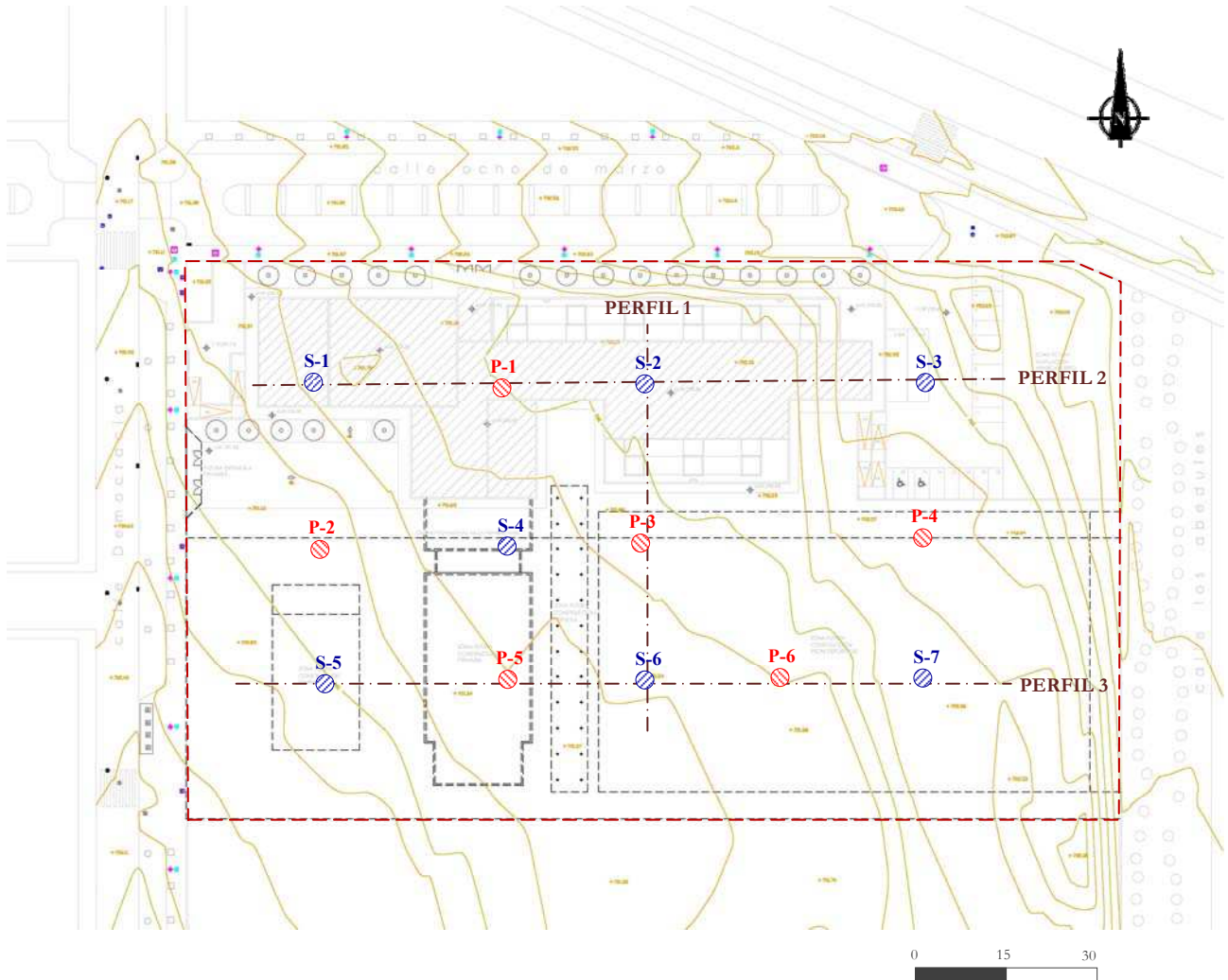


## ANEXO 2



 Sondeo

 Ensayo de penetración DPSH





## ANEXO 3

		Dirección: C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN, MADRID.										Nº Expediente: 5143/18		Maquinaria: TP-30 LR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		Peticionario CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID.										Fecha realización: 20/8/2018		Cota de inicio: = 701,30 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Sondeo Nº		1		Profundidad alcanzada:		12,00 m		Nivel freático:		a -7,60 m el 20/8 a -4,75 m el 22/8		Localización: SEGÚN CROQUIS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Perforación				Muestras		Ensayos de Laboratorio										Naturaleza del Terreno																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Tipo		Ø		Profundidad (m)		Faltencia (m)		Recuperación (%)		Litología		Prof (m)		Tipo				N30		Límites Atterberg			Granulometría																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
																				LL			LP			IP			USCS			CS kg/cm²			PH kg/cm²			SO4 mg/kg			% gravas			% arenas			% finos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						</	



		Dirección: C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN, MADRID.										Nº Expediente: 5143/18		Maquinaria: TP-30 LR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		Peticionario CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID.										Fecha realización: 20/6/2018		Cota de inicio: ≈ 702,15 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		Sondeo Nº: 2		Profundidad alcanzada: 12,00 m		Nivel freático: a -6,00 m el 20/6 a -5,00 m el 22/6		Localización: SEGÚN CROQUIS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Perforación		Tipo	Ø	Profundidad (m)	Palanca (m)	Recuperación (%)	Litología	Muestras		Ensayos de Laboratorio										Naturaleza del Terreno																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Prof (m)	Tipo							N30	Límites Atterberg			USCS	CS kg/cm²	PH kg/cm²	SO4 mg/kg	Granulometría																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
									LL	LP	IP					% gravas	% arenas	% finos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
RSW		86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

		Dirección: C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN, MADRID.										Nº Expediente: 5143/18		Maquinaria: TP-30 LR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		Peticionario CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID.										Fecha realización: 21/6/2018		Cota de inicio: = 702,90 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		Sondeo Nº		3		Profundidad alcanzada:		12,00 m		Nivel freático:		a -5,70 m el 21/6 a -4,40 m el 22/6		Localización: SEGÚN CROQUIS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Perforación		Tipo	Ø	Profundidad (m)	Percusión (m)	Recuperación (%)	Litología	Muestras		Ensayos de Laboratorio										Naturaleza del Terreno																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Prof (m)	Tipo							N30	Límites Atterberg			USCS	CS kg/cm²	PH kg/cm²	SO4 mg/kg	Granulometría																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
									LL	LP	IP					% gravas	% arenas	% finos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Reto. 98				1				1,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

				Dirección: C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN, MADRID.										Nº Expediente: 5143/18		Maquinaria: TP-30 LR				
Peticionario CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID.																Fecha realización: 21/8/2018		Cota de inicio: = 701,65 m		
Sondeo Nº 4				Profundidad alcanzada: 12,60 m				Nivel freático: a -6,50 m el 21/6 a -4,80 m el 22/6				Localización: SEGÚN CROQUIS								
Perforación		Profundidad (m)	Faltencia (m)	Recuperación (%)	Litología	Muestras		Ensayos de Laboratorio										Naturaleza del Terreno		
Tipo	Ø					Prof (m)	Tipo	N30	Límites Atterberg			USCS	CS kg/cm²	PH kg/cm²	SO4 mg/kg	Granulometría				
		LL	LP	IP					% grasas	% arenas	% finos									
		1				1,00											COBERTERA VEGETAL CON DESARROLLO DE RAÍCES SOBRE TERRENO REMOVIDO/ARDO ARENOSOS CON CANTOS DISPERSOS. TODO ELLO DISPUESTO SOBRE UN POSIBLE DEPÓSITO DE GLACIS DE EDAD CUATERNARIO. FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON ARENAS. COLORES PARDOS Y PARDOS OSCUROS. COMPACTIDAD VARIABLE. CON ALTIBAJOS, ENTRE FLOJA Y MEDIA.			
		2				1,50														
		3																		
		4				4,00														
		5				4,60														
		6																		
		7				6,00	TS			31,4	22,7	8,7	CL		0,31	0		0,1	40,2	59,7
		8				7,00														
		9				7,60	SPT													
		10				10,00														
		11				10,60														
		12				12,00														
		13				12,60	SPT													
FIN DEL SONDEO A 12,60 M DE PROFUNDIDAD RESPECTO DE LA SUPERFICIE DE LA PARCELA.																				
4,70 m																				
Leyenda perforación:		P: Percusión S: Seco		B: Barrena helicoidal A: Agua		RS: Rotación batería simple W: Corona de vidia		RD: Rotación batería doble D: Corona de diamante		PH: Presión de hinchamiento CS: Compresión Simple		NA: Nivel de agua NF: Nivel freático								
Leyenda Muestras:		MA: Muestra Alterada MI: Muestra Inalterada		TP: Testigo Parafinado TS: Testigo Sondeo		SPT: Ensayo de Penetración Estándar SPTC: SPT punta ciega		R: Rechazo LL: Limite liquido		LP: Limite plástico IP: Índice de plasticidad		SO4: Contenido en sulfatos USCS: Clasificación muestra								

