

## ANEXO 6 ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

# MODIFICACIÓN PUNTUAL DEL PLAN PARCIAL SUP-5 "EL RAYO" SAN FERNANDO DE HENARES (MADRID) PARA ALTERACIÓN DE SU ORDENACIÓN Y SU NORMATIVA URBANÍSTICAS

DICIEMBRE 2024

APROBACIÓN INICIAL

**INFORME GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO: IG-140723**



**ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO. PROYECTO DE URBANIZACIÓN. LAMINADOR DE TORMENTAS. SUPI-5. SAN FERNANDO DE HENARES. (COMUNIDAD DE MADRID).**

**PETICIONARIO: JUNTA DE COMPENSACIÓN “EL RAYO”**

**FECHA:22/9/2023**

## **ÍNDICE**

<b>1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
<b>2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA. ....</b>	<b>4</b>
2.1    GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL. ....	4
2.2    HIDROGEOLOGÍA. ....	7
2.3    RIESGOS GEOLÓGICOS. ....	8
<b>3 SISMICIDAD. ....</b>	<b>9</b>
<b>4 CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO. METODOLOGÍA DE TRABAJO. ....</b>	<b>10</b>
4.1    CALICATAS. ....	12
4.2    SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN. ....	13
4.3    TRABAJO DE LABORATORIO. ....	16
4.3.1    Ensayos de identificación y estado. ....	16
4.3.2    Ensayos de resistencia al corte. ....	17
4.3.3    Ensayos de deformabilidad. ....	17
4.3.4    Ensayos de compactación y capacidad soporte. ....	17
4.3.5    Componentes secundarios. ....	18
<b>5 CARACTERÍSTICAS LITOGOTÉCNICAS DEL TERRENO – UNIDADES DEFINIDAS.....</b>	<b>19</b>
5.1    Unidad Q-tvg ....	20
5.2    Unidad Q-arc ....	20
5.3    Unidad Q-grv ....	23
5.4    Unidad Q-arn ....	27
5.5    Unidad Mio-arc.....	29
5.6    Módulo de deformación y coeficiente de balasto.....	32
5.7    Resistencia.....	35
<b>6 EXPLANADA NATURAL. ....</b>	<b>36</b>
<b>7 ZANJAS Y SERVICIOS DE LA URBANIZACIÓN ....</b>	<b>39</b>
<b>8 LAMINADOR DE TORMENTAS ....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parcela, 5260003VK2856S0001AE. Fuente Sede electrónica del catastro.....	1
Figura 2 Parcelas catastrales del Sector SUPI-5.Fuente sede electrónica del Catastro.....	2
Figura 3. MAGNA 1:50000 hoja 560 correspondiente a Alcalá de Henares. Fuente IGME.....	5
Figura 4. Leyenda. MAGNA 1:50000 hoja 560 correspondiente a Alcalá de Henares. Fuente IGME .....	6
Figura 5. Masas de agua subterránea. Fuente IGME .....	7
Figura 6. Mapa de peligrosidad sísmica. Fuente IGME. ....	9
Figura 7. SPT (estándar penetración test). Fuente AENOR. UNE 103.800:92. ....	14
Figura 8. Tomamuestras. Fuente Curso Geotecnia. modulo 1 Perforación. ....	14
Figura 9. Curvas granulométricas. Unidad Q-arc. Fuente elaboración propia. ....	21
Figura 10. Diagrama de plasticidad de la USCS. Unidad Q-arc. Fuente elaboración propia. ....	21
Figura 11. Clasificación PG3 según plasticidad. Fuente elaboración propia. ....	22
Figura 12. Curvas granulométricas. Unidad Q-grv. Fuente elaboración propia. ....	24
Figura 13. Diagrama de plasticidad de la USCS. Unidad Q-arc. Fuente elaboración propia. ....	25
Figura 14. Clasificación PG3 según plasticidad. Fuente elaboración propia. ....	26
Figura 15. Curvas granulométricas. Unidad Q-arn. Fuente elaboración propia.....	27
Figura 16. Diagrama de plasticidad de la USCS. Unidad Q-arn. Fuente elaboración propia. ....	28
Figura 17. Clasificación PG3 según plasticidad. Fuente elaboración propia. ....	29
Figura 18. Curvas granulométricas. Unidad Mio-arc. Fuente elaboración propia. ....	30
Figura 19. Diagrama de plasticidad de la USCS. Unidad Q-arn. Fuente elaboración propia. ....	31
Figura 20. Gráfico SPT-profundidad. Fuente elaboración propia.....	35
Figura 21. Diagrama de penetración dinámica continua (golpeo/profundidad). Fuente elaboración propia. .....	35
Figura 22. SPT-profundidad.....	41

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Clasificación de la agresividad química suelos. Fuente Código Estructural. Tabla 27.1.b. Clasificación de la agresividad química. _____	8
Tabla 2, Coordenadas topográficas de las calicatas. Fuente elaboración propia _____	12
Tabla 3 Coordenadas topográficas de los sondeos. Fuente elaboración propia _____	13
Tabla 4. Clasificación de las partículas de suelo por su tamaño (mm). Fuente elaboración propia. _____	15
Tabla 5. Fracciones secundarias. Fuente elaboración propia. _____	15
Tabla 6. Densidad relativa en función. Fuente elaboración propia. _____	15
Tabla 7. Potencia Q-arc en el ámbito del Sector. Elaboración propia. _____	20
Tabla 8. Potencia Q-grv en el ámbito del Sector. Elaboración propia. _____	24
Tabla 9. Potencia Q-arn en el ámbito del Sector. Elaboración propia. _____	27
Tabla 10. Correlaciones Modulo de deformación. Fuente varios. _____	33
Tabla 11. la tabla D23. Fuente CTE. _____	33
Tabla 12. Valores de K30. Fuente Jiménez salas. _____	34
Tabla 13. Valores de K30. Fuente Rodríguez Ortiz. _____	34

## **SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS**

CTE	Código técnico de la edificación
UH	Unidad hidrogeológica
m	metro
T	Transmisividad
S	Coeficiente de almacenamiento
Kv	Conductividad vertical
Kh	Conductividad horizontal
m/día	Metros día
m/d	Metros día
m <sup>2</sup> /d	Metros cuadrado
%	Tanto por ciento
mg	Miligramos

kg	Kilogramos
ml/kg	Mililitros por kilogramo
UNE	Acrónimo de (Una Norma española)
EHE	Instrucción de hormigón estructural
NCSE	Norma de Construcción Sismorresistente
MAGNA	Mapa geológico nacional
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
dmax	Distancia máxima
SR	Sondeo a rotación
PD	Ensayo de penetración dinámica continua
C	Calicata
G1	Grado de estabilidad de las paredes en calicatas. Paredes estables.
G2	Grado de estabilidad de las paredes en calicatas. Desprendimiento de gravas y bolos “chineo”.
G3	Grado de estabilidad de las paredes en calicatas. Caída de bloques.
G4	Grado de estabilidad de las paredes en calicatas. Inestabilidad por descalce.
G5	Grado de estabilidad de las paredes en calicatas. Posible inestabilidad.
G6	Grado de estabilidad de las paredes en calicatas. Paredes muy inestables (desplome).
Mm	Milímetro
SPT	Standard penetration test
r.p.m	Revoluciones por minuto
N <sub>30</sub>	Golpes cada 30 cm de penetración (SPT)
DPSH	Dynamic Probing super heavy
N <sub>20</sub>	golpes cada 20 cm de penetración (Penetrometro dinámico)
t	Toneladas
Rp	Resistencia dinámica de punta en kg/cm <sup>2</sup> .
Pm	Peso de la maza (63,5 kg).
Pv	Peso que carga sobre la puntaza.
H	Altura de caída (75 cm).
S	Superficie de la puntaza (16 cm <sup>2</sup> ).
D	Avance de penetración por cada golpe 20 cm/N <sub>20</sub> .
U.S.C.S.	Clasificación unificada de Casagrande
H.R.B.	Clasificación de suelos para subrasantes
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
PG3-75	pliego de prescripciones técnicas para carreteras

Nº	Número
CD	Corte directo consolidado y drenado
CBR	California Bearing Ratio
PH	Concentración de iones de hidrógeno
NTJ	Norma tecnológica de jardinería y paisajismo
LER	Lista Europea de Residuos
Kg/cm <sup>2</sup>	Kilos por centímetro cuadrado
v	Coeficiente de Poisson
K <sub>30</sub>	Coeficiente de Balasto vertical
IP	Índice de plasticidad
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
w	Humedad natural
$\phi$	Ángulo de rozamiento interno
c	Cohesión
q <sub>c</sub>	Resistencia a la penetración estática
$\alpha$	Factor de correlación
cm/seg	Centímetros por segundo
$\gamma_s$	Densidad seca
$\gamma_a$	Densidad aparente
p <sub>vh</sub>	Presión de hundimiento.
c <sub>u</sub>	Cohesión sin drenaje.
B'	Anchura efectiva de la cimentación.
$\gamma$	Peso específico del terreno bajo la zapata.
Q	Sobrecarga del terreno a nivel de la cimentación.
N <sub>c</sub> , N <sub>γ</sub> , N <sub>q</sub> : Factores adimensionales de capacidad de carga.	
$\cdot d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot t_\gamma \cdot r_\gamma \cdot d_q \cdot i_q \cdot s_q \cdot t_q \cdot r_q$ : factores adimensionales de corrección.	
St	Asiento total admisible
N	Valor medio N <sub>30</sub> (SPT)
N <sub>c</sub>	Factor de capacidad de carga. 5.14.
C <sub>u</sub>	Resistencia a la corte no drenada representativa en el bulbo de presiones de la cimentación.
D	Profundidad de empotramiento de la cimentación. En zapatas se considera el canto

zo	Profundidad del nivel freático
z	Profundidad del terreno
K0	Coeficiente de empuje en reposo
Roc	Razón de sobreconsolidación
Es1	Módulo de deformación



## 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

El objetivo del presente informe se centra en análisis geotécnico de las formaciones geológicas que constituyen el substrato del Sector SUPI-5 de San Fernando de Henares, en el que se va a desarrollar un proyecto de urbanización.

El ámbito del SUPI-5 se localiza en el término municipal de San Fernando de Henares, situado al este de la Comunidad de Madrid, a unos 28 kilómetros de la capital.



*Figura 1. Parcela, 5260003VK2856S0001AE. Fuente Sede electrónica del catastro.*



El estudio tiene unos objetivos fundamentales:

- Definir un modelo geológico-geotécnico representativo del terreno en el ámbito del proyecto, evaluando las características geotécnicas de cada una de las unidades que lo forman. Estudiar y clasificar el tipo de explanada natural que soportará los viales, a partir de los datos de identificación, compactabilidad, capacidad portante etc. Analizar todos aquellos aspectos que permitan plantear con garantías las mejoras necesarias y dimensionar con garantías la sección del firme.
- Determinar si existen riesgos geológicos-geotécnicos de la zona que puedan incidir sobre la futura urbanización.
- Plantear las recomendaciones para la ejecución del laminador de tormentas proyectado.
- Estudio de la permeabilidad del sustrato para la construcción de pozos drenantes.
- Plantear todas aquellas recomendaciones de interés constructivo relacionados con el comportamiento geotécnico del terreno en el marco del proyecto de urbanización.

## **2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA.**

### **2.1 GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL.**

La zona de estudio queda enclavada en la denominada Fosa del Tajo, más concretamente en la Cuenca Sedimentaria de Madrid.

La Fosa del Tajo se encuentra limitada, al N por la línea morfotectónica meridional del Sistema Central, al S en contacto con la meseta Toledana, y al E por la Sierra de Altomira, configurándose un amplio triángulo que no llega a cerrarse entre la alineación Toledana y las elevaciones de Altomira. Dentro de dicha Fosa tectónica, la cuenca de Madrid se sitúa al S del borde meridional del Sistema Central, de composición granítico-metamórfica, y en la parte NO de la Cuenca Terciaria del Tajo.

El relleno sedimentario de dicha cubeta se produjo a partir del dismantelamiento de los materiales que forman los macizos montañosos y rampas de erosión de los bordes de la cuenca.

Este relleno está formado por depósitos clásticos inmaduros (arcosas), arcillas y carbonatos con sílex y sepiolita, yesos y margas yesíferas con niveles salino que afloran según bandas groseramente concéntricas hacia el interior de la cubeta, de acuerdo con el esquema clásico de distribución horizontal de facies de borde, intermedias y centrales, de los depósitos de abanicos aluviales indentados en sus facies distales con depósitos lacustres en una cuenca endorreica árida.

El ámbito de estudio se encuentra en el sector oriental de la Cuenca del Madrid, dentro de una zona de transición de las facies intermedias al centro de la cuenca, constituidas por arcillas verdes, grises, margas calcáreas, sílex y sepiolita. Estas formaciones aparecen de forma puntual dado que se encuentran cubiertas por un importante paquete de sedimentos asociados a la dinámica aluvial del río Jarama, constituidos por depósitos de terrazas, barras aluviales y sedimentos de llanura de inundación. Los niveles de terraza desarrollan en sus bordes cuerpos sedimentarios que se describen como coluviones y depósitos de pie de talud.

En la hoja geológica de Alcalá de Henares, donde se enclava el ámbito del SUPI 5, se diferencian formaciones asociadas a los depósitos miocenos arcillosos

Arcillas grises, margas calcáreas. Sílex y sepiolitas

Se trata de arcillas gris verdosas, que se han identificado únicamente en el sondeo 3 a 2.20 m. de profundidad. Las arcillas son fundamentalmente montmorillonitas e ilitas y caolinitas minoritarias. Son frecuentes los niveles de sepiolitas

### Niveles de terraza del Jarama

Estos niveles incorporan facies de llanura de inundación, que se describen como arenas fina a muy fina con limos y arcillas. Pueden en apariencia ser masivas o presentar finas laminaciones, ripples o hiladas discontinuas de gravillas.

Los niveles de terraza están formados por detríticos gruesos de naturaleza cuarcítica, con abundancia de cuarzos y calizas sílex y metamórficos escasos.

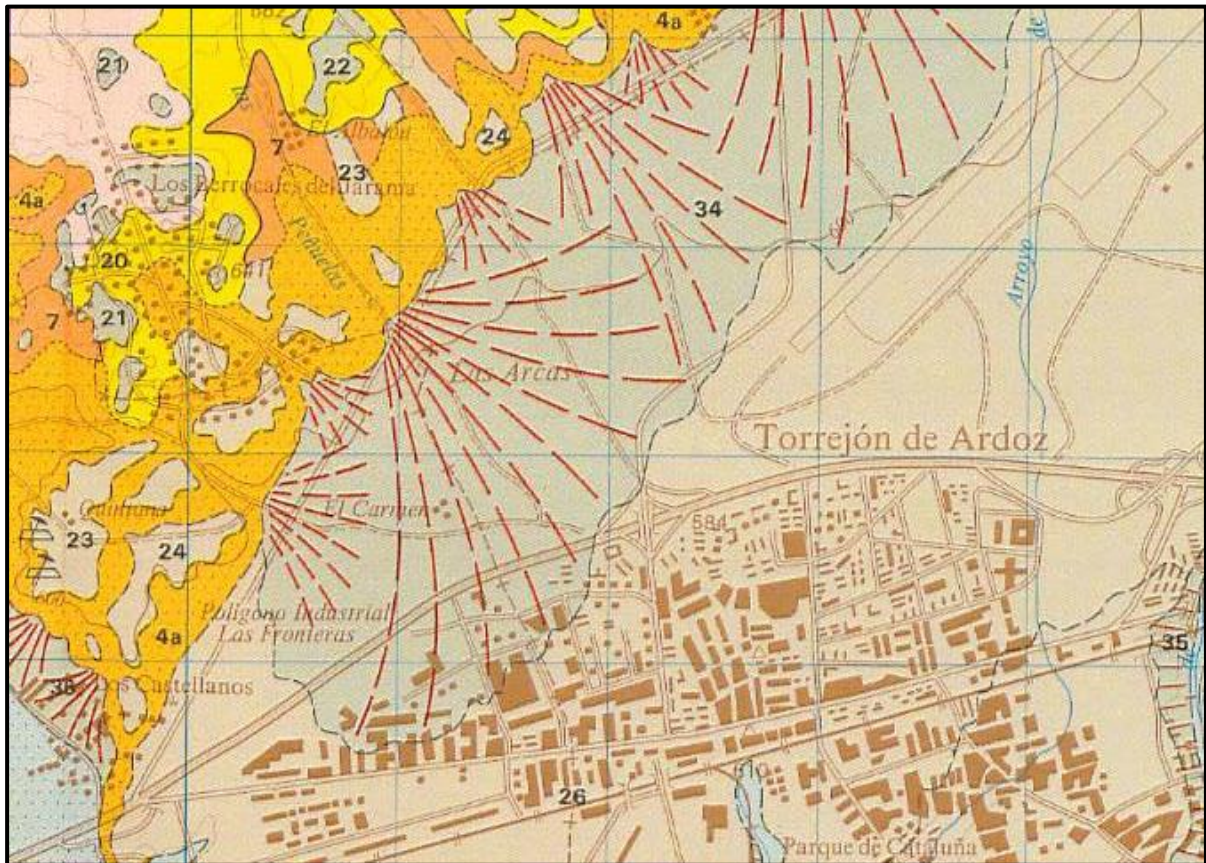


Figura 3. MAGNA 1:50000 hoja 560 correspondiente a Alcalá de Henares. Fuente IGME

### Conos de deyección

Depósitos pleistoceno constituidos por gravas, arenas y arcillas



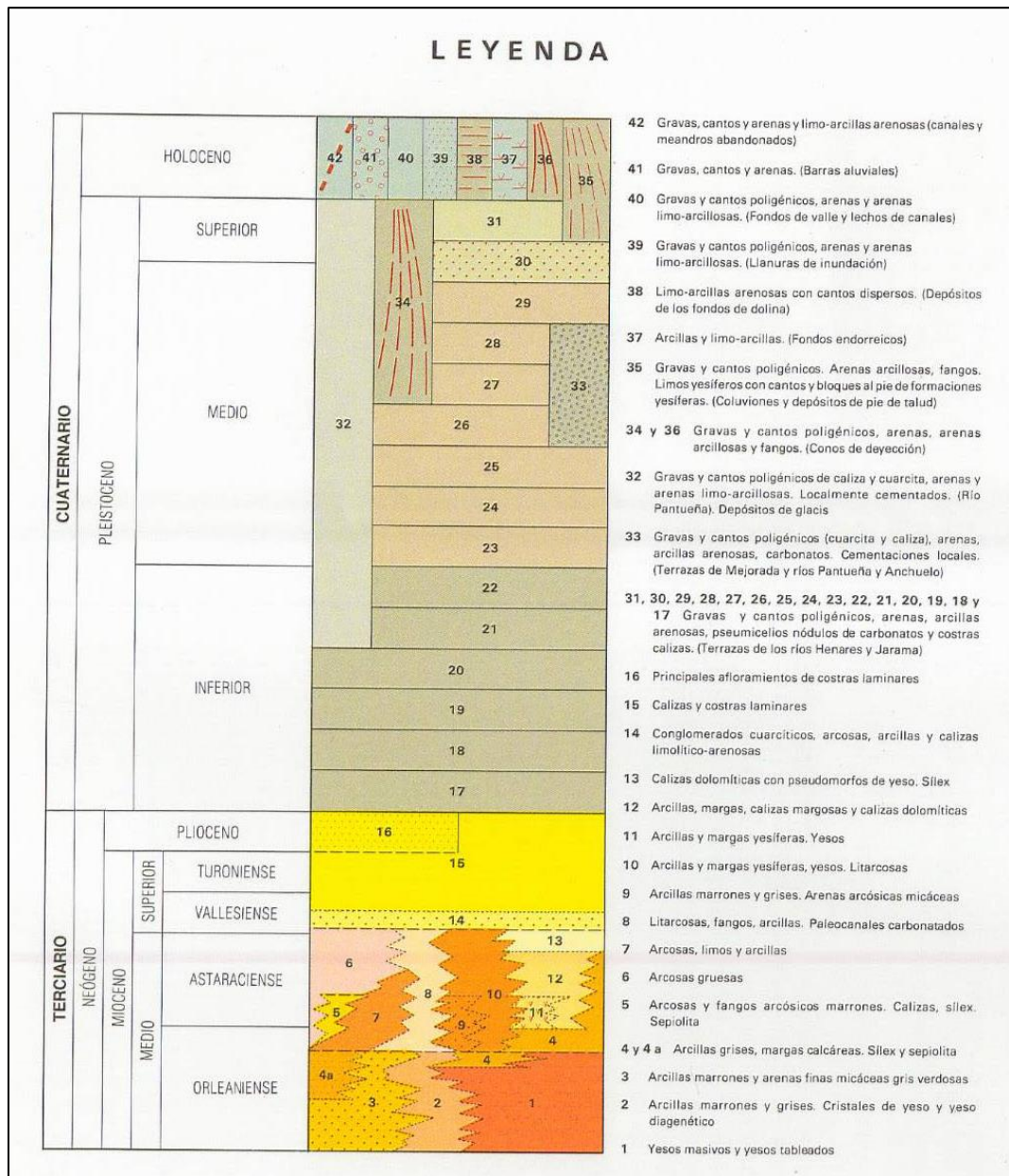


Figura 4. Leyenda. MAGNA 1:50000 hoja 560 correspondiente a Alcalá de Henares. Fuente IGME

## 2.2 HIDROGEOLOGÍA.

El ámbito del supi 5 se localiza en la MASb 031.006 Guadalajara

La MASb 031.006 Guadalajara se encuentra situada entre las provincias de Guadalajara y Madrid ocupando una superficie de 1873,19 km<sup>2</sup> de los cuales el 91,20 % (1708,35 km<sup>2</sup>) corresponden a superficies detríticas de permeabilidad media, alta y muy alta. Ver Mapa de situación.

Esta MASb es colindante al norte y nordeste con los materiales paleozoicos (pizarrosos), y los mesozoicos de las MASb 031.004 Torrelaguna, 031.005 Jadraque y 031.003 Tajuña-Montes Universales. Por el sureste está limitada por el río Henares y por el oeste con la MASb 031.024 Aluvial del Jarama: Guadalajara-Madrid.

Desde el punto de vista topográfico, esta MASb se encuentra en el sector de la cuenca del Tajo perteneciente a la cubeta o fosa de Madrid. Dentro de esta masa se observa que las cotas varían entre los 551 y los 1147 m s.n.m., obteniéndose una cota media de 798,98 m s.n.m.

Esta MASb se incluye en el sistema de explotación denominado MACROSISTEMA, subsistema HENARES y JARAMA-GUADARRAMA.

Los principales cursos fluviales que atraviesan esta masa son: el río Henares, que discurre prácticamente por todo el límite este de la misma, el río Torote, que se encuentra en la parte central, y en la zona noreste los ríos Bornova, Sorbe, Salado, Dulce y Cañamares.

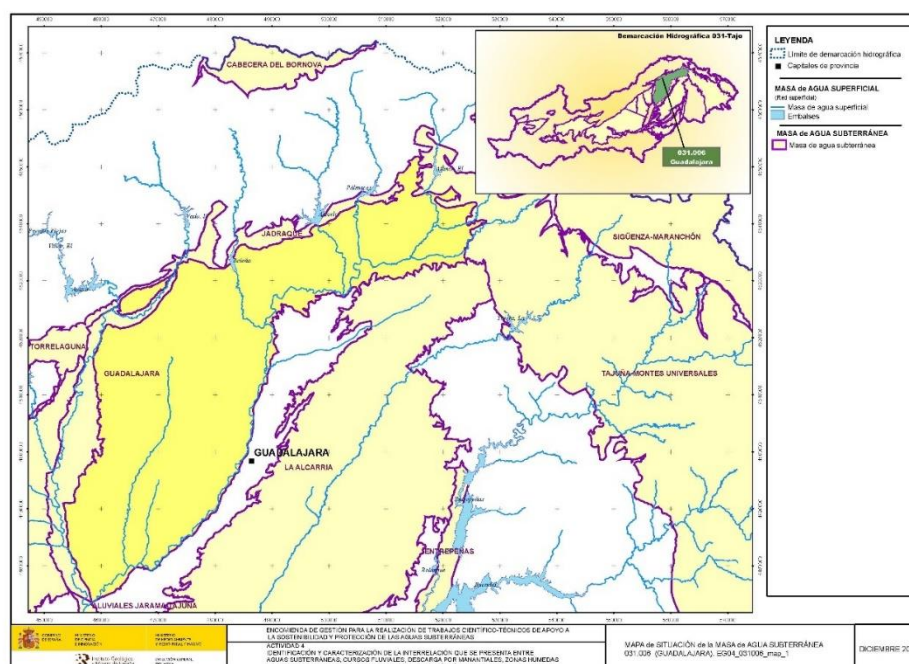


Figura 5. Masas de agua subterránea. Fuente IGME

## 2.3 RIESGOS GEOLÓGICOS.

A continuación, se detallan algunos aspectos generales de los riesgos geológicos que pueden tener una especial incidencia a los fines del estudio.

**Riesgo por hundimiento:** No existe riesgo de hundimiento en el ámbito del proyecto.

**Riesgo por expansividad:** El peligro que conlleva la expansividad afecta exclusivamente a suelos cohesivos de naturaleza arcillosa, cuando su textura se ve alterada por diferencias en la concentración de humedad. En el ámbito del SUPI -5 se han detectado suelos potencialmente expansivos.

**Riesgo por Agresividad del suelo:** En base a lo especificado en nuevo Código Estructural aprobado El 29 de junio de 2021 con el Real Decreto 470/202, Sección “Estructuras de hormigón”. Capítulo 7. Artículo 27 (Criterios específicos para estructuras de hormigón(, y atendiendo a los resultados de los ensayos de laboratorio realizados) Sulfatos Cuantitativos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), en mg/k: 225-350-375, se debe considerar un ambiente no agresivo para los suelos, y por tanto, no es necesario la utilización de hormigones sulforresistentes.

**Tabla 27.1.b Clasificación de la agresividad química**

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

Tabla 1. Clasificación de la agresividad química suelos. Fuente Código Estructural. Tabla 27.1.b. Clasificación de la agresividad química.

**Excavabilidad:** Los terrenos afectados por el presente estudio, son fácilmente excavables mediante medios convencionales.

**Exposición al Radón:** El Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, incluye el listado de términos municipales que pueden verse afectados por concentraciones de radón. El municipio de Las



San Fernando de Henares se incluye en zona de riesgo I, por lo que se deberán llevar a cabo lo dispuesto en el Real Decreto para esta zona de riesgo.

### 3 SISMICIDAD.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica de la figura adjunta. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad  $g$ , la aceleración sísmica básica  $a_b$ , -un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno- y el coeficiente de contribución  $K$ , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

La actividad sísmica de España es moderada y las zonas sísmicas con mayor actividad se concentran en el sur de España. Por lo que nos encontramos en una zona de bajo riesgo.

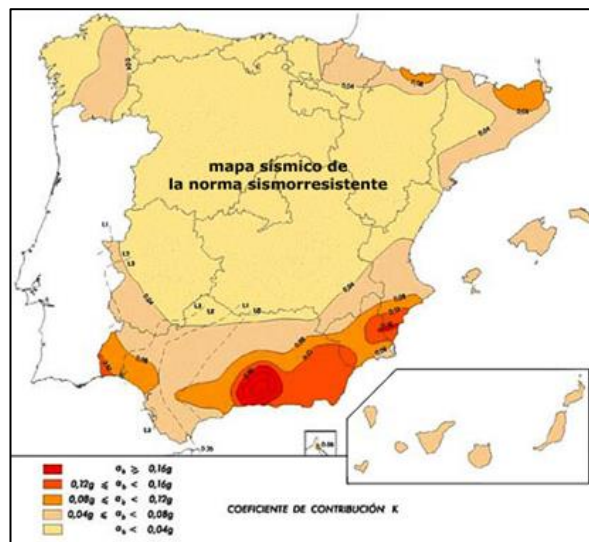


Figura 6. Mapa de peligrosidad sísmica. Fuente IGME.

#### 4 CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Previamente a dimensionar la campaña de investigación se procedió a recopilar la información o documentación existente sobre la zona a investigar. Los documentos consultados fueron los siguientes:

- Mapa Geológico de España (MAGNA) del IGME, escala 1/50.000 correspondiente a Alcalá de Henares.
- Mapa Geotécnico de España, a escala 1/200.000.
- Mapa Hidrogeológico de España, a escala 1/200.000, correspondiente a Madrid, hoja nº 45.
- Norma de Construcción Sismorresistente, NCSE-02.
- Código Estructural aprobado El 29 de junio de 2021 con el Real Decreto 470/202, Sección “Estructuras de hormigón”. Capítulo 7. Artículo 27 (Criterios específicos para estructuras de hormigón).
- Normas Tecnológicas de la Edificación. Acondicionamiento del terreno. Cimentaciones, del Ministerio de Fomento. Geología, geomorfología, hidrogeología y geotecnia de Madrid. Ayuntamiento de Madrid (1986).
- Síntesis Geotécnica de los Suelos de Madrid y su Alfoz. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Dirección General de Infraestructura del Transporte. Madrid 1985.
- Propiedades geotécnicas de los suelos e Madrid. José M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz. Nov-2000
- Caracterización geotécnica de los suelos de Madrid mediante la técnica REMI. Alfonso Muñoz Martín. Andrés Darbó Gorosabel. José María Ruiz Fonticiella.
- Estabilidad de taludes de las formaciones blandas de la Comunidad de Madrid. IGME
- Sobre los sistemas y parámetros geotécnicos de diseño en la ampliación del metro de Madrid. Carlos Oteo Mazo, José M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz y Felipe Mendaña Saavedra.
- El acuífero terciario detrítico de Madrid: pasado, posibilidades actuales y retos pendientes, Javier G. Yélamos y Fermín Villarroya Gil

En el dimensionamiento de la campaña se ha tenido en cuenta los objetivos del presente estudio y las directrices indicadas por la dirección del Proyecto.

Se han llevado a cabo 7 calicatas mediante una retroexcavadora mixta, realizadas a lo largo del trazado de los viales proyectados. Se ha alcanzado la profundidad de investigación necesaria para poder analizar de forma adecuada el comportamiento geotécnico del terreno que constituye la explanada natural, y poder así llevar a cabo una clasificación de la misma, para en base a ella, definir las recomendaciones para su mejora según los requerimientos del tráfico que va a soportar los viales del Sector.

Durante la realización de las calicatas se llevó a cabo una toma de muestras en saco, que se trasladaron al laboratorio para realizar los ensayos necesarios para su caracterización y análisis de su comportamiento geotécnico.

El proyecto de urbanización incluye un laminador de tormentas, para el cual se han realizado dos sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de testigo hasta una profundidad de 8.00 m.

El objetivo de estos sondeos es valorar la excavabilidad del terreno, así como conocer su comportamiento geotécnico, que permita abordar el proyecto con las debidas garantías. Así mismo, se ha llevado a cabo un estudio de la permeabilidad en base a 2 pruebas lefranc en los sondeos 1 y 2, para valorar la ejecución de pozos drenantes en la zona del laminador del tormentas (zona topográficamente más baja).

Por último, se han realizado dos sondeos complementarios, con objeto de definir la columna litoestratigráfica presente en el ámbito, de cara a las diferentes actuaciones constructivas que se van a llevar a cabo.

#### 4.1 CALICATAS.

Se han llevado a cabo un total de 7 calicatas con medios mecánicos, distribuidas por los viales proyectados.

Durante su realización se realizó un levantamiento de la columna estratigráfica detectada, tomando datos sobre su excavabilidad, estabilidad etc., con el correspondiente reportaje fotográfico. Toda esta información se recoge en los ANEXOS a este documento.



POSPECCIÓN	X	Y	Z
Cata 1	456794,3163	4479250,1086	601.75
Cata 2	456874,4855	4478942,7507	591.60
Cata 3	457026,4733	4479213,0473	596.40
Cata 4	457008,3617	4479430,3217	600.00
Cata 5	457145,7116	4479549,5750	599.60
Cata 6	457266,414	4479673,8565	598.20
Cata 7			598.40

*Tabla 2, Coordenadas topográficas de las calicatas. Fuente elaboración propia*

## 4.2 SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN.

Para la realización de los sondeos se emplea una sonda montada sobre orugas.

**SONDA: RL 48 L DE ROLATEC.**

- **Peso del equipo: 4000 kg.**
- **Mástil elevación: 5500 mm.**
- **Carrera del cabezal: 3400 mm.**
- **Tracción máxima: 7000 kg.**
- **Bomba de Inyección: 0 a 140 l.p.m.**
- **Velocidad de rotación: 0 a 900 r.p.m.**
- **Par máximo de rotación: 450 Kgm.**
- **Mordazas hidráulicas.**
- **Unidad de golpeo automático SPT.**
- **Ángulo de perforación: 0°-180°.**



*Equipo utilizado.*

POSPECCIÓN	X	Y	Z
SR-1	456822,3346	4478950,4714	591.90
SR-2	456822,4467	4478883,7227	591.00
SR-3	456604,1895	4479175,6000	604.60
SR-4	456969,1046	4479430,3217	600.10

*Tabla 3 Coordenadas topográficas de los sondeos. Fuente elaboración propia*

La perforación se realiza con batería sencilla tipo B y corona de widia, con un diámetro de 86 mm, 101 mm y 113 mm.

Durante la perforación y en el interior de los sondeos se efectúan ensayos de penetración estándar (SPT) y toma de muestras inalteradas a percusión (MI), para su posterior análisis en laboratorio.

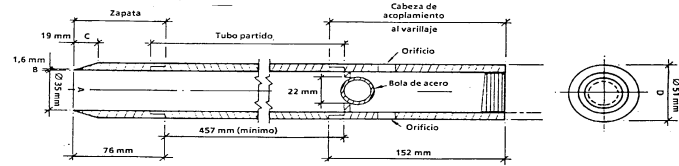


Figura 7. SPT (estándar penetración test). Fuente AENOR. UNE 103.800:92.

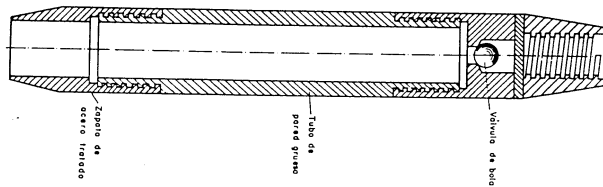


Figura 8. Tomamuestras. Fuente Curso Geotecnia. modulo 1 Perforación.



### Testificación de Sondeos.

Durante la realización del sondeo se lleva a cabo la testificación del testigo obtenido. Se han seguido los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de suelos.

En las descripciones se indica el tipo de suelo en función del tamaño de sus partículas.

0,002	0,074	0,42	2	4,75	19,1	100	BOLOS
		FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	
ARCILLA	LIMO	ARENA			GRAVA		
SUELOS DE GRANO FINO		SUELOS DE GRANO GRUESO					

*Tabla 4. Clasificación de las partículas de suelo por su tamaño (mm). Fuente elaboración propia.*

Las fracciones secundarias, lo que se conoce como matriz, se indica con los siguientes términos:

DESCRIPCIÓN	PROPORCIÓN % EN PESO
Indicios	5 a 10
Algo	10 a 20
Bastante	20 a 35
sufijo oso/osa	35 a 50

*Tabla 5. Fracciones secundarias. Fuente elaboración propia.*

Así mismo, se aportan datos del color y la densidad relativa, utilizando para esta última los datos de del SPT.

DENSIDAD	GOLPEO SPT ( $N_{30}$ )
Muy flojo	< 4
Flojo	5 a 10
Medianamente denso	11 a 30
Denso	31 a 50
Muy denso	> 50

*Tabla 6. Densidad relativa en función. Fuente elaboración propia.*



### 4.3 TRABAJO DE LABORATORIO.

El trabajo de laboratorio ha consistido en una serie de ensayos, que pueden agruparse en:

#### 4.3.1 Ensayos de identificación y estado.

Los ensayos de identificación nos definen la granulometría, tamaño y estudio de forma del suelo. La granulometría o estudio de los distintos tamaños que componen un suelo se realizan en base a clasificaciones de tamaños normalizados.

**El análisis granulométrico por tamizado (UNE –103.101/95)** se realiza tamizando o cribando una determinada cantidad de suelo, en peso, a través de una serie de tamices, pesándose el porcentaje retenido en cada uno de ellos. Conocido lo retenido en cada tamiz, se puede obtener el tanto por ciento de partículas de diámetro inferior al considerado en cada caso.

**Los Límites de Atterberg, (UNE 103.103/94 - 103.104/94)** determinan las humedades características de las partículas finas, definiéndose al Límite Líquido como la humedad necesaria para que el suelo pase de un estado plástico a un estado fluido, y al Límite Plástico a la humedad necesaria para que el suelo pase de un estado semisólido a un estado plástico. El Índice de Plasticidad se define como la diferencia entre el L. Líquido y el L. Plástico.

Con los datos obtenidos se clasifican los suelos, según la clasificación unificada U.S.C.S, la clasificación H.R.B revisada y adoptada por la AASHTO como norma M-145, y la clasificación del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3/75, actualmente en revisión.

#### Clasificación HRB

La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se realiza por medio de un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una ecuación empírica. El comportamiento geotécnico de un suelo varía inversamente con su índice de grupo, es decir que un suelo con índice de grupo igual a cero indica que es material “bueno” para la construcción de carreteras, y un índice de grupo igual a 20 o mayor, indica un material “muy malo” para la construcción de carreteras.

Los suelos clasificados dentro los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz Nº 200. Los suelos que tienen más del 35% de partículas que pasan a través del tamiz Nº 200 se clasifican dentro de los grupos de material fino A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos suelos son principalmente limo y materiales de tipo arcilla.



#### 4.3.2 Ensayos de resistencia al corte.

**Ensayo de Compresión Simple (Presión inconfinaada).** UNE-103-400/93: Es el ensayo más utilizado en la caracterización de la resistencia a compresión de los suelos con cierta cohesión. En el ensayo se procede a carga una probeta de suelo con rapidez y, en este caso de arcillas impermeables, equivale a un ensayo sin drenaje. En suelos granulares los datos obtenidos son meramente orientativos, ya que la falta de cohesión de los granos hace que la muestra se desmorone nada más aplicarle la carga (vertical).

**Corte Directo consolidado y con drenaje (CD).** UNE-103.401. Con el ensayo de corte directo obtenemos los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento interno de los suelos.

#### 4.3.3 Ensayos de deformabilidad.

**Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.** (UNE 103601). El ensayo denominado de “hinchamiento libre” consiste en la humectación del suelo permitiendo la expansión vertical de la probeta en la célula edométrica.

**Ensayo de colapsabilidad de un suelo en edómetro,** según norma NLT 254:99. Se define como la disminución de altura que experimenta una muestra de suelo en unas determinadas condiciones de estado (densidad y humedad), confinada lateralmente y sometida a un esfuerzo vertical constante, en el momento de ser inundada.

#### 4.3.4 Ensayos de compactación y capacidad soporte.

**Ensayo Apisonado Próctor normal y/o modificado** UNE-103-500/501-94. El método del ensayo se basa en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones, pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos valores, representados en coordenadas cartesianas, definen la relación buscada. Se obtiene la humedad óptima que es aquella con la cual se consigue la máxima densidad seca.

**Índice CBR** UNE-103-502/95 Se emplea para evaluar la capacidad soporte de los suelos de explanaciones, aplicable también a capas de base y subbases de firmes. En el ensayo se emplean al menos tres moldes, con suelo amasado con el contenido de humedad, equivalente a la óptima del ensayo de compactación de referencia (PN, PM). A cada uno de los moldes se le aplica una compactación diferente, obteniéndose así, tres densidades secas distintas y, para cada una de ellas, un valor CBR. Los resultados obtenidos se representan con la denominada curva densidad seca-CBR. El resultado final es el índice CBR que se obtiene para una compactación determinada, normalmente correspondiente al 95% y 100% del Próctor de referencia.

#### 4.3.5 Componentes secundarios.

**Contenido en Sulfatos solubles.** Según la instrucción EHE 2008 y la norma UNE 83963:2008: Su determinación consiste en obtener la proporción de sulfatos solubles en agua, pasándolos a disolución mediante agitación con agua y precipitando luego los sulfatos disueltos (procedentes del suelo) con una disolución de cloruro bórico. El procedimiento seguido es el habitual en cualquier gravimetría.

**Contenido en Materia orgánica.** (UNE-103-204/93). Para la determinación del contenido en materia orgánica oxidable de un suelo, se ha utilizado el método del permanganato potásico.

**Determinación del contenido en sales solubles,** según norma NLT-114/99. La determinación del contenido de las sales de los suelos se determina pesando el residuo, obtenido por evaporación, de una cantidad proporcional del extracto acuoso del mismo.

