

# ANEJO 1: GEOTÉCNIA



## ÍNDICE ANEJO 1. GEOTÉCNIA

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA EMPLEADA Y TRABAJOS REALIZADOS .....</b>	<b>1</b>
<b>3.1</b>	<b>CAMPAÑA GEOTÉCNICA REALIZADA .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1.1</b>	<b>SONDEOS .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1.2</b>	<b>ENSAYOS PRESIOMÉTRICOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.3</b>	<b>ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.4</b>	<b>TRABAJOS EN LABORATORIO.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>GEOTÉCNIA DE LA TRAZA.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE CADA UNA DE LAS UNIDADES .</b>	<b>7</b>
<b>4.2.1</b>	<b>UNIDAD UG-1 .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2.2</b>	<b>UNIDAD UG-2 .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2.3</b>	<b>UNIDAD UG-3.....</b>	<b>17</b>
<b>4.3</b>	<b>AGRESIVIDAD DEL SUELO AL HORMIGÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3.1</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3.2</b>	<b>AGRESIVIDAD DEL SUELO AL HORMIGÓN .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

La actuación objeto del presente proyecto consiste en la resolución de los problemas de asiento detectados, y agravados por las lluvias, en la plataforma de la vía de tren del T.M. de Teruel entre los P.K. 133+180 y 133+925

## 2 LOCALIZACIÓN

La zona objeto de estudio se sitúa en la provincia de Teruel, en el término municipal de la capital de provincia. Concretamente el tramo sobre el que se prevé actuar se sitúa entre los PK's 133+800 y 133+925 del T.M. de Teruel.

El tramo de vía se halla al sur de la ciudad de Teruel y transcurre de forma paralela a la carretera N-234. La parte este del intervalo de vía en la que se centra el estudio delimita con el inicio de un puente de fábrica que salva la Rambla de Caladín.



Figura 1 Localización de la zona de estudio

## 3 METODOLOGÍA EMPLEADA Y TRABAJOS REALIZADOS

La elaboración del estudio que constituye el presente anejo tiene una serie de fases sucesivas en el tiempo:

Para la realización del documento se han cubierto las siguientes fases:

- a) Campaña geotécnica de la traza mediante sondeos, ensayos presiométricos, ensayos de penetración dinámica y ensayos de laboratorio.
- b) Realización de ensayos de laboratorio sobre muestras obtenidas en los sondeos realizados.
- c) Redacción del presente Anejo.

### 3.1 CAMPAÑA GEOTÉCNICA REALIZADA

Los trabajos realizados han consistido en:

- Sondeos mecánicos con recuperación continua de testigo.
- Ensayos presiométricos en sondeos.
- Ensayos de penetración dinámica continua.
- Ensayos de laboratorio sobre las muestras de suelo y roca procedentes de los sondeos.

A continuación, se detalla cada uno de los reconocimientos realizados, así como la metodología empleada en cada caso.

#### 3.1.1 SONDEOS

Los sondeos se han ejecutado a rotación, intercalando la realización de ensayos SPT, muestras inalteradas, toma de testigos parafinados y ensayos presiométricos.

Los sondeos han servido para caracterizar los materiales presentes a lo largo del terraplén, determinar la naturaleza y espesor las unidades intersectadas, en especial el relleno antrópico, además de posibilitar la toma de muestras inalteradas/parafinadas y ejecución de ensayos in situ a las profundidades requeridas.

Se han realizado tres (3) sondeos geomecánicos. En total se han perforado sesenta y cuatro con nueve metros (64,3) lineales.

El diámetro exterior de los sondeos ha sido como mínimo de 101 mm, empleándose revestimientos de  $\varnothing 113$  mm en aquellos momentos en que ha sido necesario. El útil de perforación ha empleado coronas de widia mientras que para la extracción de testigos se han empleado baterías simples.

La longitud de los sondeos ha sido variable, en función de los requerimientos.

Los ensayos SPT y la toma de muestras inalteradas (MI), se han realizado siguiendo las indicaciones técnicas.

Para la hincada del SPT o de la MI, se ha utilizado una maza de 63,5 Kg con una altura de caída de 76 cm, hincando en el terreno una longitud de 60 cm, tanto en el caso de las muestras inalteradas, como en el caso de los SPT. Esta longitud está dividida en tramos iguales de 15 cm, contabilizando el número de golpes necesario para hincar cada tramo, adoptando como resultado del ensayo la suma del nº de golpes en los dos tramos centrales (N). Cuando dicho número de golpes supera el valor de 50 se ha indicado rechazo.