		Dirección: C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN, MADRID.										Nº Expediente: 5143/18		Maquinaria: TP-50 D				
		Peticionario CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID.										Fecha realización: 25/6/2018		Cota de inicio: = 701,00 m				
		Sondeo Nº		5		Profundidad alcanzada:		12,00 m		Nivel freático:		a -6,00 m		Localización: SEGÚN CROQUIS				
Perforación																		
Tipo	Ø	Profundidad (m)	Percusión (m)	Recuperación (%)	Litología	Muestras		Ensayos de Laboratorio										Naturaleza del Terreno
						Prof (m)	Tipo	N30	Límites Atterberg			USCS	CS kg/cm²	PH kg/cm²	SO4 mg/kg	Granulometría		
LL	LP	IP	% gravas	% arenas	% finos													
RSW	101	1				0,60											COBERTERA VEGETAL CON DESARROLLO DE RAÍCES SOBRE TERRENO REMOVLIZADO ARENO-ARCILLOSO Y ARENOSO CON CANTOS DISPERSOS, TODO ELLO DISPUESTO SOBRE UN POSIBLE DEPÓSITO DE GLACIS DE EDAD CUATERNARIO, FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON ARENAS, COLORES PARDOS Y PARDOS OSCUROS, COMPACIDAD VARIABLE, CON ALTIBAJOS, ENTRE FLOJA Y MEDIA.	
			SPT	16														
		1,20																
		2																
		2	4,00			2,00											ARCILLAS LIMOSAS ALGO ARENOSAS CON PASADAS DE ARCILLAS LIMOSAS BASTANTE ARENOSAS. PRESENCIA DE VENILLAS CARBONATADAS EN PROFUNDIDAD. COLORES PARDOS. CONSISTENCIA VARIABLE, CON ALTIBAJOS, MUY FIRME-DURA.	
RSW	86	7															FIN DEL SONDEO A 12,00 M DE PROFUNDIDAD RESPECTO DE LA SUPERFICIE DE LA PARCELA. EL DÍA 25/6/2018, DURANTE LA EJECUCIÓN DEL SONDEO, SE DETECTÓ EL NIVEL FREÁTICO A 6,00 M DE PROFUNDIDAD RESPECTO DE LA SUPERFICIE DE LA PARCELA.	

Leyenda perforación:		B: Barrena helicoidal		RS: Rotación batería simple		RD: Rotación batería doble		PH: Presión de hinchamiento		NA: Nivel de agua	
S: Seco		A: Agua		W: Corona de widia		D: Corona de diamante		CS: Compresión Simple		NF: Nivel freático	
Leyenda Muestras:		MA: Muestra Alterada		TP: Testigo Parafinado		SPT: Ensayo de Penetración Estándar		R: Rechazo		LP: Límite plástico	
		MI: Muestra Inalterada		TS: Testigo Sondeo		SPTc: SPT punta ciega		LL: Límite líquido		IP: Índice de plasticidad	
										SO <sub>4</sub> : Contenido en sulfatos	
										USCS: Clasificación muestra	



		Dirección: C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN, MADRID.										Nº Expediente: 5143/18		Maquinaria: TP-50 D							
		Peticionario CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID.										Fecha realización: 25/6/2018		Cota de inicio: = 701,55 m							
		Sondeo Nº: 6		Profundidad alcanzada: 12,00 m			Nivel freático: a -4,80 m			Localización: SEGÚN CROQUIS											
Perforación		Tipo	Ø	Profundidad (m)	Paredes (m)	Recuperación (%)	Litología	Muestras		Ensayos de Laboratorio										Naturaleza del Terreno	
Prof (m)	Tipo							N30	Límites Atterberg			USCS	CS kg/cm²	PH kg/cm²	SO4 mg/kg	Granulometría					
									LL	LP	IP					% gravas	% arenas	% finos			
RSW	101	1		4,00				1,00												COBERTERA VEGETAL CON DESARROLLO DE RAÍCES SOBRE TERRENO REMOVLIZADO ARENO-ARCILLOSO CON CANTOS DISPERSOS Y RESTOS DE LADRILLO, CERÁMICA Y PLÁSTICO, TODO ELLO DISPUESTO SOBRE UN POSIBLE DEPÓSITO DE GLACIS DE EDAD CUATERNARIO, FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON ARENAS. COLORES PARDOS Y PARDOS OSCUROS. COMPACIDAD VARIABLE, CON ALTIBAJOS, ENTRE FLOJA Y MEDIA.	4,00 m
				SPT	9																
		2				2,30															
						MA							535,07								
						2,70															
		3				3,00															
						SPT		6													
						3,60															
		4				4,00															
						TS				34,7	24,7	10	ML		0	0,7	29,0	70,3			
		4,40																			
RSW	86	5				6,00													ARCILLAS LIMOSAS ALGO ARENOSAS CON PASADAS DE ARCILLAS LIMOSAS BASTANTE ARENOSAS. PRESENCIA DE VENILLAS CARBONATADAS EN PROFUNDIDAD. COLORES PARDOS. CONSISTENCIA VARIABLE, CON ALTIBAJOS, MUY FIRME-DURA.	12,00 m	
						SPT	32														
		6				6,60															
						9,00															
						SPT	25														
		7				9,60															
						11,40															
						SPT	47														
		8				12,00															
		12																			
		13																			
Leyenda perforación:		P: Percusión		B: Barrena helicoidal		RS: Rotación batería simple		RD: Rotación batería doble		PH: Presión de hinchamiento		NA: Nivel de agua									
		S: Seco		A: Agua		W: Corona de vidia		D: Corona de diamante		CS: Compresión Simple		NF: Nivel freático									
Leyenda Muestras:		MA: Muestra Alterada		TP: Testigo Parafinado		SPT: Ensayo de Penetración Estándar		R: Rechazo		LP: Límite plástico		SO4: Contenido en sulfatos									
		MI: Muestra Inalterada		TS: Testigo Sondeo		SPTC: SPT punta ciega		LL: Límite líquido		IP: Índice de plasticidad		USCS: Clasificación muestra									

		Dirección: C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN, MADRID.										Nº Expediente: 5143/18		Maquinaria: TP-30 LR								
		Peticionario: CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID.										Fecha realización: 22/6/2018		Cota de inicio: = 702,40 m								
		Sondeo Nº: 7		Profundidad alcanzada: 12,00 m			Nivel freático: a -4,60 m			Localización: SEGÚN CROQUIS												
Perforación		Tipo	Ø	Profundidad (m)	Palanca (m)	Recuperación (%)	Litología	Muestras		Ensayos de Laboratorio										Naturaleza del Terreno		
Prof (m)	Tipo							N30	Límites Atterberg			USCS	CS kg/cm²	PH kg/cm²	SO4 mg/kg	Granulometría						
									LL	LP	IP					% gravas	% arenas	% finos				
Roto	98			3,40				0,60												COBERTERA VEGETAL CON DESARROLLO DE RAÍCES SOBRE TERRENO REMOVLIZADO ARENO-ARCILLOSO CON CANTOS DISPERSOS Y RESTOS DE LADRILLO. TODO ELLO DISPUESTO SOBRE UN POSIBLE DEPÓSITO DE GLACIS DE EDAD CUATERNARIO, FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON ARENAS. COLORES PARDOS Y PARDOS OSCUROS COMPACIDAD VARIABLE, CON ALTIBAJOS, ENTRE FLOJA Y MEDIA.		
								SPT	4													
								1,20														
								2,00														
								2,60														
								TS		40,4	24,9	15,5	CL	0,46	0	3,6	43,8	52,6				
								3,00														
RSW	86			100				5,00												A TECHO, DE 3,40 A 4,40 M DE PROFUNDIDAD, ARENAS MEDIAS FINAS ALGO LIMO ARCILLOSAS. POR DEBAJO, ARCILLAS LIMOSAS ALGO ARENOSAS CON PASADAS DE ARCILLAS LIMOSAS BASTANTE ARENOSAS. PRESENCIA DE VENILLAS CARBONATADAS EN PROFUNDIDAD. COLORES PARDOS. EL TRAMO ARENOSO TIENE COMPACIDAD MEDIA; EL TRAMO ARCILLOSO TIENE CONSISTENCIA VARIABLE, CON ALTIBAJOS, MUY FIRME-DURA.		
								SPT	28													
								5,60														
								8,00														
								8,60														
								11,00														
								11,60														
Leyenda perforación:		P: Percusión S: Seco		B: Barrena helicoidal A: Agua		RS: Rotación batería simple W: Corona de vidia		RD: Rotación batería doble D: Corona de diamante		PH: Presión de hinchamiento CS: Compresión Simple		NA: Nivel de agua NF: Nivel freático										
Leyenda Muestras:		MA: Muestra Alterada MI: Muestra Inalterada		TP: Testigo Parafinado TS: Testigo Sondeo		SPT: Ensayo de Penetración Estándar SPTc: SPT punta ciega		R: Rechazo LL: Limite liquido		LP: Limite plástico IP: Índice de plasticidad		SO4: Contenido en sulfatos USCS: Clasificación muestra										