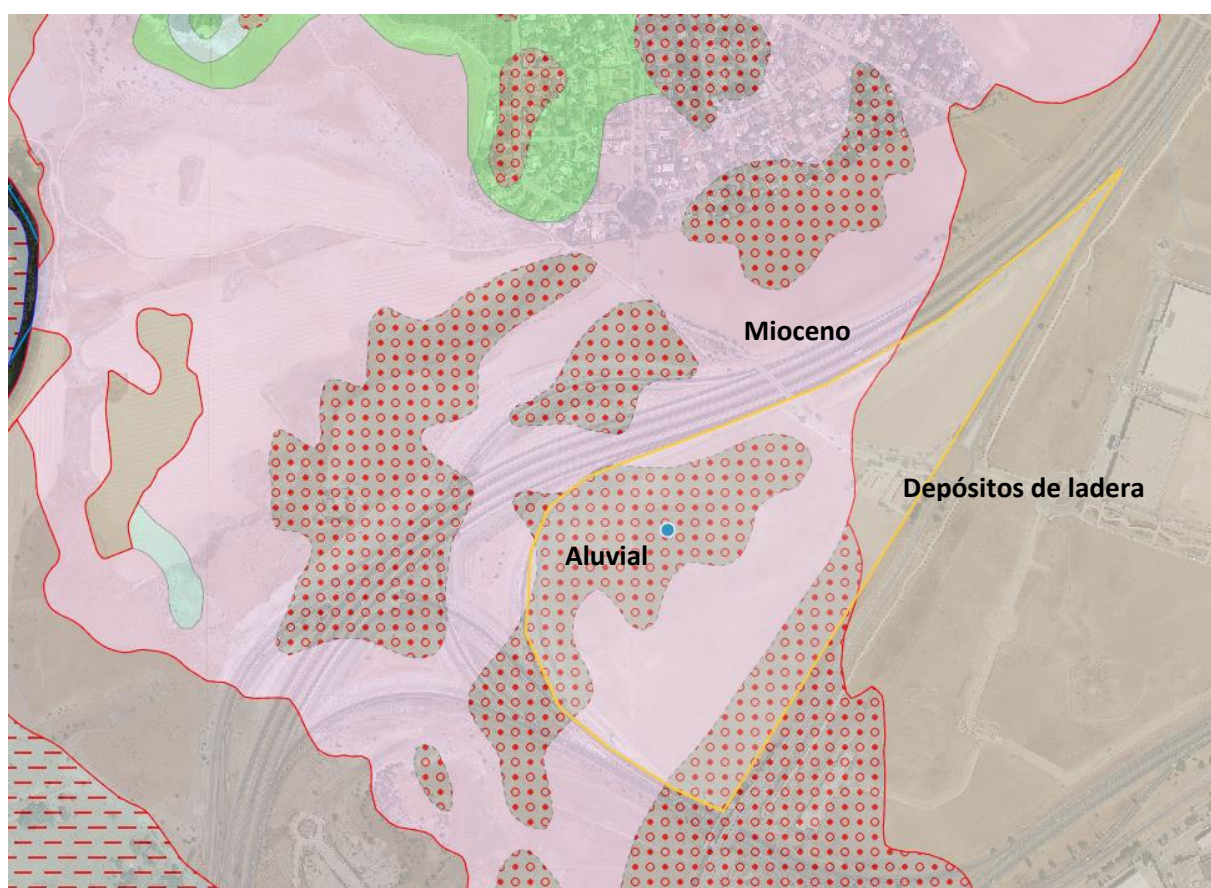
**Determinación del contenido en yesos,** según norma NLT-115/99.

## 5 CARACTERÍSTICAS LITOGEOTÉCNICAS DEL TERRENO – UNIDADES DEFINIDAS.

Los terrenos que constituyen el substrato natural están representados por formaciones asociadas a la dinámica aluvial del río Jarama y a depósitos miocenos de la cuenca de Madrid en sus facies de transición.

En la hoja geológica 560 (Alcalá de Henares) se identifican tres formaciones en el ámbito del Sector:

- Mioceno: Alternancia de lutitas verdes y arenas micáceas. Localmente niveles carbonatados, de sílex y nódulos de yeso
- Cuaternario:
  - Terrazas (Pleistoceno medio). Gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo. Arenas, limos y arcillas arenosas. Carbonatos tobáceos.
  - Conos de deyección (Pleistoceno inferior). Cantos, gravas, arenas y limos.



En las catas realizadas se han identificado formaciones cuaternarias, constituidas por un predominio de niveles de arcillas y puntualmente gravas y arenas. En tres de los sondeos, hasta la cota investigada con las calicatas, la columna litoestratigráfica está representada por suelos finos arcilloso superficiales, facies arenosas y depósitos de gravas a partir de 1.70-2.00 m de profundidad. En el sondeo 3 se detecta, tras una capa de gravas superficial, la presencia de un depósito mioceno arcilloso de tonos verdes (peñuelas).

A partir de las secuencias estratigráficas obtenidas en las prospecciones realizadas, junto los resultados de los ensayos de laboratorio podemos diferenciar cinco unidades litogeotécnicas.

### 5.1 Unidad Q-tvg

Se incluyen dentro de esta unidad la capa vegetal y suelos de labor, que en el ámbito alcanza un espesor medio de 50 cm, con áreas donde pueden apreciarse potencias de hasta 70 cm.

Son suelos muy arcillosos con una fracción arenosa y limosa, de tonalidad oscura.

### 5.2 Unidad Q-arc

Se trata de suelos predominantemente arcillosos con fracción limosa y algo a bastante arena.

Están presentes en todo el ámbito en los niveles más superficiales. En la siguiente tabla se indica la potencia y localización estratigráfica en las prospecciones realizadas.

PROSPECCION	ESPESOR (m)	COTA Z	
		TECHO**	MURO**
Cata 1	0,50-2.50	601.25	599.25
Cata 2	0.80-1.00	590.80	590.60
Cata 3	0.50-1.80	595.90	594.60
Cata 4	0.50-1.80	599.50	598.20
Cata 5	0.50-1.10	599.10	589.50
Cata 6	0.60-2.30	597.60	595.90
Cata 7	0.60-1.00	597,90	597.50
SR-1	0.50-1.60	591.40	590.30
SR-2	0.50-1.70	590.50	589.30
SR-2	4.40-6.50	584.45	586.60
SR-3	1.20-2.95	603.40	601.65
SR-4	0.50-2.20	599.60	597.90

Tabla 7. Potencia Q-arc en el ámbito del Sector. Elaboración propia.

En la siguiente figura se representan las curvas granulométricas asociadas a las muestras analizadas de esta unidad, y se puede comprobar que no existe una disparidad significativa.

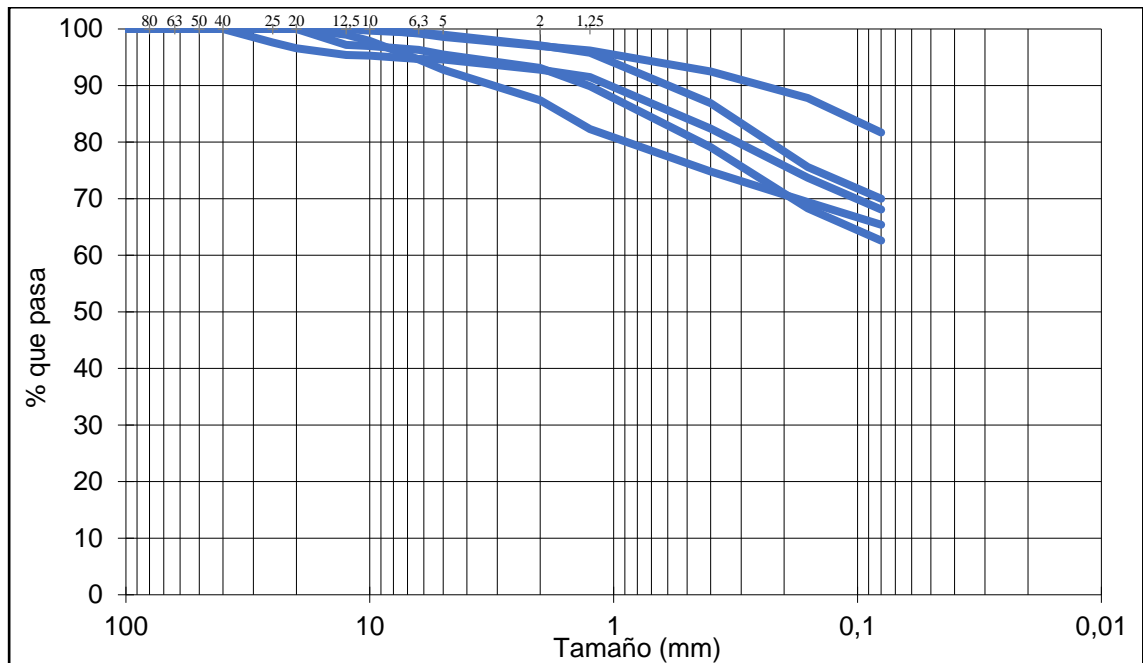


Figura 9. Curvas granulométricas. Unidad Q-arc. Fuente elaboración propia.

En el diagrama de plasticidad se aprecia como las muestras se encuentran en el campo de alta plasticidad y su agrupación indica una génesis común.

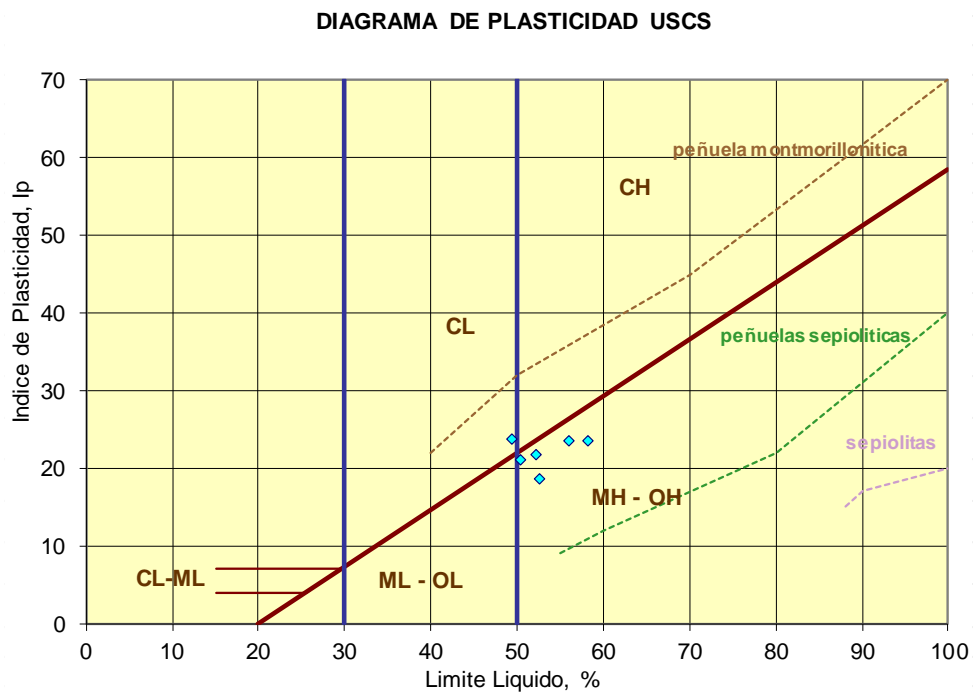


Figura 10. Diagrama de plasticidad de la USCS. Unidad Q-arc. Fuente elaboración propia.

### Clasificación según U.S.C.S. y AAHSTO (HRB).

Las muestras analizadas se clasifican en su totalidad como CL, CH y MH (limos y arcillas de lata plasticidad) según la U.S.C.S.

La clasificación AAHSTO, le atribuye los grupos A-7-5 y A-7-6

### Clasificación según PG3.

Según criterios de plasticidad e hinchamiento libre, se trata de suelos Inadecuados y marginales.

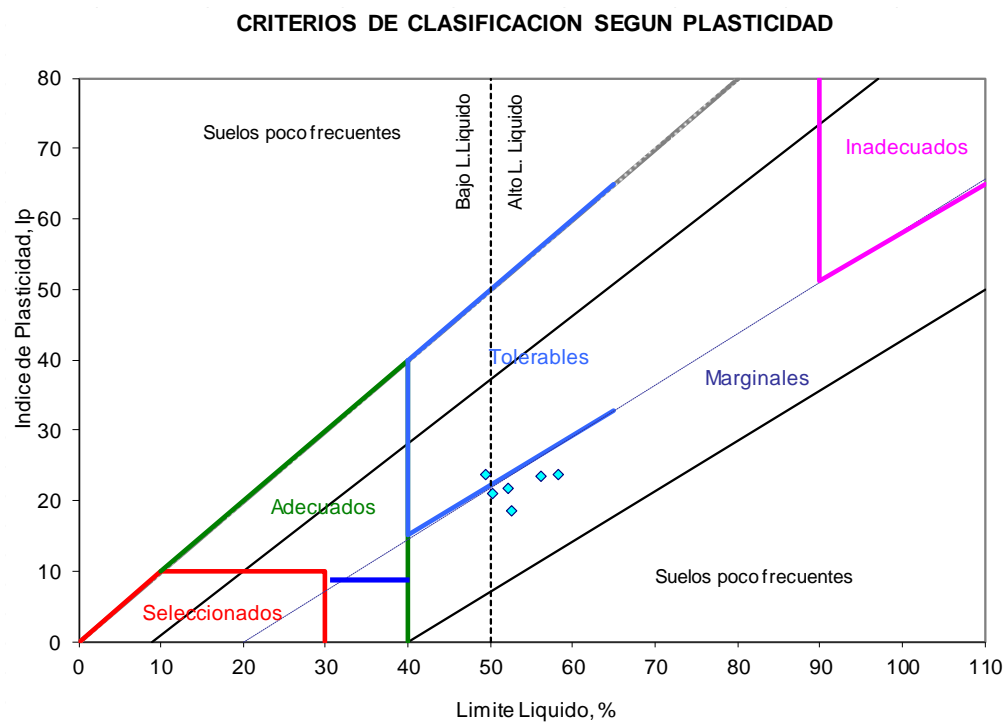


Figura 11. Clasificación PG3 según plasticidad. Fuente elaboración propia.

### Parámetros de estado.

Los parámetros de densidad seca y aparente (medios), que podemos asignar a estos suelos son 1.70 g/cm<sup>3</sup> y 1.80 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, con una humedad natural (w) entorno al 10-20%.

### Parámetros efectivos.

Los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento interno estimados son:

Ángulo de rozamiento  $\phi=24^\circ$   $c = 0.5-1.0 \text{ kg/cm}^2$

**Capacidad portante.**

Las formaciones que están incluidas en esta unidad presentan una capacidad portante muy heterogénea, condicionada en parte por el grado de carbonatación. Se han realizado dos ensayos obteniéndose unos índices CBR muy dispares (1.87 y 65).

En los ensayos de hinchamiento libre los resultados obtenidos superan los valores límite de un suelo marginal.

El índice de colapso es  $> 1.0\%$

**Componentes químicos.**

- Sulfatos: 350 – 225 mg/kg
- Sales solubles: 0.16%-0.22%
- Contenido en yesos 0.00%-1.34%
- Carbonatos 15%-20%

**5.3 Unidad Q-grv**

Esta unidad está constituida por un depósito pleistoceno de gravas con matriz arenosas y arcillo-arenosa, asociado a los niveles de terraza del río Jarama.

Se trata gravas heterométricas de naturaleza predominantemente cuarcítica, con importante presencia de cuarzos y débil presencia de calizas, sílex y eruptivos y metamórficos. Los tamaños de los cantos oscilan entre 2-5 cm, con cantiles de 8-10 cm. El tamaño de la grava es inferior en aquellos más superficiales detectados en las calicatas, aumentando en las gravas más profundas presentes en el sondeo 1. La matriz está constituida por arenas medias-finas con finos arcillosos muy plásticos en las capas más superficiales que aparecen en las calicatas 2 y 3, y con predominio de la fracción no plástica en los niveles detectados a partir de 6.50 m en el sondeo 1 y 2 y desde los 0.60 m y 2 m. de profundidad en el sondeo 3 y 4 respectivamente.

PROSPECCION	ESPESOR (m)	COTA Z	
		TECHO**	MURO**
Cata 1	ausente	ausente	Ausente
Cata 2	1.00-1.90	590.60	589.70
Cata 3	1.80-2.40	594.60	594.00
Cata 4	ausente	ausente	Ausente
Cata 5	ausente	ausente	Ausente
Cata 6	ausente	ausente	Ausente
Cata 7	ausente	ausente	Ausente
SR-1	1.60-2.90	590.30	589.00
SR-1	6.50-8.00	585.40	583.90
SR-2	6.50-8.00	584.50	583.00
SR-3	0.60-1.20	604.00	603.40
SR-4	2.20-6.90	594.90	591.00

Tabla 8. Potencia Q-grv en el ámbito del Sector. Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestran las curvas granulométricas de las muestras ensayadas correspondientes a esta unidad, apreciándose dos de las muestras con un mayor porcentaje de finos.

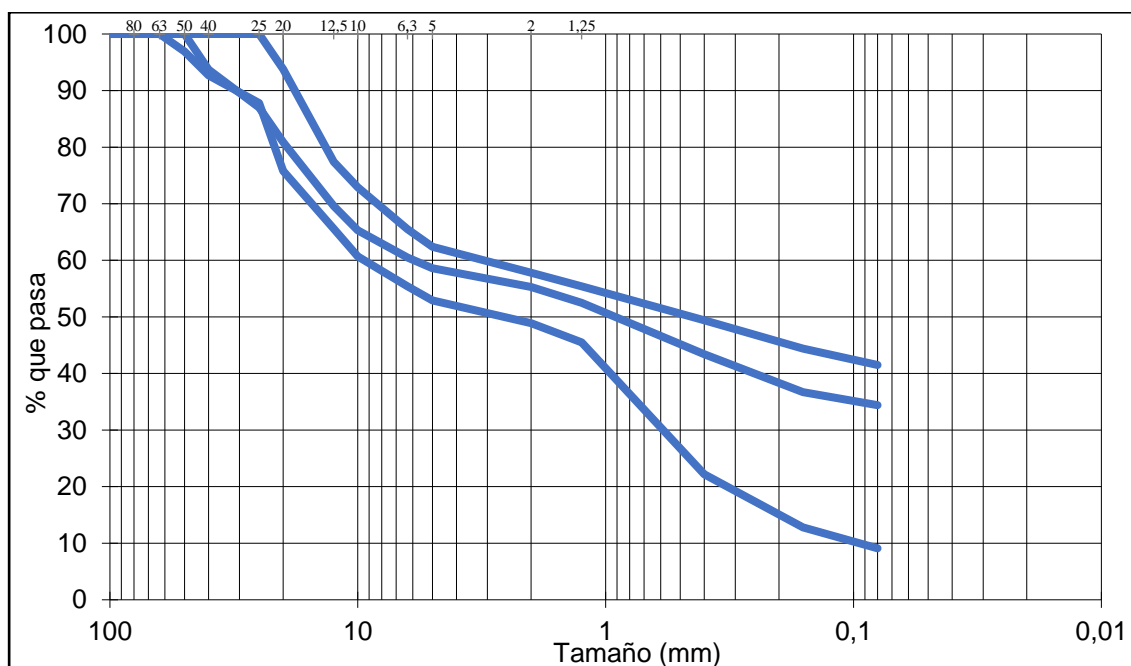


Figura 12. Curvas granulométricas. Unidad Q-grv. Fuente elaboración propia.

En el diagrama de plasticidad se aprecia que la fracción fina de dos de las muestras se localizan en la zona de alta plasticidad, mientras que la tercera muestra correspondiente al sondeo 1 presentan una matriz no plástica.



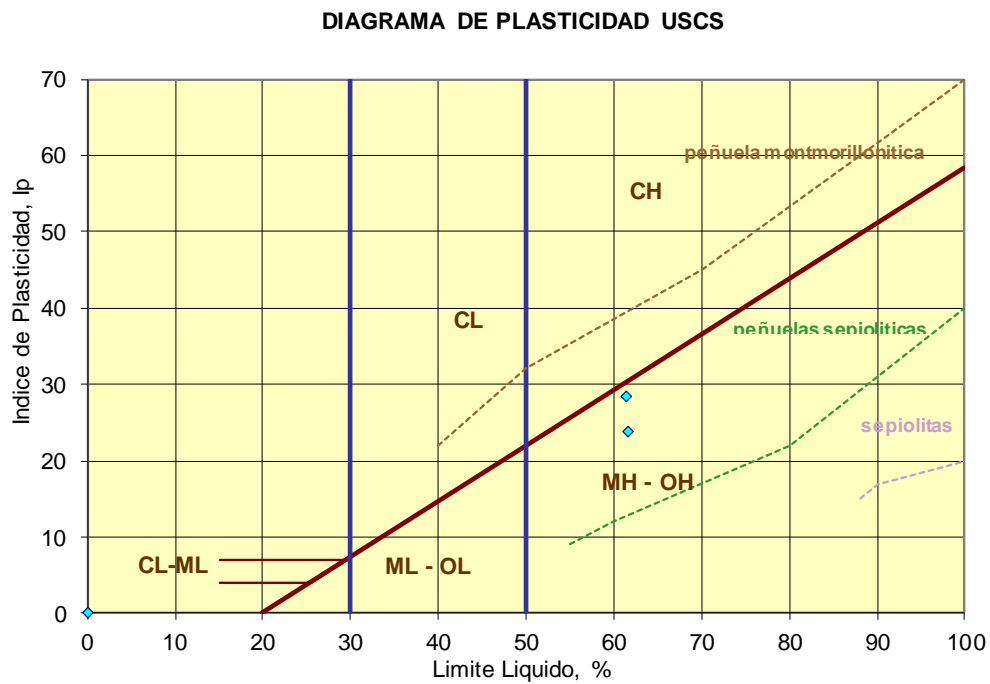


Figura 13. Diagrama de plasticidad de la USCS. Unidad Q-arc. Fuente elaboración propia.

#### Clasificación según U.S.C.S. y AAHSTO (HRB).

Las muestras analizadas se clasifican en su totalidad como GM y GP-GM según la U.S.C.S.

La clasificación AAHSTO, le atribuye los grupos A-7-5, A-1-a y A-2-7

#### Clasificación según PG3.

Según criterios de plasticidad dos de las muestras se clasifican como suelos marginales y la tercera como un suelo seleccionado.

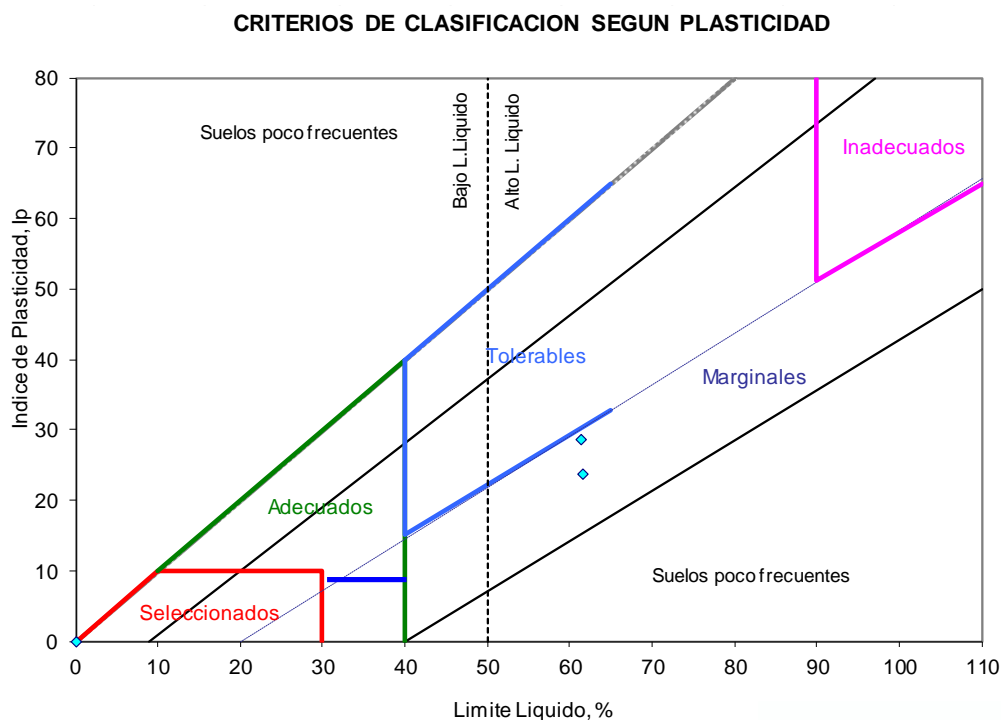


Figura 14. Clasificación PG3 según plasticidad. Fuente elaboración propia.

#### Parámetros de estado.

Los parámetros de densidad seca y aparente (medios), que podemos asignar a estos suelos son 2.00 g/cm<sup>3</sup> y 2.10 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, con una humedad natural (w) entorno al 5-10%.

#### Parámetros efectivos.

Los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento interno estimados son:

Ángulo de rozamiento  $\phi=38-40$   $c = 0-0.1$  kg/cm<sup>2</sup>

#### Capacidad portante.

Las formaciones que están incluidas en esta unidad presentan una capacidad portante elevada.

En los paquetes de gravas más superficiales asociados a las catas 2 y 3, La fracción fina presenta hinchamiento libre por encima del valor límite de un suelo marginal con un índice de colapso > 1.0%.

El comportamiento de las gravas detectadas en profundidad en el sondeo 1 y desde 2,00 m en el sondeo 4 no presentan riesgo de hinchamiento ni colapso.

### Componentes químicos.

- Sulfatos: < 250 mg/kg
- Sales solubles: < 0.20%
- Contenido en yesos < 1.0 %
- Carbonatos 5%-10%

### 5.4 Unidad Q-arn

Esta unidad está representada por niveles de arenas con bastante arcilla, de grano medio. Se detectan a diferentes cotas entre en 1.00 m y 6.50 m de profundidad.

PROSPECCION	ESPESOR (m)	COTA Z	
		TECHO**	MURO**
Cata 1	ausente	ausente	ausente
Cata 2	1.90-2.50	589.70	589.10
Cata 3	ausente	ausente	ausente
Cata 4	ausente	ausente	ausente
Cata 5	1.10-2.30	599.60	598.40
Cata 6	ausente	ausente	ausente
Cata 7	ausente	ausente	ausente
SR-1	2.90-6.50	589.00	585.40
SR-2	1.70-4.40	589.30	586.60
SR-3	ausente	ausente	ausente
SR-4	ausente	ausente	ausente

Tabla 9. Potencia Q-arn en el ámbito del Sector. Elaboración propia.

En las granulometrías que se muestran en la siguiente figura se parecía una marcada similitud entre las tres muestras ensayadas

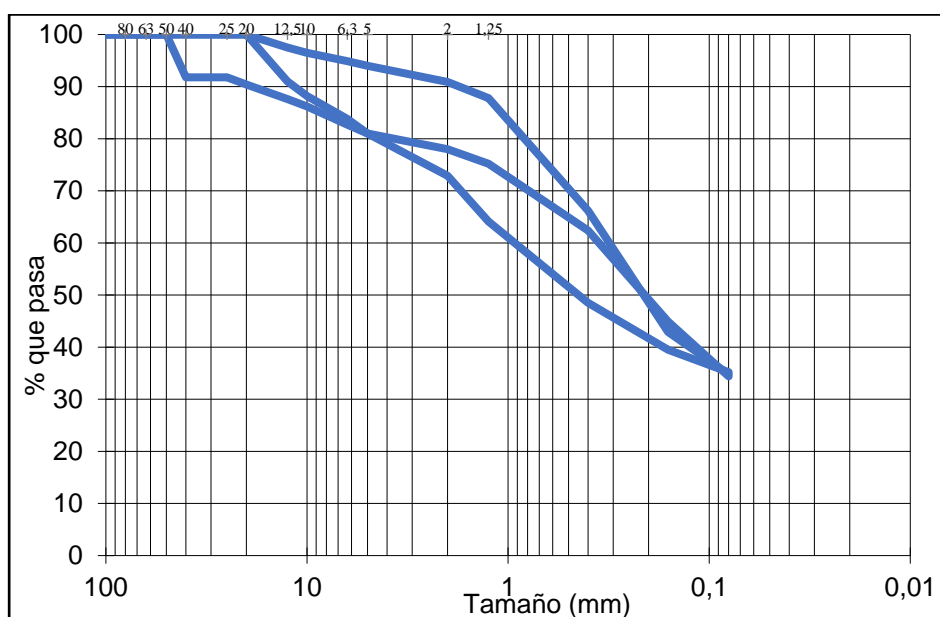


Figura 15. Curvas granulométricas. Unidad Q-arn. Fuente elaboración propia.

En el gráfico de Plasticidad se aprecia cierta disparidad con predominio de una fracción fina muy plástica

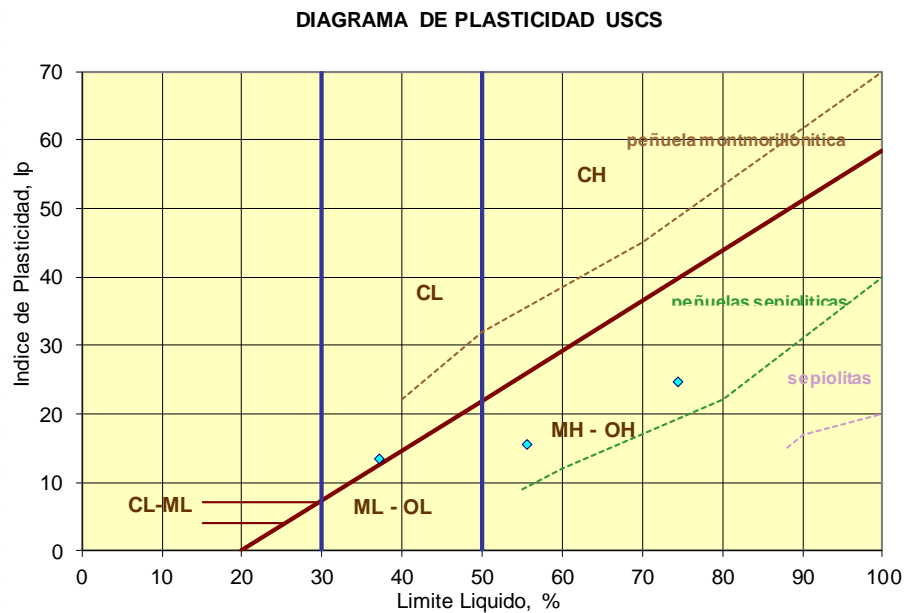


Figura 16. Diagrama de plasticidad de la USCS. Unidad Q-arn. Fuente elaboración propia.

### Clasificación según U.S.C.S. y AAHSTO (HRB).

Las muestras analizadas se clasifican en su totalidad como SM y SC (Arenas limosas y arcillosas) según la U.S.C.S.

La clasificación AAHSTO, le atribuye los grupos A-2-6 y A-2-7

### Clasificación según PG3.

Según criterios de plasticidad dos de las muestras se clasifican como suelos marginales y la tercera como un suelo adecuado.

### CRITERIOS DE CLASIFICACION SEGUN PLASTICIDAD

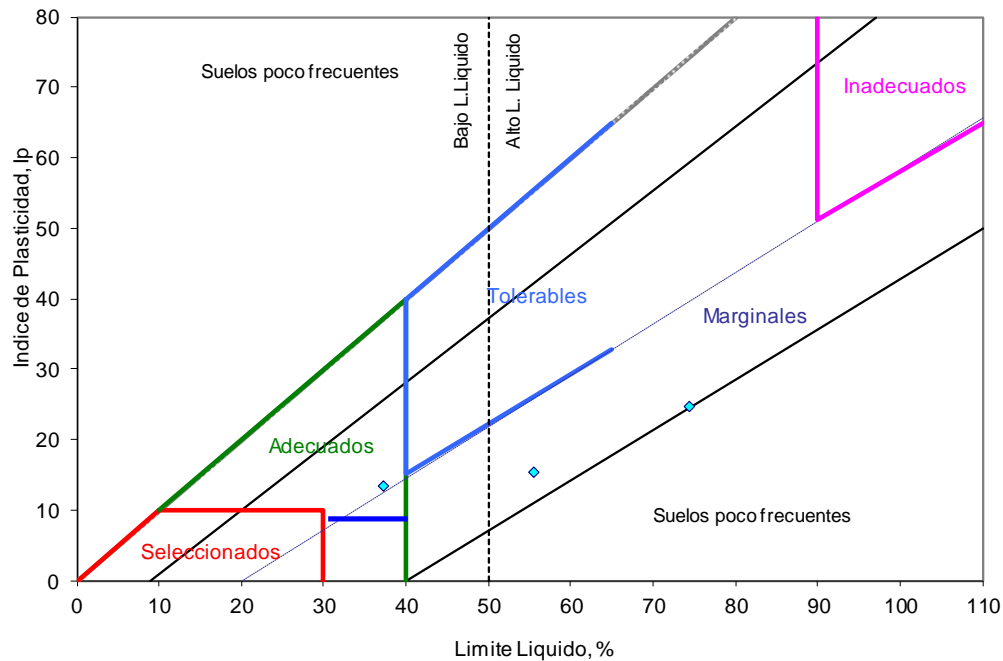


Figura 17. Clasificación PG3 según plasticidad. Fuente elaboración propia.

#### Parámetros de estado.

Los parámetros de densidad seca y aparente (medios), que podemos asignar a estos suelos son  $1.70 \text{ g/cm}^3$  y  $1.80 \text{ g/cm}^3$  respectivamente, con una humedad natural (w) entorno al 7-8 %.

#### Parámetros efectivos.

Los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento interno obtenidos en los ensayos realizados son:

Ángulo de rozamiento  $\phi=26-33^\circ$   $c = 0.26-0.43 \text{ kg/cm}^2$

#### Capacidad portante.

Las formaciones que están incluidas en esta unidad presentan una capacidad portante elevada.

### 5.5 Unidad Mio-arc

Esta unidad representa al substrato mioceno presente en el ámbito, que puede aparecer superficialmente o infrayacente a los depósitos aluviales.

Únicamente se ha detectado en el sondeo 3 a 2.20 m de profundidad, hasta el final del sondeo.

Pero no se descarta que puedan aparecer en otros puntos del ámbito.

Se trata de un depósito constituido por una arcilla de elevada plasticidad (peñuela).

En la figura adjunta se muestra las curvas granulométricas de las dos muestras ensayadas, se aprecia que el porcentaje de fracción arenosa es elevado, esto es consecuencia de la elevada consistencia por litificación, generándose un suelo argilítico que no se disgrega en el ensayo granulométrico y enmascara los resultados de la curva granulométrica, siendo los pases de finos asociados a estos suelos entre el 80% y 95%.

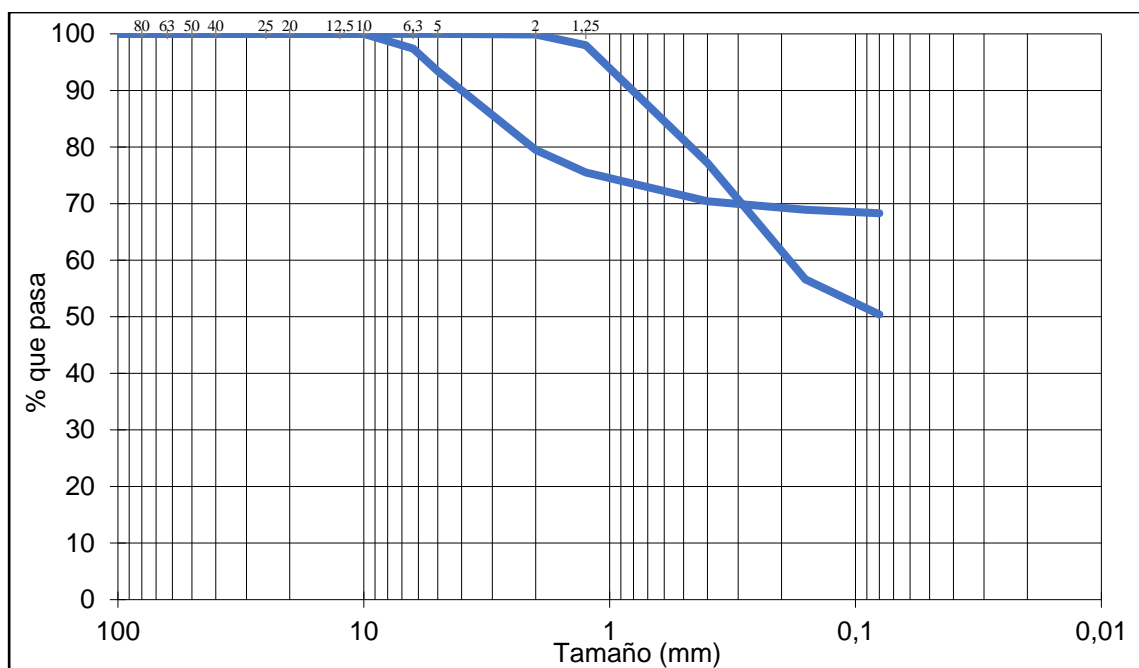


Figura 18. Curvas granulométricas. Unidad Mio-arc. Fuente elaboración propia.

El diagrama de plasticidad refleja de forma clara la elevada plasticidad asociada a estos suelos.

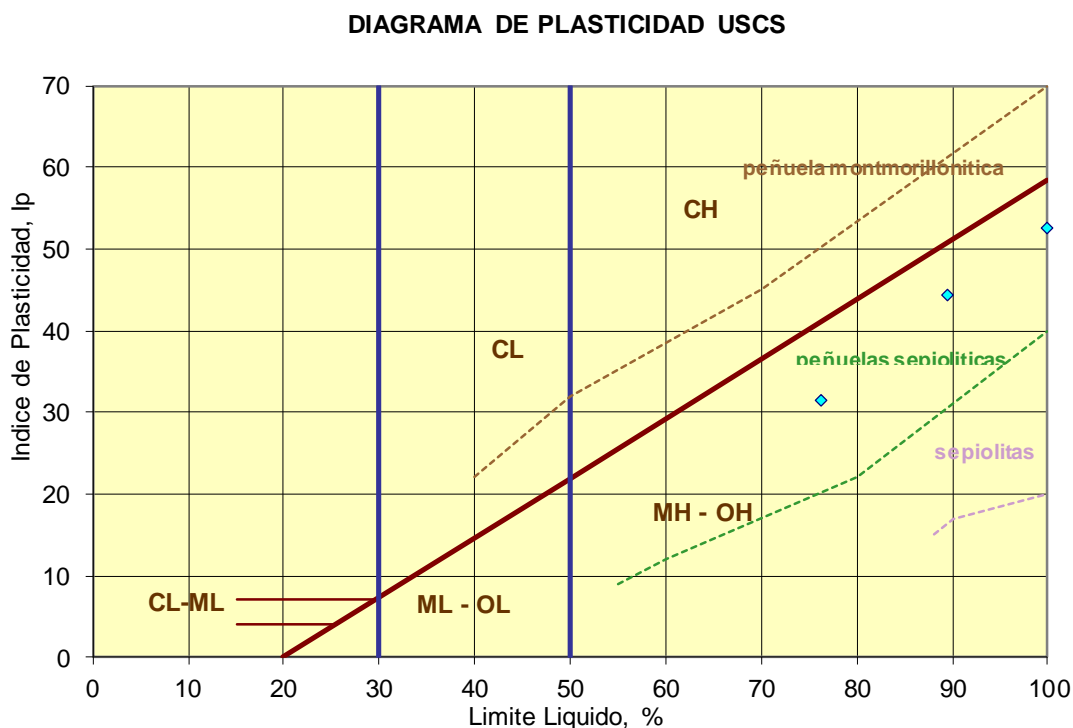


Figura 19. Diagrama de plasticidad de la USCS. Unidad Q-arn. Fuente elaboración propia.

#### Clasificación según U.S.C.S. y AAHSTO (HRB).

Las muestras analizadas se clasifican en su totalidad como MH (limos de lata plasticidad) según la U.S.C.S.

La clasificación AAHSTO, le atribuye el grupo A-7-5.

#### Clasificación según PG3

Según criterios de plasticidad y su elevado riesgo de expansividad clasifican a estos suelos como inadecuados.

#### Parámetros de estado.

Los parámetros de densidad seca y aparente (medios), que podemos asignar a estos suelos son 1.42 g/cm<sup>3</sup> y 1.85 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, con una humedad natural (w) entorno al 20-30%.

#### Parámetros efectivos.

Los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento interno obtenidos en laboratorio son:

Ángulo de rozamiento  $\phi=27-35^\circ$   $c = 0.5-2.0 \text{ kg/cm}^2$

### **Capacidad portante.**

Las formaciones que están incluidas en esta unidad presentan una capacidad portante muy baja y riesgo significativo de hinchamiento.

### **Componentes químicos.**

Sulfatos: 275-350 mg/kg

## **5.6 Módulo de deformación y coeficiente de balasto**

En los terrenos no cohesivos la rigidez está básicamente controlada por la tensión vertical efectiva, que se refleja en un aumento de los módulos con la profundidad, si bien en algunas ocasiones se pueden encontrar capas profundas de baja velocidad cuando las Arenas de miga están por debajo del nivel freático, porque al estar saturadas pueden presentar cierto sifonamiento.

En general para los rellenos el valor del módulo de Young está en torno a 100 MPa. Por su parte, para las arenas arcósicas varían entre 700 y 1300 MPa en función de la profundidad a la que aparecen.

Los Toscos presentan un aumento de la rigidez con la profundidad, pero con más dispersión que las facies más detríticas, aunque también depende de la tensión vertical efectiva, está controlada por las fuerzas de capilaridad en los contactos entre partículas, que están condicionadas al contenido en finos y saturación, si están saturadas pueden disminuir las fuerzas de capilaridad entre los contactos y por tanto la rigidez. Sus valores típicos rondan los 300 MPa, aunque pueden variar desde valores mayores a los 1000 MPa hasta valores muy bajos, menores a 200 MPa. En cuanto al módulo de Young, los valores típicos varían entre 700 - 800 MPa, aunque también se encuentran valores muy elevados, por encima de 3000 MPa.

El coeficiente de Poisson varía muy poco para todas las litologías y presenta un valor medio de 0.43 ( $\pm 0.03$ ). Los coeficientes más altos aparecen para los Toscos que tiene un valor medio igual a 0.45. Los materiales cuaternarios también presentan altos coeficientes de poisson, que varían entre 0.3 y 0.47.