Los testigos de los sondeos se han colocado en cajas de forma ordenada, marcando cada separación de maniobra con una tablilla. En cada sondeo se ha efectuado un levantamiento con indicación de las características litológicas, espesor de capas, porcentajes de recuperación, profundidad de muestras y testigos, y cualquier observación de interés.

A continuación, se adjunta una tabla resumen de los sondeos totales previstos y realizados en la presente campaña. En dicha tabla resumen se incluyen las muestras obtenidas, ensayos SPT y los ensayos “in situ” realizados en su interior.

SONDEO	PROF	MI/SPT	PROF. MUESTRA	Nº GOLPES/ 15 cm				N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub> '	ENSAYOS IN SITO		DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
										PRESIOMETRO		
										Nº	PROF. (m)	
1	20,2	SPT-1	3,00-3,60	3	3	5	6	8	10			De 0,00 a -2,50 m: Rellenos granulares
		SPT-2	5,00-5,60	3	4	6	5	10	10			De 2,50 a -3,60 m: Limos arcillosos
		MI-1	7,50-8,10	6	4	7	7	11	9			De 3,60 a -8,10 m: Arcillas limosas
		SPT-3	9,50-10,10	4	5	5	6	10	8			De 8,10 a -14,20 m: Limos arcillosos
		SPT-4	12,50-13,10	7	7	5	6	12	8			De 14,20 a -17,20 m: Limos arenosos
		SPT-5	15,00-15,40	29	46	50		R	60			De 17,20 a -20,20 m: Limos arenosos con cantos
		SPT-6	17,00-17,10	50				R	58			
2	20,3	SPT-1	3,50-4,10	4	5	6	7	11	13			De 0,00 a -2,90 m: Rellenos granulares
		SPT-2	5,50-6,10	3	4	4	6	8	8			De 2,90 a -3,50 m: Limos arenos con cantos
		MI-1	7,50-8,10	3	4	5	6	9	8			De 3,50 a -8,10 m: Arcillas limosas
		SPT-3	10,00-10,60	3	3	4	5	7	5			De 8,10 a -9,50 m: Limos arcillosos
		SPT-4	12,50-13,10	4	6	9	11	15	10			De 9,50 a -13,70 m: Arcillas limosas
		SPT-5	15,00-15,10	50				R	61			De 13,70 a -17,50 m: Limos arcillosas con cantos
		SPT-6	17,50-17,60	50				R	56			De 17,50 a -20,30 m: Gravas con matriz arcillosa
3	23,8	SPT-1	14,40-14,80	23	35	50		R	52	1	14,90	De 0,00 a -2,00 m: Rellenos granulares
		MI-1	16,00-16,60	22	10	14	14	24	14			De 2,00 a -13,70 m: Cuerpo del terraplén. Limos arcillosos y arcillas limosas
		SPT-2	16,60-16,70	50				R	58			
		MI-2	19,00-19,20	43	50			R	54	2	17,00	De 13,70 a -21,30 m: Intercalación de arcillas limosas con margas carbonatadas blanquecinas
		SPT-3	21,00-21,50	15	20	37	50	57	29			De 21,30 a -22,00 m: Marga muy encostrada en lajas
		SPT-4	22,50-22,51	50				R	50			De 22,00 a -23,80 m: Arcilla limosa
		SPT-5	23,80-24,40	8	15	25	40	40	19			

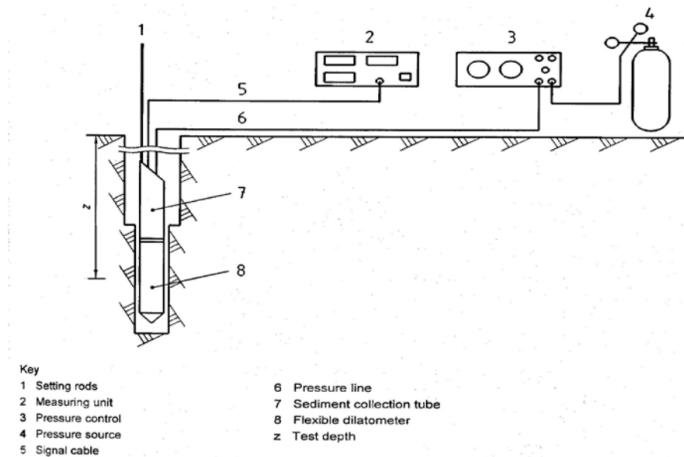
Tabla 1 Resumen de los datos y ensayos obtenidos en los ensayos realizados