## ANEXO 4



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 845/18

## TIPO DE ENSAYO

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

## DATOS DE OBRA

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

## DATOS DE CLIENTE

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

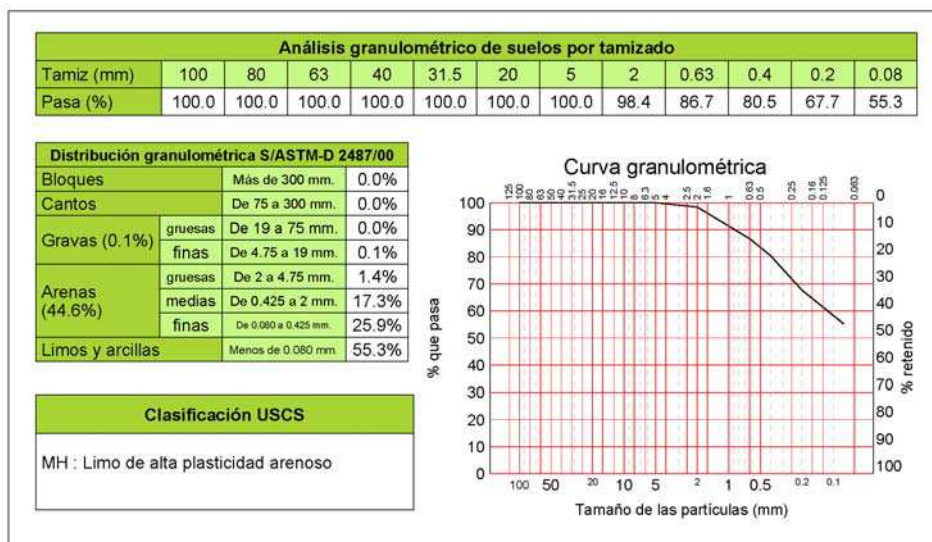
## DATOS DE LA MUESTRA

Nº DE MUESTRA: L.2018/588

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 1

Cota: de 3.60 a 4.00m



## LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93

Límite líquido	51.2
Límite plástico	32.1
Índice de plasticidad	19.1

## Determinación de la humedad de un suelo

Humedad	%	19.06
---------	---	-------

## Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles

NO CONTIENE


Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Negia María Milán Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio



David Barreno  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingeniería.com - comercial@gmcingeniería.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 81 de 109

GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingeniería.com - gmc@gmcingeniería.com


Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015





Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 846/18

#### TIPO DE ENSAYO

Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo, s/norma UNE 103-401-98

#### DATOS DE OBRA

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

#### DATOS DE CLIENTE

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

#### DATOS DE LA MUESTRA

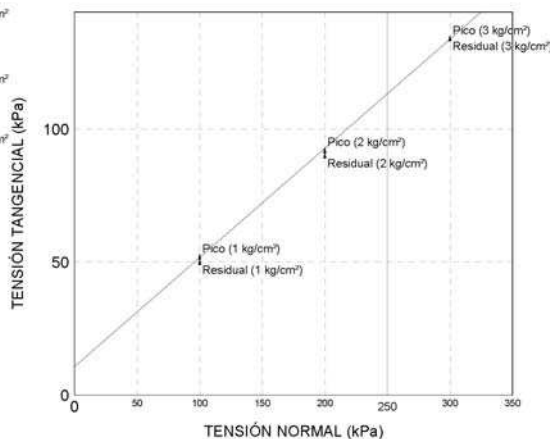
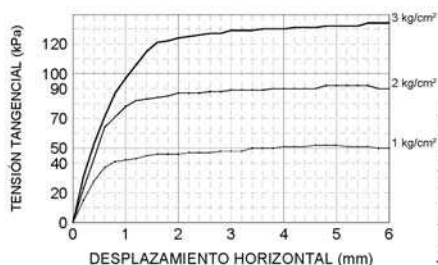
Nº DE MUESTRA: L .2018/588

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 1

Cota: de 3.60 a 4.00m

Ensayo de corte directo (U.U.)			
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Tensión normal	kPa 100.00	200.00	300.00
Tensión tangencial	kPa 52.00	92.00	134.00
Humedad inicial	% 16.49	16.93	14.45
Humedad final	% 15.98	16.45	14.02
Velocidad	mm/min 0.50	0.50	0.50
Diámetro pastilla	mm 50.0	50.0	50.0
Densidad aparente	g/cm³ 2.05	2.04	2.03
Densidad seca	g/cm³ 1.76	1.75	1.77
Índice de huecos inicial			
Índice de huecos final			
Cohesión	kPa 10.67		
Ángulo de rozamiento interno	° 22		
Tipo de ensayo	NO CONSOLIDADO / NO DRENADO		



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia María Milán Rodríguez*

Negia María Milán Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*

David Barreno  
Jefe Área GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS





Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 847/18

#### TIPO DE ENSAYO

Ensayo para calcular la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro, s/norma UNE 103-602-96

#### DATOS DE OBRA

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

#### DATOS DE CLIENTE

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

#### DATOS DE LA MUESTRA

Nº DE MUESTRA: L.2018/588

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 1

Cota: de 3.60 a 4.00m



**SUPERVISADO**

Ensayo de presión máxima de hinchamiento		
DIMENSIONES DE LA PROBETA		
Diámetro	cm	5
Altura	cm	2
Area	cm²	19.63
Volumen	cm³	39.26
PARAMETROS FISICOS		
Densidad húmeda aparente inicial	g/cm³	1.98
Densidad húmeda aparente final	g/cm³	2.01
Densidad seca inicial	g/cm³	1.65
Humedad inicial	%	20.20
Humedad final	%	22.07
RESULTADO		
Presión de hinchamiento	kg/cm²	0.41



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia Maria Milián Rodríguez*

Negia Maria Milián Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*

David Barreno  
Jefe Área GTL

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada. GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

Hoja 1 de 1

POLÍGONO INDUSTRIAL, PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS, MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 83 de 109

GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 848/18

**TIPO DE ENSAYO**

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L.2018/589

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 1

Cota: de 7.00 a 7.40m

**Análisis granulométrico de suelos por tamizado**

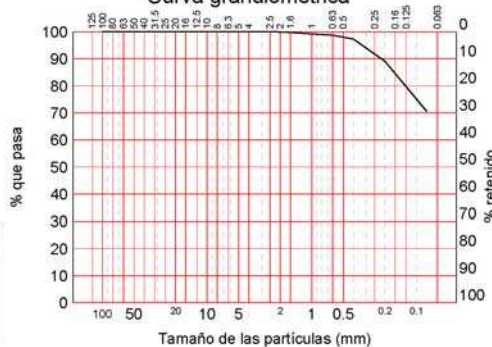
Tamiz (mm)	100	80	63	40	31.5	20	5	2	0.63	0.4	0.2	0.08
Pasa (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7	97.3	89.1	70.6

**Distribución granulométrica S/ASTM-D 2487/00**

Bloques	Más de 300 mm.	0.0%
Cantos	De 75 a 300 mm.	0.0%
Gravas (0.0%)	gruesas De 19 a 75 mm.	0.0%
	finas De 4.75 a 19 mm.	0.0%
Arenas (29.4%)	gruesas De 2 a 4.75 mm.	0.0%
	medias De 0.425 a 2 mm.	2.5%
	finas De 0.080 a 0.425 mm.	26.8%
Limos y arcillas	Menos de 0.080 mm	70.6%