Para determinar el módulo de deformación de los terrenos investigados se recurre a correlaciones empíricas, que relacionan los módulos de deformación operacionales con otros parámetros geotécnicos o a tablas bibliográficas, que estiman unos valores medios para las distintas litologías. Entre estas correlaciones, las más habituales son las que correlacionan el módulo de Young con los resultados del ensayo SPT, puesto que este es el ensayo más habitual y generalizado en cualquier investigación geotécnica.



AUTOR	CORRELACIÓN	TIPO DE MATERIAL
Beguemnn (1974)	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 12 \cdot (N_{SPT} + 6)$	Gravas y arenas $N_{SPT} < 15$
	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 40 + 12 \cdot (N_{SPT} - 6)$	Gravas y arenas $N_{SPT} > 15$
Webb (1974)	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 5 \cdot (N_{SPT} + 15)$	Arenas finas por encima del NF
	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 3,3 \cdot (N_{SPT} + 15)$	Arenas arcillosas
	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 4 \cdot (N_{SPT} + 12)$	Casos intermedios
Meigh y Nixon (1961)	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 5 \cdot (N_{SPT})$	Limos y limos arcillosos
	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 8 \cdot (N_{SPT})$	Arenas finas por encima del NF
D'Apolonia et al. (1970)	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 215 \cdot (10,6 \cdot N_{SPT})$	Arenas normalmente consolidadas
	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 540 \cdot (13,5 \cdot N_{SPT})$	Arenas preconsolidadas
Denver (1982)	$E \text{ (MPa)} = 7 \cdot \sqrt{N}$	
Wrench y Nowatzki (1986)	$E \text{ (MPa)} = 2,22 \cdot N_{SPT}^{0,888}$	Gravas
Bowles (1988)	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 10 (7,5 + (0,5 N_{SPT}))$	Arenas
Schmertmann (1970)	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 8N$	
Bowles para arenas N.C. (1996)	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 5 \cdot (N + 15)$	
Bowles para gravas (1996)	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 6(N+6)$ para $N \leq 15$	
	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 6(N+6) + 20$ para $N > 15$	

Tabla 10. Correlaciones Modulo de deformación. Fuente varios.

Tipo de suelo	N <sub>spt</sub>	qu (KN/m²)	E(MN/m²)
Suelos muy flojos o muy blandos	<10	0-80	<8
Suelos flojos o blandos	10-25	80-150	8-40
Suelos medios	25-50	150-300	40-100
Suelos compactos o duros	50-Rechazo	300-500	100-500
Rocas blandas	Rechazo	500-5000	500-8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000-40.000	8.000-15.000
Rocas muy duras	Rechazo	>40.000	>15.000

Tabla 11. la tabla D23. Fuente CTE.

A partir de los datos de resistencia obtenidos podemos asignar un módulo de deformación para los depósitos cuaternarios entre 200-250 kg/cm², aumentado a los 400 kg/cm² en los paquetes de gravas, y superando los 600 kp/cm² en el substrato mioceno arcilloso.

### Coeficiente de balasto.

El cociente de la carga entre el asiento nos proporciona el coeficiente de balasto asociado a las dimensiones de la placa. Existen varios tipos de placas, las cuadradas de 30×30 cm o las circulares de 30, 60 o 76,2 cm de diámetro. Por tanto, el coeficiente viene generalmente representado por una K y el correspondiente subíndice que identifica a la placa con la que se realizó el ensayo.

En las tablas 17 y 18 se muestra una estimación de Coeficiente de Balasto  $K_{30}$ , atendiendo a diferentes autores:

Valores de $K_{30}$ en Kg/cm <sup>3</sup> por Jimenez Salas		
Tipo Suelo	$K_{30}$ min	$K_{30}$ max
Suelo Fangoso	0,5	1,5
Arena seca o húmeda, suelta (Nspt 3 a 9)	1,2	3,6
Arena seca o húmeda, media (Nspt 9 a 30)	3,6	12
Arena seca o húmeda, densa (Nspt 30 a 50)	12	24
Grava fina con arena fina	8	10
Grava media con arena fina	10	12
Grava media con arena gruesa	12	15
Grava gruesa con arena gruesa	15	20
Grava gruesa firmemente estratificada	20	40
Arcilla blanda $q_u$ 0,25 a 0,5 kg/cm <sup>2</sup>	0,65	1,3
Arcilla media $q_u$ 0,5 a 2,0 kg/cm <sup>2</sup>	1,3	4
Arcilla compacta $q_u$ 2,0 a 4,0 kg/cm <sup>2</sup>	4	8
Arcilla margosa dura $q_u$ 4 a 10 kg/cm <sup>2</sup>	8	21
Marga arenosa rígida	21	44
Arena de miga y tosco	22	110
Marga	22	2200
Caliza margosa alterada	150	220
Caliza sana	885	36000
Granito meteorizado	30	9000
Granito sano	1700	3600

Los terrenos granulares bajo en NF tendrán una  $K=0,6 \cdot K$  de la tabla

Tabla 12. Valores de  $K_{30}$ . Fuente Jiménez salas.

Valores de $K_{30}$ en Kg/cm <sup>3</sup> por Rodríguez Ortiz		
Tipo Suelo	$K_{30}$ min	$K_{30}$ max
Arena fina de playa	1	1,5
Arena floja, seca o húmeda	1	3
Arena media, seca o húmeda	3	9
Arena compacta, seca o húmeda	9	20
Gravilla arenosa floja	4	8
Gravilla arenosa compacta	9	25
Grava arenosa floja	7	12
Grava arenosa compacta	12	30
Margas arcillosas	20	40
Rocas blandas o alteradas	30	500
Rocas sanas	800	30000
Arcilla ( $q_u=1-2$ kg/cm <sup>2</sup> )	1,6	3,2
Arcilla ( $q_u=2-4$ kg/cm <sup>2</sup> )	3,2	6,4
Arcilla ( $q_u>4$ kg/cm <sup>2</sup> )	>6,4	

Tabla 13. Valores de  $K_{30}$ . Fuente Rodríguez Ortiz.

Determinación estimativa del coeficiente de balasto en función del ensayo SPT ( $N_{30}$ ).

$$K30\left(\frac{kg}{cm^3}\right) = 10^{N+2/34}$$

Aplicando la expresión y tomando en consideración las tablas anteriores se obtiene:

- Unidad Q-arc 2-3
- Unidad Qarn (5-10)
- Unidad Qgrv (10-20)
- Unidad Mio-arc (5-6)

## 5.7 Resistencia

Para determinar la resistencia de estos suelos se han realizado ensayos de SPT en el interior de los sondeos.

En la siguiente figura se representan los ensayos SPT realizados., con valores de  $N_{30}$  muy elevados.

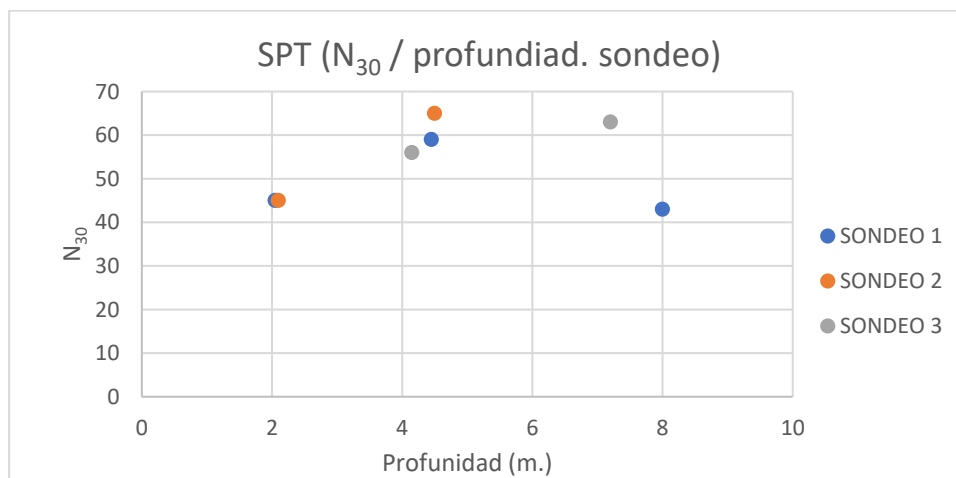


Figura 20. Gráfico SPT-profundidad. Fuente elaboración propia.

Figura 21. Diagrama de penetración dinámica continua (golpeo/profundidad). Fuente elaboración propia.

En laboratorio se han realizado dos ensayos de compresión simple y en ambos casos los datos obtenidos no son representativos, sobre todo el correspondiente al substrato mioceno, la presencia de lisos en estos suelos o intercalaciones nodulares hace que bajo descompresión se produzca una rotura muy rápida en la prensa.

## **6 EXPLANADA NATURAL.**

Siguiendo las especificaciones de la instrucción 6.1 y 2 IC de carreteras se consideran tres categorías de explanada. E-1, E-2 y E-3.

El conjunto de estos suelos se clasifica como suelos marginales e inadecuados por lo que no alcanzan una clasificación de E-1.

Si tenemos en cuenta los índices CBR se establecen una clasificación de explanada atendiendo a su capacidad portante:

- E1  $5 < \text{C.B.R.} < 10$
- E2  $10 < \text{C.B.R.} < 20$
- E3  $\text{C.B.R.} > 20$

En uno de los CBR se obtiene un índice para el 100% del Proctor modificado muy elevado, si bien, presenta un hinchamiento muy alto y por tanto no se consideran aptos como soporte del firme sin una mejora previa.

Dada la extensión del Sector, aunque existe cierta homogeneidad en las capas más superficiales, constituidas por arcillas con algo de arena (unidad Qarc), en el sondeo 3 se detectan gravas superficialmente, si bien, estas aparecen más profundas en la cata 1 realizada en el mismo vial. Los suelos que si constituyen una explanada E-2 por su clasificación y capacidad portante son las gravas asociadas a los niveles detectados en el sondeo 1 y 2 a 6,50 m. de profundidad y en el sondeo 4 a partir de - 2,20 m. Estas formaciones asociadas a esta unidad no se han detectado superiormente en ninguna de las prospecciones realizadas, no obstante, no se puede descartar que pudieran aparecer, y solo en ese caso se podría considerar un explanada apta como soporte de un firme dimensionando para una E-1 sin ningún tipo de mejora.

En general, se considera que los suelos que van a constituir la explanada natural sobre la que apoyar el firme, están constituidos por suelos marginales e inadecuados y, por tanto, se van a plantear una serie de mejoras para conseguir una explanada E-1.

En primer lugar, partimos de un movimiento de tierras que no conlleva desmontes y terraplenes significativos, la rasante se localizará próxima a la superficie, estando condicionada por la conducción de gas que atraviesa la parcela.

La norma 6.1.c contempla para suelos inadecuados diferentes soluciones de mejora para alcanzar una Explanada E-1, considerando esta la que se necesita alcanzar en este proyecto.

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 $E_v \geq 60 \text{ MPa}$					
	E2 $E_v \geq 120 \text{ MPa}$					
	E3 $E_v \geq 300 \text{ MPa}$					

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

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

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

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

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

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

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

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

HM-20 Hormigón (Art. 610 del PG-3)

tipo de material  
espesor mínimo en cm  
suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

S-EST3 30  
2

Se pueden plantear dos soluciones:

### Mejora por estabilización con cal

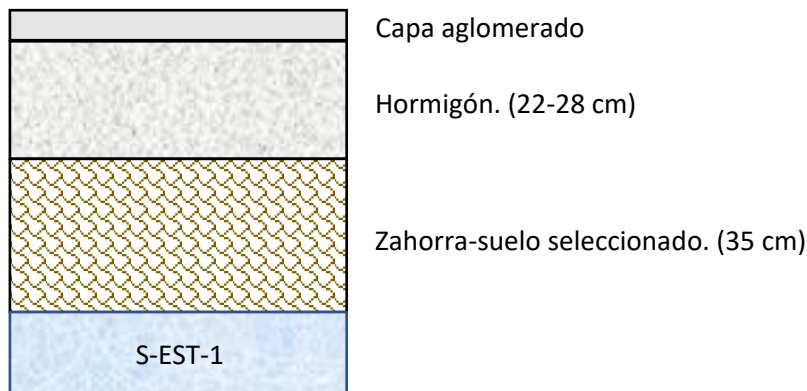
Dada la extensión del ámbito y el volumen de terreno que supondría una mejora por sustitución, esta solución mediante la estabilización se presenta como una opción muy favorable a este respecto.

La acción de la cal produce un notable incremento de la resistencia y rigidez del suelo que pierde plasticidad y ductilidad.

El PG3, contempla la ejecución de dos capas estabilizadas. No obstante, se puede acometer una sola capa estabilizada si se plantea un firme que garantice un espesor mejorado del orden de 1.00 m sobre el suelo inadecuado o marginal.

Se recomienda un firme rígido, dada su mayor durabilidad (que supera, supuesta una buena ejecución de obra, en más del doble a la de los pavimentos flexibles), y unas menores necesidades de conservación y mejor comportamiento frente a los derrames de aceites y carburantes.

Considerando un tráfico T31, la sección planteada es la siguiente:



Previamente a la estabilización se retirará la capa vegetal, destinando su uso a las zonas verdes.

Los parámetros de granulometría, materia orgánica, plasticidad y composición química obtenidos para estos suelos son aptos para su estabilización con cal (en una de las muestras el contenido en yeso es algo superior al valor límite, si bien, puede considerarse puntual).

Antes del inicio de las obras se deberá comprobar que el hinchamiento o colapso que presentan estos suelos desaparece en el suelo estabilizado, Para ello se llevarán a cabo ensayos realizados a las veinticuatro horas (24 h) de su mezcla con el conglomerante, determinados ambos sobre probetas remodeladas (ensayo Próctor modificado, norma UNE 103501) con las condiciones de humedad y densidad requeridas en la obra. Si a esta edad siguiera teniendo hinchamiento o colapso se repetirán los ensayos tras haber sometido las muestras a un proceso de curado durante siete días (7 d) en bolsas de plástico, dentro de cámara húmeda, para evitar la pérdida de humedad.

Es importante que las muestras ensayadas sean representativas de la explanada que se va a estabilizar. Es importante conocer la cota de rasante, condicionada por los servicios existentes, para realizar dicho muestreo con garantías y en las capas que se van a estabilizar. Por ello esta investigación debe llevarse a cabo una vez que el proyecto defina el movimiento de tierras y la cota de rasante de cada uno de los viales.

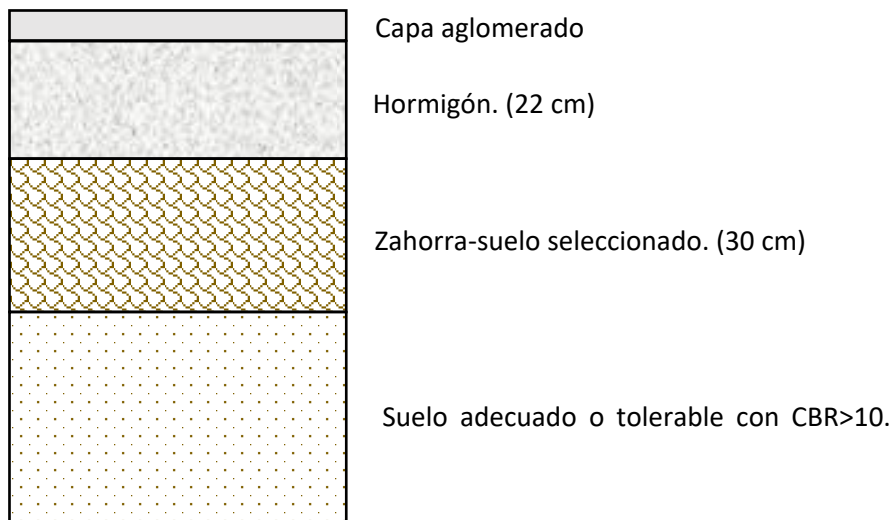
Si el suelo está demasiado húmedo se recomienda el uso de la cal viva para conferirle en primer lugar una capacidad portante inmediata, indispensable para una correcta circulación por la obra.

Si el suelo está seco se recurrirá a la cal apagada o a la lechada de cal.

Si bien, las prospecciones determinan la existencia de un suelo arcilloso (Unidad Q-arc) susceptible y en principio apto para su estabilización. Tal como se ha comentado, aunque poco probable, no debe descartarse que puedan aparecer gravas arenosas que no requieran su estabilización y se pueda por tanto acometer el paquete de firme propuesto sin dicha mejora.

### **Solución de mejora por sustitución**

Una segunda solución de mejora que se puede plantear, consistiría en el aporte de un suelo adecuado con un espesor de 50 cm. En la comunidad de Madrid (facies Madrid) existen suelos que, si bien no se clasifican como seleccionados, presentan una capacidad portante muy elevada y por tanto, se considerarían aptos como solución alternativa a la estabilización, incluso si se clasifican como tolerables, clasificación habitual por su granulometría, siempre que el CRB sea  $> 10$ .



## **7 ZANJAS Y SERVICIOS DE LA URBANIZACIÓN**

Las zanjas necesarias para los colectores o drenajes se podrán hacer, según la normativa, con taludes verticalizados hasta una profundidad máxima de 1,30 m, a partir de dicha cota, será necesario una entibación, planteando si es preciso una entibación mediante cajones de blindaje, que es rápida y permite descender entibando al tiempo que desciende la excavación. Los codales se accionan con suavidad. Las planchas y los codales se unen mediante articulaciones con muelles de acero.



### **Comportamiento hidrogeológico**

Los depósitos cuaternarios forman acuíferos permeables, por porosidad intergranular, relacionadas con las formaciones infrayacentes, las terrazas medias y bajas están conectadas hidráulicamente con el río Jarama.

Las recargas directas proceden de las precipitaciones caídas sobre los cuaternarios y de los retornos del riego, también se producen entradas laterales de los materiales mesozoicos carbonatados.

Así mismo, recibe aportes de las masas de agua adyacentes constituidas fundamentalmente por depósitos terciarios de permeabilidad media.

La descarga fundamental se produce hacia el río Jarama que se presenta como eje de drenaje en la zona.

Se ha realizado un ensayo Lefranc en cada uno de los sondeos realizados. La permeabilidad que se deduce de estos ensayos es media. Los resultados se incluyen en los anexos de este documento.

## **8 LAMINADOR DE TORMENTAS**

En la zona acotada por los sondeos 1 y 2 se proyecta un Laminador de tormentas. La secuencia litoestratigráfica detectada en estos sondeos está representada, tras la capa de terreno vegetal, por un depósito aluvial constituido arcillas algo arenosas en los primeros 1.70 m. que en el sondeo 1 da paso a un depósito de gravas con abundante arcilla, mientras que estas gravas no se detectan en el sondeo 2. Entre -1,70 m y -6,50 m aparecen arenas con un 30-35 % de finos arcillosos y arcillas con algo de arenas en capas alternantes de carácter métrico. A partir de los -6,50 m y -7.20 m en el sondeo 1 y 2 respectivamente, aparece un paquete de gravas arenosas.

En la siguiente figura se muestran los N30 de los SPT realizados. Podemos comprobar que los valores asociados a estos dos sondeos son elevados, lo que indica una compacidad densa para el conjunto de estos depósitos.

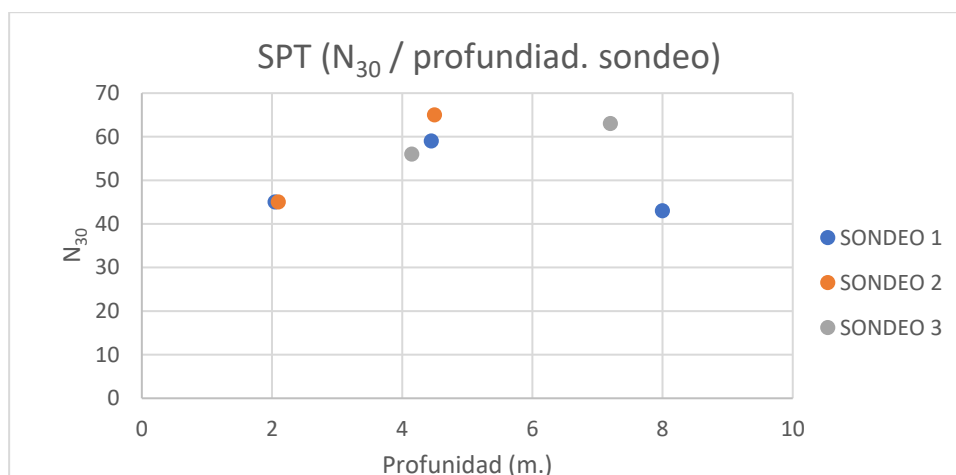


Figura 22. SPT-profundidad

Hasta la profundidad investigada, no se han detectado niveles de gravas cementadas (pseudoconglomerado) que pueden aparecer en estos niveles de terraza.

Por tanto, para su movilización no se requieren medios especiales, considerando que se trata de suelos removilizables con pala.

No se detecta nivel freático.

La permeabilidad de los niveles de gravas detectados según los resultados de los ensayos Lefranc, es del orden de  $2.0 \cdot 10^{-3}$  cm/sg.

Los pozos drenantes se deben empotar en estos niveles, permitiendo la filtración del agua por los niveles tanto de gravas como de arenas.

Las características geotécnicas son favorables para un apoyo directo de la estructura del tanque de tormentas, con presiones de trabajo elevadas.

La fórmula empleada por el Código Técnico de la Edificación está basada en la conocida fórmula de Brinch-Hansen, pero con ligeras variaciones en la obtención de algunos coeficientes.

La forma general empleada es la recomendada por la guía de cimentaciones en obras de carretera es la siguiente:

$$p_{vh} = c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot t_\gamma \cdot r_\gamma + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot s_q \cdot t_q \cdot r_q \quad (2)$$

Donde:

- $p_{vh}$ : presión de hundimiento.
- $c$ : cohesión del terreno.
- $c_u$ : cohesión sin drenaje.
- $B'$ : anchura efectiva de la cimentación.
- $\gamma$ : peso específico del terreno bajo la zapata.
- $q$ : sobrecarga del terreno a nivel de la cimentación.
- $N_c, N_\gamma, N_q$ : factores adimensionales de capacidad de carga.
- $\cdot d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot t_\gamma \cdot r_\gamma \cdot d_q \cdot i_q \cdot s_q \cdot t_q \cdot r_q$ : factores adimensionales de corrección.

Cuando la base de la cimentación se sitúa a cierta profundidad bajo la superficie del terreno, la superficie de rotura teórica asociada al estado límite último de hundimiento, ha de movilizar la resistencia al corte de terreno situado por encima y alrededor de la cimentación, para tener en cuenta ese efecto que aumenta la presión de hundimiento disponible se emplean coeficientes de corrección. Otros correctores que intervienen en el cálculo de la carga de hundimiento es la forma, los factores de inclinación y proximidad a un talud.

Para los suelos granulares que presentan una mayor permeabilidad, por lo que no se generan incrementos en las presiones intersticiales cuando se aplica una carga sobre ellos, por lo que las presiones totales se transforman directamente en efectivas y la resistencia al corte viene establecida por parámetros efectivos.

Por el contrario, en los suelos cohesivos, existe la posibilidad de un estudio sin drenaje o con drenaje. Normalmente en situaciones de carga como es el caso de la cimentación, la situación a corto plazo resulta más restrictiva, por tanto, en suelos cohesivos se realiza en situación de corto plazo no drenada.

Para suelos cohesivos la presión unitaria en suelos cohesivos sin drenaje no depende del tamaño de la cimentación ya que para  $\Phi=0$  y  $N_\gamma=0$ , por lo que se anula el tercer término de la ecuación.

#### **Método simplificado para suelos granulares.**

En terrenos granulares, la carga admisible de cimentaciones superficiales se determinará en función del asiento admisible ( $S$ ) y en base al resultado de los ensayos SPT, ya que se trata de suelos principalmente arenosos. Refiriéndonos al golpeo de los ensayos SPT, se puede calcular la presión admisible a partir del método simplificado propuesto por CTE (Documento básico) (para  $B > 1,20$  m).

$$Q_{adm} = 8 N_{30} (1+D/3B) (St/25) (B+0.3/B) (3)$$

donde:

St = asiento total admisible, en mm.

N = Valor medio ( $N_{30}$  SPT) de los resultados obtenidos a cota de cimentación.

Si consideramos el apoyo de la estructura en el estrato de gravas aplicando la expresión (3) se obtiene una carga admisible de 2-3 kp/cm<sup>2</sup>.

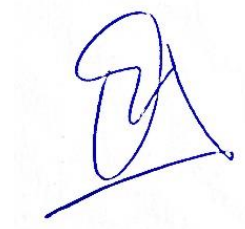
La excavación deberá contar con un ataluzamiento para garantizar la estabilidad de las formaciones arenosas, considerando un 1.5(H):2(V), si bien, presentan cierta cohesión como se ha determinado en los ensayos de corte directo realizados, lo que limitará los empujes en la estructura.

BIOTOPO CONSULTORES S.L. tiene establecida la política de mantener una estricta confidencialidad sobre la información y datos de los clientes a los que tenga acceso en la prestación de sus servicios, la aplicación de esta política obliga a todo el personal de BIOTOPO CONSULTORES S.L., a mantener una absoluta confidencialidad sobre toda la información obtenida en el desempeño de sus tareas, acerca de las actividades de sus clientes y organismos relacionados con los trabajos realizados.

El presente informe no puede reproducirse parcial ni totalmente sin la aprobación de BIOTOPO CONSULTORES S.L. y del cliente.

El presente informe consta de 44 páginas, numeradas de la 1 a la 44 correlativamente.

Madrid, 21 de septiembre de 2023.

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Eva María Fernández Mellado.

Juan Manuel Sánchez -Casas Padilla.

Director Técnico.

Ldo. C.C. Geológicas. Col nº 7436.

Eva María Fernández Mellado.

Lda. C.C. Geológicas.

Col nº 7667.

## **ÍNDICE ANEXOS**

ANEXO 1. PLANO DE UBICACIÓN DE LAS PROSPECCIONES.

ANEXO 2. REGISTRO SONDEOS.

ANEXO 3. LEVANTAMIENTO LITOESTRATIGRÁFICO DE LAS CALICATAS.

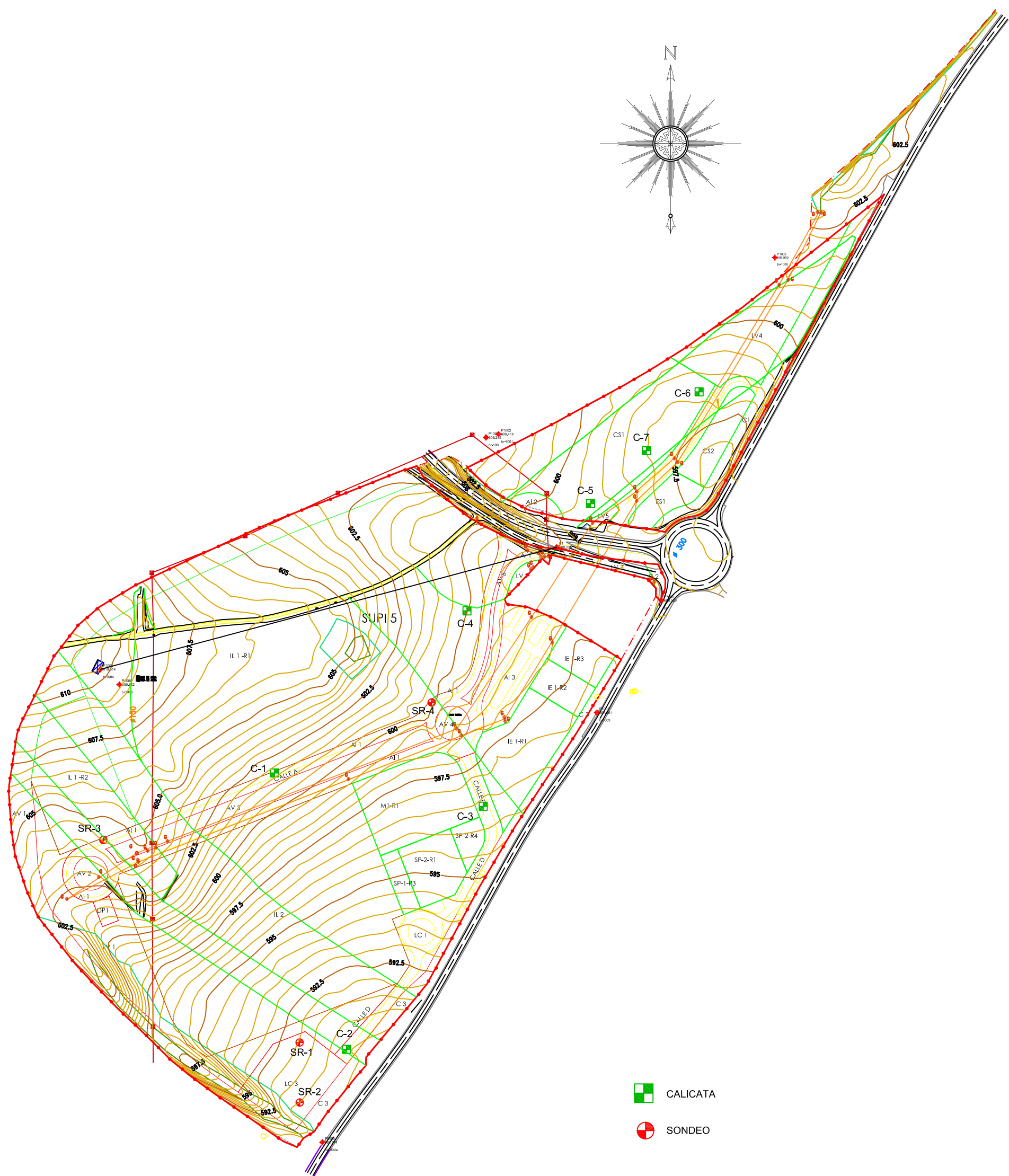
ANEXO 4. ENSAYOS DE LABORATORIO.

ANEXO 5. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD LEFRANC.

## **ANEXO 1. PLANO DE UBICACIÓN DE LAS PROSPECCIONES.**



# PLANO DE UBICACIÓN DE LAS PROSPECCIONES



## **ANEXO 2. REGISTRO SONDEOS.**

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

INICIO: 28/07/23

**SUPERVISOR:**

[illegible]



# FICHA DE SONDEO

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

SONDEO N° 1

COTA: 591.90

INCLINACION: 90°

INICIO: 28/07/23

INICIO: 28/07/23

SUPERVISOR:

UBICACIÓN SONDEO



CAJA N° 1 DE 0.00 A 2.70 m.



CAJA N° 2 DE 2.70 - 5.40 m.



CAJA N° 3 DE 5.40 A 8.00 m.

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

**SUPERVISOR:**

PETICIONARIO:  
 JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

## SONDEO N° 2

COTA:

INCLINACION: 90°

INICIO: 28/07/23

INICIO: 28/07/23

[illegible]





## FICHA DE SONDEO

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

SONDEO N° 2

COTA:

INCLINACION: 90°

INICIO: 28/07/23

FIN: 28/07/23

SUPERVISOR:



UBICACIÓN SONDEO



CAJA N° 1 DE 0.00 A 2.70 m.



CAJA N° 2 DE 2.70 – 5.40 m.



CAJA N° 3 DE 5.40 A 8.00 m.



# FICHA DE SONDEO

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

SONDEO N° 3

COTA:

INCLINACION: 90°

INICIO: 28/07/23

INICIO: 28/07/23

SUPERVISOR:

PROFUNDIDAD METROS	% RECUP.	COLUMNA LITOLÓGICA	Ø (mm)	TOMA DE MUESTRAS		N <sub>30</sub> S.P.T.	NATURALEZA DEL TERRENO	PASE # 200	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE PLAST.	CLASIFIC. U.S.C.S.	C.SIMPLE (Kg/cm <sup>2</sup> )	HUME. (%)	ρ (t/m <sup>3</sup> )	NIVEL FREAT.
				TIPO	COTAS (m) GOLPEO										
1	100%		113				TERRENO VEGETAL. (Q-tvg) ARENAS MUY ARCILLOSO								
	100%						ALUVIAL: (Q-grv) GRAVAS CUARCÍTICAS HETEROMÉTRICAS CON MATRIZ ARENOSA NO PLÁSTICA. COMPACIDAD MUY DENSE. TONALIDAD MARRÓN								
2	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 1	1.50-1.95 11/15/14	29									
3	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 2	4.15-4.60 15/23/33	56									
4	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 2	4.15-4.60 15/23/33	56									
5	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 2	4.15-4.60 15/23/33	56									
6	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 2	4.15-4.60 15/23/33	56									
7	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 2	4.15-4.60 15/23/33	56									
8	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 2	4.15-4.60 15/23/33	56									
9	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 2	4.15-4.60 15/23/33	56									
10	100%		113				MIOCENO: (Mio-arc) ARCILLA MARRÓN OCRE A GRIS VERDOSA. CON VETAS BLANQUECINAS. CONSISTENCIA FIRME	68.3	89.5	44.4	MH				
				SPT 2	4.15-4.60 15/23/33	56									





# FICHA DE SONDEO

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

SONDEO N° 3

COTA:

INCLINACION: 90°

INICIO: 28/07/23

INICIO: 28/07/23

SUPERVISOR:



UBICACIÓN SONDEO



CAJA N° 1 DE 0.00 A 2.70 m.



CAJA N° 2 DE 2.70 - 5.40 m.



CAJA N° 3 DE 5.40 A 8.00 m.

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

INICIO: 29/07/23

SUPERVISOR:

[illegible]





# FICHA DE SONDEO

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

SONDEO N° 1

COTA:

INCLINACION: 90°

INICIO: 28/07/23

INICIO: 28/07/23

SUPERVISOR:



UBICACIÓN SONDEO



CAJA N° 1 DE 0.00 A 2.40 m.



CAJA N° 2 DE 2.40 – 5.10 m.



CAJA N° 3 DE 5.10 A 6.90 m.

### **ANEXO 3. LEVANTAMIENTO LITOESTRATIGRÁFICO DE LAS CALICATAS.**



# FICHA DE CALICATA

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

CATA N° 1

COTA: 601.75

FECHA: 28/07/2023

PROFUNDIDAD: 2.50m

SUPERVISOR:

PROFUNDIDAD METROS	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD PAREDES	TOMA DE MUESTRAS N°	COTAS (m)	COLUMNA LITOLOGICA	NATURALEZA DEL TERRENO	PASE # 200	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLAST.	CLASIFIC. U.S.C.S. PG-3	HINCHA. (%)	SALES S.(%)	CBR I	PROCT. MOD.
1	F	B				<b>TERRENO VEGETAL:</b> (Q-tvg) ARENA y ARCILLA MARRÓN OSCURO CON ALGUNAS RAÍCES.								
			M1	0.50-1.30		<b>DEPÓSITO ALUVIAL:</b> (Q-arc) ARCILLA CON ALGO DE ARENA. TONO MARRÓN CON VETAS BLANQUECINAS, EN PROFUNDIDAD APARECEN NIVELES DE LIMOS ARENOSOS CON BASTANTE ARCILLA, CON BOLOS Y CANTOS DE CUARCITA DISPERSOS. FÁCILMENTE EXCAVABLE	81.7	56.1	23.5	MH I	3.8*	0.16*	65*	1.76*
2	F	B	M1	0.50-1.30			65.4	50.3	21.0	MH I				
3						FIN DE CALICATA A 2.50 m.								
4						Sin presencia de agua								

PG3

SELECCIONADO	S
ADECUADO	A
MARGINAL	M
INADECUADO	I

\* MEZCLA C-1 0.50-1.30  
C-2 0.90-1.00

F FACIL

B BUENA







# FICHA DE CALICATA

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID  
PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

SUPERVISOR:

CATA N° 2

COTA: 591.60

FECHA: 28/07/2023

PROFUNDIDAD: 2.50m

PROFUNDIDAD METROS	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD PAREDES	TOMA DE MUESTRAS N°	COTAS (m)	COLUMNA LITOLOGICA	NATURALEZA DEL TERRENO	PASE # 200	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLAST.	CLASIFIC. U.S.C.S. Pg-3	HINCHA. (%)	SALES S.(%)	CBR I	PROCT. MOD.
1	F	B				<b>TERRENO VEGETAL:</b> (Q-tvg) ARENA y ARCILLA DE TONOS OSCUROS CON ALGUNAS RAÍCES.								
			M1	0.90-1.00		<b>DEP ALUV:</b> ARCILLA CON BASTANTE ARENA (Q-arc)	68.1	49.4	23.7	MH I	3.8*	0.16*	65*	1.76*
2	F	B	M1	0.90-1.00		<b>DEPÓSITO ALUVIAL:</b> (Q-grv) GRAVAS CUARCÍICAS HETEROMÉTRICAS. CON MATRIZ ARENOSA CON BASTANTE ARCILLA	34.4	61.7	23.8	GM M	8.16*	0.22*	1.8*	1.74*
	F	B				<b>DEPÓSITO ALUVIAL:</b> (Q-am) ARENA MEDIA A FINA ARCILLOSA								
3						FIN DE CALICATA A 2.50 m.								
4						Sin presencia de agua								

PG3

SELECCIONADO	S
ADECUADO	A
MARGINAL	M
INADECUADO	I

\* MEZCLA C-2 1.00-1.90  
C-3 0.90-1.80

F FACIL

B BUENA





# FICHA DE CALICATA

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID  
PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

CATA N° 3

COTA: 596.40

FECHA: 28/07/2023

PROFUNDIDAD: 2.40m

SUPERVISOR:

PROFUNDIDAD METROS	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD PAREDES	TOMA DE MUESTRAS		COLUMNA LITOLÓGICA	NATURALEZA DEL TERRENO	PASE # 200	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE PLAST.	CLASIFIC. U.S.C.S. PG-3	HINCHA. (%)	SALES S.(%)	CBR I	PROCT. MOD.
	F	B				<b>TERRENO VEGETAL:</b> (Q-tvg) ARENA y ARCILLA DE TONOS OSCUROS CON ALGUNAS RAÍCES.								
1	F	B	M1	0.50-1.30		<b>DEPÓSITO ALUVIAL:</b> (Q-arc) ARCILLA CON ALGO DE ARENA. TONO MARRÓN CON VETAS BLANQUECINAS FÁCILMENTE EXCAVABLE.	70.0	52.2	21.8	CH I	8.16*	0.22*	1.8*	1.74*
2	F	B				<u>D.AL:</u> GRAVAS CUARCÍTICAS (Q-grv) HETEROMÉTRICAS. CON MATRIZ ARENOSA Y BASTANTE ARCILLA								
3						FIN DE CALICATA A 2.40 m.								
4						Sin presencia de agua								

PG3

SELECCIONADO	S
ADECUADO	A
MARGINAL	M
INADECUADO	I

\* MEZCLA C-2 1.00-1.90  
C-3 0.90-1.80

F FÁCIL

B BUENA





# FICHA DE CALICATA

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

CATA N° 4

COTA: 600.00

FECHA: 28/07/2023

PROFUNDIDAD: 1.80m

SUPERVISOR:

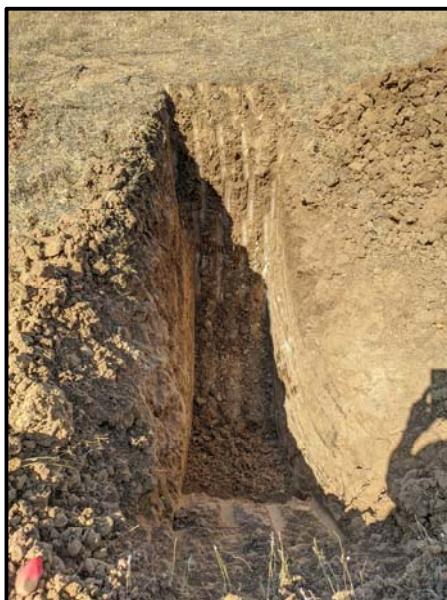
PROFUNDIDAD METROS	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD PAREDES	TOMA DE MUESTRAS		COLUMNA LITOLOGICA	NATURALEZA DEL TERRENO	PASE # 200	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLAST.	CLASIFIC. U.S.C.S. PG-3	HINCHA. (%)	SALES S.(%)	CBR I	PROCT. MOD.
	F	B				<b>TERRENO VEGETAL:</b> (Q-tvg) ARENA y ARCILLA DE TONOS OSCUROS CON ALGUNAS RAÍCES.								
1	F	B	M1	1.30-1.80		<b>DEPÓSITO ALUVIAL:</b> (Q-arc) ARCILLA CON ALGO A BASTANTE ARENA. TONO MARRÓN CON VETAS BLANQUECINAS FÁCILMENTE EXCAVABLE.	62.6	52.5	18.6	MH M				
2														
3														
4														
						FIN DE CALICATA A 1.80 m.								
						Sin presencia de agua								

PG3

SELECCIONADO	S
ADECUADO	A
MARGINAL	M
INADECUADO	I

F FACIL

B BUENA







# FICHA DE CALICATA

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

CATA N° 5

COTA: 599.60

FECHA: 28/07/2023

PROFUNDIDAD: 2.40m

SUPERVISOR:

PROFUNDIDAD METROS	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD PAREDES	TOMA DE MUESTRAS		COLUMNA LITOLOGICA	NATURALEZA DEL TERRENO	PASE # 200	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLAST.	CLASIFIC. U.S.C.S. PG-3	HINCHA. (%)	SALES S.(%)	CBR I	PROCT. MOD.
1	F	B				<b>TERRENO VEGETAL: (Q-tvg)</b> ARENA y ARCILLA DE TONOS OSCUROS CON ALGUNAS RAÍCES.								
	F	B				<b>D AL: (Q-arc)</b> ARCILLA CON ALGO DE ARENA.								
	F	B	M1	1.10-2.30		DEPÓSITO ALUVIAL: (Q-arn) ARENA MEDIA A GRUESA CON BASTANTE ARCILLA	34.8	55.6	15.4	SM M				
2														
3						FIN DE CALICATA A 2.30 m.								
4														
						Sin presencia de agua								

PG3

SELECCIONADO	S
ADECUADO	A
MARGINAL	M
INADECUADO	I

F FACIL

B BUENA





# FICHA DE CALICATA

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID  
PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

CATA Nº 6  
COTA: 598.20  
FECHA: 28/07/2023  
PROFUNDIDAD: 2.30m

SUPERVISOR:

PROFUNDIDAD METROS	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD PAREDES	TOMA Nº	DE MUESTRAS COTAS (m)	COLUMNA LITOLÓGICA	NATURALEZA DEL TERRENO	PASE # 200	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE PLAST.	CLASIFIC. U.S.C.S. PG-3	HINCHA. (%)	SALES S.(%)	CBR I	PROCT. MOD.
1	F	B				<b>TERRENO VEGETAL:</b> (Q-tvg) ARENA y ARCILLA DE TONOS OSCUROS CON ALGUNAS RAÍCES.								
	F	B	M1	0.90-2.30		<b>DEPÓSITO ALUVIAL:</b> (Q-arc) ARCILLA CON BASTANTE ARENA. TONO MARRÓN CON VETAS BLANQUECINAS FÁCILMENTE EXCAVABLE.	53.2	58.2	23.6	MH M				
						FIN DE CALICATA A 2.30 m.								
2														
3														
4														
						Sin presencia de agua								

PG3

SELECCIONADO	S
ADECUADO	A
MARGINAL	M
INADECUADO	I

F FACIL

B BUENA





# FICHA DE CALICATA

OBRA: PROYECTO DE URBANIZACIÓN  
SECTOR SUPI 5 SAN FERNANDO DE  
HENARES. MADRID

PETICIONARIO:  
JUNTA DE COMPENSACIÓN SUPI-5 (EL RAYO)

CATA N° 7

COTA: 598.40

FECHA: 28/07/2023

PROFUNDIDAD: 1.00m

SUPERVISOR:

PROFUNDIDAD METROS	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD PAREDES	TOMA DE MUESTRAS		COLUMNA LITOLÓGICA	NATURALEZA DEL TERRENO	PASE # 200	LÍMITE LIQUIDO	ÍNDICE PLAST.	CLASIFIC. U.S.C.S. PG-3	HINCHA. (%)	SALES S.(%)	CBR I	PROCT. MOD.
			N°	COTAS (m)										
1	F	B				<b>TERRENO VEEGTAL:</b> (Q-tvg) ARENA y ARCILLA DE TONOS OSCUROS CON ALGUNAS RAÍCES.								
	F	B				<b>DEPÓSITO ALUVIAL:</b> (Q-arc) ARCILLA CON ALGO DE ARENA.								
2														
3														
4														
						FIN DE CALICATA A 1.00 m.								
						Sin presencia de agua								

PG3

SELECCIONADO	S
ADECUADO	A
MARGINAL	M
INADECUADO	I

F FACIL

B BUENA



## **ANEXO 4. ENSAYOS DE LABORATORIO.**



## ***RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO***

CLIENTE: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**

OBRA: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

Nº OBRA: **2023505**

FECHA INFORME: 16 de agosto de 2023

LABORATORIO ACREDITADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN EDIFICACIÓN Y OBRA CIVIL

### **Área de ensayos de laboratorio de geotecnia (GTL) N° 03267GTL08:**

- C.2. Ensayos básicos (GTL.b)
  - Identificación y estado de suelos.*
  - Resistencia y deformación de suelos.*
  - Agresividad de aguas y suelos.*
- C.3.1. Ensayos complementarios primero (GTL.c1)
  - Resistencia y deformación de rocas.*
  - Compactaciones.*
- C.3.2. Ensayos complementarios segundo (GTL.c2)
  - Determinación del módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson*
  - Resistencia a la carga puntual*
- C.3.3. Ensayos complementarios tercero (GTL.c3)
  - Parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo Triaxial.*

*Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo establecidos en la norma de calidad  
UNE-EN ISO/IEC 17025:2017*

*Inscrito en el registro general de laboratorios de ensayo del Ministerio de Fomento (Lecce) con el número **MAD-L-031***





## **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**

**Nº OBRA: 2023505**

**OBRA:** SUPÍ 5 (San Fernando de Henares)

### **1. ANTECEDENTES**

El día 31 de julio de 2023 se recibe en el laboratorio Tecnología del suelo y materiales, S.L. la petición de ensayos de la citada obra, que se compone de dos muestras inalteradas de suelo, un testigo plastificado de suelo, cuatro muestras SPT de suelo en bolsa, ocho muestras alteradas de suelo en saco y una muestra alterada de suelo en bolsa.