### 3.1.2 ENSAYOS PRESIOMÉTRICOS

Los ensayos se han realizado con un presiómetro constituido por los siguientes componentes:

- Membranas de caucho normalizadas.
- Cable de adquisición de datos.
- Cable de presión.
- Unidad de adquisición de datos.
- Bombona de nitrógeno.
- Manoreductor para calibrar la presión de salida de la bombona.
- Manoreductores para regular la presión de salida del manoreductor de la bombona al equipo presiométrico
- Tarjeta de medida.
- Unidad de almacenamiento y tratamiento de datos.
- Material auxiliar.
- Software de calibración y toma de datos.

A continuación, en la siguiente imagen se ilustra el montaje:



*Figura 2 Componentes del presiómetro*

COMPONENTES DEL EQUIPO PRESIOMÉTRICO	
1: Varillaje	5: Cable de adquisición de datos
2: Unidad de adquisición de datos	6: Cable de presión
3: Manoreductor de presión	7: Tubo de colector de sedimentos
4: Bombona de N2	8: Presiómetro
Z: Profundidad de ensayo	

*Tabla 2 Identificación componentes de presiómetro*

La prueba se realiza a intervalos de presión escalonados, registrando los incrementos de deformación de la sonda a intervalos de tiempo de 15, 30 y 60 s, hasta alcanzar la rotura del terreno, o en casos en los que no se puede alcanzar la presión límite, hasta la presión de fluencia o a los límites de capacidad de la sonda de medida.

Los parámetros característicos obtenidos mediante este ensayo, son la presión límite ( $P_l$ ), presión de fluencia ( $P_f$ ) y el módulo presiométrico ( $E_p$ ) del terreno.

Esquemáticamente, en la curva presiométrica se pueden distinguir las fases siguientes:

- **Fase 1. Inicial.** Se corresponde a la puesta en contacto de la sonda con la superficie del sondeo.
- **Fase 2. Elástica.** Apariencia lineal que representa el comportamiento elástico del suelo.
- **Fase 3. Plástica.** Asociada a grandes desplazamientos de la pared del sondeo.

En total se han realizado dos (2) ensayos presiométricos, todos ellos con al menos veinticuatro (24) escalones.

A continuación, se incluye una tabla resumen con los resultados obtenidos.

INFORMACIÓN ENSAYO			PARÁMETROS FUNDAMENTALES				PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS				PARÁMETROS ADJUNTOS		CONDICIONES DEL ENSAYO				
SONDEO	PRES.	PROF.	$p_1$ (MPa)	$p_{an}$ (MPa)	$E_u$ (MPa)	$E_{u,elástico}$ (MPa)	$\sigma_{su}$ (MPa)	$p_r$ (MPa)	$E/p_1$	$E/p_r$	$p_1$ (MPa)	$p_2$ (MPa)	Nº de escalones de presión	$P_{max}$ (MPa)	$V_{max}$ (cm³)	Presión diferencial medida	Presión diferencial teórica
3	P-1	14,90	4,90	>4,9	750,56	750,60	0,134	>4,77	<153,1	<157,4	2,13	4,90	29	4,92	149,8	0,057	0,034
3	P-2	17,00	3,54	>4,83	5405,44	5405,40	0,153	>4,67	<1120	<1156,7	3,12	3,54	24	4,8	127,8	0,072	0,055

Tabla 3 Resumen de los datos obtenidos en los ensayos presiométricos realizados

### 3.1.3 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Se han efectuado un total de ocho (8) ensayos de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H.

Este ensayo consiste en hincar en el terreno una puntaza de forma tronco-cónica, cuya base tiene una superficie de 20 cm² y un ángulo en la punta de 90°. La energía necesaria para la hincia, se obtiene mediante el golpeo continuado de una masa de 63,5 Kg que cae libremente, desde una altura de 76 cm, sobre un yunque que transmite la energía a la punta por medio de un varillaje adecuado.

Durante la realización del ensayo se mide el número de golpes necesarios para hincar la puntaza 20 cm en el terreno (N20). La prueba se da por finalizada al alcanzar el rechazo, situación que se produce cuando  $N20 > 100$  golpes o cuando se suceden tres andanadas seguidas  $N20 > 75$  golpes. En algunos casos, para mayor seguridad, los rechazos son verificados mediante una 2ª andanada. Una vez obtenido el rechazo se extrae el varillaje y se registra, en caso posible, la posición del agua en el ensayo.