**Clasificación USCS**

CL : Arcilla de media plasticidad con arena

**Curva granulométrica**

**LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93**

Límite líquido	32.4
Límite plástico	22.0
Índice de plasticidad	10.4

**Determinación de la humedad de un suelo**

Humedad	% 18.19
---------	---------

**Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles**

NO CONTIENE



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia María Milán Rodríguez*  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra enviada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 84 de 109

GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 849/18

**TIPO DE ENSAYO**

Determinación de la agresividad del agua al hormigón, s/norma UNE 83956-08

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L .2018/590

TIPO DE MUESTRA: Agua

PROCEDECENCIA: Sondeo 1

Cota: a 4.75m

Determinación de la agresividad del agua		
Sulfatos	mg/l	52.58



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

  
Negia María Milán Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio

  
David Barreno  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra enviada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 85 de 109

**GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.**  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 850/18

**TIPO DE ENSAYO**

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L.2018/591

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 2

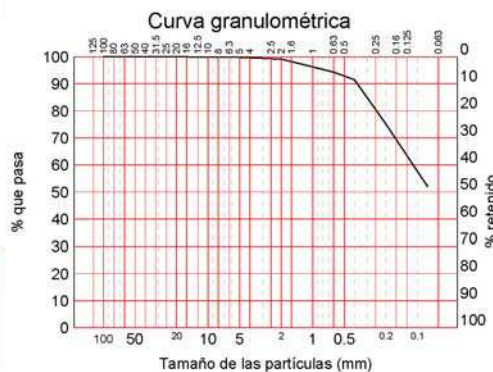
Cota: de 4.60 a 5.00m

Análisis granulométrico de suelos por tamizado												
Tamiz (mm)	100	80	63	40	31.5	20	5	2	0.63	0.4	0.2	0.08
Pasa (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.1	94.3	91.5	75.1	52.0

Distribución granulométrica S/ASTM-D 2487/00		
Bloques	Más de 300 mm.	0.0%
Cantos	De 75 a 300 mm.	0.0%
Gravas (0.3%)	gruesas De 19 a 75 mm.	0.0%
	finas De 4.75 a 19 mm.	0.2%
Arenas (47.7%)	gruesas De 2 a 4.75 mm.	0.6%
	medias De 0.425 a 2 mm.	7.3%
	finas De 0.080 a 0.425 mm.	39.8%
Limos y arcillas	Menos de 0.080 mm	52.0%

**Clasificación USCS**

CL: Arcilla de media plasticidad arenosa


**LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93**

Límite líquido	37.4
Límite plástico	24.4
Índice de plasticidad	13.0

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 16.81

**Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles**

NO CONTIENE



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Negia María Milán Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio



David Barreno  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra enviada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 851/18

#### TIPO DE ENSAYO

Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo, s/norma UNE 103-401-98

#### DATOS DE OBRA

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

#### DATOS DE CLIENTE

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

#### DATOS DE LA MUESTRA

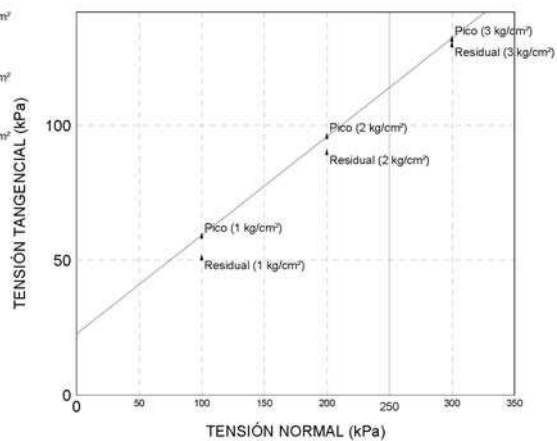
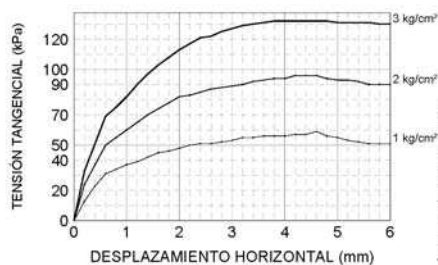
Nº DE MUESTRA: L .2018/591

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 2

Cota: de 4.60 a 5.00m

Ensayo de corte directo (U.U.)			
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Tensión normal	100.00	200.00	300.00
Tensión tangencial	59.00	96.00	132.00
Humedad inicial	15.78	15.03	15.41
Humedad final	15.24	14.54	14.90
Velocidad	0.50	0.50	0.50
Diámetro pastilla	50.0	50.0	50.0
Densidad aparente	2.09	2.07	2.07
Densidad seca	1.80	1.80	1.79
Índice de huecos inicial			
Índice de huecos final			
Cohesión	22.67		
Ángulo de rozamiento interno	20		
Tipo de ensayo	NO CONSOLIDADO / NO DRENADO		



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

  
Negia María Milán Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio

  
David Barreno  
Jefe Área GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 852/18

**TIPO DE ENSAYO**

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

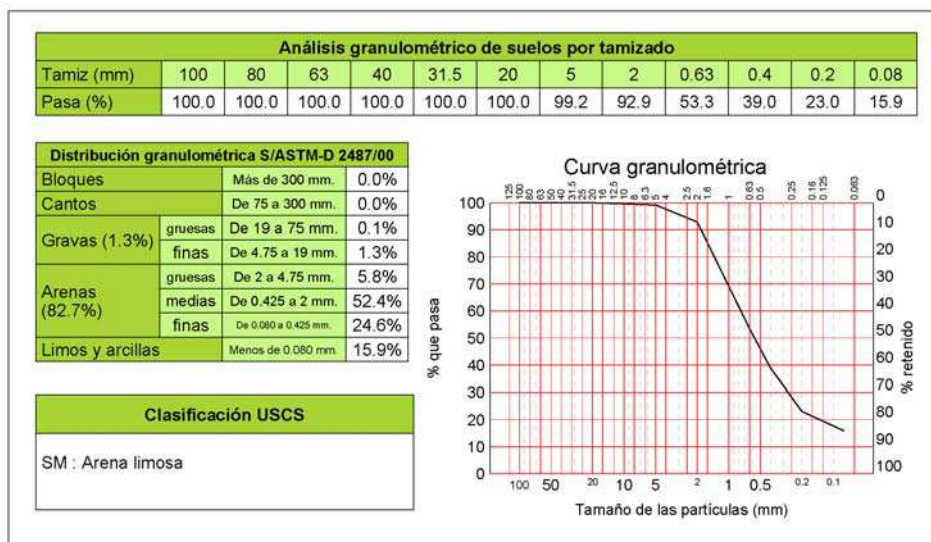
**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L.2018/592

TIPO DE MUESTRA: Muestra Alterada

PROCEDECENCIA: Sondeo 3

Cota: de 3.60 a 4.00m


**LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93**

Límite líquido	33.1
Límite plástico	25.1
Índice de plasticidad	8.0

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 6.10

**Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles**

NO CONTIENE



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia María Milán Rodríguez*  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 88 de 109

**GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.**  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015





Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 853/18

**TIPO DE ENSAYO**

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L.2018/593

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 4

Cota: de 6.60 a 7.00m

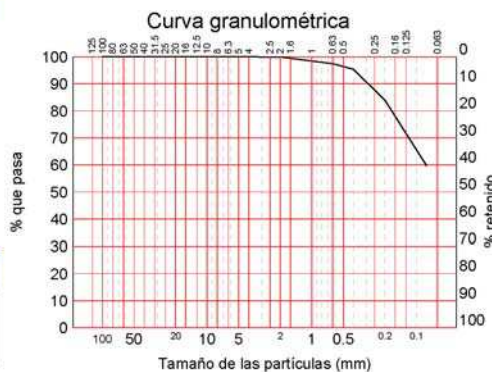
Análisis granulométrico de suelos por tamizado												
Tamiz (mm)	100	80	63	40	31.5	20	5	2	0.63	0.4	0.2	0.08
Pasa (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	97.4	95.4	83.9	59.7

**Distribución granulométrica S/ASTM-D 2487/00**

Bloques		Más de 300 mm.	0.0%
Cantos		De 75 a 300 mm.	0.0%
Gravas (0.0%)	gruesas	De 19 a 75 mm.	0.0%
	finas	De 4.75 a 19 mm.	0.0%
Arenas (40.3%)	gruesas	De 2 a 4.75 mm.	0.1%
	medias	De 0.425 a 2 mm.	4.3%
	finas	De 0.080 a 0.425 mm.	35.8%
Limos y arcillas		Menos de 0.080 mm	59.7%