La denominación de las muestras y los ensayos realizados vienen indicados por el peticionario.

### **2. ENSAYOS REALIZADOS**

- 2.1. Determinación de la humedad de un suelo, según norma UNE 103-300:93
- 2.2. Determinación de la densidad de un suelo, según norma UNE 103-301:94
- 2.3. Análisis granulométrico de suelos por tamizado, según norma UNE 103-101:95
- 2.4. Determinación de los límites de Atterberg, según normas UNE 103-103:94 y UNE 103-104:93
- 2.5. Ensayo de rotura a compresión simple, según norma UNE 103-400:93
- 2.6. Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo: ensayo no consolidado y no drenado (UU), según norma UNE 103401:98
- 2.7. Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo: ensayo consolidado y drenado (CD), según norma UNE 103401:98
- 2.8. Ensayo de colapsabilidad de un suelo en edómetro, según norma NLT 254:99
- 2.9. Ensayo de compactación. Próctor modificado, según normas UNE 103501:94
- 2.10. Determinación en laboratorio del Índice C.B.R. de un suelo, según norma UNE 103502:95
- 2.11. Determinación cuantitativa de sulfatos en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83963:2008
- 2.12. Determinación del contenido de material orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico, según normas UNE 103204: 93 y UNE 103204:93 (erratum)
- 2.13. Determinación del contenido cuantitativo en carbonatos, según normas UNE 103200:93
- 2.14. Determinación del contenido en sales solubles en suelos, según norma UNE 103205:2006
- 2.15. Determinación del contenido de yesos en suelos, según norma UNE 103206:2006



C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375 881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

### 3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

Nº Obra: 2023505

Cliente: BIOTOPO CONSULTORES, S.L.

Obra: SUP1 5 (San Fernando de Henares)

Fecha: 16 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

Tecnología del suelo y materiales, S. L.  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

## HOJA RESUMEN DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

Muestra ensayada	Tipo de muestra	Humedad, en %	Densidad seca, en g/cm³	Densidad húmeda, en g/cm³	Granulometría en % que pasa						Límites de Atterberg			Índice de colapso I, en %	Compresión Simple		Triaxial o Corte Directo			Ensayo Próctor			Ensayo C.B.R.		Ensayos Químicos					
					63 mm	20 mm	5 mm	2 mm	0,40 mm	0,08 mm	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad		Tensión, en kg/cm²	Deformación, en %	Tipo de Triaxial o Corte	Ángulo de Rozamiento	Cohesión, en kg/cm²	Tipo de Próctor	Humedad óptima, en %	Densidad máxima, en g/cm³	Índice C.B.R. al 100%	Hinchamiento, en %	Agresividad EHE	Sulfatos Cuantitativos (SO₄²⁻), en mg/kg	Materia Orgánica, en %	Carbonatos, en %	Sales solubles, en %	Yesos, en %
CV-1 0.50-1.30	MA-1				100.0	100.0	98.6	97.0	92.5	81.7	56.1	32.6	23.5	1.55						Mod.	14.3	1.765	65.87	3.81		350	1.25	15.16	0.1670	0.0000
CV-2 0.90-1.00	MA-1				100.0	96.6	94.6	92.8	82.4	68.1	49.4	25.7	23.7																	
CV-1 1.50-2.50	MA-2				100.0	100.0	92.8	87.4	74.8	65.4	50.3	29.3	21.0	1.77																
CV-2 1.00-1.90	MA-2				100.0	80.9	58.6	55.3	43.4	34.4	61.7	37.9	23.8							Mod.	13.4	1.742	1.87	8.16		225	1.12	20.26	0.2200	1.9499
CV-3 0.70-1.80	MA-1				100.0	100.0	99.0	97.1	86.9	70.0	52.2	30.4	21.8																	
CV-4 1.30-1.80	MA-1				100.0	100.0	95.5	93.1	79.1	62.6	52.5	33.9	18.6																	
CV-5 1.10-2.30	MA-1				100.0	100.0	94.0	90.9	66.2	34.8	55.6	40.2	15.4																	
CV-6 0.90-2.30	MA-1				100.0	100.0	93.8	90.8	71.9	53.2	58.2	34.6	23.6																	
SV-1 1.60-2.05	SPT-1				100.0	93.8	62.4	57.8	49.4	41.5	61.5	33.0	28.5																	
SV-1 5.40-6.00	MI-1	7.7	1.689	1.819	100.0	90.4	81.0	78.0	62.4	34.4	37.2	23.8	13.4		0.6	3	CUU	33.21	0.43											
SV-1 6.50-8.00	MA				100.0	75.8	52.9	48.9	22.2	9.1	N.P.	N.P.	N.P.																	
SV-2 1.80-2.10	MI				100.0	100.0	81.0	72.9	48.5	35.2	74.4	49.8	24.6				CCD	26.82	0.26											
SV-2 4.50-4.95	SPT-2				100.0	100.0	98.7	96.5	92.8	71.1	51.7	28.3	23.4																	
SV-3 1.50-1.95	SPT-1				100.0	100.0	93.4	79.5	70.4	68.3	89.5	45.1	44.4																	
SV-3 4.15-4.60	SPT-2				100.0	100.0	100.0	99.9	77.2	50.4	117.3	64.8	52.5													375				
SV-3 6.93-7.20	TP	28.8	1.428	1.840	100.0	100.0	98.8	96.9	93.2	89.5	76.2	44.8	31.4		1.1	4										350				



**Tecnología del suelo  
y materiales, S. L.**  
Página 5 de 54  
Laboratorio acreditado en  
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

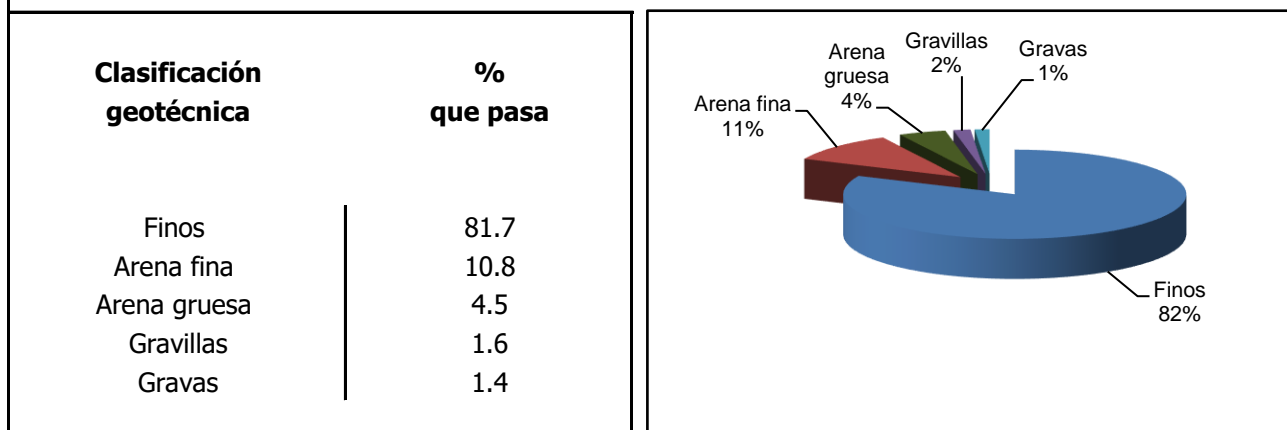
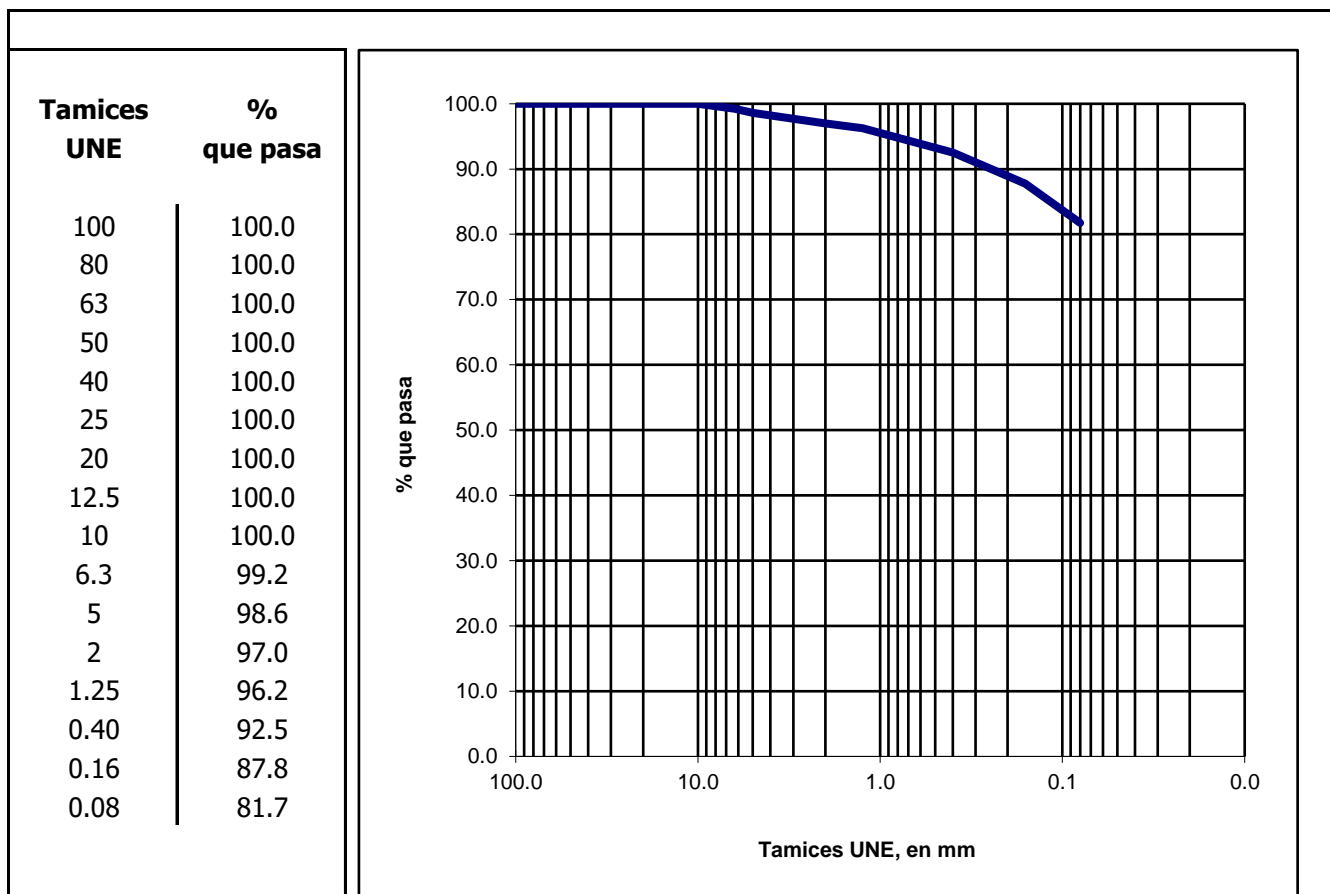
Muestra: CV-1 0.50-1.30 MA-1  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

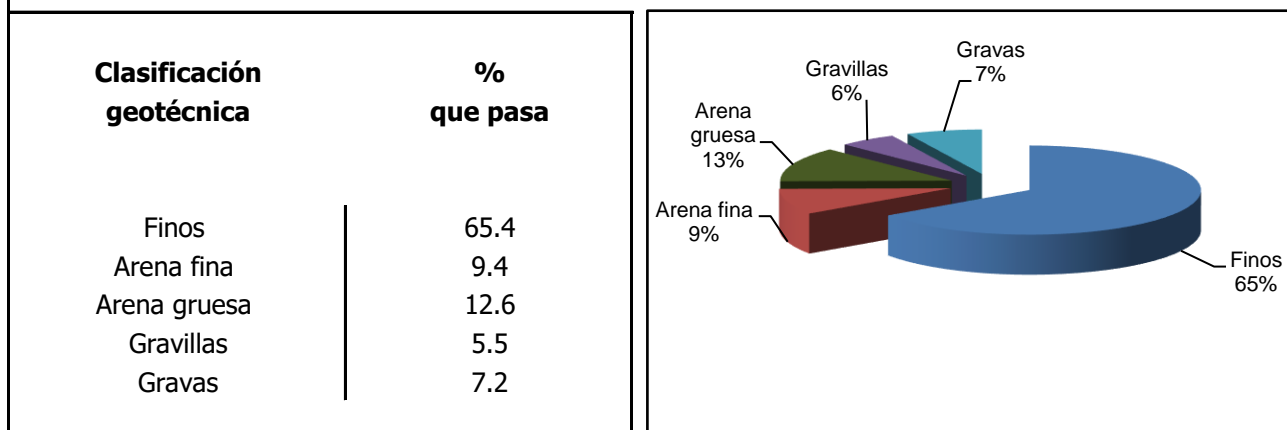
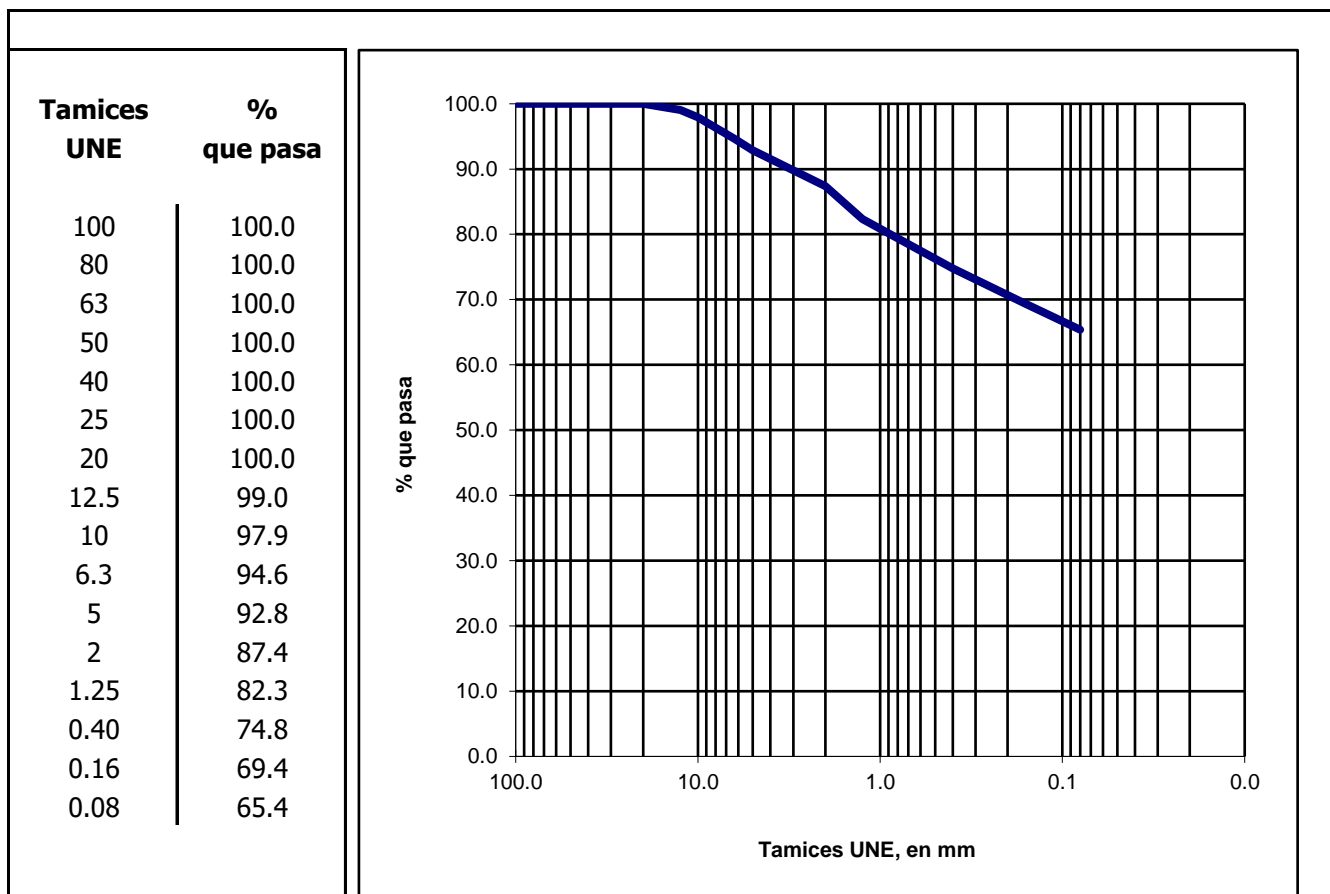
Muestra: CV-1 1.50-2.50 MA-2  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

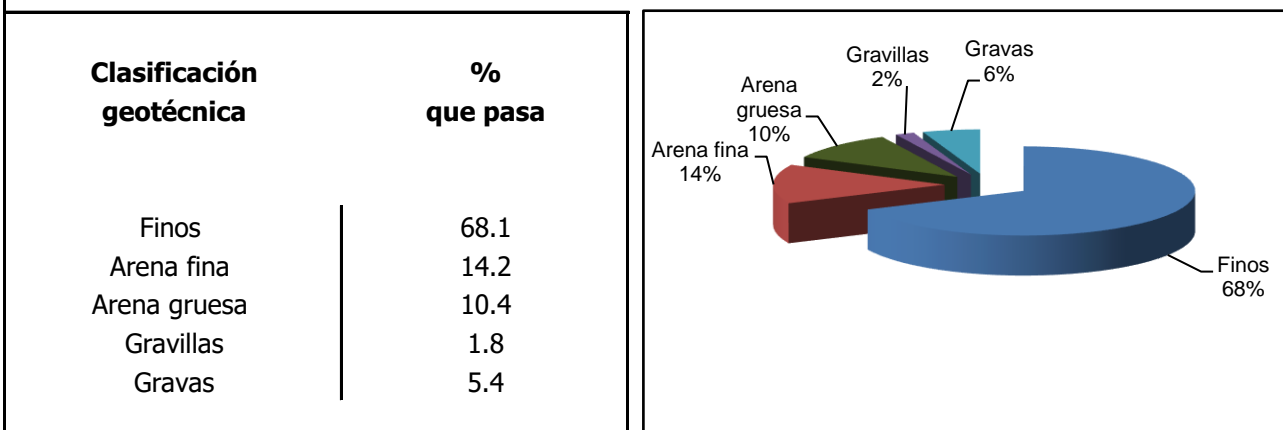
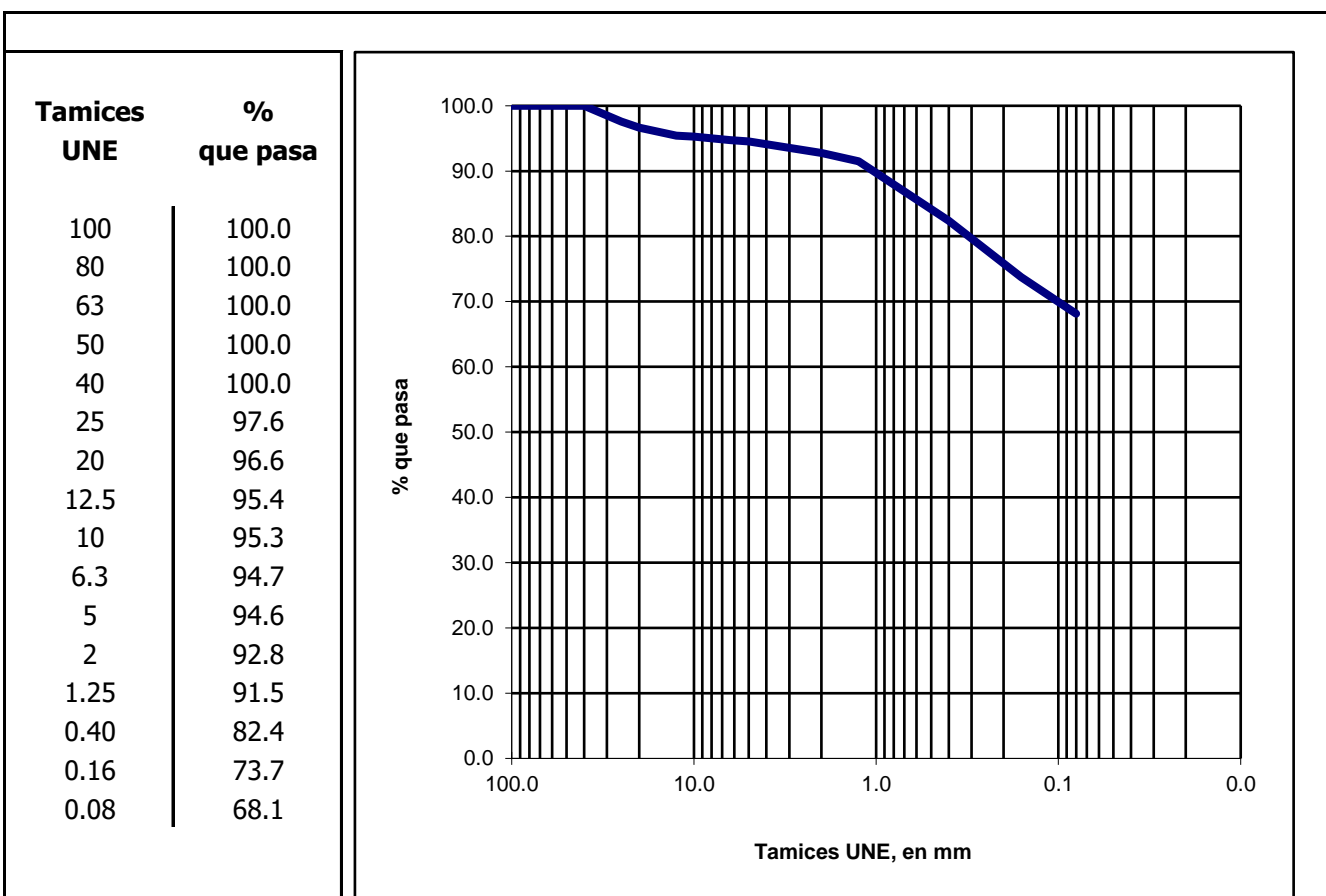
Muestra: **CV-2 0.90-1.00 MA-1**  
 Fecha: **8 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

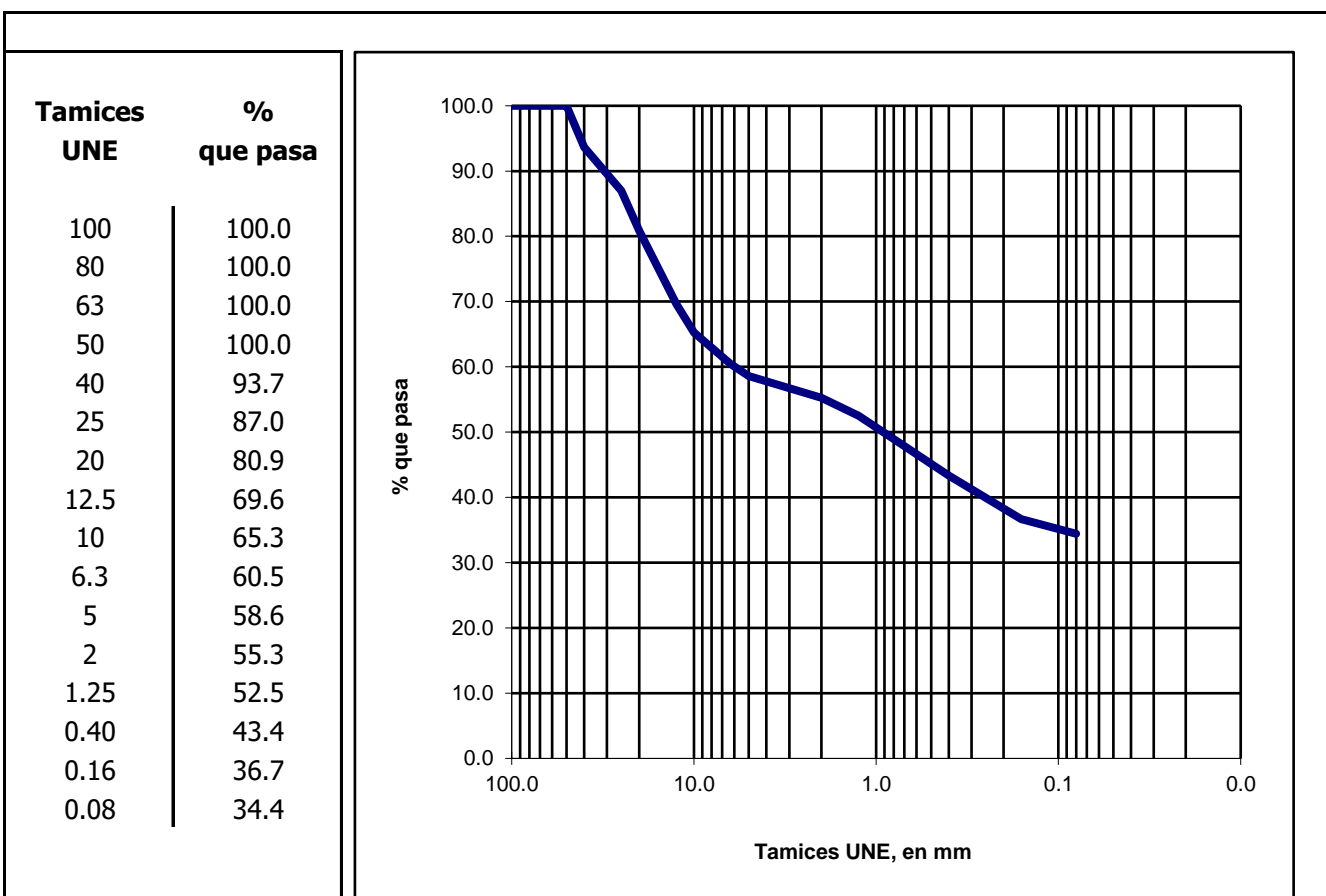
Muestra: CV-2 1.00-1.90 MA-2  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



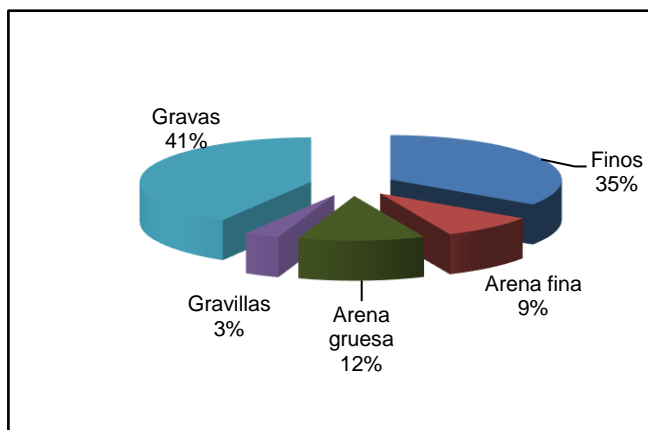
C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	34.4
Arena fina	8.9
Arena gruesa	11.9
Gravillas	3.3
Gravas	41.4



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

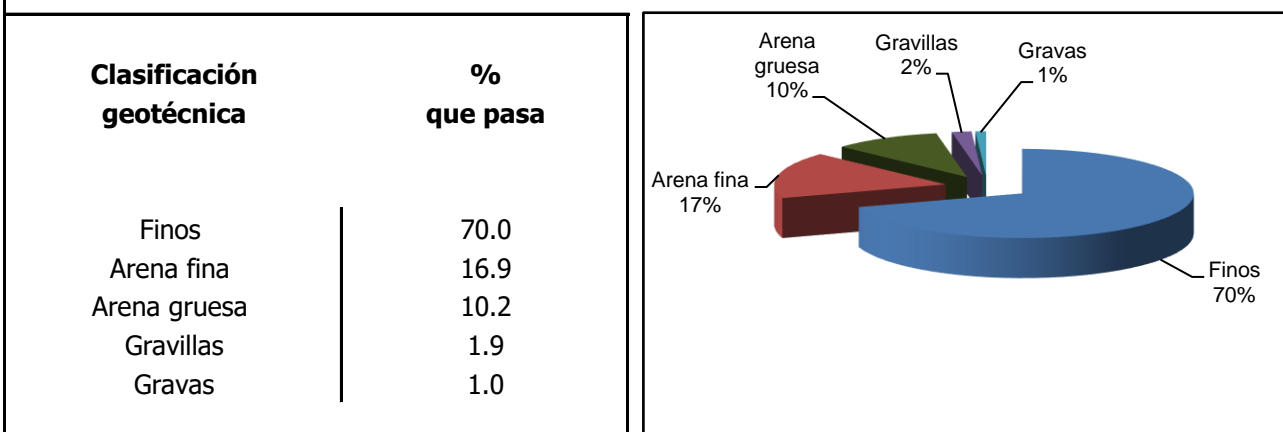
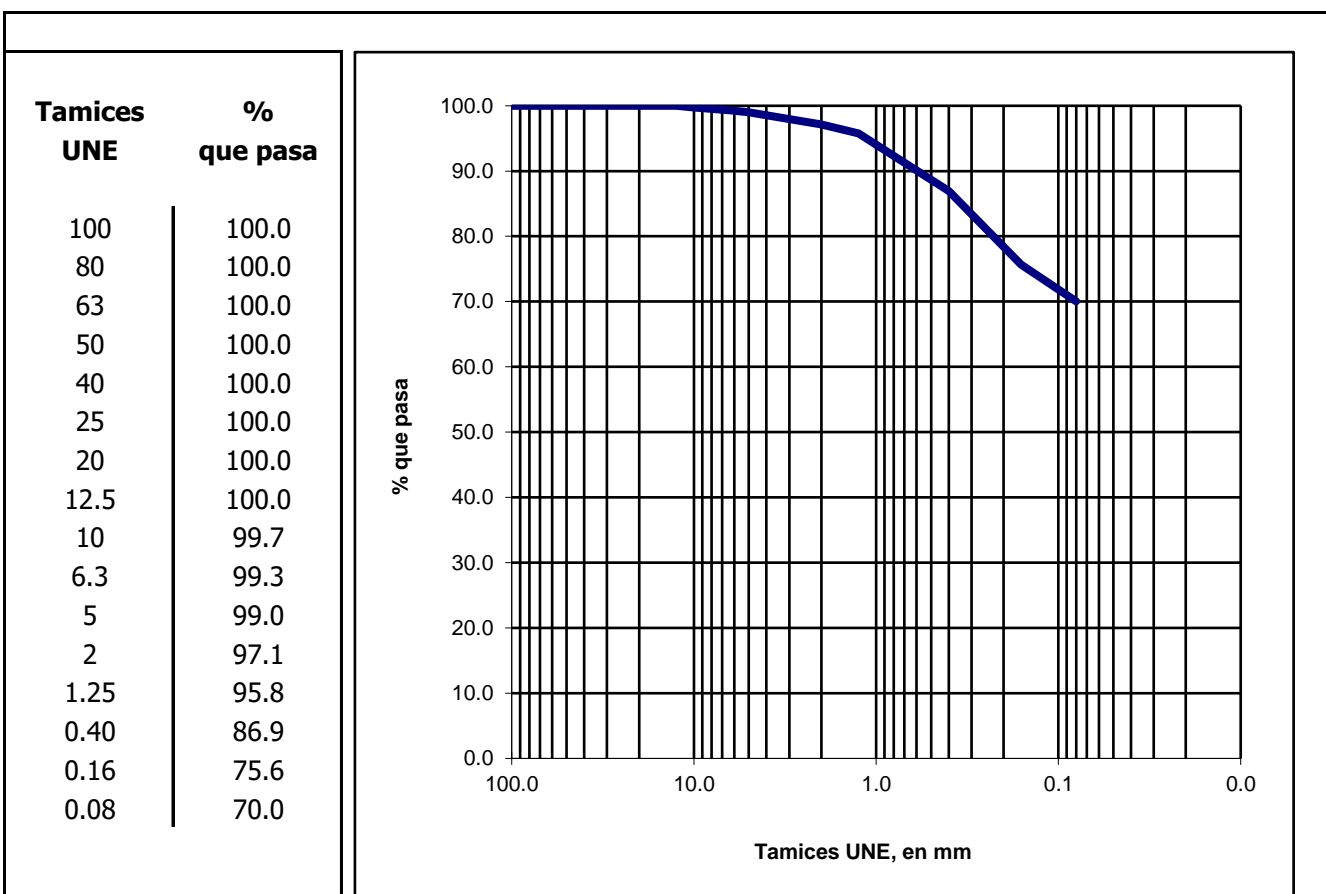
Muestra: CV-3 0.70-1.80 MA-1  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

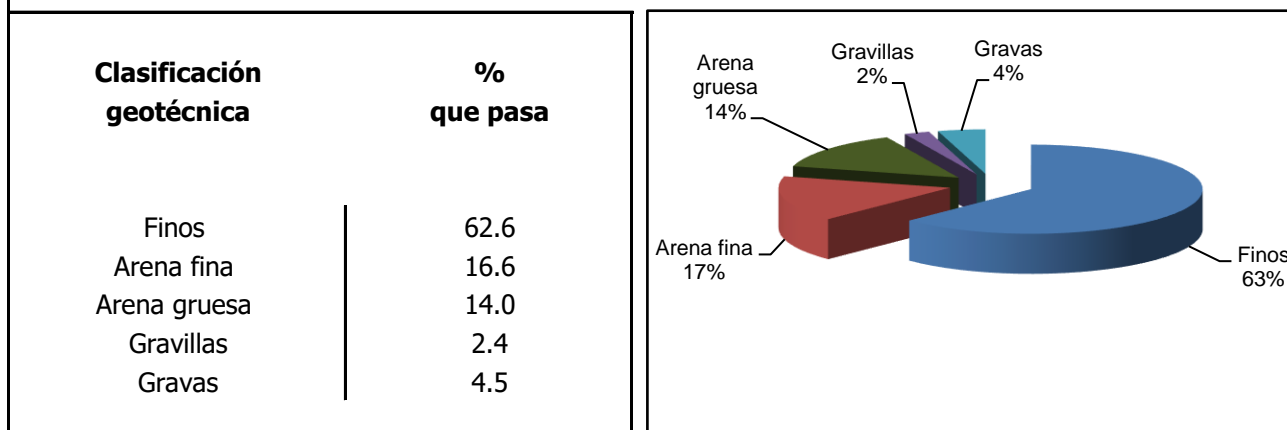
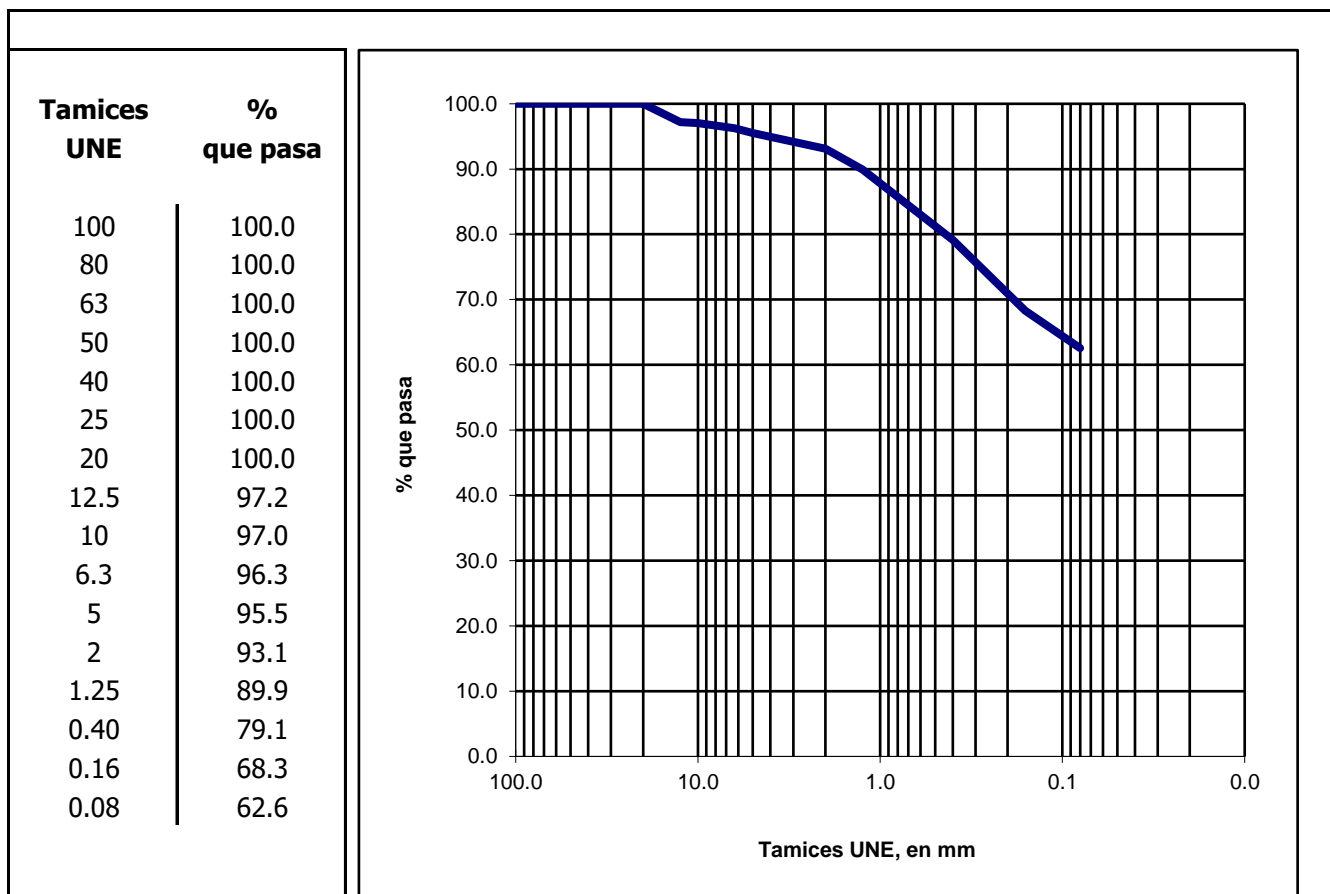
Muestra: **CV-4 1.30-1.80 MA-1**  
 Fecha: **8 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