Este tipo de ensayo nos permite estudiar con mayor detalle las características resistentes y compacidad o consistencia, de los distintos niveles de recubrimiento, hasta alcanzar el rechazo.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los ensayos de penetración dinámica realizados y la profundidad a la cual se alcanzó el rechazo o el fin del ensayo. En el Anejo 2 se adjuntan los registros de dichos ensayos.

Denominación	DPSH 1	DPSH 2	DPSH 3	DPSH 4	DPSH 5	DPSH 6	DPSH 7	DPSH 8
Profundidad (m)	14,20	14,40	13,40	14,00	13,40	14,20	15,60	13,40

Tabla 4 Resumen de los ensayos de penetración dinámica

### 3.1.4 TRABAJOS EN LABORATORIO

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados.



Trabajo de Fin de Grado: Estudio de soluciones para mejora de terraplén sobre el que asienta la plataforma ferroviaria entre los P.K. 133+180 y 133+925 de la línea Teruel-Sagunto en el T.M. de Teruel

UBICACIÓN			DENS SECA (g/cm³)	COMP SIMPLE (KPa)	COLAP EDOM. (%)	HUM. NATURAL (%)	IND. HUEC.	CONT. SULF. (mg/kg SO₄²⁻)	CONT. CARB. (%)	PLASTICIDAD			GRANULOMETRÍA (% PASA)															
TERRENO	PROF. (m)	SOND.								LL	LP	IP	80	63	50	40	25	20	13	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08	
RELL. SUP.	1,8-2,4	1	0,94			2,84				20	14,3	5,7			100	92,2	71,3	61,9	47,1	44,4	40,2	38,3	33,6	31,8	27	23,1	20,3	
TERRAPLÉN	2,5-3	1	1,78			13,85	67,2			27,6	21,3	6,3			100	89,4	82	79,1	78,2	75,9	74,6	70,7	69,1	65,9	63,4	61,2		
TERRAPLÉN	5,6	1	1,69	148,8		15,1																						
TERRAPLÉN	5,9-6,5	1	1,64			23,17	70,5			54,6	35,7	18,8							100	99,3	98,7	96,4	95,2	91,3	88,1	85,		
TERRAPLÉN	6,5	1	1,78	101,3		16,7																						
TERRAPLÉN	7,5-8,1	1	1,75	197,6	0,905	15,2																						
TERRAPLÉN	8,1-8,5	1	1,74			17,86	69,1			47	34,3	12,7							100	98,4	97,7	95	93,9	89,6	85,6	82,4		
TERRAPLÉN	9,3-10	1	1,79			11,93	66,7			29,8	21,2	8,6						100	98,6	98,1	96,7	95,7	93,1	92,4	90,5	86,1	81,2	
TERRAPLÉN	11,3	1	1,82	255,3		16																						
TERRAPLÉN	11,4-12	1	1,87			12,34	66,8			28,1	19,2	8,9				100	98,5	97,3	96,3	93,2	92,1	89,8	88,9	86,3	81,8	76,6		
TERRAPLÉN	13,6-13,9	1	1,73			16,26	67,9			29,6	20,5	9				100	86,7	85	82,6	80,7	76,4	74,8	67,7	64,3	56,8	49,6	44,5	
ARCI. LIMOS	14,5-15,4	1	2			11,11	66,2			38,2	17,8	20,6			100	76,2	61,5	58,6	54,1	52,3	48,2	46,4	39,4	36,7	31	27,6	25	
ARCI. LIMOS	16,6-17,2	1	1,74	149,1		18,13	68,2			22,6	17,6	5			100	93,6	93,6	88,4	87,8	84,6	83,3	79,7	78,3	75,9	74,3	71,6		
GRAV.LIMOS	19-19,6	1	2,45			6	64,4			25,1	18,4	6,7	100	63,7	25,8	25,8	14,9	14,9	14,9	14	12,9	12,4	11,7	11,4	10,5	10	9,2	
RELL. SUP.	1,2-1,8	2	2,26			4,48	63,9			20,5	14,2	6,2			100	88,1	74,5	68,4	55,8	52,7	47	44,2	36,9	34,2	28,4	22,6	19,8	
TERRAPLÉN	3,5-4,2	2	2,23	283		5,93	64,5			37	21,1	15,9				100	94,7	94,7	90,9	88,6	84,5	82,8	77,2	75	69,6	65,8	63,5	
TERRAPLÉN	5,3-6,4	2	1,64			26,67	71,3			35,7	21,6	14,1					100	94,4	92,5	90,1	89	86,3	84,9	80	75,8	72,6		
TERRAPLÉN	6,5	2	1,74	175,7		17,8																						
TERRAPLÉN	7,4-8,1	2	1,75	162,3	0,4	19	69,4			37,5	22,8	14,7				100	95,8	94,9	92,8	91,9	88,4	86,9	82,1	77,7	74,2			
TERRAPLÉN	9,5-10,2	2	1,59			23,74	70,6			33,9	18,2	15,7					100	99,6	97,5	97,1	94,8	94,2	92,2	86,8	82			
TERRAPLÉN	10,5-11,1	2	1,71			21,11	70			32,5	20	12,5					100	99,2	97,8	97	94,3	93	87,3	78,8	71,1			
TERRAPLÉN	12,3	2	1,7	187,9		19,8																						
TERRAPLÉN	12,5-13,4	2	1,68			22,65	70,4			32,5	20,1	12,4				100	98,1	97,7	96,9	95,9	95,3	93,8	91,2	88,1	85,7			
ARCI. LIMOS	14,2-14,6	2	2,05			12,19	66,7			26,8	21,3	5,5				100	93,4	88,2	83,8	73	66,9	48,4	41,5	27,8	22,7	19,3		
ARCI. LIMOS	15,8	2	1,6	235,9		22																						
ARCI. LIMOS	16,7-17	2	1,69			22,16	69,5			23,8	18,6	5,1							100	99,7	96,7	94,8	91	88,3	83,5			
GRAV.LIMOS	18,8-19,4	2	1,89			12,49	66,5			29,9	20,1	9,8			100	87,5	78,1	69,6	55	49,2	39,6	35,9	27,6	24,7	18,9	16,1	14,3	
RELL. SUP.	0,6	3						1498,0																				
GRAV.LIMOS	14,4	3								27,2	19,5	7,7				100	62	60	53	49	44	42	36	32	26	23	19,7	
ARCI. LIMOS	16	3	1,63			23,4				23	17,7	5,3								100	99	98	98	97	93,4			
GRAV.LIMOS	16,6	3								22	15,9	6,1			100	93	55	49	42	40	38	36	31	29	24	21	19	
ARCI. LIMOS	18,2	3								31,2	23,9	7,4										100	99	95	91	85,1		
LIMOS	19,6	3							97,75							100	85	80	76	74	73	72	68	66	63	61	58,9	
LIMOS	21	3							83,15								100	97	97	97	97	92	87	78	71	64,2		
GRAV.LIMOS	21,9	3							87,92	23,2	17	6,2		100	84	77	59	56	50	49	46	45	41	39	35	33	31,5	
LIMOS	22,6	3							87,36							100	90	90	83	82	80	78	74	71	68	67	62,4	