**Clasificación USCS**

CL : Arcilla de media plasticidad arenosa


**LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93**

Límite líquido	31.4
Límite plástico	22.7
Índice de plasticidad	8.7

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 17.41

**Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles**

NO CONTIENE



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia María Milán Rodríguez*  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 89 de 109

GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 854/18

**TIPO DE ENSAYO**

Ensayo para calcular la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro, s/norma UNE 103-602-96

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L 2018/593

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 4

Cota: de 6.60 a 7.00m

Ensayo de presión máxima de hinchamiento		
DIMENSIONES DE LA PROBETA		
Diámetro	cm	5
Altura	cm	2
Area	cm²	19.63
Volumen	cm³	39.26
PARAMETROS FISICOS		
Densidad húmeda aparente inicial	g/cm³	2.06
Densidad húmeda aparente final	g/cm³	2.08
Densidad seca inicial	g/cm³	1.74
Humedad inicial	%	18.31
Humedad final	%	20.00
RESULTADO		
Presión de hinchamiento	kg/cm²	0.31



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia Maria Milián Rodríguez*

Negia Maria Milián Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*

David Barreno  
Jefe Área GTL

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada. GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

Hoja 1 de 1

POLÍGONO INDUSTRIAL, PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS, MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 90 de 109

GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 855/18

**TIPO DE ENSAYO**

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L.2018/594

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 5

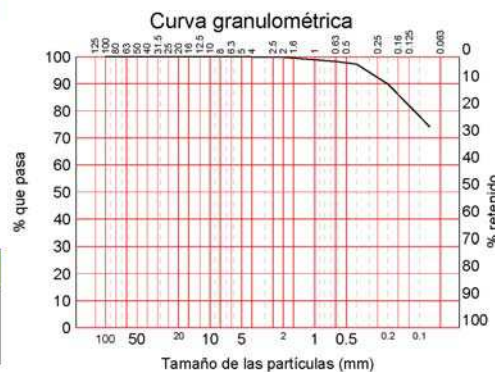
Cota: de 4.20 a 4.60m

Análisis granulométrico de suelos por tamizado												
Tamiz (mm)	100	80	63	40	31.5	20	5	2	0.63	0.4	0.2	0.08
Pasa (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	98.3	97.3	89.9	74.2

Distribución granulométrica S/ASTM-D 2487/00		
Bloques	Más de 300 mm.	0.0%
Cantos	De 75 a 300 mm.	0.0%
Gravas (0.0%)	gruesas De 19 a 75 mm.	0.0%
	finas De 4.75 a 19 mm.	0.0%
Arenas (25.8%)	gruesas De 2 a 4.75 mm.	0.1%
	medias De 0.425 a 2 mm.	2.4%
	finas De 0.080 a 0.425 mm.	23.2%
Limos y arcillas	Menos de 0.080 mm	74.2%

**Clasificación USCS**

CL : Arcilla de media plasticidad con arena


**LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93**

Límite líquido	39.9
Límite plástico	25.2
Índice de plasticidad	14.7

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 15.32

**Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles**

NO CONTIENE



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia María Milán Rodríguez*  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL, PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS, MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingeniería.com - comercial@gmcingeniería.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 91 de 109

GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingeniería.com - gmc@gmcingeniería.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015





Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 856/18

**TIPO DE ENSAYO**

Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo, s/norma UNE 103-401-98

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

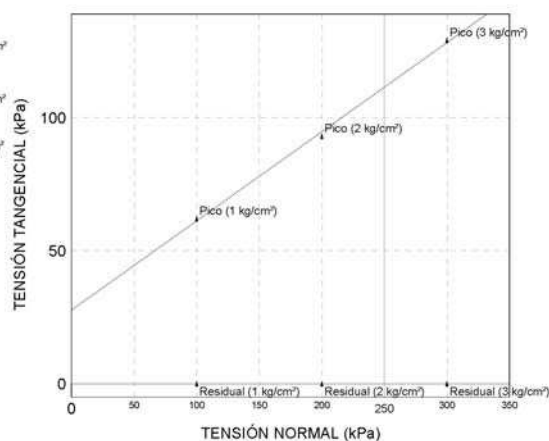
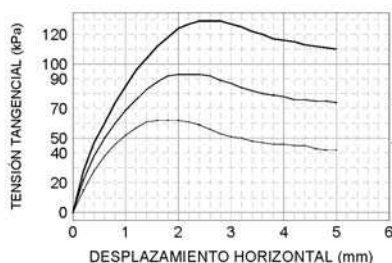
Nº DE MUESTRA: L .2018/594

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 5

Cota: de 4.20 a 4.60m

Ensayo de corte directo (U.U.)			
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Tensión normal	kPa 100.00	200.00	300.00
Tensión tangencial	kPa 62.00	93.00	129.00
Humedad inicial	% 11.46	10.85	10.35
Humedad final	% 11.18	10.64	10.13
Velocidad	mm/min 0.50	0.50	0.50
Diámetro pastilla	mm 50.0	50.0	50.0
Densidad aparente	g/cm³ 2.22	2.24	2.23
Densidad seca	g/cm³ 1.99	2.02	2.02
Índice de huecos inicial			
Índice de huecos final			
Cohesión	kPa 27.67		
Ángulo de rozamiento interno	° 18		
Tipo de ensayo	NO CONSOLIDADO / NO DRENADO		


Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

Negia María Milán Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio

David Barreno  
Jefe Área GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingeniería.com - comercial@gmcingeniería.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 857/18

**TIPO DE ENSAYO**

Ensayo para calcular la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro, s/norma UNE 103-602-96

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L.2018/594

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 5

Cota: de 4.20 a 4.60m

Ensayo de presión máxima de hinchamiento		
DIMENSIONES DE LA PROBETA		
Diámetro	cm	5
Altura	cm	2
Area	cm²	19.63
Volumen	cm³	39.26
PARAMETROS FISICOS		
Densidad húmeda aparente inicial	g/cm³	2.14
Densidad húmeda aparente final	g/cm³	2.21
Densidad seca inicial	g/cm³	1.85
Humedad inicial	%	15.87
Humedad final	%	19.39
RESULTADO		
Presión de hinchamiento	kg/cm²	1.22



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia Maria Milián Rodríguez*

Negia Maria Milián Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*

David Barreno  
Jefe Área GTL

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada. GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

Hoja 1 de 1

POLÍGONO INDUSTRIAL, PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS, MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 93 de 109

GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 858/18

#### TIPO DE ENSAYO

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

#### DATOS DE OBRA

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

#### DATOS DE CLIENTE

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

#### DATOS DE LA MUESTRA

Nº DE MUESTRA: L .2018/595

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 5

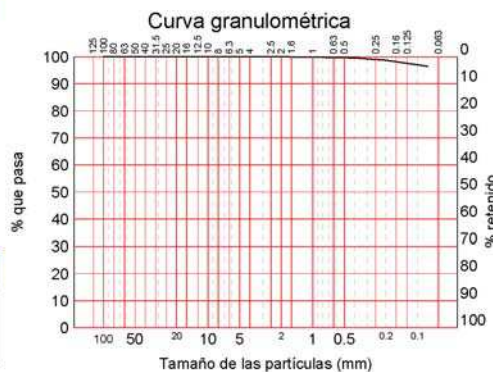
Cota: de 7.60 a 8.00m

Análisis granulométrico de suelos por tamizado												
Tamiz (mm)	100	80	63	40	31.5	20	5	2	0.63	0.4	0.2	0.08
Pasa (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.6	98.7	96.5

Distribución granulométrica S/ASTM-D 2487/00		
Bloques	Más de 300 mm.	0.0%
Cantos	De 75 a 300 mm.	0.0%
Gravas (0.0%)	gruesas De 19 a 75 mm.	0.0%
	finas De 4.75 a 19 mm.	0.0%
Arenas (3.5%)	gruesas De 2 a 4.75 mm.	0.0%
	medias De 0.425 a 2 mm.	0.4%
	finas De 0.080 a 0.425 mm.	3.1%
Limos y arcillas	Menos de 0.080 mm	96.5%

#### Clasificación USCS

ML : Limo



#### LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93

Límite líquido	46.3
Límite plástico	27.2
Índice de plasticidad	19.1

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 22.39

#### Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles

NO CONTIENE



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia María Milán Rodríguez*  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra enviada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingeniería.com - comercial@gmcingeniería.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 94 de 109

GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingeniería.com - gmc@gmcingeniería.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 859/18