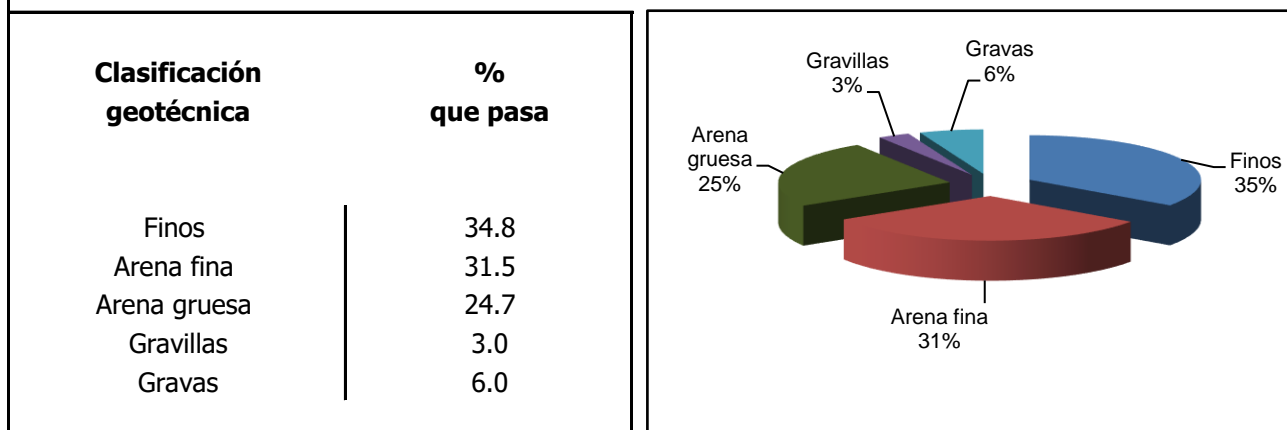
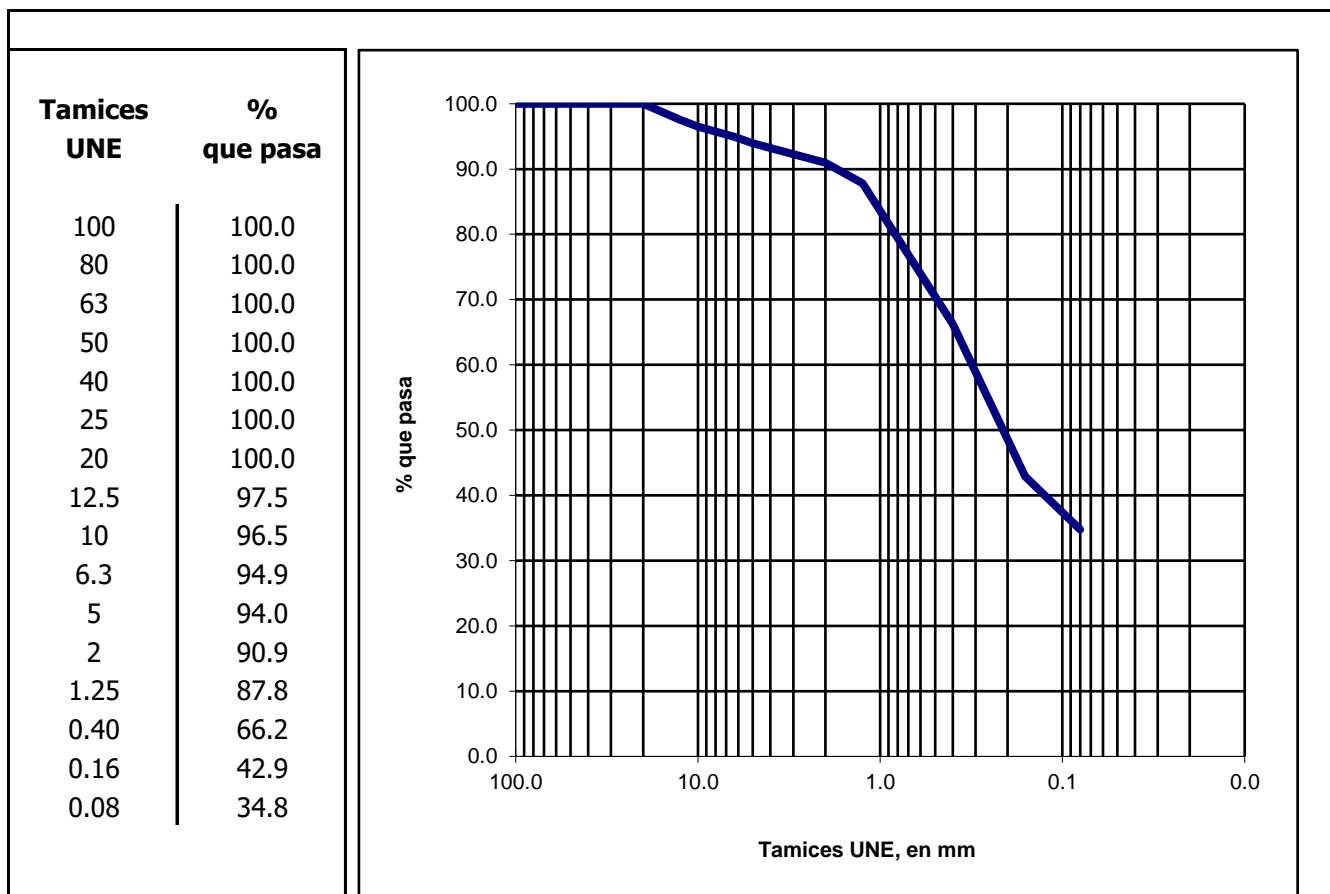
Muestra: CV-5 1.10-2.30 MA-1  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.



Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

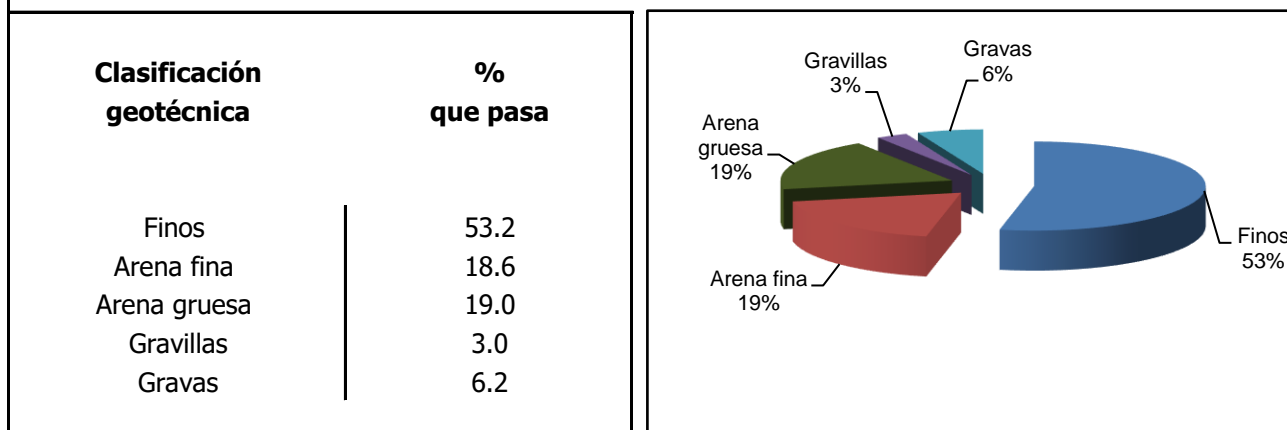
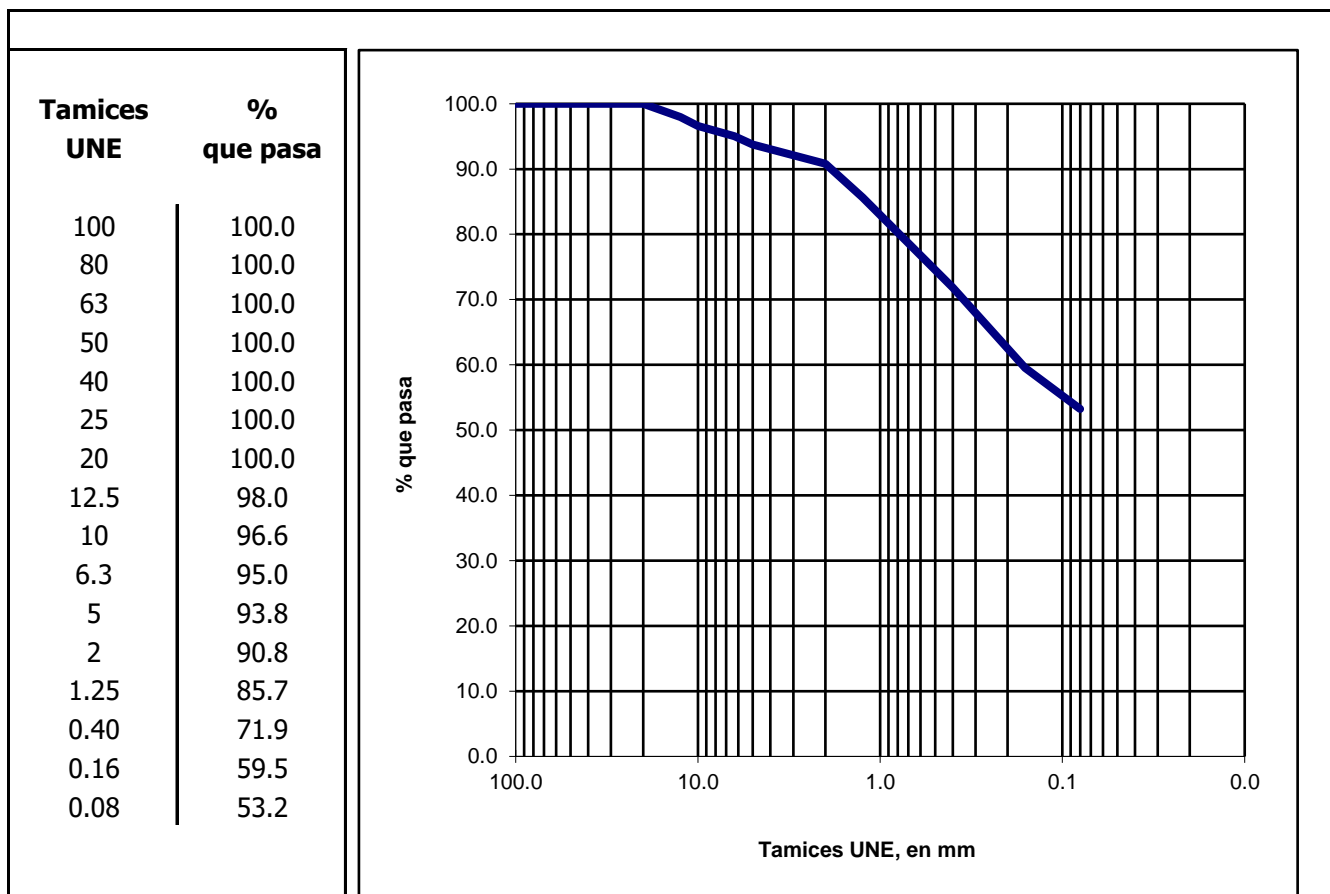
Muestra: **CV-6 0.90-2.30 MA-1**  
 Fecha: **8 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

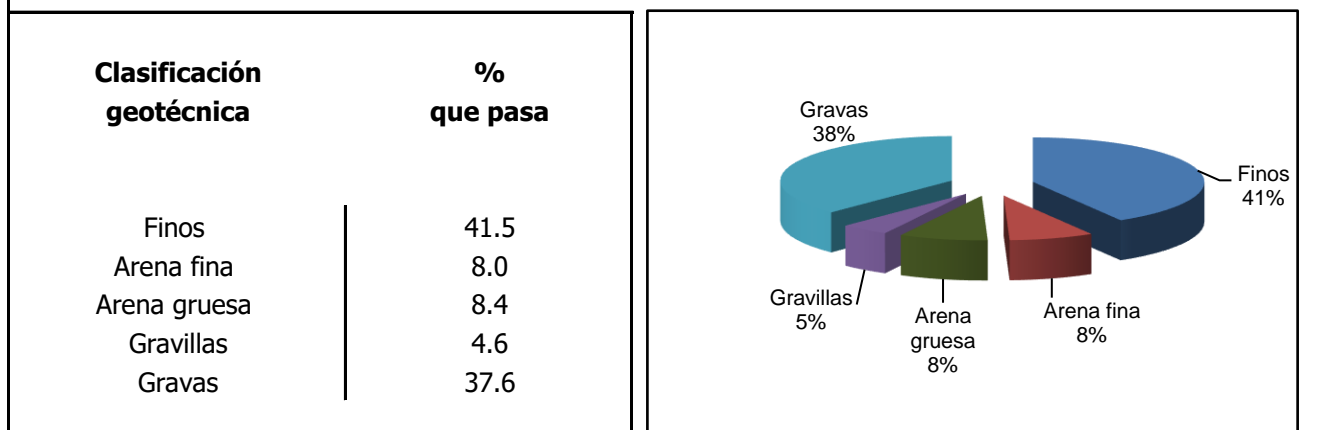
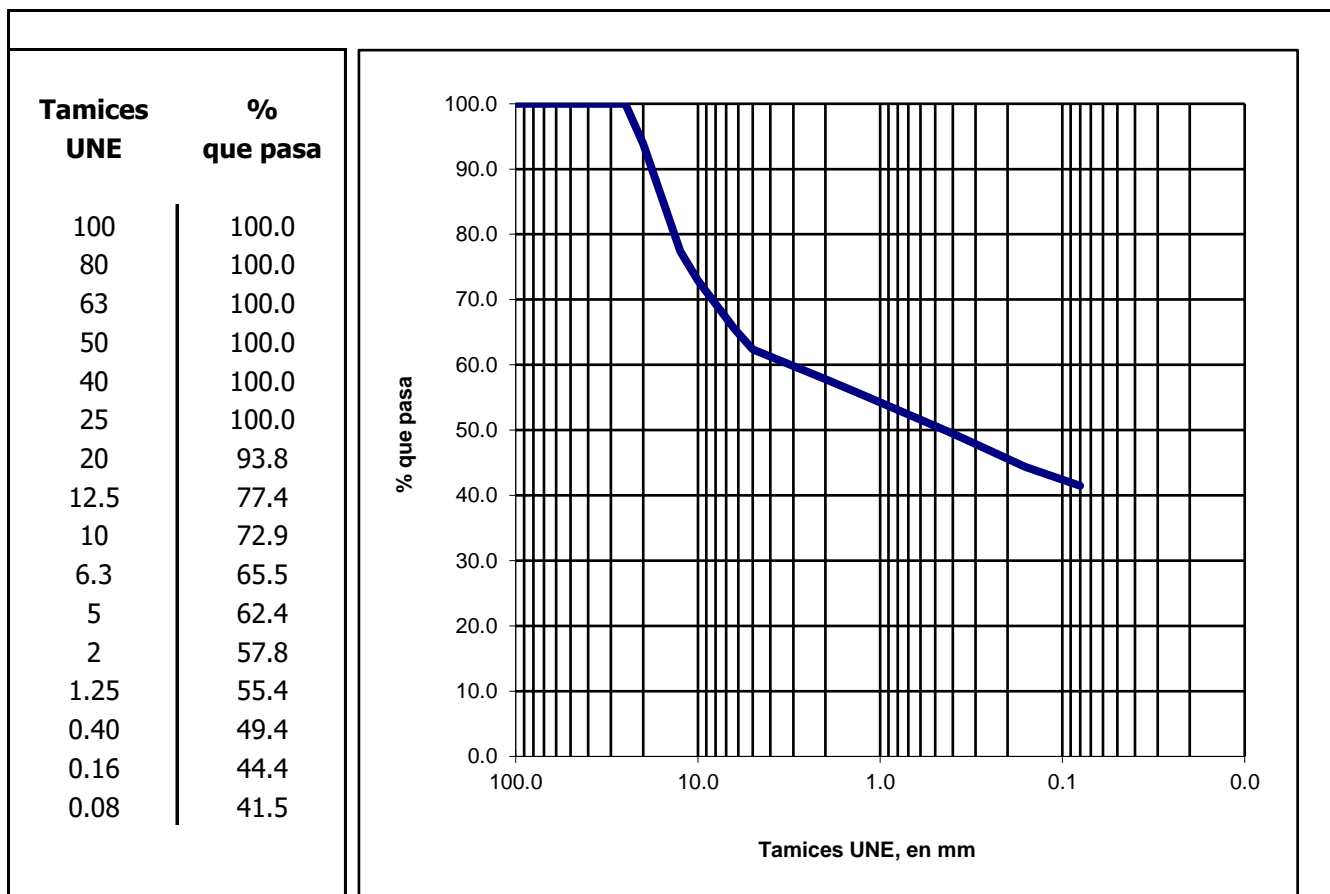
Muestra: SV-1 1.60-2.05 SPT-1  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

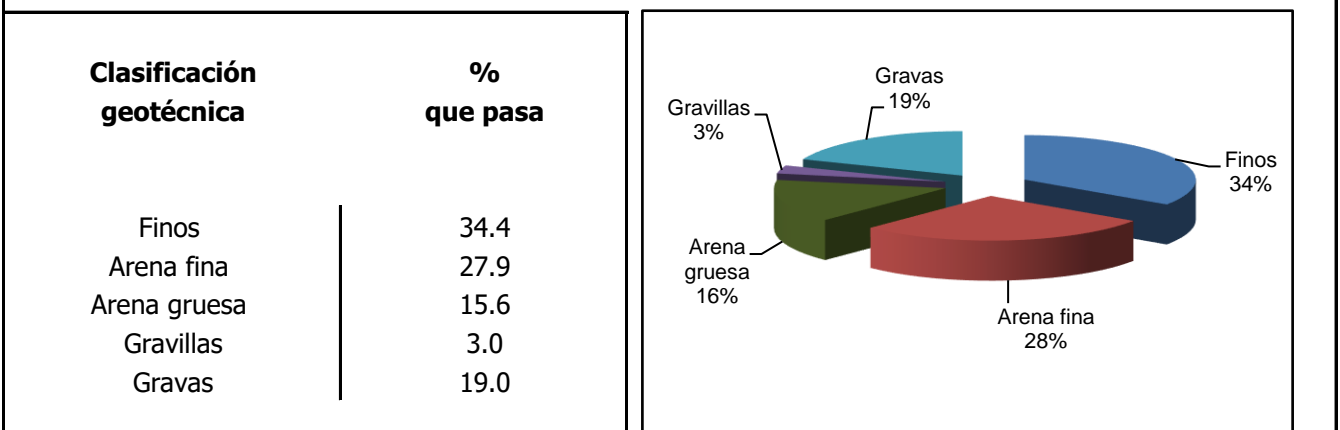
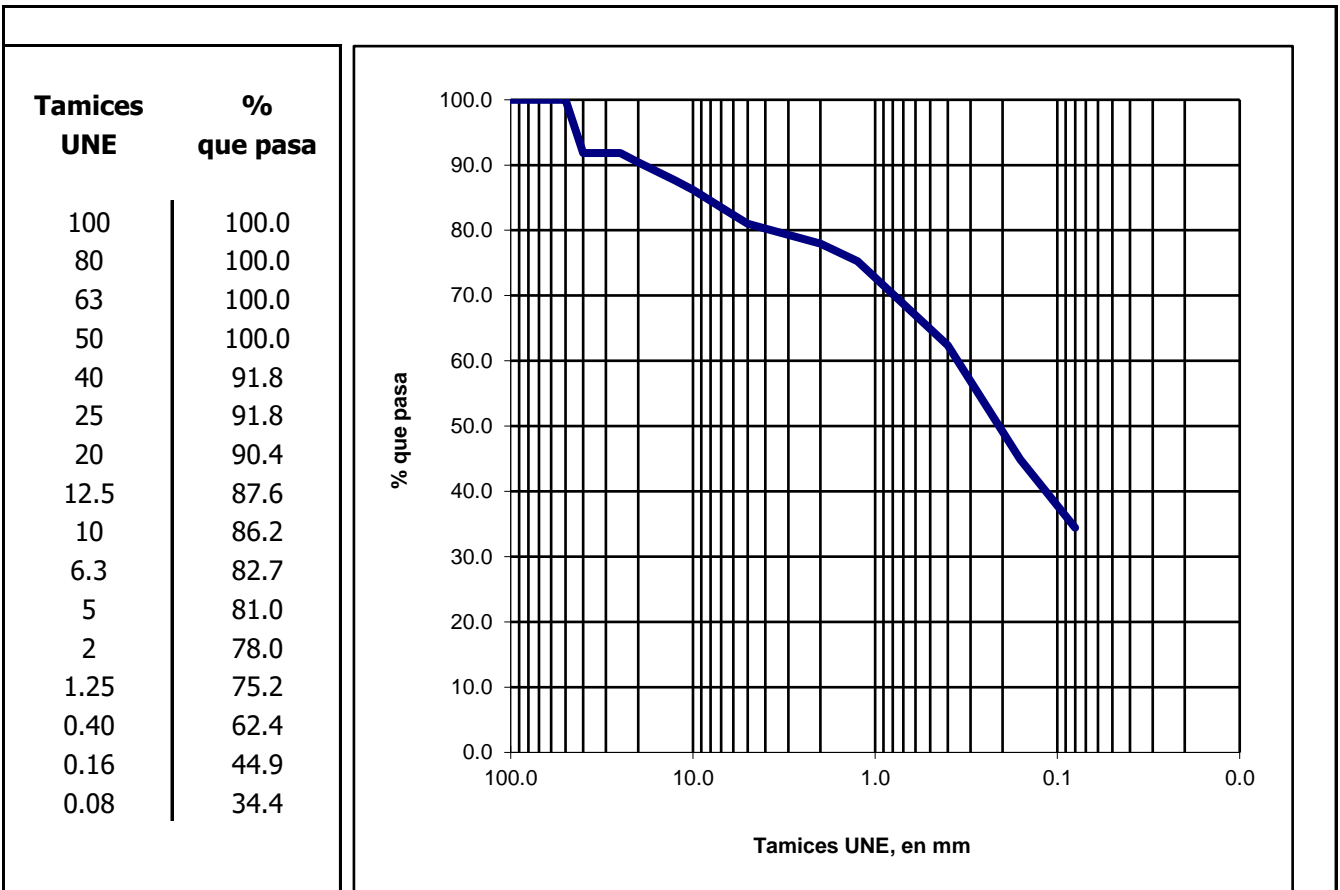
Muestra: SV-1 5.40-6.00 MI-1  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

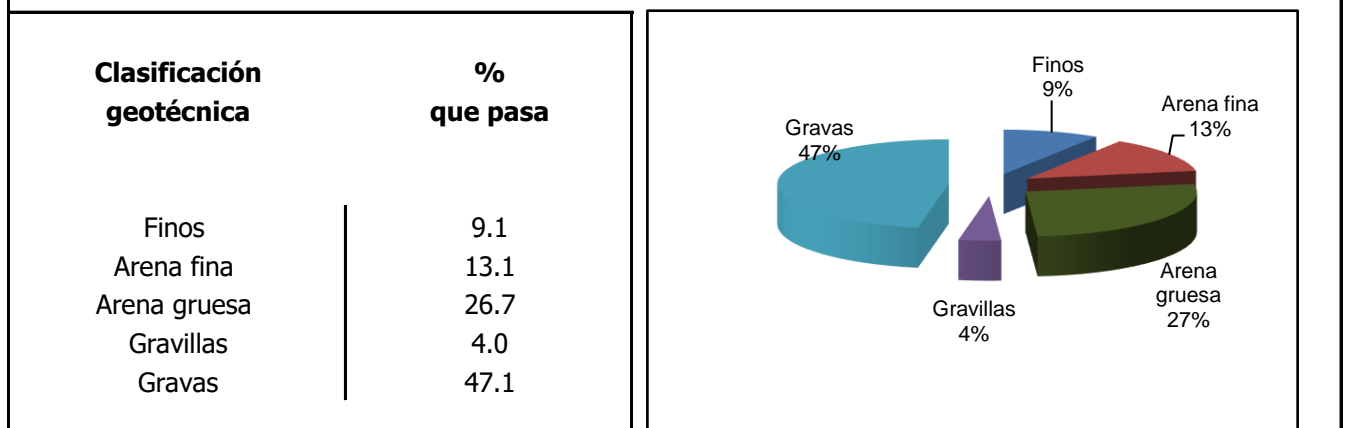
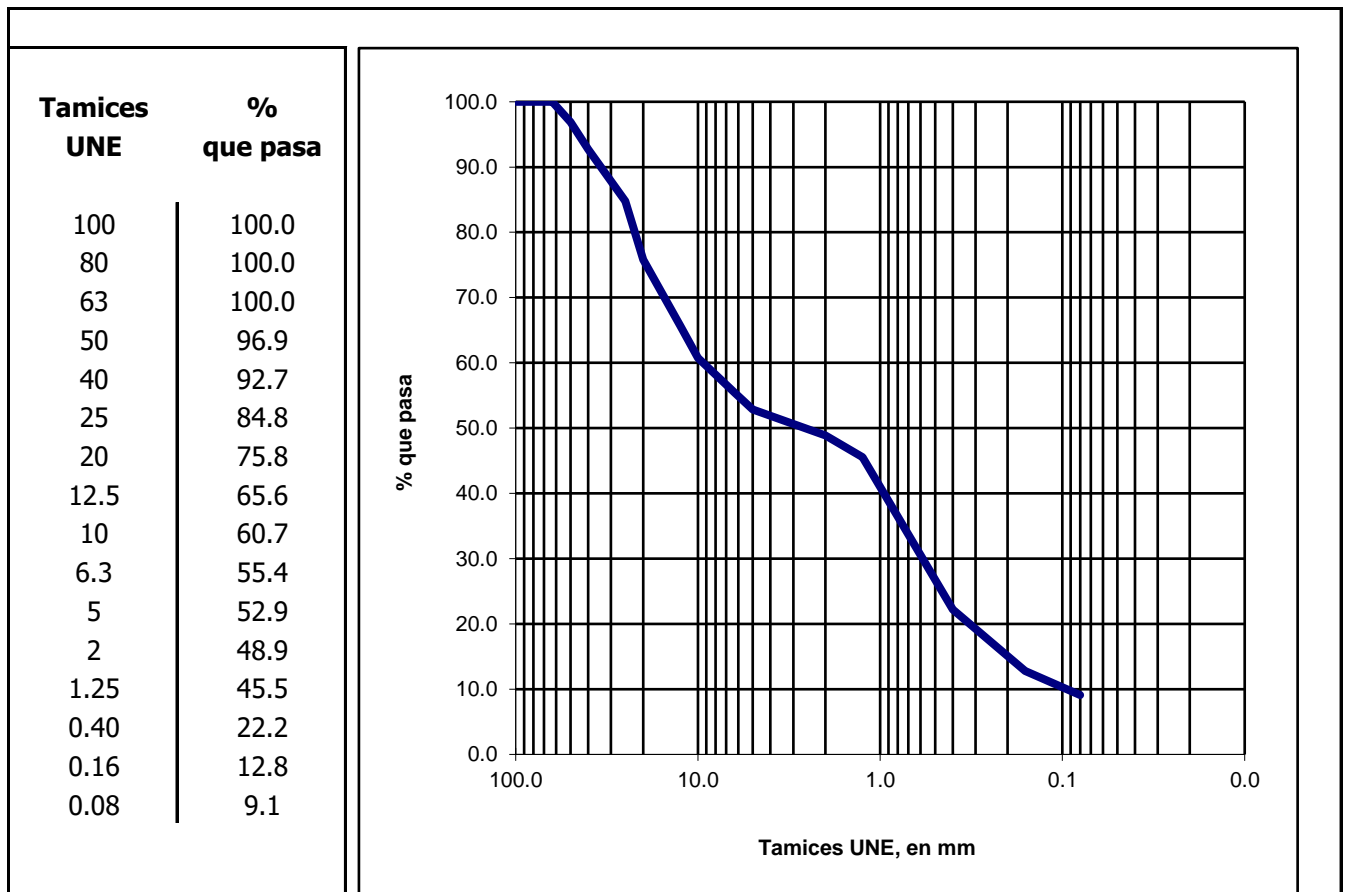
Muestra: SV-1 6.50-8.00 MA  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

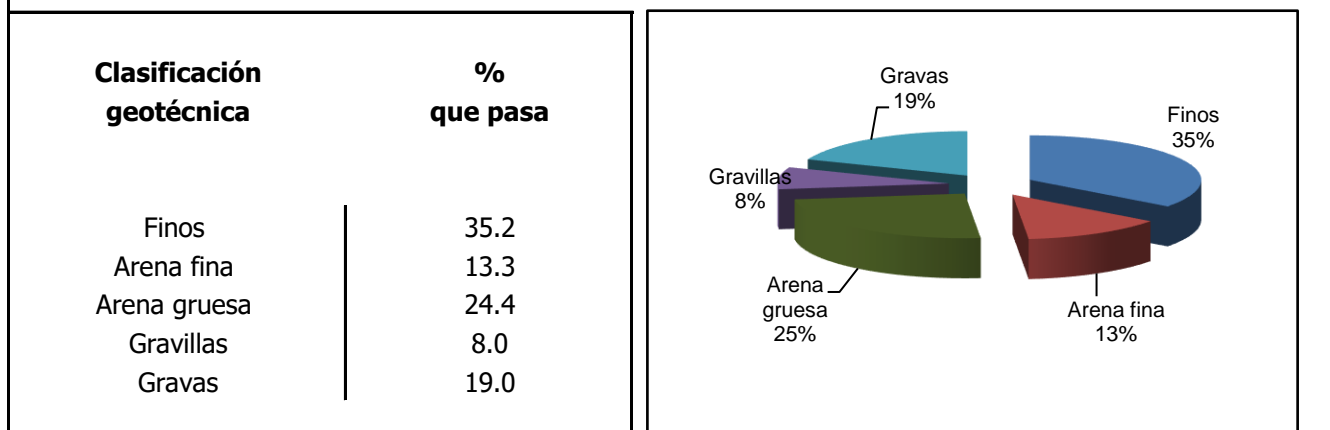
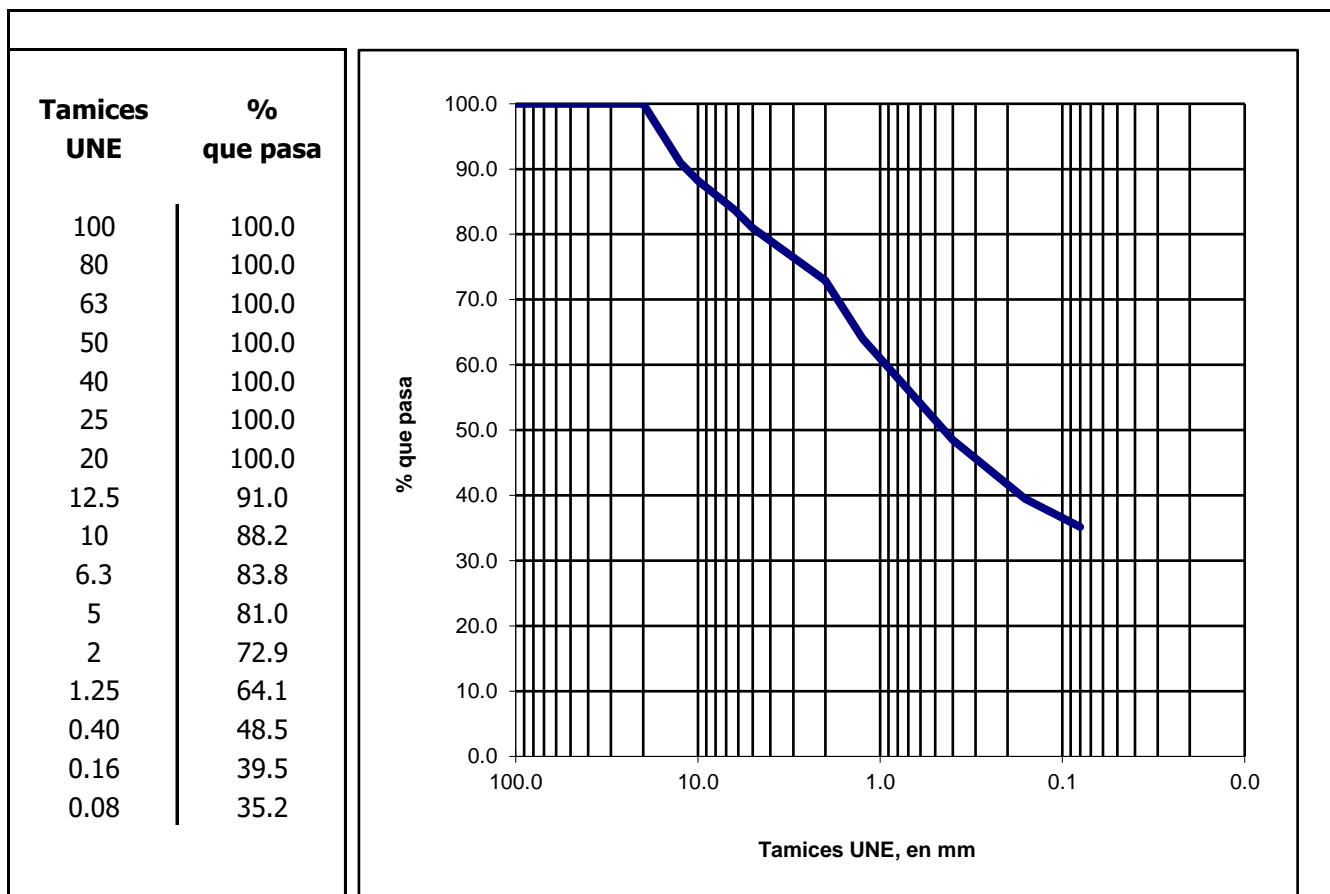
Muestra: SV-2 1.80-2.10 MI  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

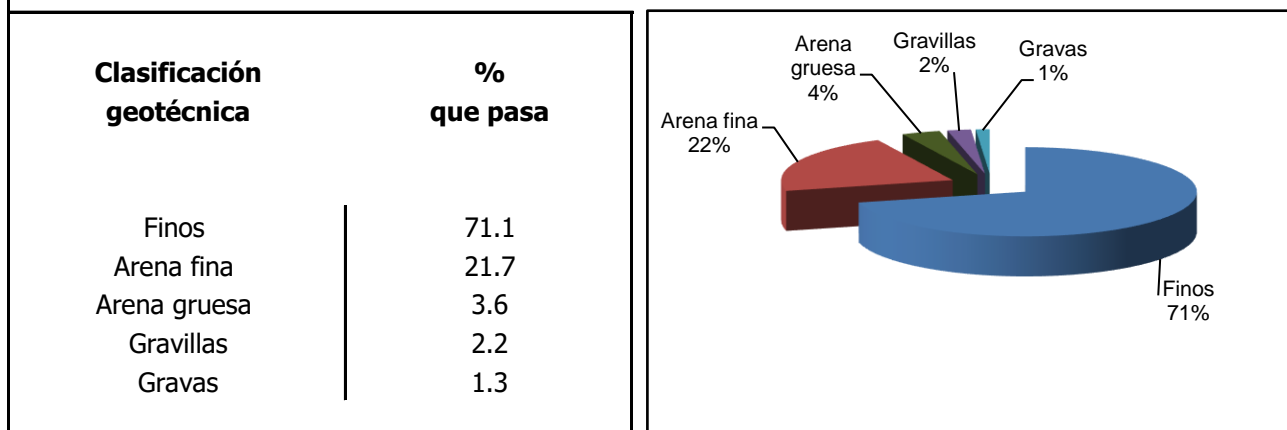
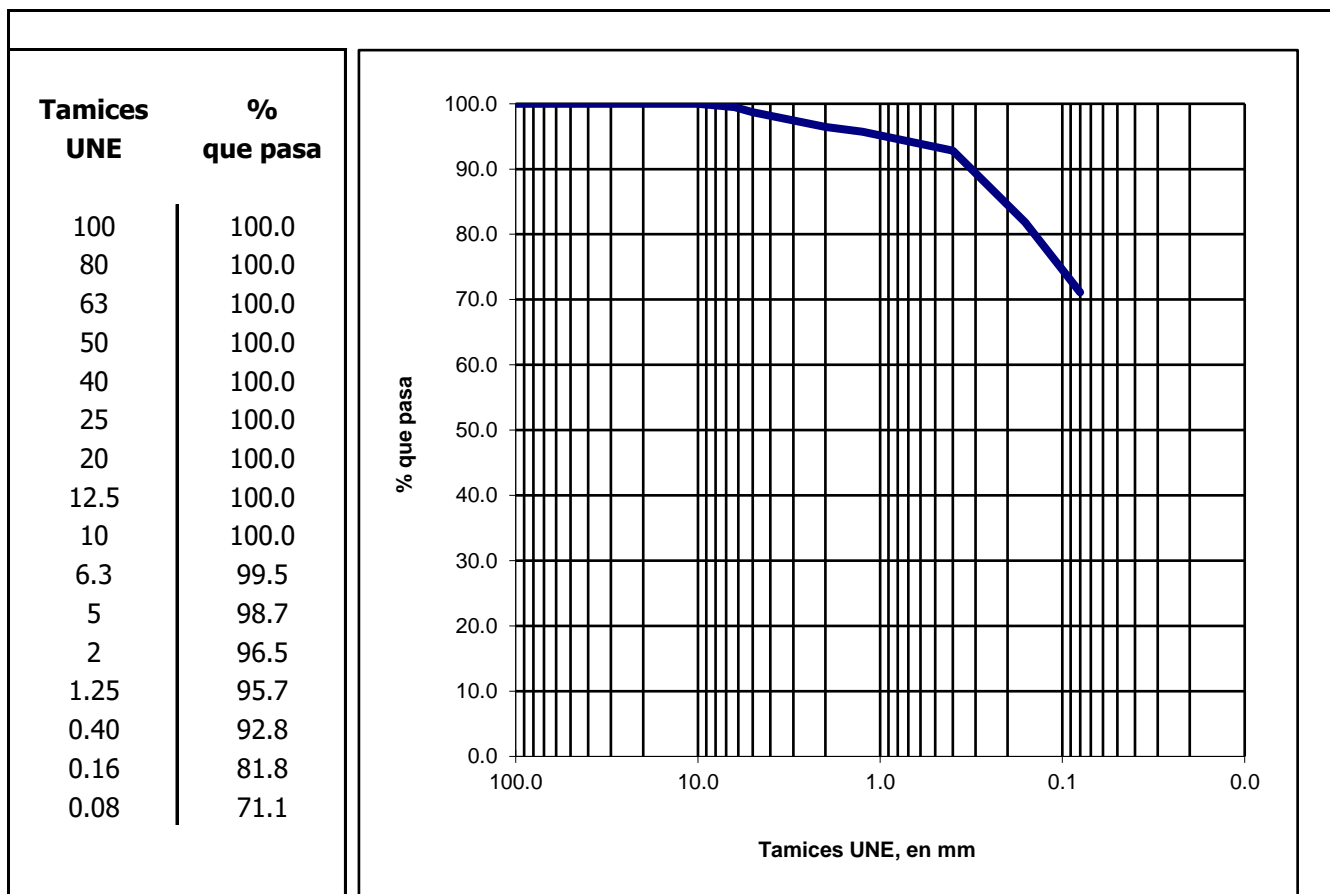
Muestra: SV-2 4.50-4.95 SPT-2  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

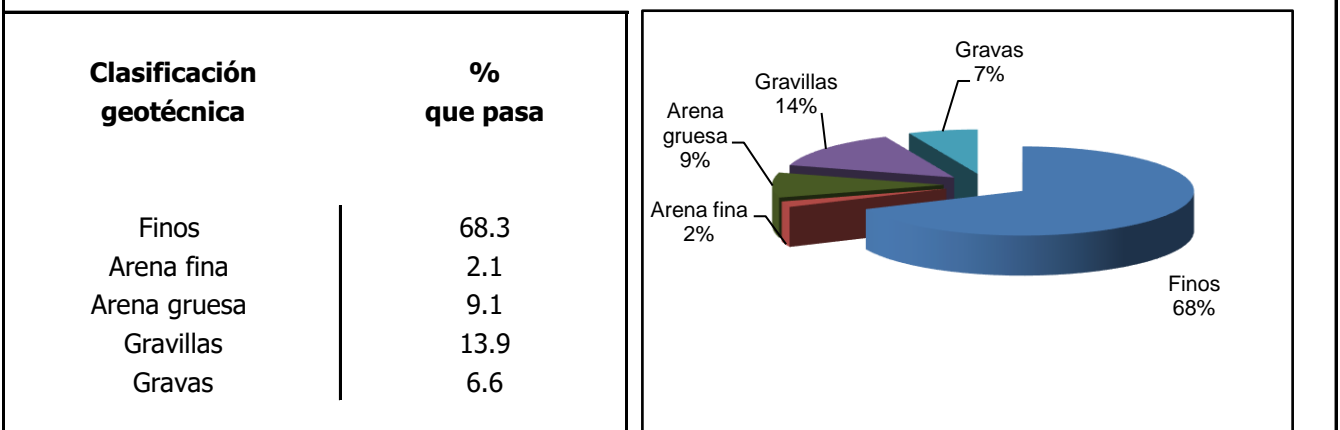
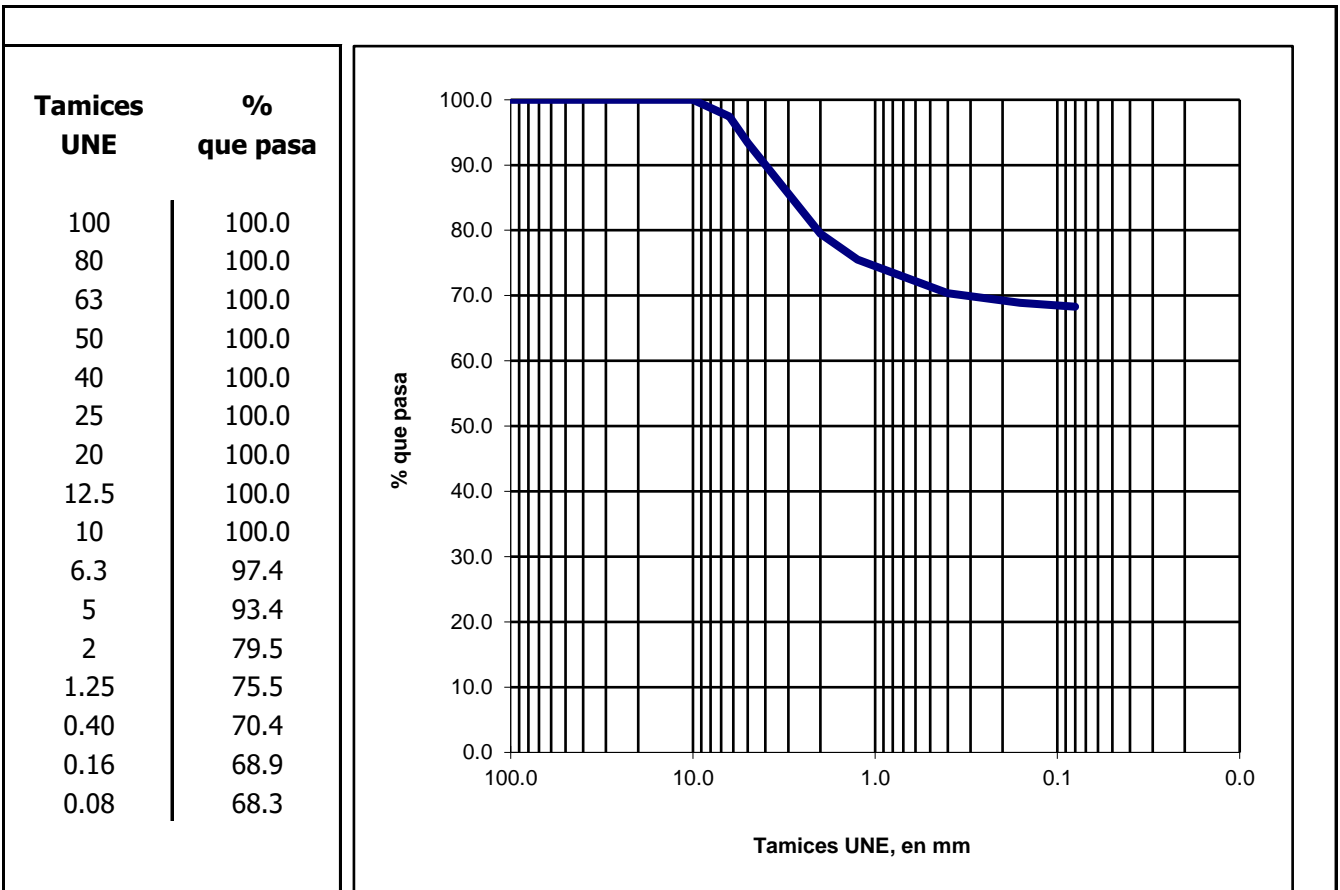
Muestra: SV-3 1.50-1.95 SPT-1  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) Nº 03267GTL08

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.



Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

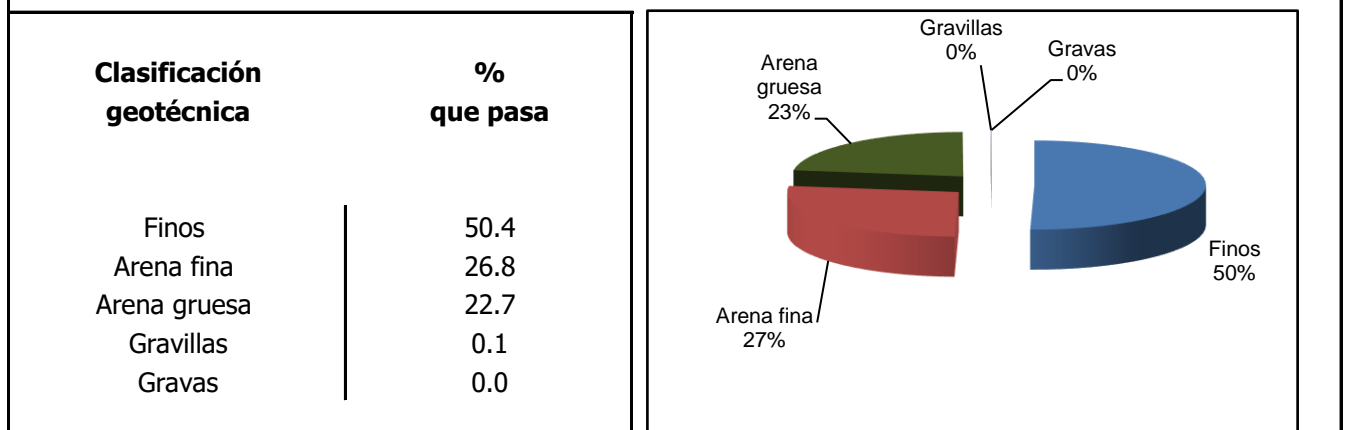
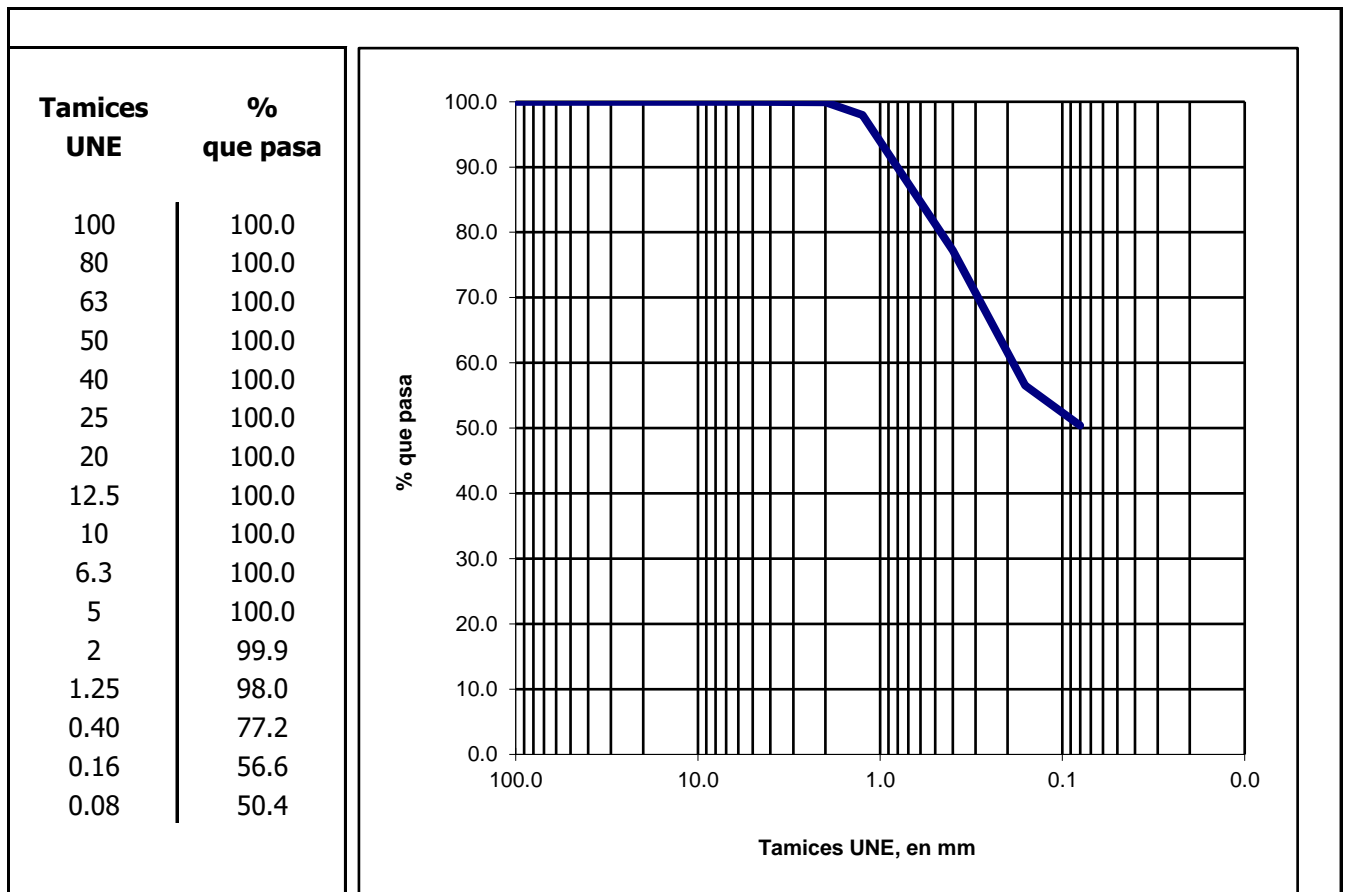
Muestra: SV-3 4.15-4.60 SPT-2  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) Nº 03267GTL08

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

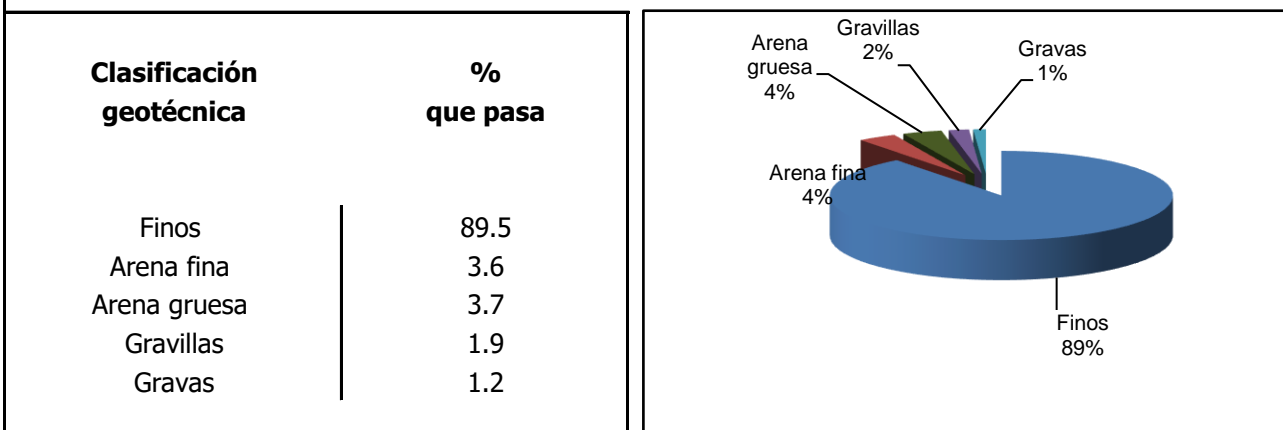
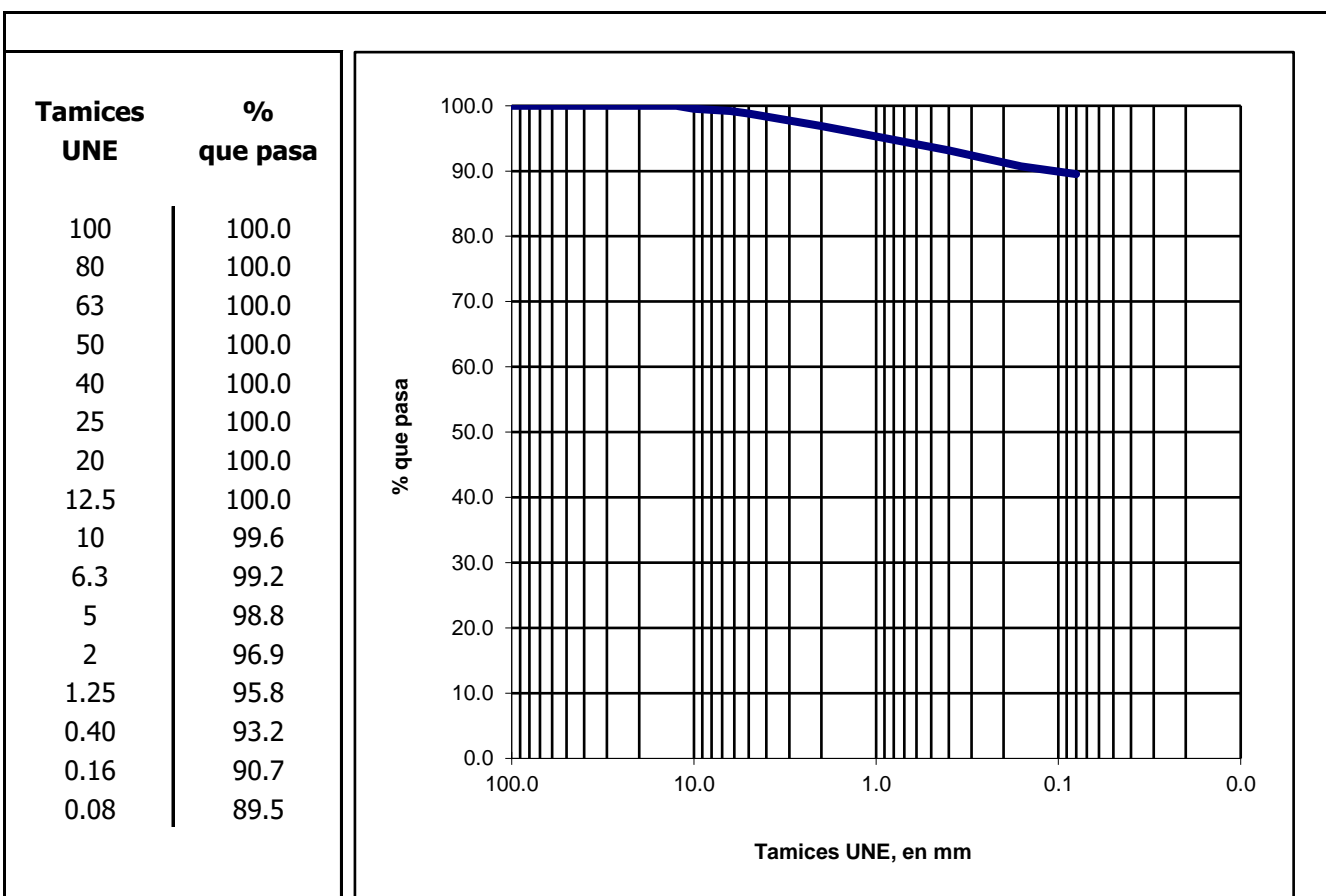
Muestra: SV-3 6.93-7.20 TP  
 Fecha: 8 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

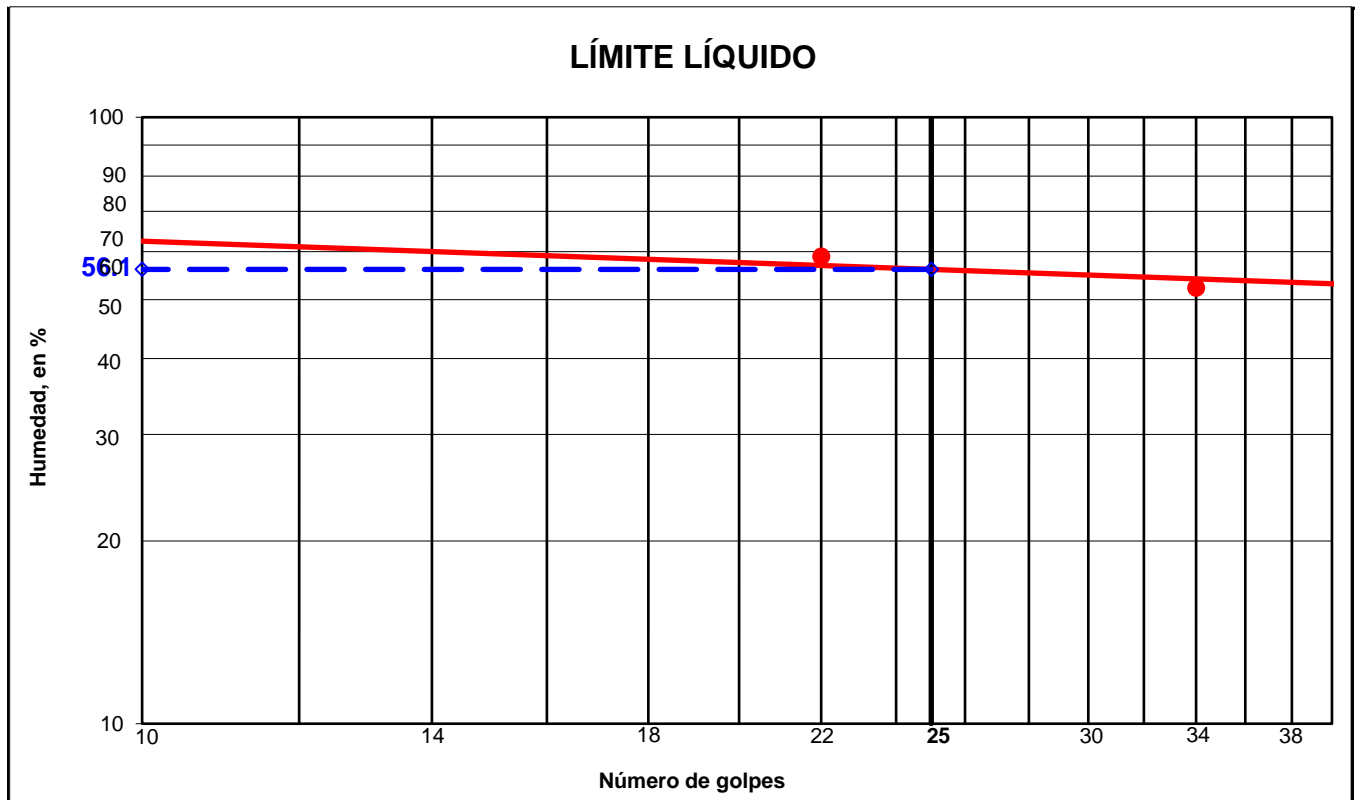
Muestra: **CV-1 0.50-1.30 MA-1**  
 Fecha: **10 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>22</b>	<b>34</b>
Humedad, en %:	58.9	52.3

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %: 32.6

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>56.1</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>32.6</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>23.5</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

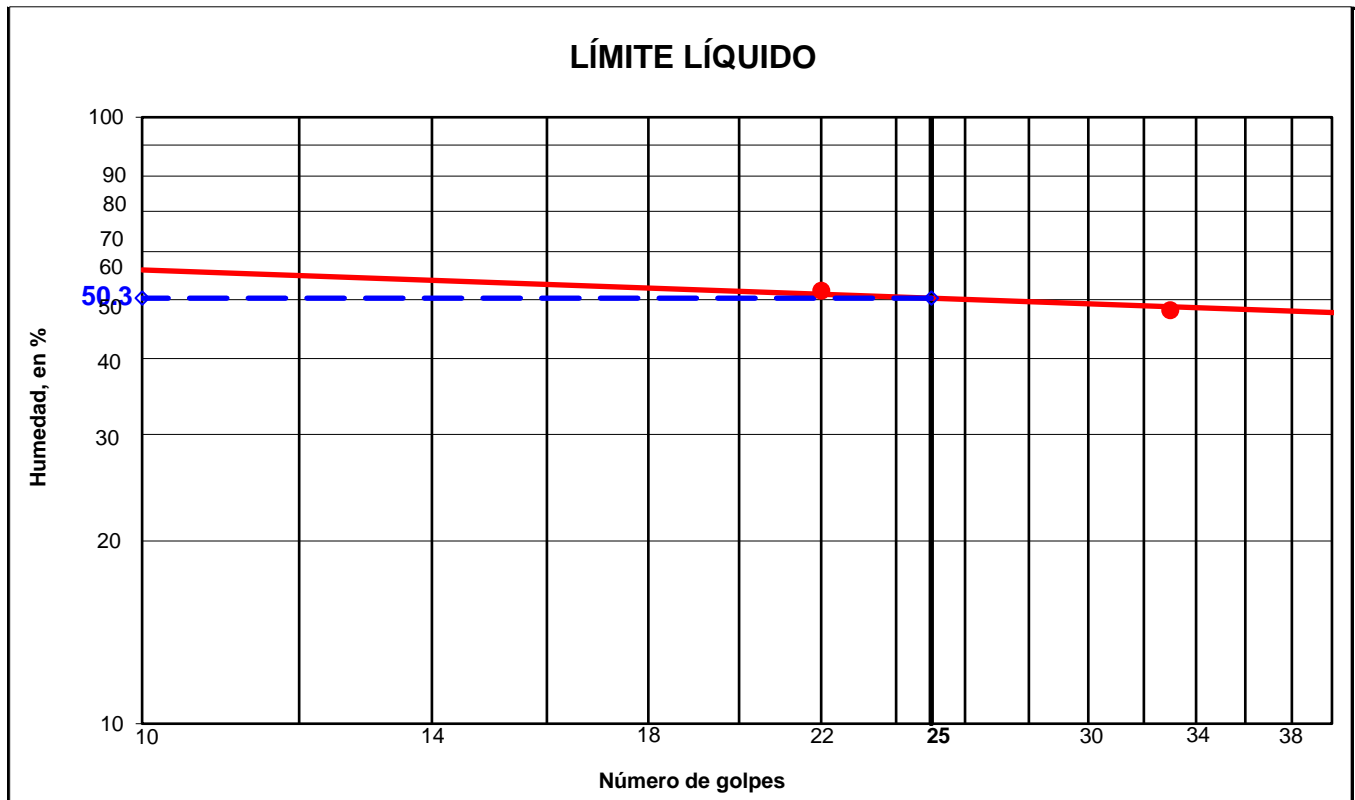
Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: CV-1 1.50-2.50 MA-2  
Fecha: 10 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

**LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93****Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94**

Número de golpes:	<b>22</b>	<b>33</b>
Humedad, en %:	51.8	48.0

**Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93**

Humedad, en %: 29.3

**RESULTADOS:**

<b>Límite líquido:</b>	<b>50.3</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>29.3</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>21.0</b>

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

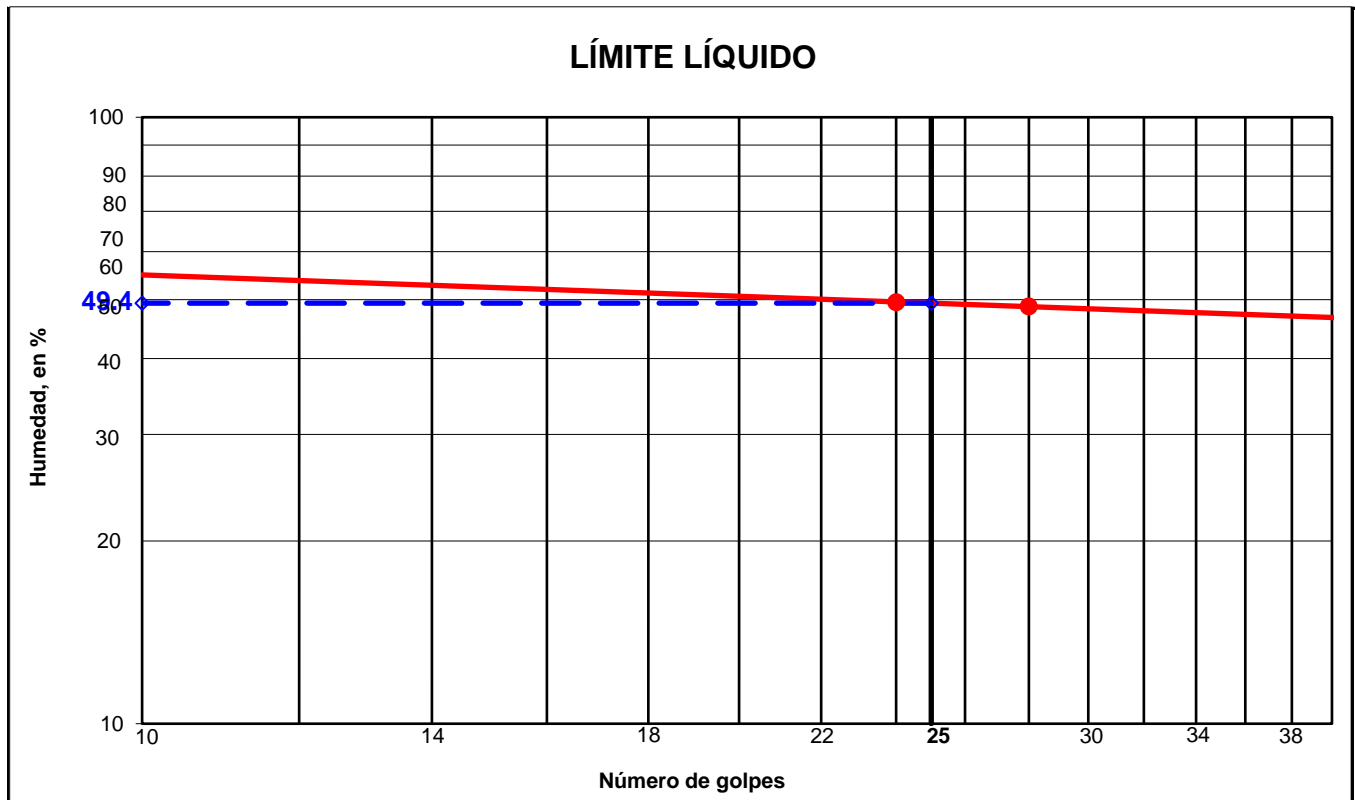
Muestra: **CV-2 0.90-1.00 MA-1**  
 Fecha: **10 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>28</b>	<b>24</b>
Humedad, en %:	48.8	49.5

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %: **25.7**

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>49.4</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>25.7</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>23.7</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

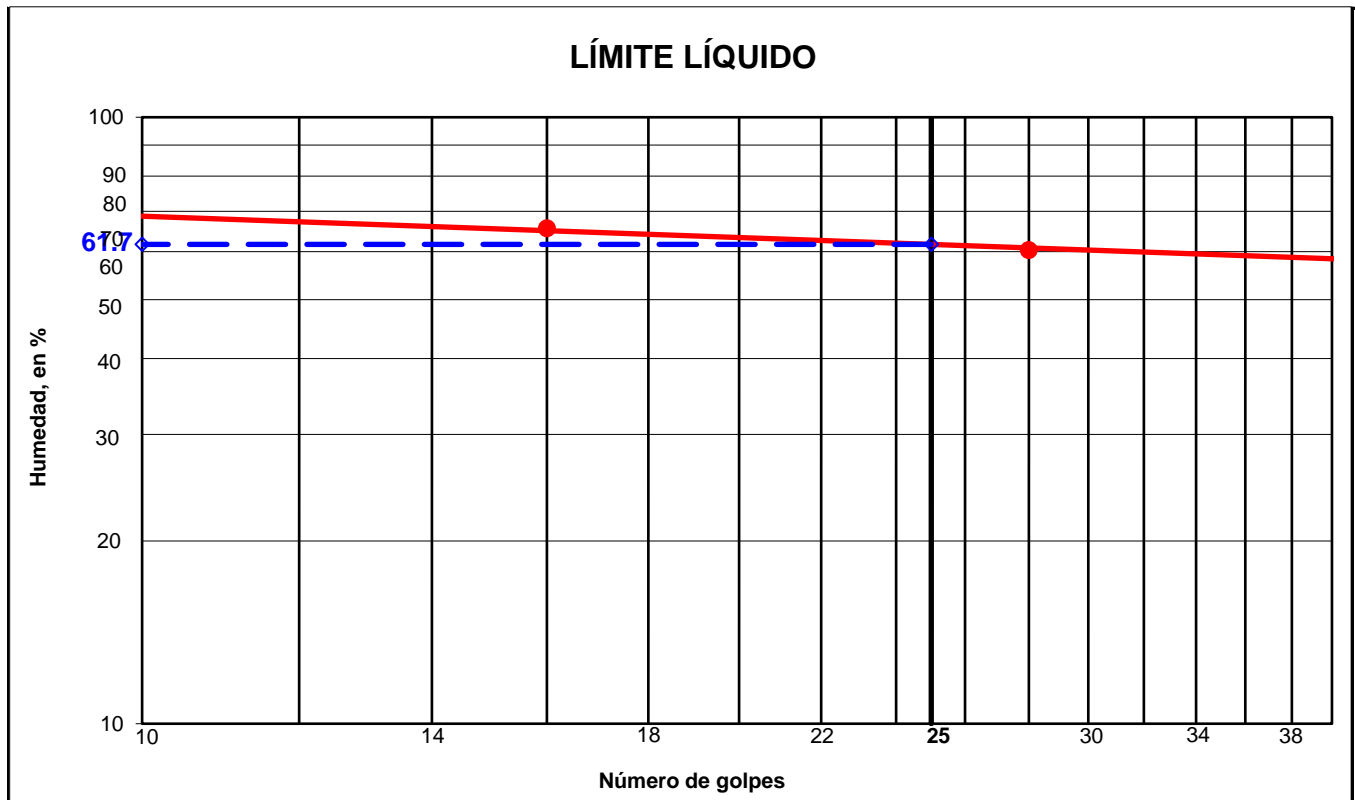
Muestra: **CV-2 1.00-1.90 MA-2**  
 Fecha: **10 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>16</b>	<b>28</b>
Humedad, en %:	65.6	60.4

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %: **37.9**

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>61.7</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>37.9</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>23.8</b>

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.



Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

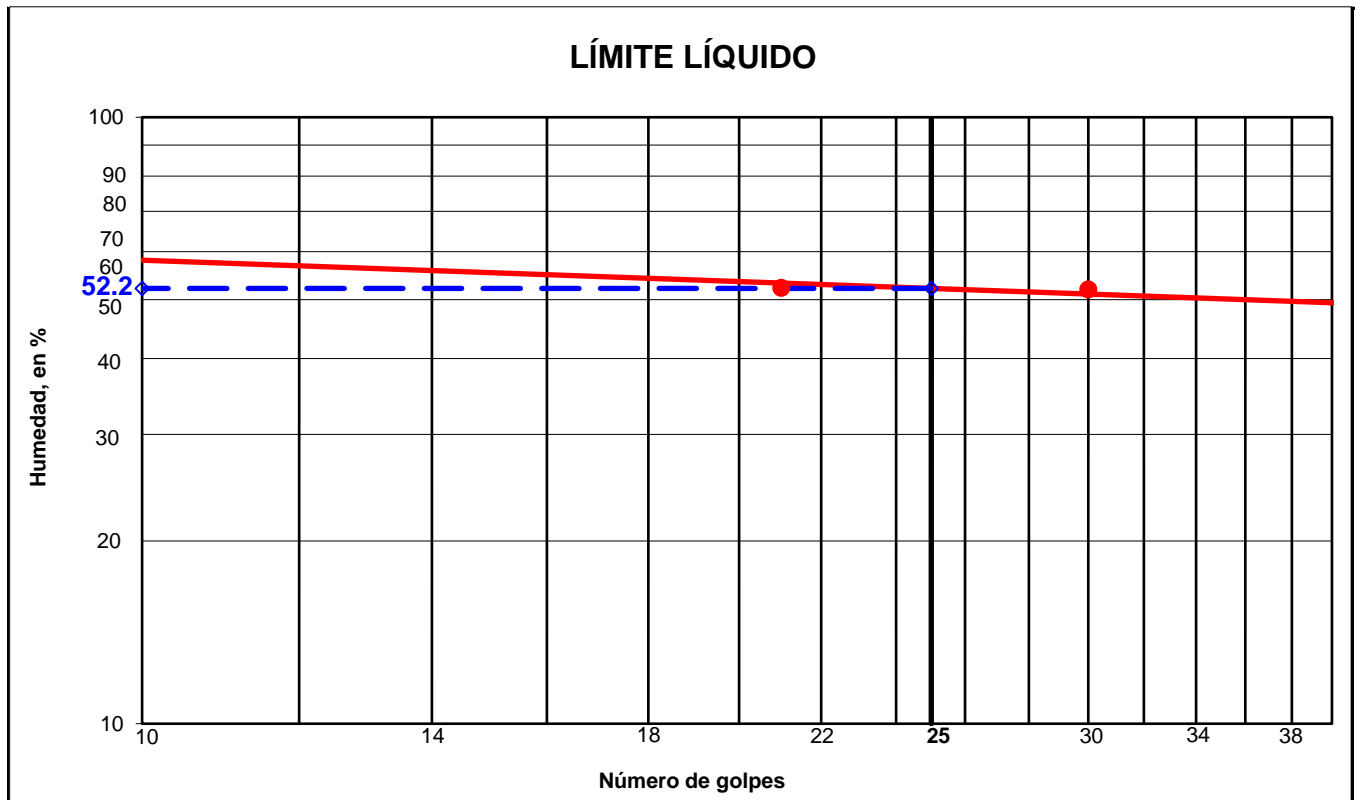
Muestra: **CV-3 0.70-1.80 MA-1**  
 Fecha: **10 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>21</b>	<b>30</b>
Humedad, en %:	52.4	52.0

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %: 30.4

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>52.2</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>30.4</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>21.8</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

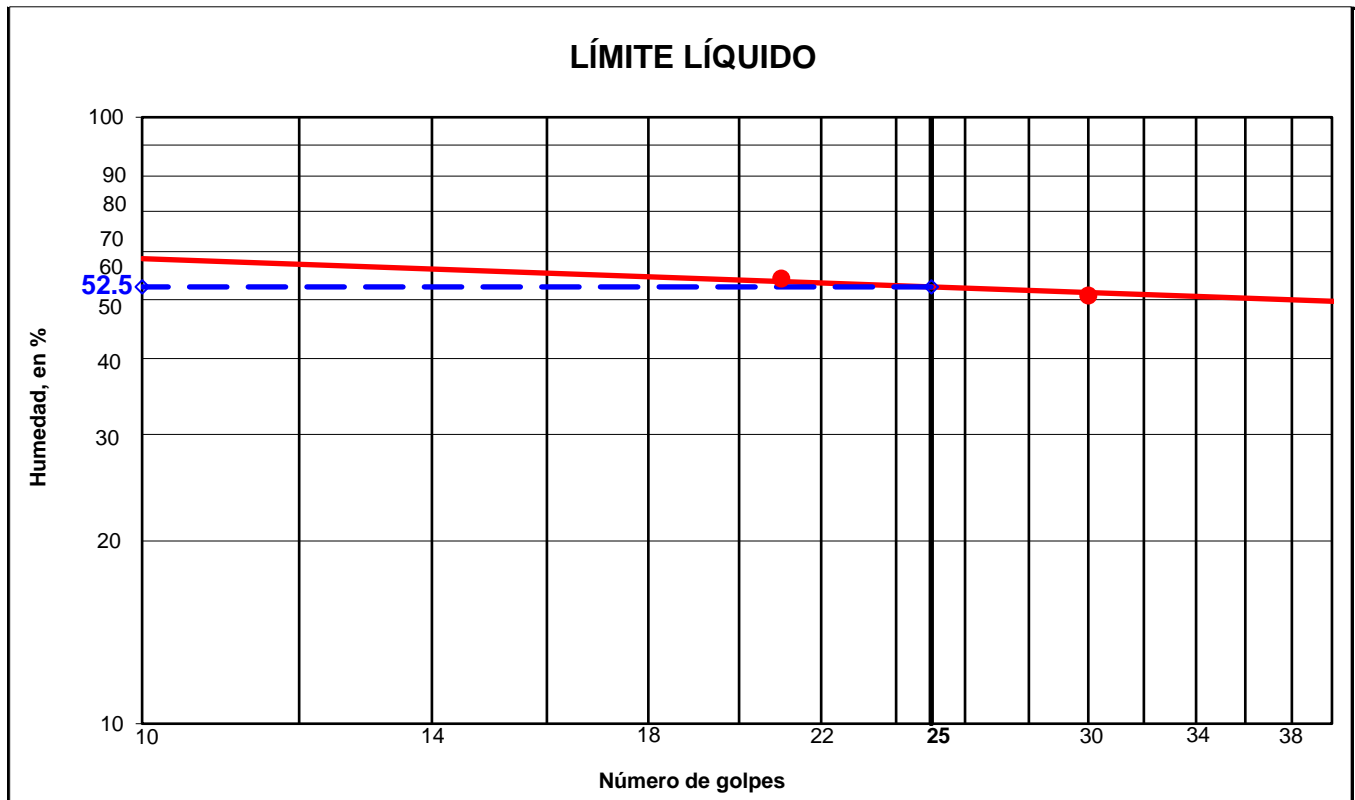
Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: CV-4 1.30-1.80 MA-1  
Fecha: 10 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

**LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93****Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94**

Número de golpes:	<b>21</b>	<b>30</b>
Humedad, en %:	54.2	50.8

**Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93**

Humedad, en %: 33.9

**RESULTADOS:**

<b>Límite líquido:</b>	<b>52.5</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>33.9</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>18.6</b>

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

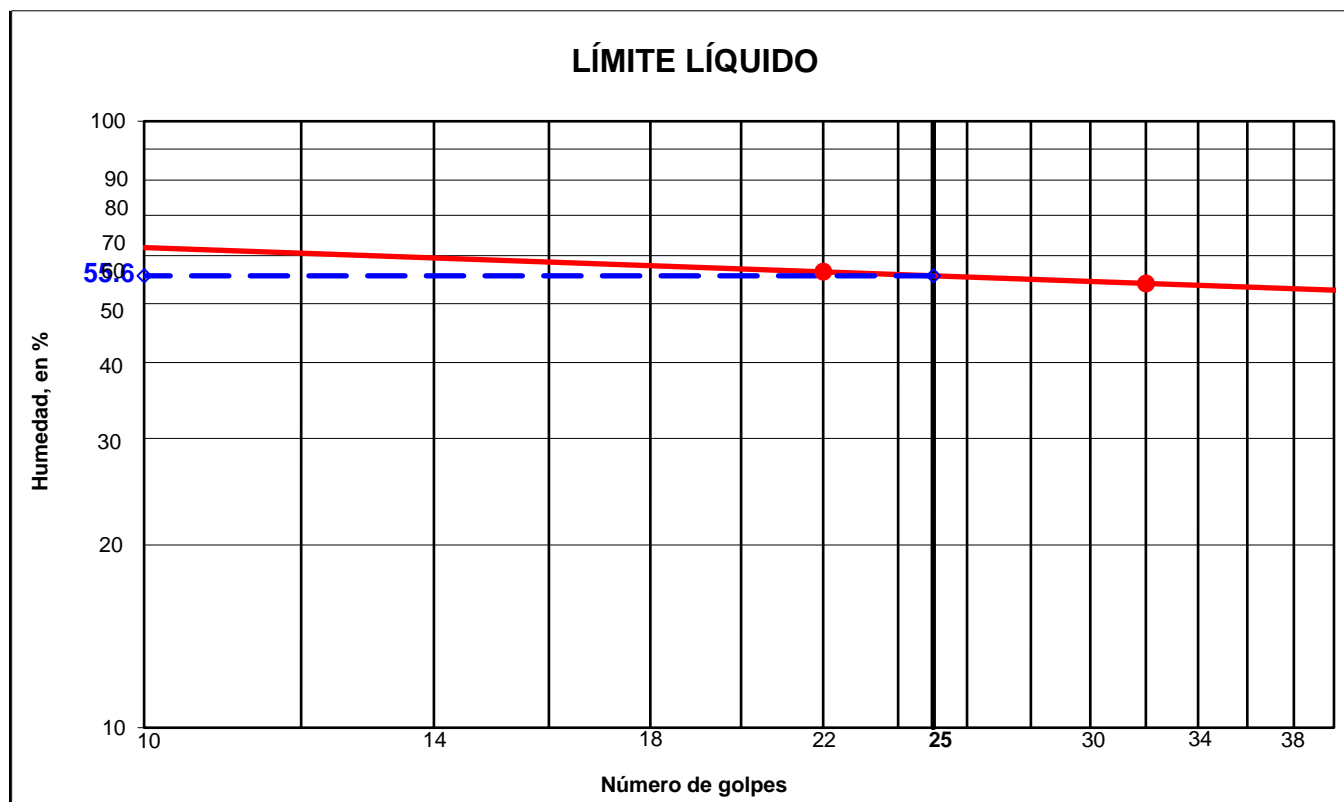
Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **CV-5 1.10-2.30 MA-1**Fecha: **10 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>22</b>	<b>32</b>
Humedad, en %:	56.5	54.0

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %:	40.2
----------------	------

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>55.6</b>
------------------------	-------------

<b>Límite plástico:</b>	<b>40.2</b>
-------------------------	-------------

<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>15.4</b>
-------------------------------	-------------