Tabla 5 Resumen de los resultados obtenidos en los ensayos realizados



## 4 GEOTÉCNIA DE LA TRAZA

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Según el Mapa Geotécnico del IGME, escala 1/200.000 nº 47 (7-6) Teruel, la traza proyectada se ubica en un área con condiciones constructivas aceptables con problemas geomorfológicos y geotécnicos.

La población de Teruel se encuentra en el entorno de la Cordillera Ibérica, en la que a escala regional se diferencian distintas unidades en función de la edad de los materiales y el tipo de formación que les afecta.



Figura 3 Mapa geotécnico IGME nº 47 (7-6). Escala 1:200.000

La zona de estudio se halla concretamente en la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica, dentro de la denominada como Fosa de Teruel. Dicha zona al sur de Teruel, desarrollada durante el Neógeno Cuaternario, se caracteriza por la presencia de calizas y margas terciarias. Así mismo, en la zona del barranco de la rambla de Caladín cabe destacar la existencia de depósitos cuaternarios.

Respecto al sustrato terciario, formado por margas y calizas, presenta una potencia de unos 50 metros, aflora al sur de Teruel en una serie de mesas y relieves estructurales y forma el sustrato de la zona. Se trata de calizas arcillosas, margas y arcillas grises.

Sobre el sustrato terciario se han diferenciado dos tipos de formaciones superficiales: gravas, arenas y arcillas y los rellenos antrópicos.

La primera formación de las dos mencionadas se corresponde con los sedimentos aluviales, consistentes en gravas y cantos calcáreos con limos arenosos y arcillosos de la Rambla de Caladín, la cual desemboca en el cauce del río Turia. En la zona de estudio posee un espesor de 1,5 metros.