**TIPO DE ENSAYO**

Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-201-96

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L .2018/596

TIPO DE MUESTRA: Muestra Alterada

PROCEDECENCIA: Sondeo 6

Cota: de 2.30 a 2.70m

Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles		
Sulfatos	mg/kg	535.07



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Negia María Milán Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio



David Barreno  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra enviada. GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 95 de 109

**GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.**  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015





Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 860/18

**TIPO DE ENSAYO**

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

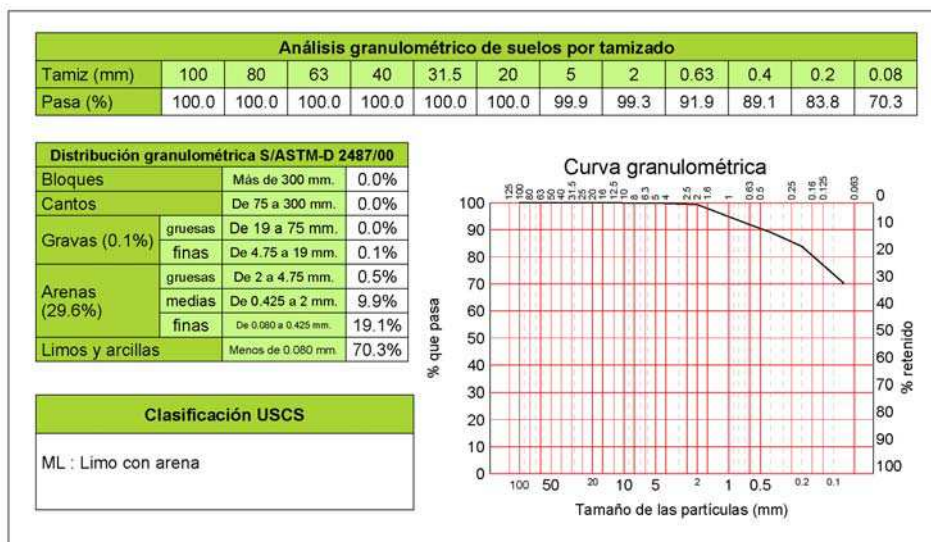
**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L.2018/597

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 6

Cota: de 4.00 a 4.40m


**LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93**

Límite líquido	34.7
Límite plástico	24.7
Índice de plasticidad	10.0

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 16.89

**Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles**

NO CONTIENE



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia María Milán Rodríguez*  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingeniería.com - comercial@gmcingeniería.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 96 de 109

**GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.**  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingeniería.com - gmc@gmcingeniería.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 861/18

**TIPO DE ENSAYO**

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-95, Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa, s/norma UNE 103-300-93

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

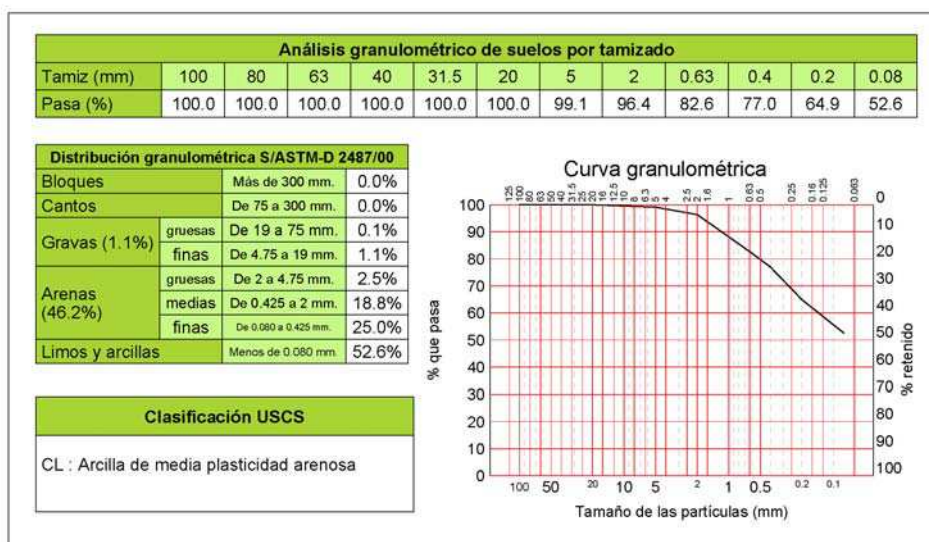
**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L.2018/598

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 7

Cota: de 2.60 a 3.00m


**LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93**

Límite líquido	40.4
Límite plástico	24.9
Índice de plasticidad	15.5

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 14.98

**Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles**

NO CONTIENE



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia María Milán Rodríguez*  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS





Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 862/18

**TIPO DE ENSAYO**

Ensayo para calcular la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro, s/norma UNE 103-602-96

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cº DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L 2018/598

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDECENCIA: Sondeo 7

Cota: de 2.60 a 3.00m

Ensayo de presión máxima de hinchamiento		
DIMENSIONES DE LA PROBETA		
Diámetro	cm	5
Altura	cm	2
Area	cm²	19.63
Volumen	cm³	39.26
PARAMETROS FISICOS		
Densidad húmeda aparente inicial	g/cm³	1.99
Densidad húmeda aparente final	g/cm³	2.05
Densidad seca inicial	g/cm³	1.71
Humedad inicial	%	16.41
Humedad final	%	19.76
RESULTADO		
Presión de hinchamiento	kg/cm²	0.46



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015

*Negia Maria Milián Rodríguez*

Negia Maria Milián Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio

*David Barreno*

David Barreno  
Jefe Área GTL

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada. GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

Hoja 1 de 1

POLÍGONO INDUSTRIAL, PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS, MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 98 de 109

**GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.**  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Fecha de emisión: 12/07/2018

Nº de acta: 863/18

**TIPO DE ENSAYO**

Determinación de la agresividad del agua al hormigón, s/norma UNE 83956-08

**DATOS DE OBRA**

Nº DE EXPEDIENTE: 5143

TIPO DE OBRA: Centro de educación infantil y primaria

DIRECCIÓN: C/ Ocho de Marzo c/v C/ Democracia, Alcorcón, Madrid

**DATOS DE CLIENTE**

CLIENTE: Cª DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA: L .2018/599

TIPO DE MUESTRA: Agua

PROCEDECENCIA: Sondeo 7

Cota: a 4.60m

Determinación de la agresividad del agua		
Sulfatos	mg/l	179.71



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



Negia María Milán Rodríguez  
Dir. Técnico Laboratorio



David Barreno  
Jefe Área de GTL

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra enviada. GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

POLÍGONO INDUSTRIAL PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.U., ALCOBENDAS

Hoja 99 de 109

**GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, S.L.U.**  
CALLE REYES CATÓLICOS Nº6, NAVE 108 - P.E. GRUPO GEO  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418

www.gmcingenieria.com - gmc@gmcingenieria.com



Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Medio Ambiente  
Cumplimiento de las normas ISO 9001:2015 y 14001:2015