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo  
 y materiales, S. L.**  
 Página 28 de 54  
 Laboratorio acreditado en  
 geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2023505**

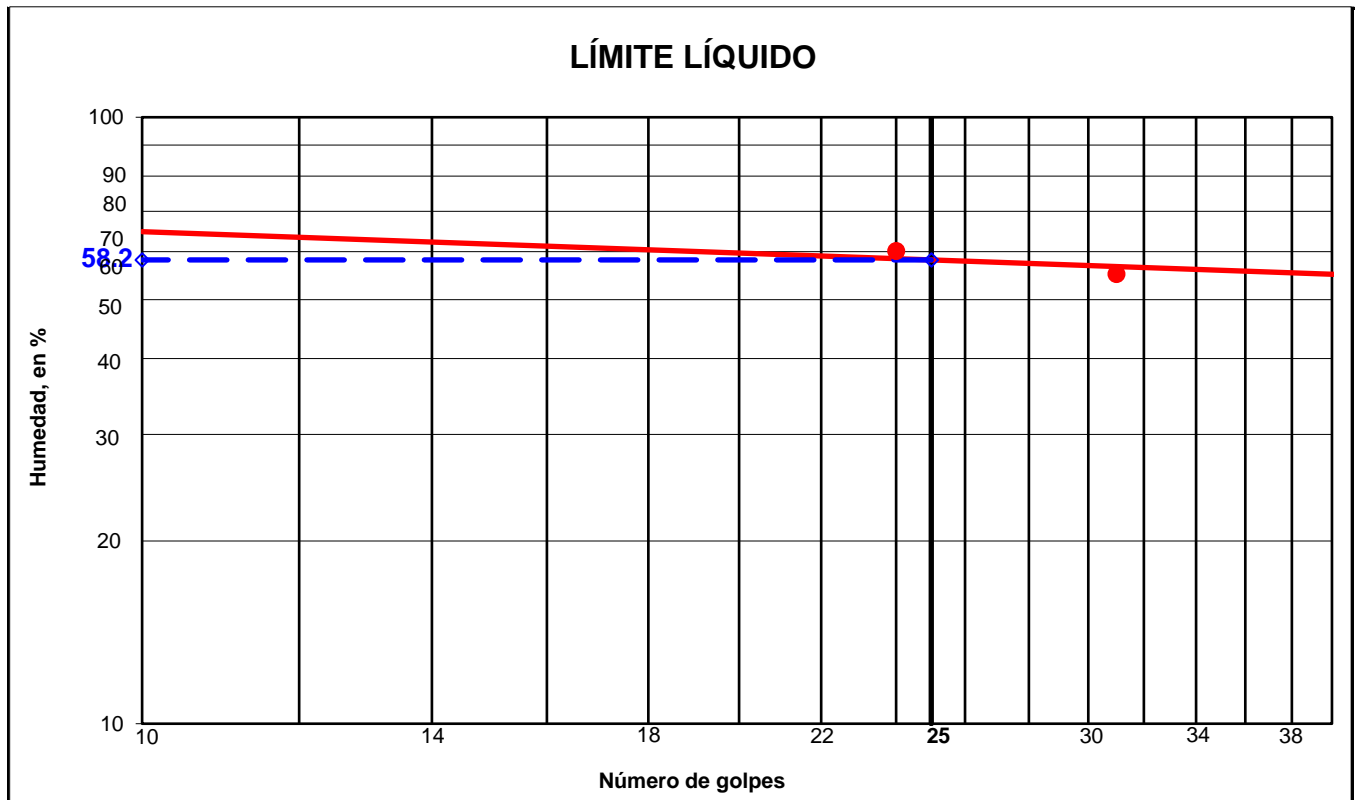
Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: CV-6 0.90-2.30 MA-1  
Fecha: 10 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

**LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93****Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94**

Número de golpes:	<b>24</b>	<b>31</b>
Humedad, en %:	60.2	55.1

**Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93**

Humedad, en %:	34.6
----------------	------

**RESULTADOS:**

<b>Límite líquido:</b>	<b>58.2</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>34.6</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>23.6</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

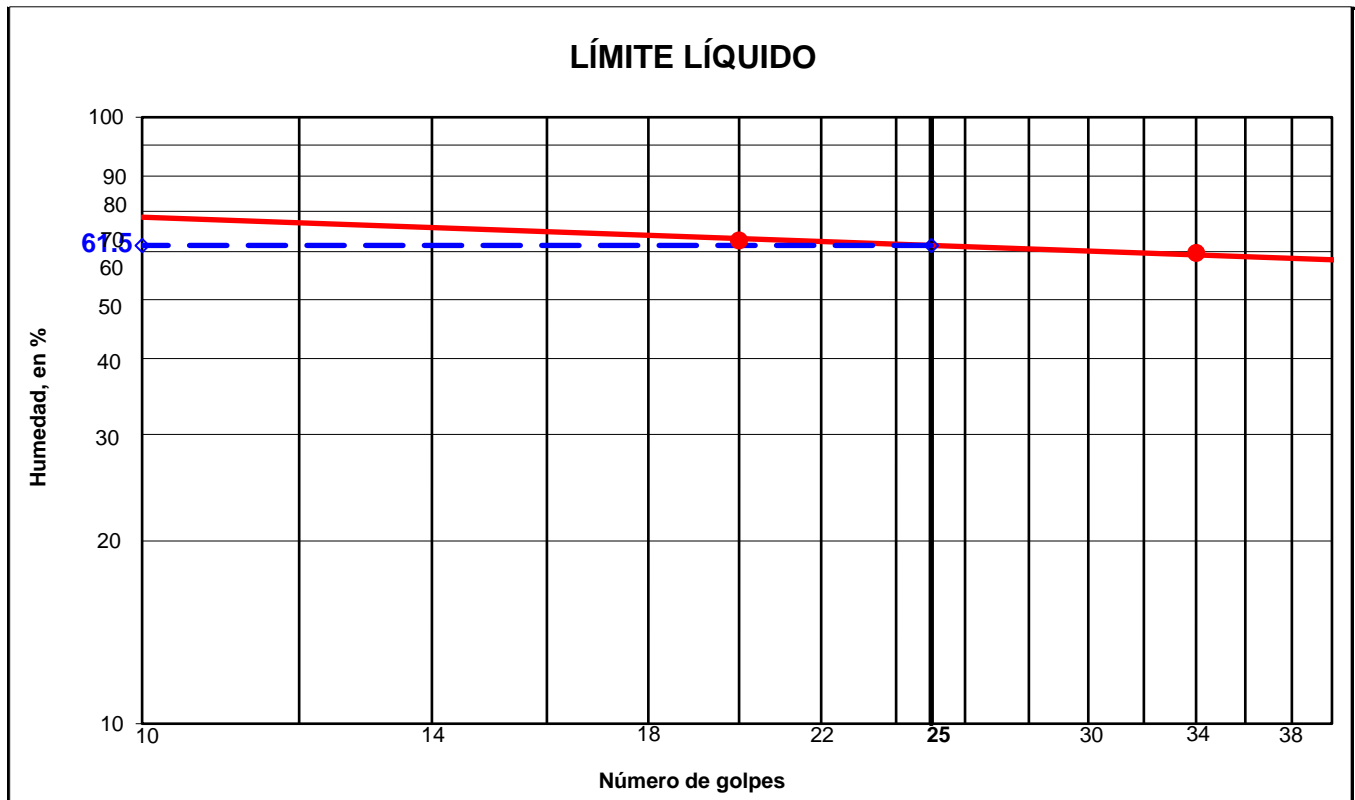
Muestra: **SV-1 1.60-2.05 SPT-1**  
 Fecha: **11 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>20</b>	<b>34</b>
Humedad, en %:	62.7	59.7

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %: **33.0**

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>61.5</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>33.0</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>28.5</b>

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

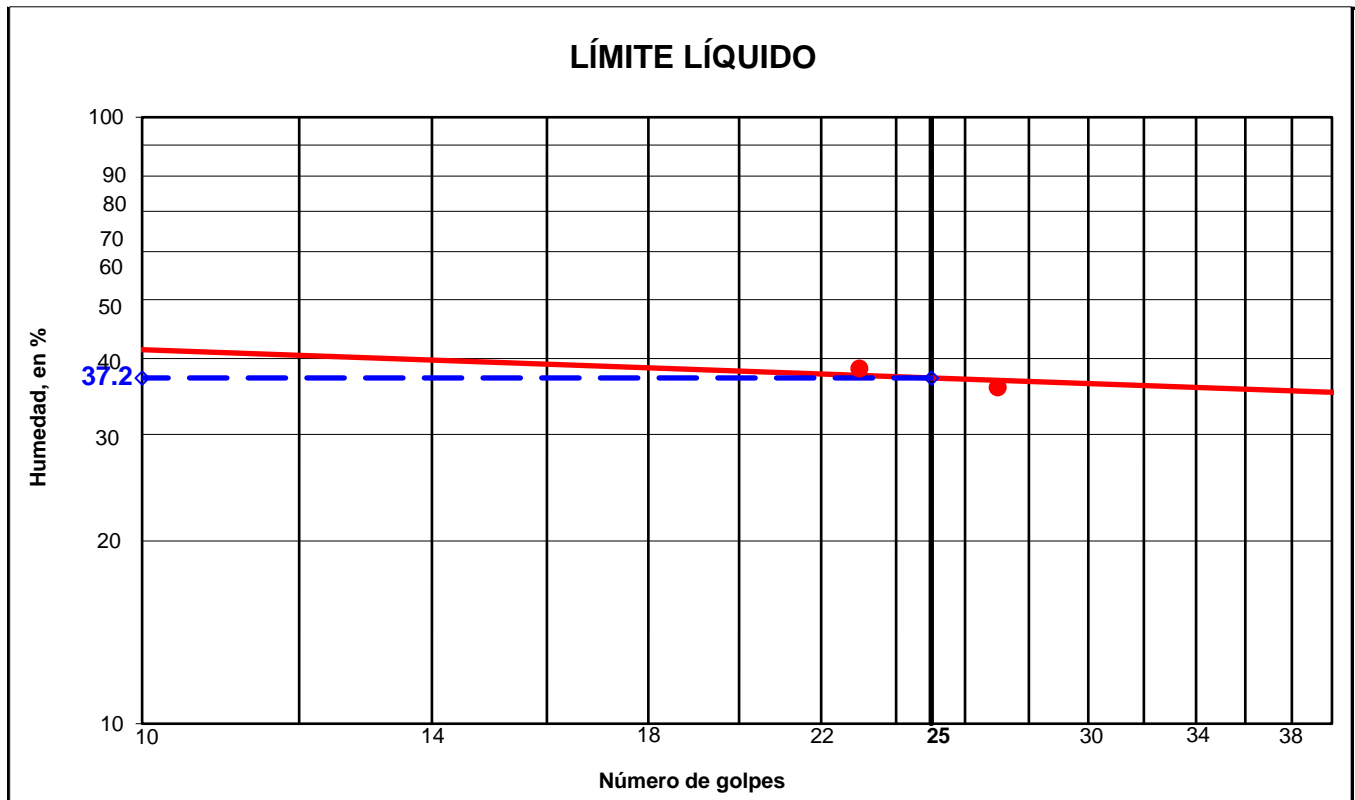
Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **SV-1 5.40-6.00 MI-1**Fecha: **10 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>23</b>	<b>27</b>
Humedad, en %:	38.5	35.9

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %:	23.8
----------------	------

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>37.2</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>23.8</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>13.4</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo  
y materiales, S. L.**  
Página 31 de 54  
Laboratorio acreditado en  
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

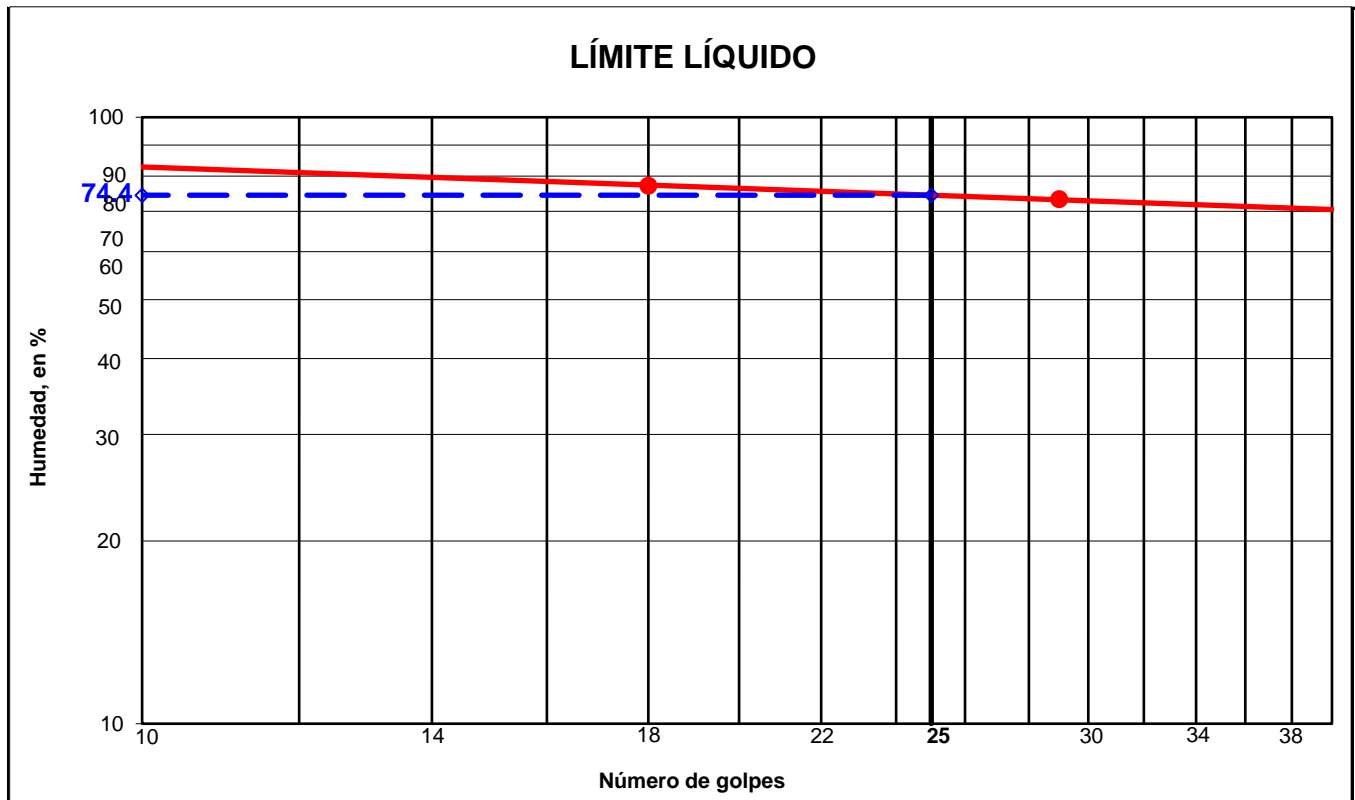
Muestra: **SV-2 1.80-2.10 MI**  
 Fecha: **10 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>18</b>	<b>29</b>
Humedad, en %:	77.1	73.3

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %: **49.8**

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>74.4</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>49.8</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>24.6</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.



Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

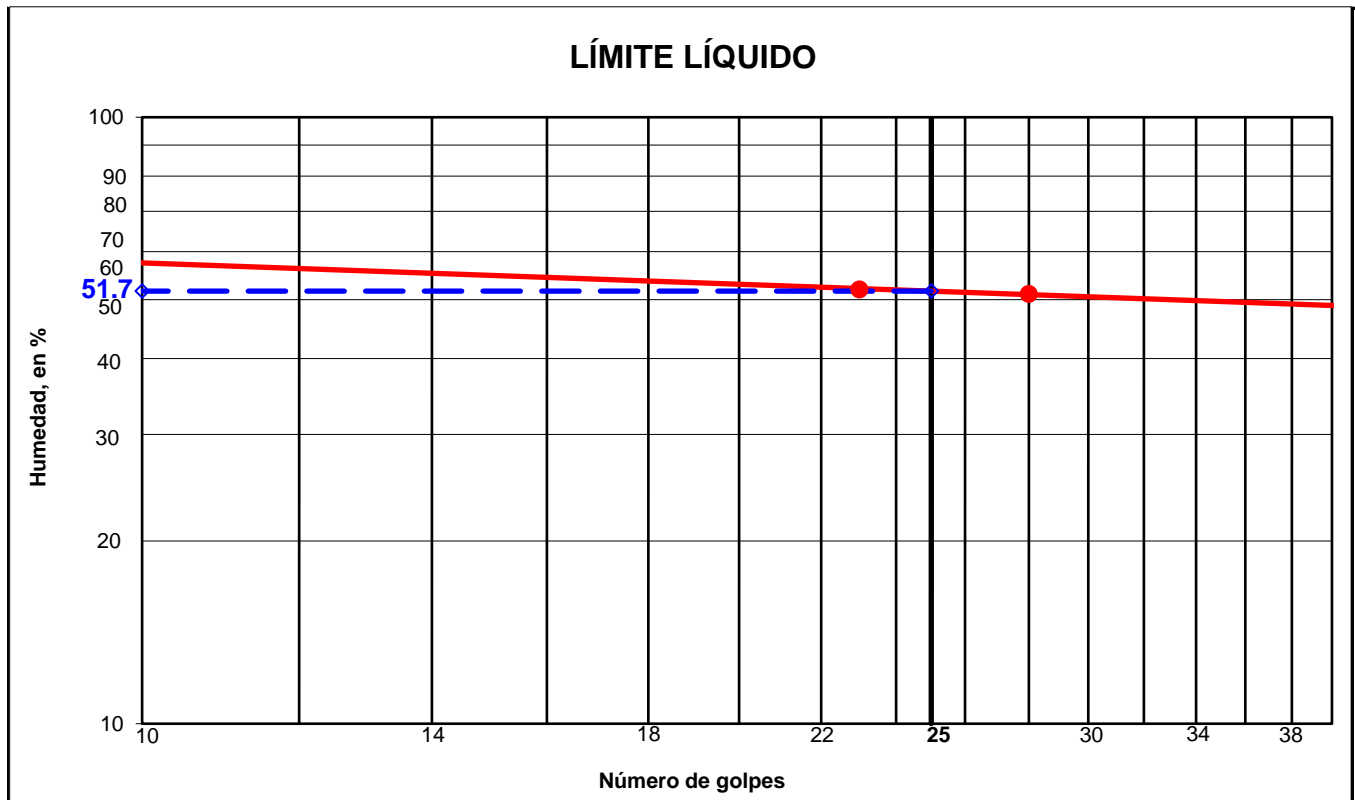
Muestra: **SV-2 4.50-4.95 SPT-2**  
 Fecha: **11 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>28</b>	<b>23</b>
Humedad, en %:	51.1	52.0

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %: **28.3**

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>51.7</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>28.3</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>23.4</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

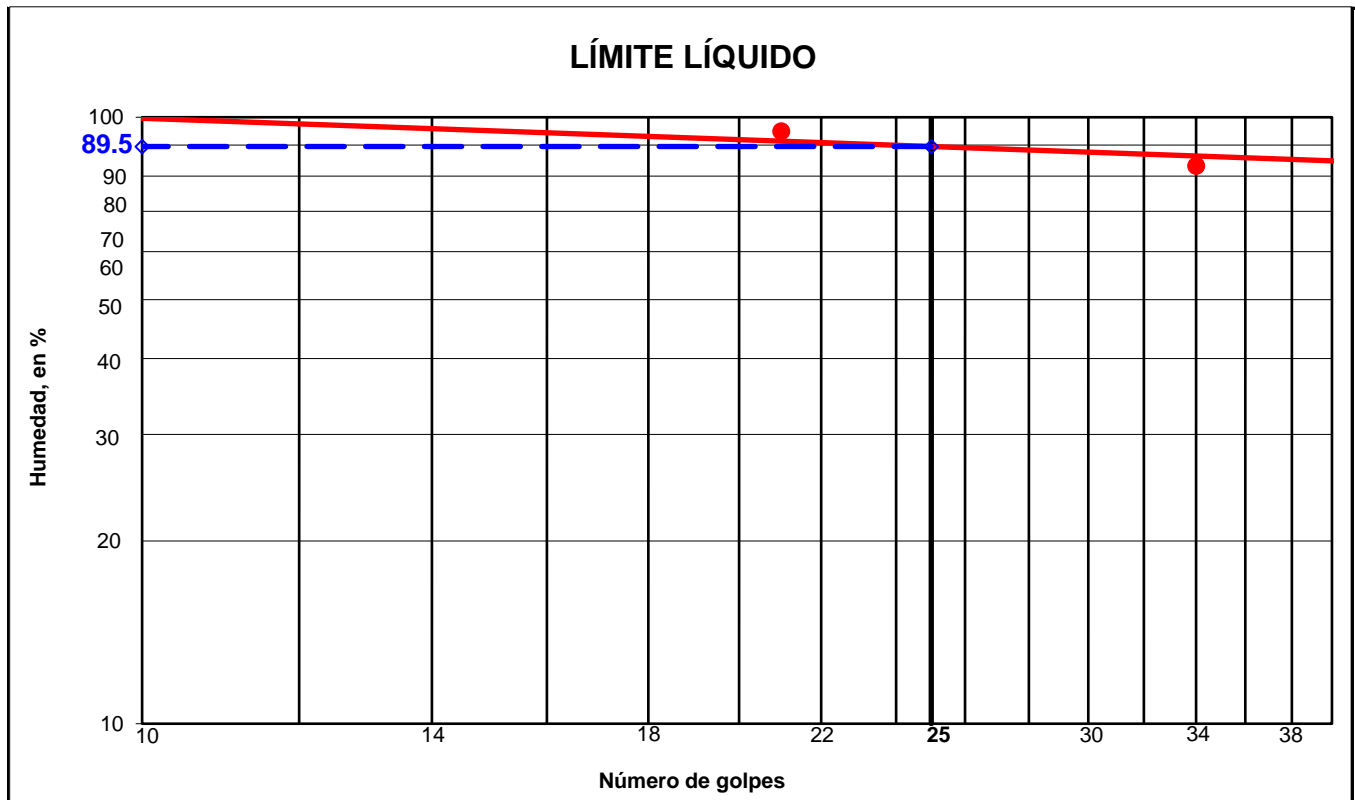
Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: SV-3 1.50-1.95 SPT-1  
Fecha: 11 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

**LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93****Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94**

Número de golpes:	<b>34</b>	<b>21</b>
Humedad, en %:	83.2	94.8

**Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93**

Humedad, en %: 45.1

**RESULTADOS:**

<b>Límite líquido:</b>	<b>89.5</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>45.1</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>44.4</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**

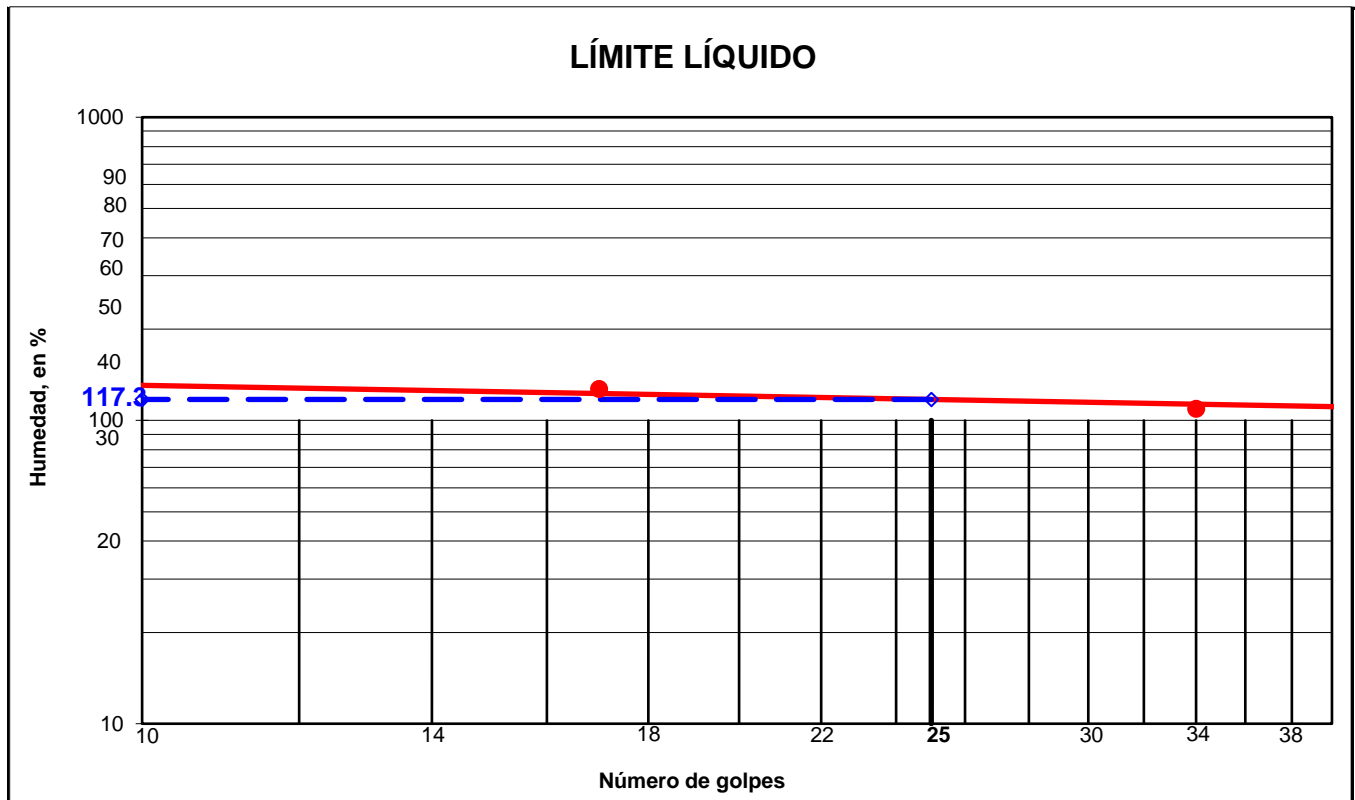
Muestra: **SV-3 4.15-4.60 SPT-2**  
 Fecha: **11 de agosto de 2023**



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>34</b>	<b>17</b>
Humedad, en %:	109.3	127.0

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %: **64.8**

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>117.3</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>64.8</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>52.5</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

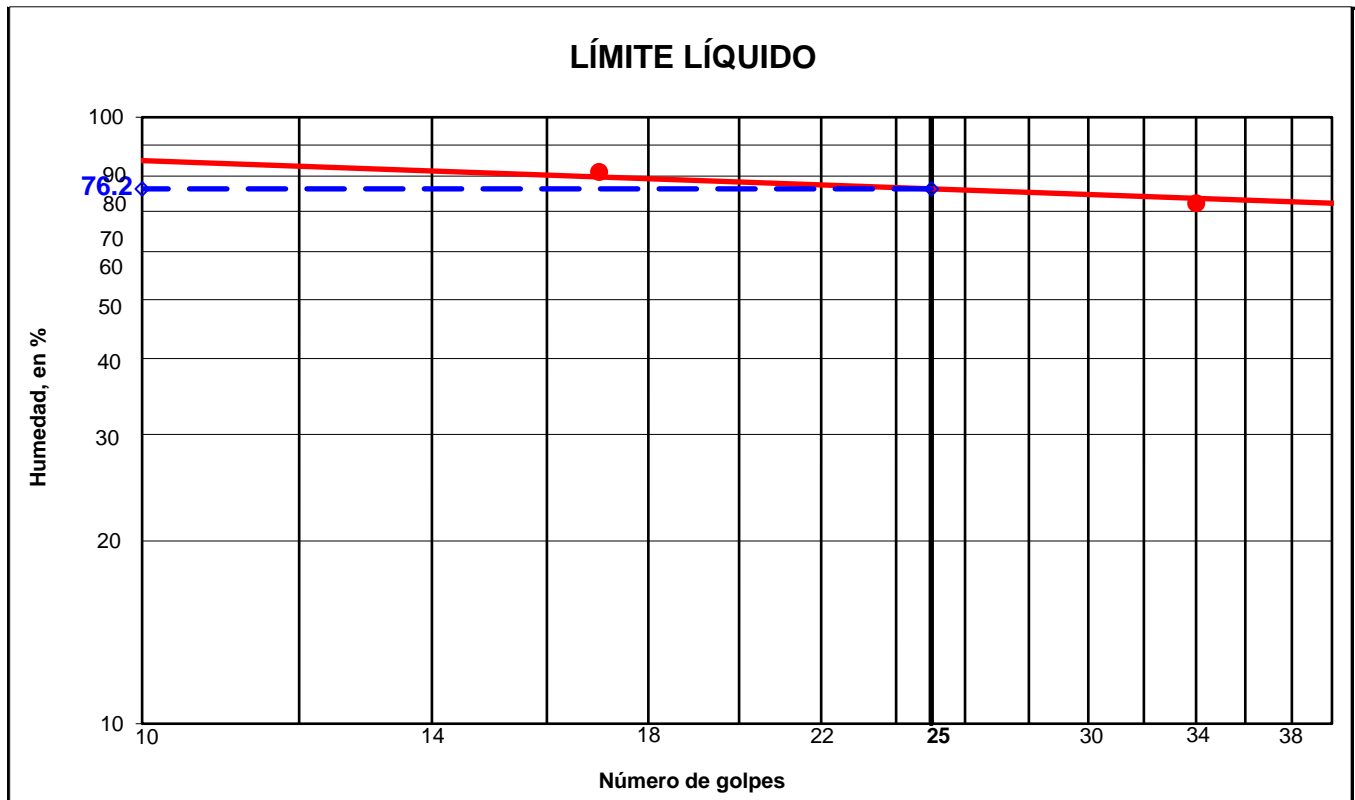
**Tecnología del suelo  
 y materiales, S. L.**  
 Página 35 de 54  
 Laboratorio acreditado en  
 geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **SV-3 6.93-7.20 TP**Fecha: **10 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



### Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	<b>17</b>	<b>34</b>
Humedad, en %:	81.3	72.1

### Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %:	44.8
----------------	------

#### RESULTADOS:

<b>Límite líquido:</b>	<b>76.2</b>
<b>Límite plástico:</b>	<b>44.8</b>
<b>Índice de plasticidad:</b>	<b>31.4</b>

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo  
 y materiales, S. L.**  
 Página 36 de 54  
 Laboratorio acreditado en  
 geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: SV-1 5.40-6.00 MI  
 Fecha: 3 de agosto de 2023



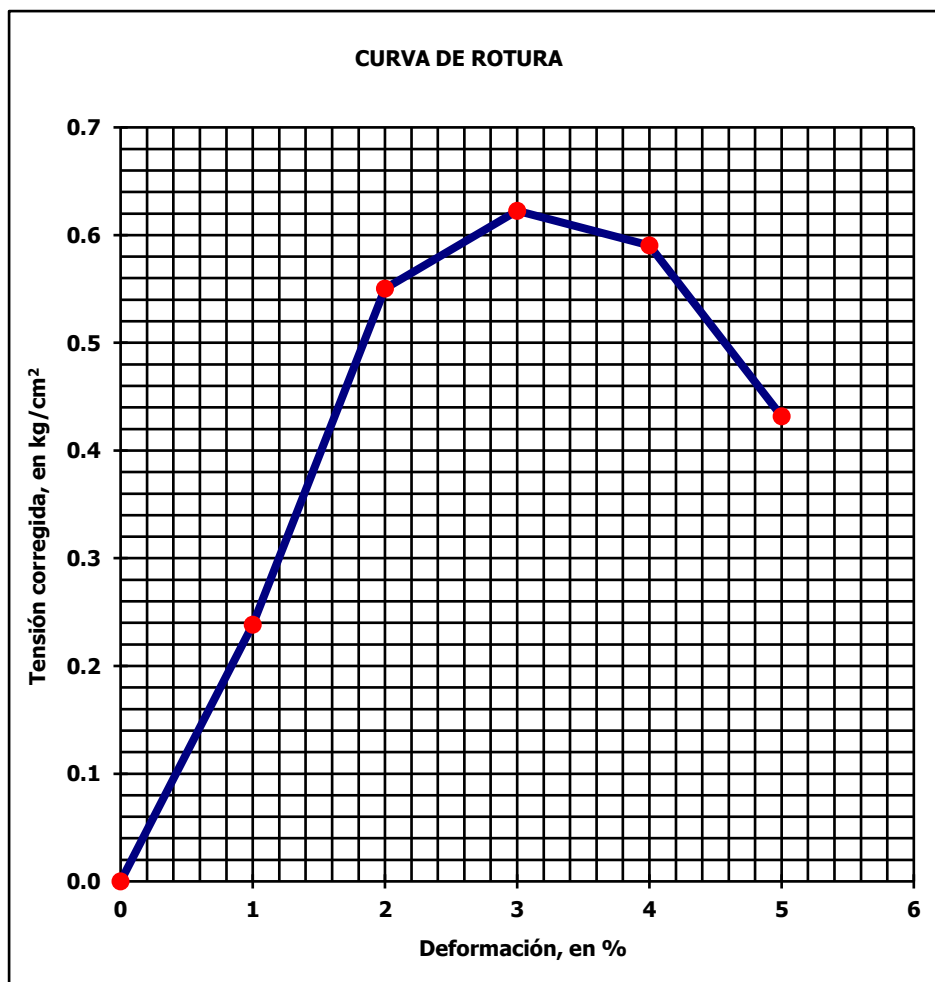
C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ENSAYO DE ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE: UNE 103-400-93

Tipo de probeta	Diámetro, en cm	Altura, en cm	Humedad, en %	Densidad seca, en g/cm <sup>3</sup>	Resistencia, en kg/cm <sup>2</sup>
<b>Inalterada</b>	<b>6.9</b>	<b>13.8</b>	<b>5.8</b>	1.823	0.6
			Factor esbeltez	<b>Deformación, en %</b>	<b>Resistencia, en kPa</b>
			1.000	<b>3.0</b>	<b>61</b>

Deformación en %	Tensión corregida en kg/cm <sup>2</sup>
0	0.0
1	0.2
2	0.6
3	0.6
4	0.6
5	0.4



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Forma de rotura: Inalterada



Remoldeada



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: SV-3 6.93-7.20 TP  
 Fecha: 3 de agosto de 2023



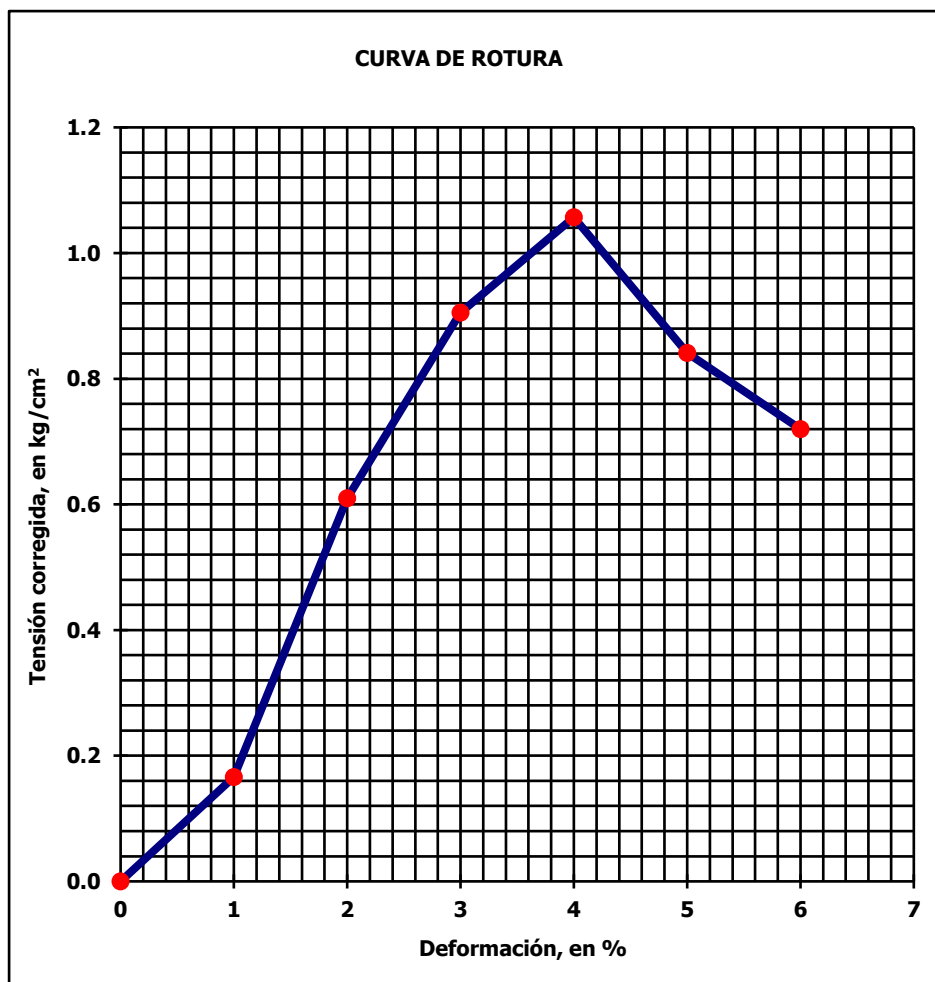
C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ENSAYO DE ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE: UNE 103-400-93

Tipo de probeta	Diámetro, en cm	Altura, en cm	Humedad, en %	Densidad seca, en g/cm <sup>3</sup>	Resistencia, en kg/cm <sup>2</sup>
<b>Inalterada</b>	<b>7.3</b>	<b>14.8</b>	<b>29.9</b>	1.423	1.1
			Factor esbeltez	<b>Deformación, en %</b>	<b>Resistencia, en kPa</b>
			0.998	<b>4.0</b>	<b>104</b>

Deformación en %	Tensión corregida en kg/cm <sup>2</sup>
0	0.0
1	0.2
2	0.6
3	0.9
4	1.1
5	0.8
6	0.7



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Forma de rotura: Inalterada



Remoldeada



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **SV-2 1.80-2.10 MI**Fecha: **16 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

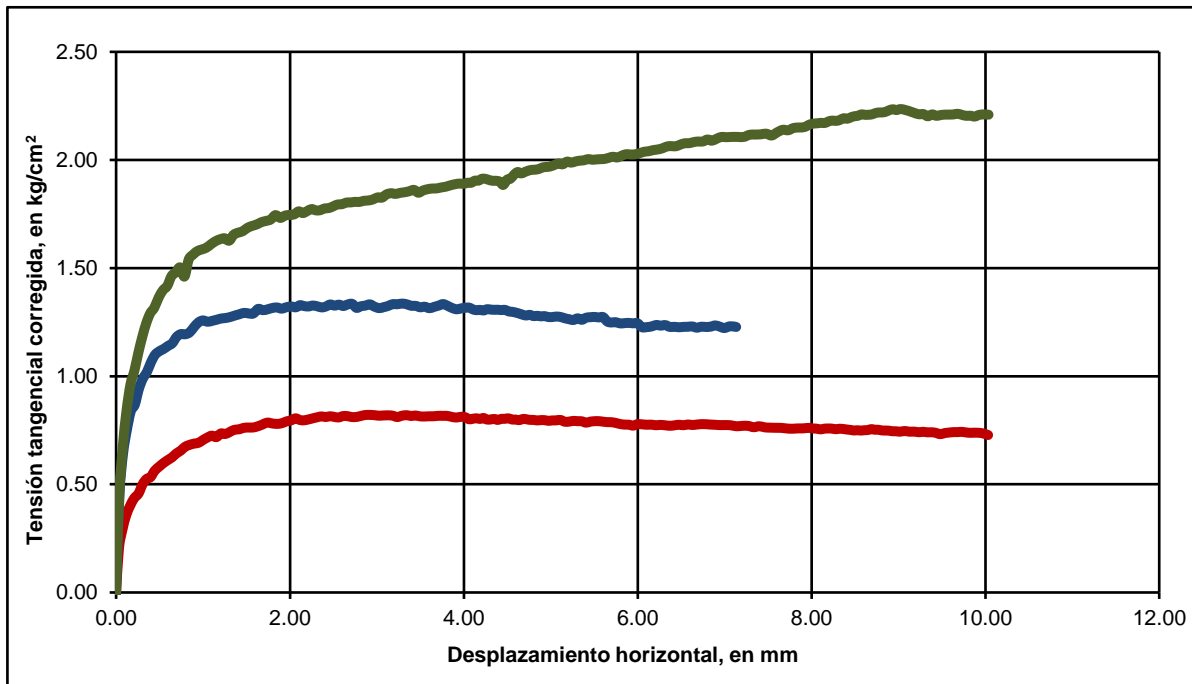
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

Tipo de muestra: Inalterada

Velocidad de rotura, en mm/min: 0.050

Tipo de ensayo: Ensayo consolidado y drenado (CD)

Número de probeta	I	II	III
Cargas verticales, en kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>3.00</b>
Humedad inicial, en %	27.1	27.3	27.1
Humedad final, en %	38.8	37.0	35.8
Densidad húmeda, en g/cm <sup>3</sup>	1.987	1.966	1.952
Densidad seca, en g/cm <sup>3</sup>	1.432	1.436	1.438
Sección, en cm <sup>2</sup>	19.64	19.64	19.64
Volumen, en cm <sup>3</sup>	37.31	37.31	37.31
<b>Deformación horizontal en la rotura, en mm</b>	<b>2.92</b>	<b>3.29</b>	<b>9.03</b>
Tensiones normales corregidas, en kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.08</b>	<b>2.18</b>	<b>3.89</b>
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm <sup>2</sup>	<b>0.82</b>	<b>1.34</b>	<b>2.24</b>
<b>Tensiones normales corregidas, en kPa</b>	<b>106</b>	<b>214</b>	<b>381</b>
<b>Tensiones tangenciales corregidas, en kPa</b>	<b>81</b>	<b>131</b>	<b>219</b>
<b>Ángulo de rozamiento interno, en °</b>	<b>26.82</b>		
<b>Cohesión, en kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>0.26</b>		



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GCD-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo  
 y materiales, S. L.**

Página 39 de 54  
 Laboratorio acreditado en  
 geotecnia (nº 03267GTL08)



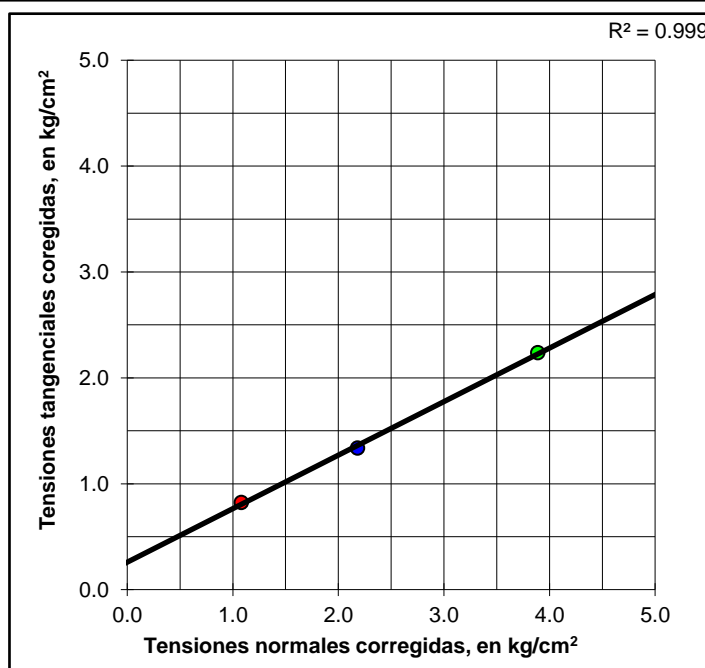
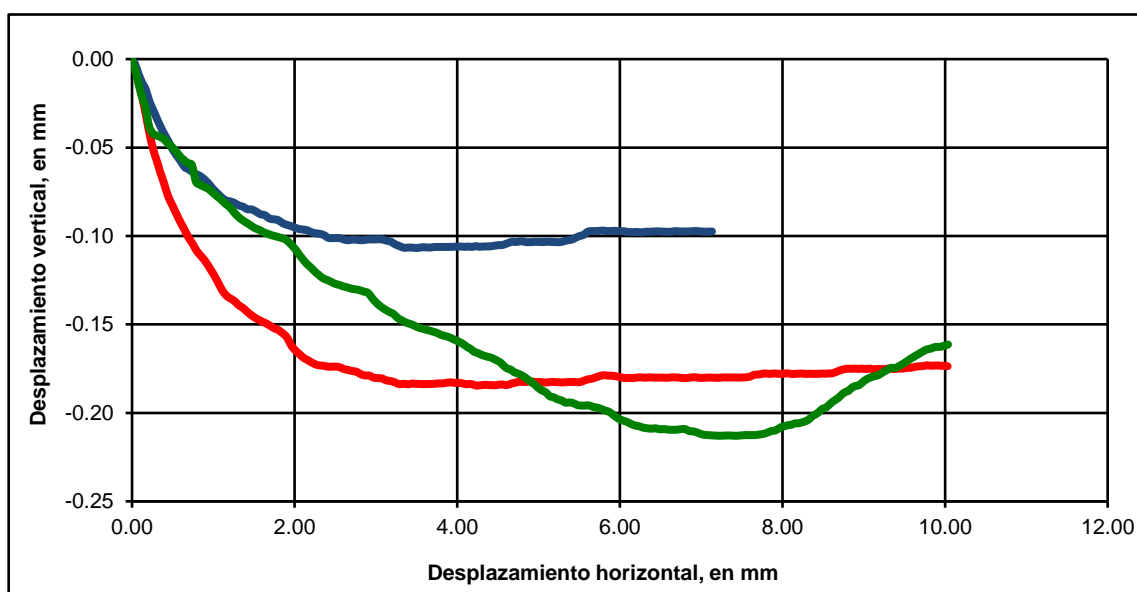
Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **SV-2 1.80-2.10 MI**Fecha: **16 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

### REPRESENTACIONES GRÁFICAS



\*El cálculo de la cohesión y ángulo de rozamiento se hace por mínimos cuadrados.