## ANEXO 5

### PENETRÓMETRO P-1



### PENETRÓMETRO P-2



### PENETRÓMETRO P-3



### PENETRÓMETRO P-4





### PENETRÓMETRO P-5



### PENETRÓMETRO P-6

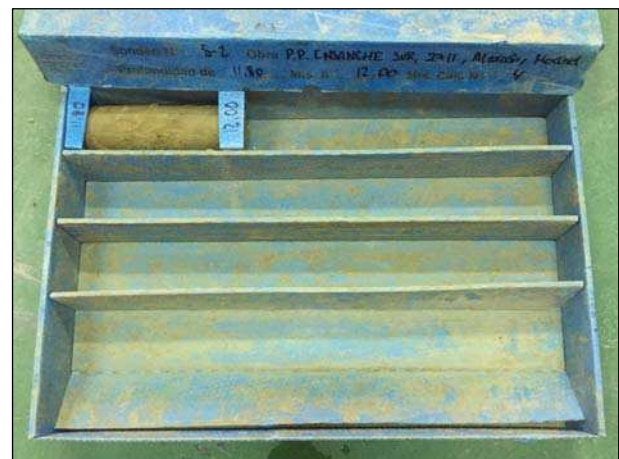


## SONDEO S-1





## SONDEO S-2





### SONDEO S-3







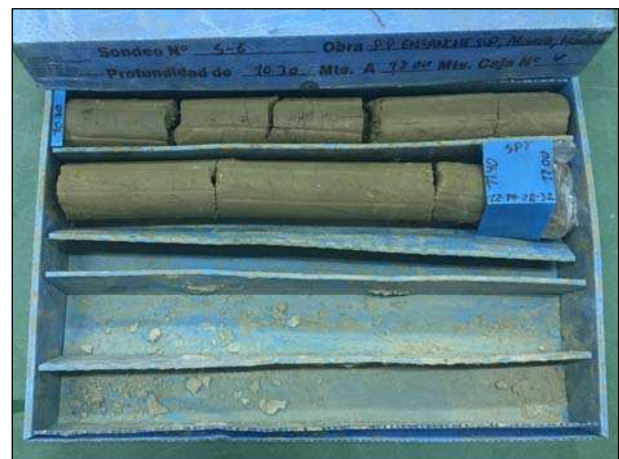


## SONDEO S-5





## SONDEO S-6





## SONDEO S-7



# ADENDA A

## ESTUDIO GEOTÉCNICO

**EXPEDIENTE N°:** EG-5143/18

**CLIENTE:** CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA  
COMUNIDAD DE MADRID

**LOCALIZACIÓN:** C/ OCHO DE MARZO C/V C/ DEMOCRACIA, ALCORCÓN,  
MADRID

**ASUNTO:** ADENDA A INFORME GEOTÉCNICO



Se emite la presente adenda al estudio geotécnico EG-5143/18, a partir de una solicitud de la Dirección Facultativa de la obra que se está ejecutando en la Calle Ocho de Marzo c/v Calle Democracia, en el municipio de Alcorcón (Madrid), con el objeto de evaluar el empleo de pilotes de longitud diferente a la propuesta inicialmente; en este caso, el diámetro considerado sería de 0,45 m y el empotramiento en el estrato resistente sería de 6Ø.

Para su estimación se seguirá el modelo de cálculo propuesto en el informe de referencia:

### **CÁLCULO PILOTAJE (Método del CTE)**

La resistencia característica al hundimiento de un pilote aislado se considerará dividida en dos partes: resistencia por punta y resistencia por fuste.

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk}$$

Siendo:

$R_{ck}$  la resistencia frente a la carga vertical que produce el hundimiento;

$R_{pk}$  la parte de la resistencia que se supone soportada por la punta;

$R_{fk}$  la parte de la resistencia que se supone soportada por el contacto pilote-terreno en el fuste.

Para estimar ambas componentes de la resistencia se supondrá que son proporcionales a las áreas de contacto respectivas de acuerdo con las expresiones:

$$R_{pk} = q_p \cdot A_p$$

$$R_{fk} = \int_0^L \tau_f \cdot p_f \cdot dz$$

Siendo:

$q_p$  la resistencia unitaria por la punta;

$A_p$  el área de la punta;

$\tau_f$  la resistencia unitaria por el fuste;

$L$  la longitud del pilote dentro del terreno;

$p_f$  el perímetro de la sección transversal del pilote;

$z$  la profundidad contada desde la parte superior del pilote en contacto con el terreno.

Cuando la resistencia unitaria por fuste varíe con la profundidad, para el cálculo de la resistencia total por fuste se debe realizar una integración a lo largo del pilote. En los casos en que la resistencia total por fuste sea constante por tramos y también lo sea la longitud del contorno del pilote en cualquier sección horizontal, la resistencia por fuste se considerará como un sumatorio con un término por cada tramo, esto es:

$$R_{fk} = \sum \tau_f \cdot A_f$$

Siendo:

$A_f$  el área del contacto entre el fuste del pilote y el terreno en cada tramo;

$\tau_f$  la resistencia unitaria por fuste en cada tramo.

Considerando el empleo de pilotes perforados hormigonados “in situ” sin control de parámetros, con un diámetro ( $\varnothing$ ) de 0,45 m, se tiene que el tope estructural de los pilotes sería el siguiente:

Siendo:

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

$\sigma$  la tensión del pilote, en pilotes perforados  $\sigma = 3,5 \text{ MPa} = 3500 \text{ kN/m}^2$ ;

$A$  área de la sección transversal (supuesto pilote de  $\varnothing = 0,45 \text{ m}$ )  $= 0,16 \text{ m}^2$ .

Con lo que:

$$\text{pilote de } \varnothing = 0,45 \text{ m} \quad Q_{tope} = 560 \text{ kN}$$

La determinación de la resistencia de hundimiento se puede realizar mediante soluciones analíticas o mediante ensayos de penetración “in situ”; cuando los pilotes atraviesan suelos cohesivos, la carga de hundimiento, evaluada mediante fórmulas estáticas, debe calcularse en dos situaciones que corresponden al hundimiento sin drenaje o a corto plazo y al hundimiento con drenaje o a largo plazo.

## CORTO PLAZO

### Resistencia por fuste:

en suelos cohesivos:

$$\tau_f = \frac{100 \times C_u}{100 + C_u} ; \tau_f \leq 100 kPa$$

en suelos granulares:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \tan \phi ; \tau_f \leq 120 kPa$$

siendo

$C_u$  resistencia al corte sin drenaje;

$\sigma'_v$  la presión vertical efectiva al nivel considerado;

$k_f$  coeficiente de empuje horizontal, para pilotes perforados  $k_f=0,75$ ;

$f$  factor de reducción del rozamiento del fuste, para pilotes “in situ”  $f=1,00$ ;

$\Phi$  ángulo de rozamiento interno del suelo.

La resistencia al corte sin drenaje se puede estimar a partir de la expresión:

$$C_u = q_u / 2$$

donde

$C_u$  resistencia al corte sin drenaje;

$q_u$  resistencia a la compresión simple;



El CTE, en la Tabla D.3 Consistencia de las arcillas, clasifica las arcillas en función de su resistencia a la compresión simple:

**Tabla D.3. Consistencia de las arcillas**

Clasificación	Resistencia a compresión simple $q_u$ (kPa)
Muy blanda	0-25
Blanda	25-50
Media	50-100
Firme	100-200
Muy firme	200-400
Dura	> 400

**NIVEL 1.** Terreno removilizado y/o glacis cuaternario de baja compacidad, terreno granular, con un espesor medio de 4,00 m, una densidad aparente media de 20,1 kN/m<sup>3</sup>, y un ángulo de rozamiento medio de 22°.

Anteriormente, se descartó la colaboración de este nivel. En los cálculos actuales se ha reconsiderado esta decisión y se ha determinado que aunque sea mínima, ejercerá alguna colaboración en la resistencia por fuste, con lo que se tendría:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi = 40,20 \times 0,75 \times 1 \times \operatorname{tg} 22^\circ = 12,18 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 12,18 \times (0,45 \times \pi \times 4,00) = 68,70 \text{ kN}$$

Una vez que los pilotes atraviesen esos primeros 4 m, éstos se desarrollarían en el terreno arcillo-limoso de elevada consistencia del Nivel 2, el cual se puede dividir en tres tramos al encontrarse afectado por el nivel freático a media profundidad.

**NIVEL 2-A.** Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con un espesor medio de unos 2,00 m por debajo del supuesto glacis cuaternario, una densidad aparente media de 21,2 kN/m<sup>3</sup>, una resistencia a la compresión simple teórica de 200 kN/m<sup>2</sup> y una resistencia al corte sin drenaje teórica de 100 kN/m<sup>2</sup>:

$$\tau_f = \frac{100 \times C_u}{100 + C_u} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50,00 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 50,00 \times (0,45 \times \pi \times 2,00) = 141,00 \text{ kN}$$

**NIVEL 2-B.** Arcillas limosas con arenas bajo el nivel freático, terreno cohesivo, con un espesor medio de unos 2,00 m por debajo del tramo anterior, una densidad sumergida teórica de 11,2 kN/m<sup>3</sup>, una resistencia a la compresión simple teórica de 200 kN/m<sup>2</sup> y una resistencia al corte sin drenaje teórica de 100 kN/m<sup>2</sup>:

$$\tau_f = \frac{100 \times C_u}{100 + C_u} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50,00 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 50,00 \times (0,45 \times \pi \times 2,00) = 141,00 \text{ kN}$$



**NIVEL 2-C.** Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con una densidad aparente media de 21,2 kN/m<sup>3</sup>, una resistencia a la compresión simple teórica de 500 kN/m<sup>2</sup> y una resistencia al corte sin drenaje teórica de 250 kN/m<sup>2</sup>, considerándose un empotramiento mínimo de 2,70 m (6Ø) de los pilotes en este tramo:

$$\tau_f = \frac{100 \times C_u}{100 + C_u} = \frac{100 \times 250}{100 + 250} = 71,43 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 71,43 \times (0,45 \times \pi \times 2,70) = 271,93 \text{ kN}$$

### Resistencia por punta:

en suelos cohesivos:

$$q_p = N_p \times C_u$$

en suelos granulares:

$$q_p = f_p \times \sigma'_{vp} \times N_q$$

siendo

$N_p$  Depende del empotramiento del pilote, pudiéndose adoptar un valor igual a 9;

$C_u$  La resistencia al corte sin drenaje del suelo cohesivo, teniendo en cuenta la presión de confinamiento al nivel de la punta (entorno comprendido entre dos diámetros por encima y dos diámetros por debajo de ella).

$f_p$  2,50 para pilotes perforados hormigonados “in situ”;

$\sigma'_{vp}$  la presión vertical efectiva al nivel de la punta antes de instalar el pilote;

$N_q$  factor de capacidad de carga definido por la expresión  $\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \times e^{\pi \tan \phi}$   
donde

$\Phi$  es el ángulo de rozamiento interno del suelo.

El apoyo de la punta de los pilotes de 0,45 m de diámetro se producirá en el tramo de arcillas limosas con arenas que presentan una mayor consistencia (Nivel 2-C), terreno de naturaleza cohesiva para el que se ha considerado una resistencia al corte sin drenaje teórica de 250 kN/m<sup>2</sup>.

Sustituyendo valores, para la resistencia por punta se tendría:

$$q_p = 9 \times 250 = 2250 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{pk} = q_p \times A_p = 2250 \times (\pi \times r^2) = 360,00 \text{ kN}$$

**Resistencia total frente al hundimiento:**

Una vez calculada la resistencia por punta y por fuste, se tiene la resistencia total frente al hundimiento a corto plazo para la estratigrafía considerada:

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk}$$

$$R_{ck} = 360,00 + 68,70 + 141,00 + 141,00 + 271,93 \text{ kN}$$

$$R_{ck} = 982,63 \text{ kN}$$

Aplicando un factor de seguridad ( $\gamma_R$ ) de 3, se tendría:

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R} = \frac{R_{ck}}{3}$$

$$R_{cd} = 327,54 \text{ kN}$$

Así pues, en la situación a corto plazo, para pilotes de 0,45 m de diámetro, empotrados 2,70 m (6Ø) en el tramo formado por arcillas limosas con arenas de consistencia dura, las cuales aparecen a partir de aproximadamente 8,00 m de profundidad respecto de la superficie original de la parcela, se tendría que el tope de carga de cada pilote se vería reducido a 327,54 kN.

## LARGO PLAZO

### Resistencia por fuste:

en suelos granulares y cohesivos:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi \quad ; \quad \tau_f \leq 100 \text{ kPa}$$

siendo

- $\sigma'_v$  la presión vertical efectiva al nivel considerado;
- $k_f$  coeficiente de empuje horizontal, para pilotes perforados  $k_f=0,75$ ;
- $f$  factor de reducción del rozamiento del fuste, para pilotes “in situ”  $f=1,00$ ;
- $\Phi$  ángulo de rozamiento interno del suelo.

Considerando el mismo modelo conceptual del subsuelo empleado anteriormente, se tendría:

**NIVEL 1.** Terreno removilizado y/o glacis cuaternario de baja compacidad, terreno granular, con un espesor medio de 4,00 m, una densidad aparente media de 20,1 kN/m<sup>3</sup>, y un ángulo de rozamiento medio de 22°:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi = 40,20 \times 0,75 \times 1 \times \operatorname{tg} 22^\circ = 12,18 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 12,18 \times (0,45 \times \pi \times 4,00) = 68,70 \text{ kN}$$

**NIVEL 2-A.** Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con un espesor medio de unos 2,00 m por debajo del supuesto glacis cuaternario, una densidad aparente media de 21,2 kN/m<sup>3</sup> y un ángulo de rozamiento medio de 20°:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi = 101,60 \times 0,75 \times 1 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 27,73 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 27,73 \times (0,45 \times \pi \times 2,00) = 78,21 \text{ kN}$$

**NIVEL 2-B.** Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con un espesor medio de unos 2,00 m por debajo del tramo anterior, una densidad sumergida teórica de 11,2 kN/m<sup>3</sup> y un ángulo de rozamiento medio de 20°.

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi = 134,00 \times 0,75 \times 1 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 36,58 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 36,58 \times (0,45 \times \pi \times 2,00) = 103,15 \text{ kN}$$

**NIVEL 2-C.** Arcillas limosas con arenas, terreno cohesivo, con una densidad aparente media de 21,2 kN/m<sup>3</sup> y un ángulo de rozamiento medio de 20°, considerándose un empotramiento mínimo de 2,70 m (6Ø) de los pilotes en este tramo:

$$\tau_f = \sigma'_v \times k_f \times f \times \operatorname{tg} \phi = 173,82 \times 0,75 \times 1 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 47,45 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{fk} = \tau_f \times A_f = 47,45 \times (0,45 \times \pi \times 2,70) = 180,64 \text{ kN}$$



### Resistencia por punta:

en suelos granulares y cohesivos:

$$q_p = f_p \times \sigma'_{vp} \times N_q$$

siendo

$f_p$  2,50 para pilotes perforados hormigonados “in situ”;

$\sigma'_{vp}$  la presión vertical efectiva al nivel de la punta antes de instalar el pilote;

$N_q$  factor de capacidad de carga definido por la expresión  $\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \times e^{\pi \tan \phi}$

donde

$\Phi$  es el ángulo de rozamiento interno del suelo.

El apoyo de la punta de los pilotes de 0,45 m de diámetro se producirá en el tramo de arcillas limosas con arenas que presentan una mayor consistencia (Nivel 2-C), terreno de naturaleza cohesiva para el que se ha considerado un ángulo de rozamiento medio de 20°.

Sustituyendo valores, para la resistencia por punta se tendría:

$$q_p = 2,50 \times 202,44 \times 6,40 = 3238,74 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{pk} = q_p \times A_p = 3238,74 \times (\pi \times r^2) = 518,20 \text{ kN}$$

**Resistencia total frente al hundimiento:**

Una vez calculada la resistencia por punta y por fuste, se tiene la resistencia total frente al hundimiento a corto plazo para la estratigrafía considerada:

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk}$$

$$R_{ck} = 518,20 + 68,70 + 78,21 + 103,15 + 180,64 \text{ kN}$$

$$R_{ck} = 948,90 \text{ kN}$$

Aplicando un factor de seguridad ( $\gamma_R$ ) de 3, se tendría:

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R} = \frac{R_{ck}}{3}$$

$$R_{cd} = 316,30 \text{ kN}$$

Así pues, en la situación a largo plazo, para pilotes de 0,45 m de diámetro, empotrados 2,70 m (6Ø) en el tramo formado por arcillas limosas con arenas de consistencia dura, las cuales aparecen a partir de aproximadamente 8,00 m de profundidad respecto de la superficie original de la parcela, se tendría que el tope de carga de cada pilote se vería reducido a 316,30 kN.

Con los nuevos cálculos ha resultado que la hipótesis más restrictiva sería la situación a largo plazo, por lo que se tomarían los datos obtenidos en el cálculo correspondiente como valores preliminares para el dimensionamiento de los pilotes.

Según la información facilitada por la Dirección Facultativa, los pilares proyectados transmitirían una carga de aproximadamente 60 t, con lo que con dos pilotes por encepado, siempre que cumplan el empotramiento recomendado, en principio quedaría cubierta la carga transmitida.

Durante la ejecución del pilotaje, se deberá controlar el espesor real y la naturaleza de los materiales atravesados, para confirmar que las hipótesis de cálculo son adecuadas, así como para confirmar la presencia del nivel freático y el espesor de terreno saturado, adoptando en cada caso las medidas adecuadas que garanticen la integridad estructural de los pilotes.

Es importante recalcar que la profundidad final de los pilotes será la que determine la empresa encargada de su ejecución, siendo los presentes cálculos un tanteo preliminar para su diseño.

Este documento consta de 15 páginas numeradas correlativamente y complementa al estudio geotécnico EG-5143/18.

Emitido en Madrid, el 20 de marzo de 2019.



David Barreno  
Geólogo  
Nº de colegiado – 5197



Negia María Milián Rodríguez  
Directora Técnica GMC Ingeniería

**GEOLOGÍA MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN SLU**  
C/ REYES CATÓLICOS Nº 6 - NAVE 108  
28108 ALCOBENDAS (MADRID)  
B-83569699  
gmc@gmcingenieria.com