El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GCD-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo  
 y materiales, S. L.**

Página 40 de 54

Laboratorio acreditado en  
 geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **SV-1 5.40-6.00 MI-1**Fecha: **14 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

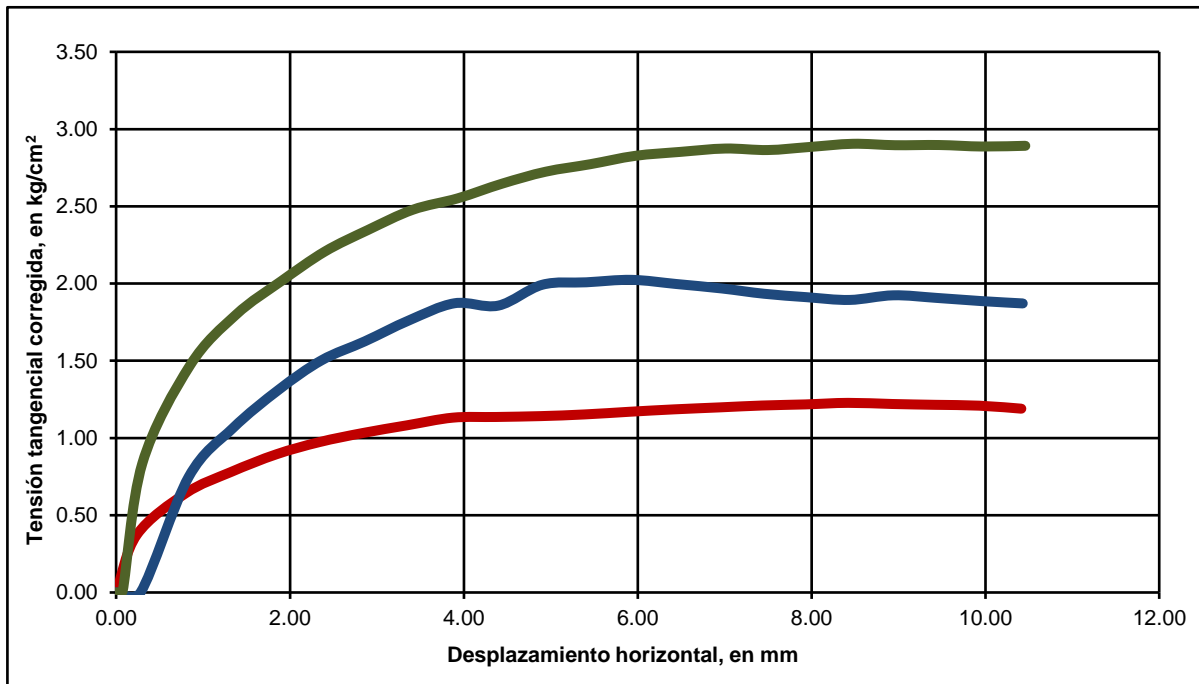
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

Tipo de muestra: Inalterada

Velocidad de rotura, en mm/min: 1.500

Tipo de ensayo: Ensayo sin consolidar y sin drenar (UU)

Número de probeta	I	II	III
Cargas verticales, en kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>3.00</b>
Humedad inicial, en %	7.8	7.9	7.8
Humedad final, en %	7.5	7.8	7.7
Densidad húmeda, en g/cm <sup>3</sup>	1.456	1.518	1.549
Densidad seca, en g/cm <sup>3</sup>	1.354	1.408	1.438
Sección, en cm <sup>2</sup>	19.64	19.64	19.64
Volumen, en cm <sup>3</sup>	37.31	37.31	37.31
<b>Deformación horizontal en la rotura, en mm</b>	<b>8.42</b>	<b>5.93</b>	<b>8.48</b>
Tensiones normales corregidas, en kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.27</b>	<b>2.35</b>	<b>3.82</b>
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.23</b>	<b>2.02</b>	<b>2.90</b>
<b>Tensiones normales corregidas, en kPa</b>	<b>125</b>	<b>231</b>	<b>375</b>
<b>Tensiones tangenciales corregidas, en kPa</b>	<b>120</b>	<b>198</b>	<b>285</b>
<b>Ángulo de rozamiento interno, en °</b>	<b>33.21</b>		
<b>Cohesión, en kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>0.43</b>		



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GCD-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo  
y materiales, S. L.**

Página 41 de 54

Laboratorio acreditado en  
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: SV-1 5.40-6.00 MI-1  
Fecha: 14 de agosto de 2023

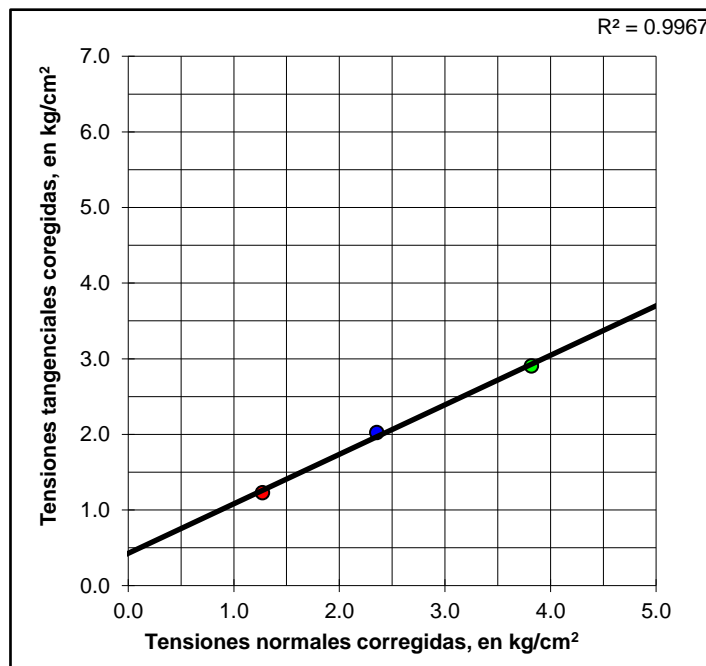
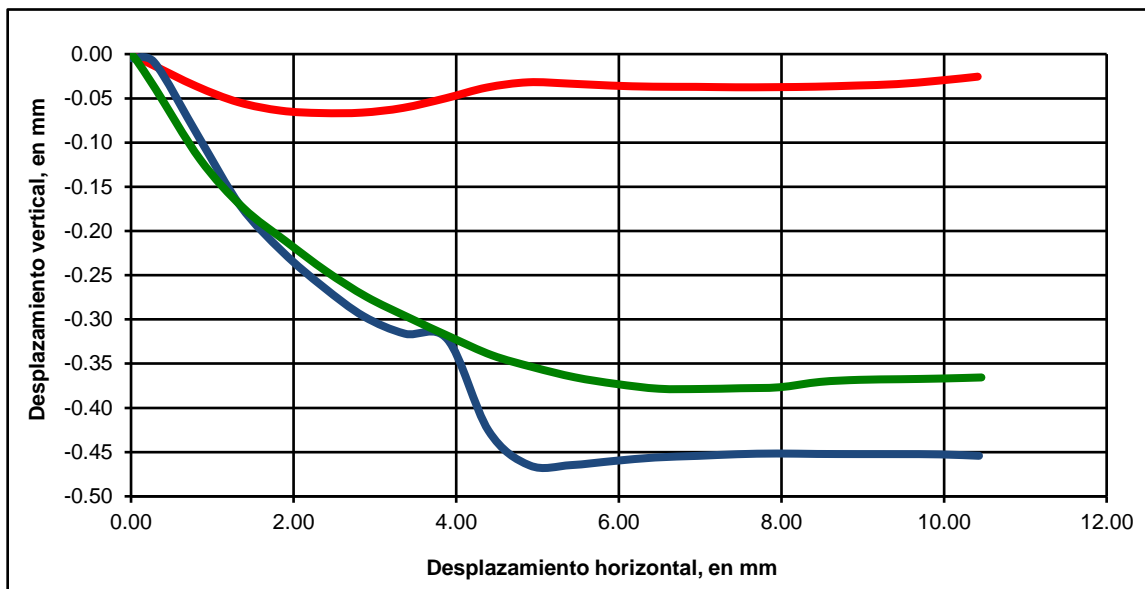


C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

### REPRESENTACIONES GRÁFICAS



\*El cálculo de la cohesión y ángulo de rozamiento se hace por mínimos cuadrados.

El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

**Observaciones:** -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GCD-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo  
y materiales, S. L.**  
Página 42 de 54  
Laboratorio acreditado en  
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **CV-1 0.50-1.30 MA-1 + CV-2 0.90-1.00 MA-1**Fecha: **14 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ENSAYO DE COLAPSO NLT-254:99

### DATOS DEL ENSAYO

Humedad inicial, en %	14.6	Presión ejercida, en kg/cm <sup>2</sup>	2.0
Humedad final, en %	24.9	Altura inicial de la probeta, en mm	20.0
Densidad seca, en g/cm <sup>3</sup>	1.640	Diámetro de la probeta, en mm	50.5

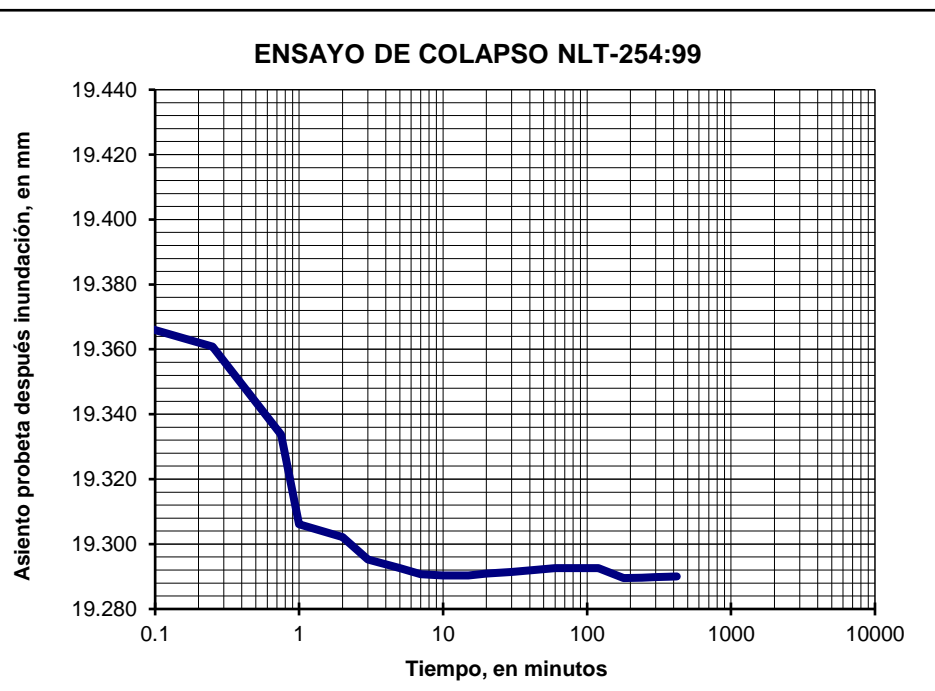
### RESULTADOS DEL ENSAYO

Altura de la probeta consolidada antes de la inundación, en mm	19.595
Altura de la probeta consolidada después de la inundación a las 24 horas, en mm	19.290

**Índice de colapso I, en %** **1.55**

Tiempo en min	Asiento en mm
------------------	------------------

0	19.429
0.25	19.361
0.75	19.334
1	19.306
2	19.302
3	19.295
5	19.293
7	19.291
10	19.290
15	19.290
20	19.291
30	19.291
45	19.292
60	19.293
120	19.293
180	19.290
240	19.290
300	19.290
360	19.290
420	19.290
1440	19.290



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

**Observaciones:** Probeta remoldeada a la humedad y al 95 % densidad seca del próctor modificado.

No se alcanza la densidad máxima en el remoldeo de la probeta.

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.

El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **CV-2 1.00-1.90 MA-2 + CV-3 0.70-1.80 MA-1**Fecha: **14 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ENSAYO DE COLAPSO NLT-254:99

### DATOS DEL ENSAYO

Humedad inicial, en %	13.5	Presión ejercida, en kg/cm <sup>2</sup>	2.0
Humedad final, en %	25.1	Altura inicial de la probeta, en mm	20.0
Densidad seca, en g/cm <sup>3</sup>	1.622	Diámetro de la probeta, en mm	50.5

### RESULTADOS DEL ENSAYO

Altura de la probeta consolidada antes de la inundación, en mm	19.664
Altura de la probeta consolidada después de la inundación a las 24 horas, en mm	19.315

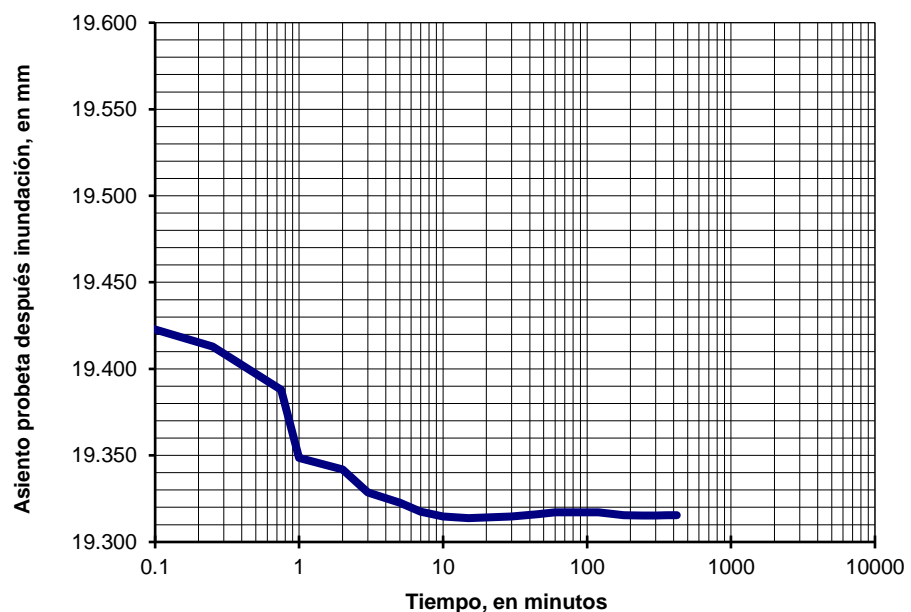
**Índice de colapso I, en %** **1.77**

**Tiempo  
en min**

**Asiento  
en mm**

0	19.545
0.25	19.413
0.75	19.388
1	19.348
2	19.342
3	19.329
5	19.323
7	19.318
10	19.315
15	19.314
20	19.314
30	19.315
45	19.316
60	19.317
120	19.317
180	19.315
240	19.315
300	19.315
360	19.315
420	19.315
1440	19.315

### ENSAYO DE COLAPSO NLT-254:99



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

**Observaciones:** Probeta remoldeada a la humedad y al 95 % densidad seca del próctor modificado.

No se alcanza la densidad máxima en el remoldeo de la probeta.

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.

El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
 Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: CV-1 0.50-1.30 MA-1 + CV-2 0.90-1.00 MA-1  
 Fecha: 3 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
 Polígono Európolis  
 28232-Las Rozas (Madrid)  
 Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR MODIFICADO UNE 103501:94

### CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

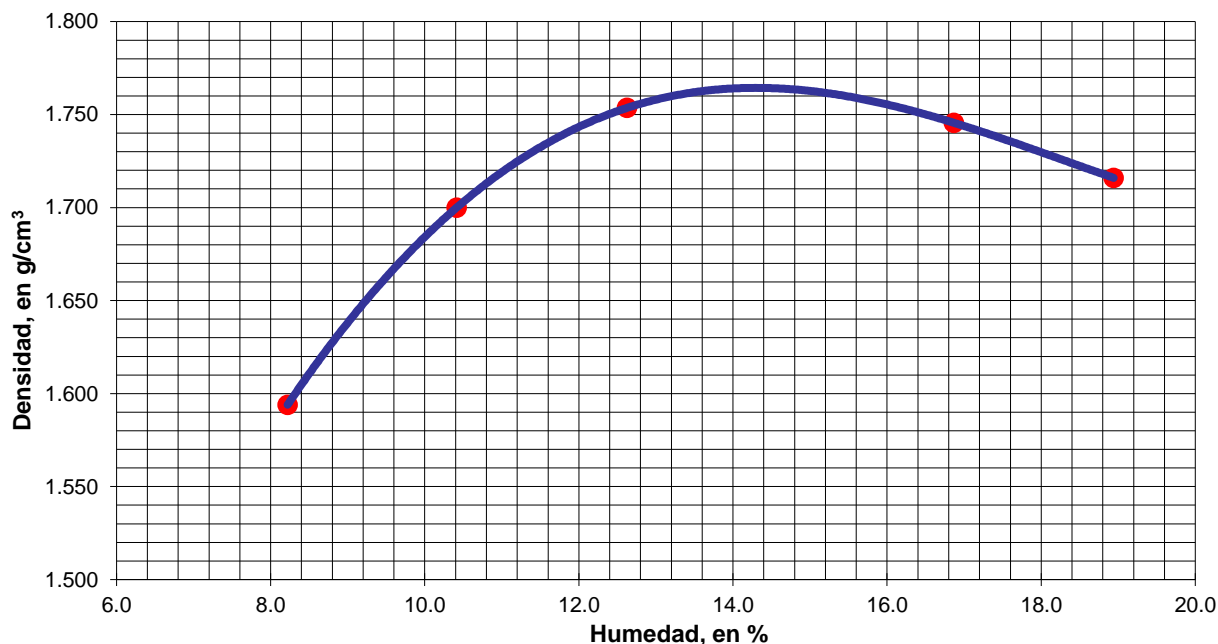
Volumen del molde, en cm <sup>3</sup> :	2 320	Número de capas:	5
Peso de la maza, en kg:	4 535	Número de golpes por capa:	60
Altura de caída, en cm:	457	% material retenido por 20 mm*:	-

### DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	8.2	10.4	12.6	16.9	18.9
Densidad, en g/cm <sup>3</sup>	1.594	1.700	1.754	1.746	1.716

### RESULTADOS DEL ENSAYO:

<b>Densidad Máxima, en g/cm<sup>3</sup>:</b>	<b>1.765</b>	<b>Humedad Óptima, en %:</b>	<b>14.3</b>
<b>Densidad corregida, en g/cm<sup>3</sup>:</b>	-	<b>Humedad corregida, en %:</b>	-



**Observación** \*El ensayo se realiza sin sustitución de material.

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**

Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**  
Obra: SUPI 5 (San Fernando de Henares)

Muestra: CV-2 1.00-1.90 MA-2 + CV-3 0.70-1.80 MA-1  
Fecha: 3 de agosto de 2023



C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR MODIFICADO UNE 103501:94

### CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

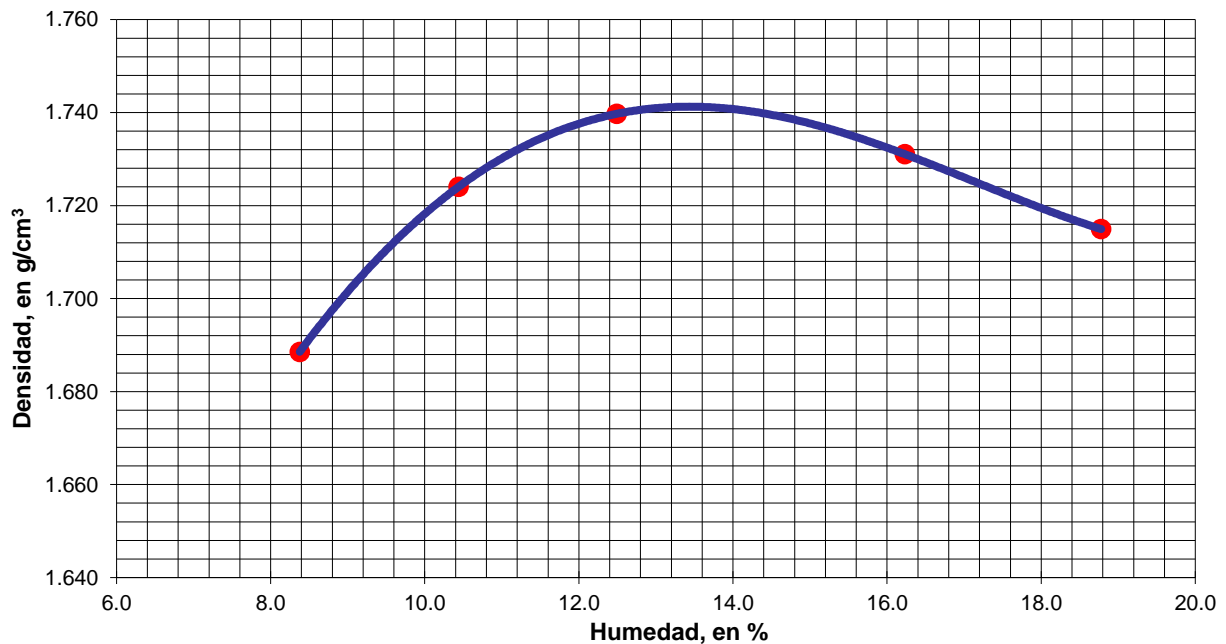
Volumen del molde, en cm <sup>3</sup> :	2 320	Número de capas:	5
Peso de la maza, en kg:	4 535	Número de golpes por capa:	60
Altura de caída, en cm:	457	% material retenido por 20 mm*:	-

### DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	8.4	10.4	12.5	16.2	18.8
Densidad, en g/cm <sup>3</sup>	1.689	1.724	1.740	1.731	1.715

### RESULTADOS DEL ENSAYO:

<b>Densidad Máxima, en g/cm<sup>3</sup>:</b>	<b>1.742</b>	<b>Humedad Óptima, en %:</b>	<b>13.4</b>
<b>Densidad corregida, en g/cm<sup>3</sup>:</b>	<b>-</b>	<b>Humedad corregida, en %:</b>	<b>-</b>



**Observación** \*El ensayo se realiza sin sustitución de material.

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.  
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.



Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **CV-1 0.50-1.30 MA-1 + CV-2 0.90-1.00 MA-1**Fecha: **14 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

## MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE C.B.R. DE UN SUELO UNE 103502:95

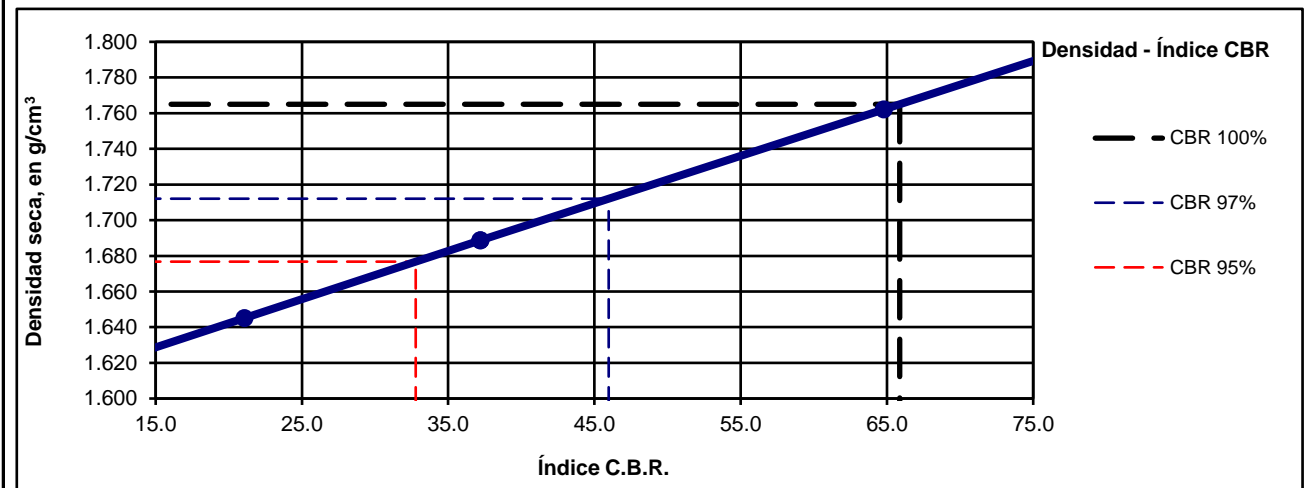
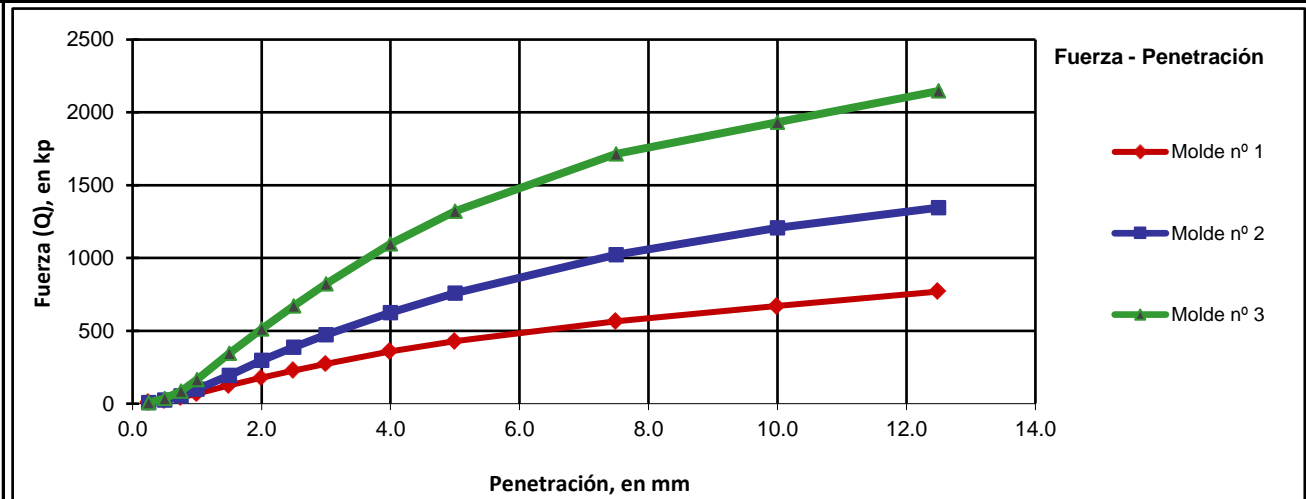
### DATOS INICIALES DEL ENSAYO

Muestra	<b>Compactada</b>	Humedad óptima, en %	<b>14.3</b>	Sobrecarga utilizada	<b>4.50 kg</b>
Próctor	<b>Modificado</b>	Densidad máx, en g/cm <sup>3</sup>	<b>1.765</b>	Material sustituido	<b>0.00%</b>

### RESULTADOS DEL ENSAYO

	<b>Molde nº 1</b>	<b>Molde nº 2</b>	<b>Molde nº 3</b>
	<b>15 golpes</b>	<b>30 golpes</b>	<b>60 golpes</b>
Humedad de compactación, en %	14.1	14.2	14.2
Agua absorbida, en %	10.9	9.0	8.2
Hinchamiento, en %	3.13	3.22	<b>3.81</b>
Densidad seca, en g/cm <sup>3</sup>	1.645	1.689	1.762
<b>Índice C.B.R.</b>	<b>21.07</b>	<b>37.19</b>	<b>64.78</b>

<b>C.B.R. 95 %</b>	<b>32.78</b>	<b>Índice C.B.R. 97 %</b>	<b>45.98</b>	<b>Índice C.B.R. 100 %</b>	<b>65.87</b>
--------------------	--------------	---------------------------	--------------	----------------------------	--------------



### Observaciones:

- El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.

El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2023505**Cliente: **BIOTOPO CONSULTORES, S.L.**Obra: **SUPI 5 (San Fernando de Henares)**Muestra: **CV-2 1.00-1.90 MA-2 + CV-3 0.70-1.80 MA-1**Fecha: **14 de agosto de 2023**

C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375881  
[www.laboratoriotsm.es](http://www.laboratoriotsm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

## MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE C.B.R. DE UN SUELO UNE 103502:95

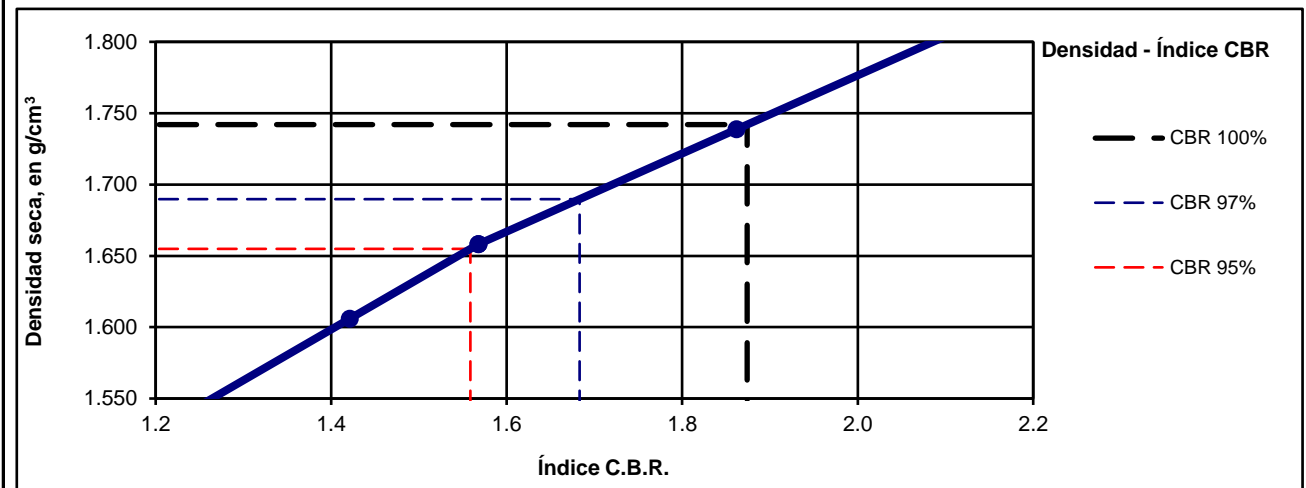
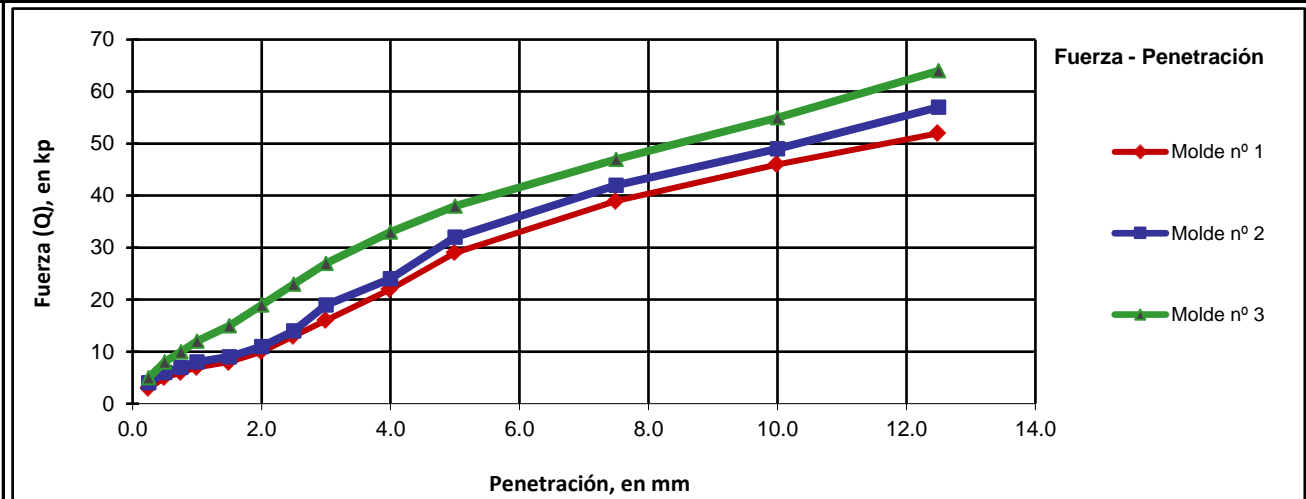
### DATOS INICIALES DEL ENSAYO

Muestra	<b>Compactada</b>	Humedad óptima, en %	<b>13.4</b>	Sobrecarga utilizada	<b>4.50 kg</b>
Próctor	<b>Modificado</b>	Densidad máx, en g/cm <sup>3</sup>	<b>1.742</b>	Material sustituido	<b>0.00%</b>

### RESULTADOS DEL ENSAYO

	<b>Molde nº 1</b>	<b>Molde nº 2</b>	<b>Molde nº 3</b>
	<b>15 golpes</b>	<b>30 golpes</b>	<b>60 golpes</b>
Humedad de compactación, en %	13.4	13.4	13.3
Agua absorbida, en %	12.7	10.6	11.2
Hinchamiento, en %	4.03	7.01	<b>8.16</b>
Densidad seca, en g/cm <sup>3</sup>	1.606	1.658	1.739
<b>Índice C.B.R.</b>	<b>1.42</b>	<b>1.57</b>	<b>1.86</b>

<b>C.B.R. 95 %</b>	<b>1.56</b>	<b>Índice C.B.R. 97 %</b>	<b>1.68</b>	<b>Índice C.B.R. 100 %</b>	<b>1.87</b>
--------------------	-------------	---------------------------	-------------	----------------------------	-------------



### Observaciones:

- El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.

El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo  
y materiales, S. L.**  
Página 49 de 54  
Laboratorio acreditado en  
geotecnia (nº 03267GTL08)







Formato QYS-02/02

**Tecnología del suelo  
y materiales, S. L.**

Página 53 de 54

Laboratorio acreditado en  
geotecnia (nº 03267GTL08)





C/ Oporto, nº 11  
Polígono Európolis  
28232-Las Rozas (Madrid)  
Teléfono: 916 375 881  
[www.laboratoriosm.es](http://www.laboratoriosm.es)

**Tecnología del suelo y materiales, S. L.**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

El presente informe consta de cincuenta y cuatro hojas numeradas y selladas.

Madrid, 16 de agosto de 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Sandra Pérez García-Lajara".

**SANDRA PÉREZ GARCÍA-LAJARA**  
Responsable de Área GTL

**TECNOLOGÍA DEL SUELO Y MATERIALES, S.L.**  
P.P.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "César Zapico Martín".

**CÉSAR ZAPICO MARTÍN**  
Director Técnico

## **ANEXO 5. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD LEFRANC.**

**LEFRANC 1****SONDEO SR-1**

Longitud zona filtrante L=1.5 m

Diámetro entubación 0.134 m

Diámetro zona filtrante 0.134 m

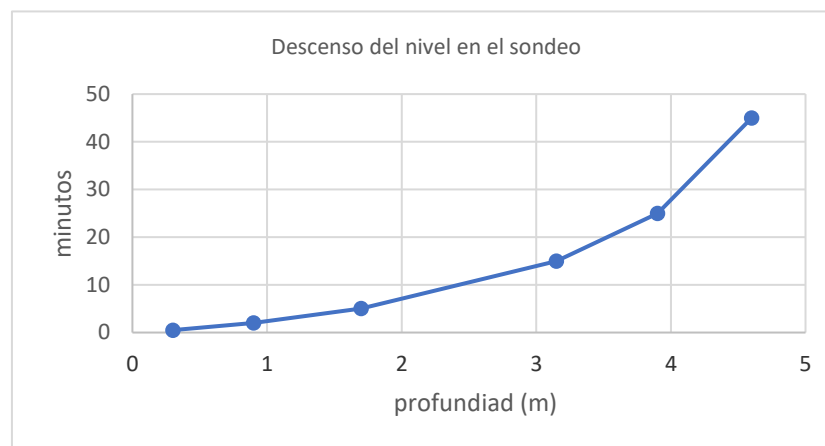
$h1=$  0,1 metros

$h2=$  3,15 metros

$Dh$  3,05

$Dt =$  15 minutos

$Dt =$  900 seg



$K=$  1,78303E-05 m/seg

$K=$   $1.7 \times 10^{-3}$  cm/sg



**LEFRANC 2****SONDEO SR-2**

Longitud zona filtrante L=1.5 m

Diámetro entubación 0.134 m

Diámetro zona filtrante 0.134 m

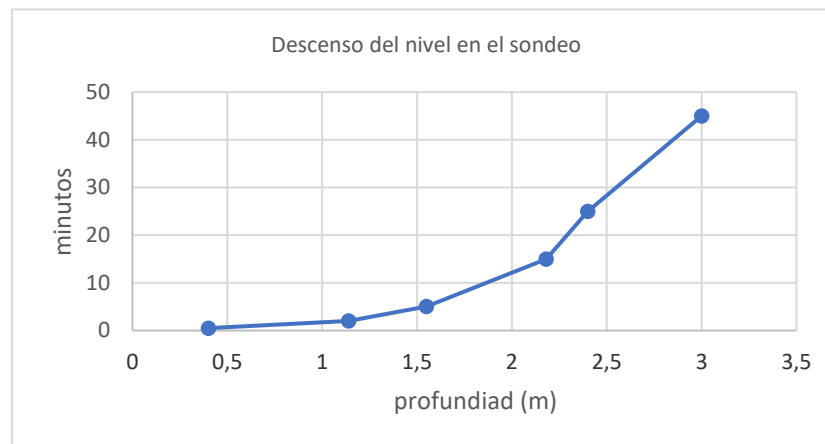
$h1=$  2,18 metros

$h2=$  0,1 metros

$Dh$  2,08

$Dt =$  15 minutos

$Dt =$  900 seg



$K=$  2,38256E-05 m/seg

$K=$   $2,3 \times 10^{-3}$  cm/sg