El relleno antrópico se corresponde con los materiales que forman el cuerpo del terraplén sobre el que transcurre la línea de ferrocarril. Estos, sin contar con la banqueta de balasto, son mayoritariamente arcillas con proporciones variables de gravas, arenas y limos. El espesor del mismo ronda los 14 metros, siendo el espesor de la banqueta de 0,5 a 0,8 metros.

### 4.2 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE CADA UNA DE LAS UNIDADES

Las unidades geotécnicas descritas son:

- **Unidad UG-1.** Relleno antrópico del terraplén
- **Unidad UG-2.** Depósitos aluviales y coluviales de la Rambla de Caladín
- **Unidad UG-3.** Calizas y margas alteradas

En los siguientes apartados se describen las unidades geotécnicas detectadas.

En base a los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio realizados en las muestras tomadas en la campaña geotécnica se ha realizado una caracterización geotécnica detallada de cada una de las unidades diferenciadas en el área de estudio, estableciéndose unos parámetros geotécnicos característicos para cada una de ellas.

#### 4.2.1 UNIDAD UG-1

Se corresponde con el relleno antrópico del terraplén. El material que lo forma se compone de arcillas limosas con proporciones variables de arenas y gravas. Esta primera unidad según los datos obtenidos en los trabajos presenta un espesor de aproximadamente 13 metros.

Los resultados de los ensayos de laboratorio empleados para la caracterización de la unidad UG-1 se recogen en la siguiente tabla resumen:

UBICACIÓN			DENS SECA (g/cm³)	COMP SIMPLE (KPa)	COLAP EDOM. (%)	HUM. NATURAL (%)	IND. HUEC.	PLASTICIDAD			GRANULOMETRÍA (% PA SA)																
TERRENO	PROF. (m)	SOND.						LL	LP	IP	80	63	50	40	25	20	13	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,15	0,08		
TERRAPLEN	2,5-3	1	1,78			13,85	87,2	27,6	21,3	6,3					100	99,4	82	76,1	78,2	75,9	74,6	70,7	69,1	65,6	63,4	61,2	
TERRAPLEN	5,6	1	1,69	148,8		15,1																					
TERRAPLEN	5,9-6,5	1	1,64			23,17	70,5	54,6	35,7	18,8								100	99,3	98,7	96,4	95,2	91,3	88,1	85,6		
TERRAPLEN	6,5	1	1,78	101,3		16,7																					
TERRAPLEN	7,5-8,1	1	1,75	197,6	0,906	15,2																					
TERRAPLEN	8,1-8,5	1	1,74			17,89	89,1	47	34,3	12,7							100	98,4	97,7	95	93,9	89,6	85,6	82,4			
TERRAPLEN	9,3-10	1	1,79			11,93	88,7	29,8	21,2	8,6							100	98,6	98,1	96,7	95,7	93,1	92,4	90,5	88,1	81,2	
TERRAPLEN	11,3	1	1,82	255,3		16																					
TERRAPLEN	11,4-12	1	1,87			12,34	88,8	28,1	16,2	8,9					100	98,5	97,3	96,3	93,2	92,1	89,8	88,9	86,3	81,8	79,6		
TERRAPLEN	13,0-13,9	1	1,73			16,28	87,9	29,6	20,5	0					100	89,7	85	82,6	80,7	78,4	74,8	67,7	64,3	59,8	49,6	44,5	
TERRAPLEN	3,5-4,2	2	2,23	283		5,93	84,5	37	21,1	15,9					100	94,7	94,7	90,9	88,6	84,5	82,8	77,2	75	69,6	65,8	63,5	
TERRAPLEN	5,3-6,4	2	1,64			26,67	71,3	35,7	21,6	14,1							100	94,4	92,5	90,1	89	86,3	84,9	80	75,8	72,6	
TERRAPLEN	6,5	2	1,74	175,7		17,8																					
TERRAPLEN	7,4-8,1	2	1,75	162,3	0,4	19	89,4	37,5	22,8	14,7							100	95,8	94,9	92,8	91,9	89,4	88,9	82,1	77,7	74,2	
TERRAPLEN	9,5-10,2	2	1,59			23,74	70,8	33,9	18,2	15,7								100	99,6	97,5	97,1	94,6	94,2	92,2	89,8	82	
TERRAPLEN	10,5-11,1	2	1,71			21,11	70	32,5	20	12,5								100	99,2	97,8	97	94,3	93	87,3	79,8	71,1	
TERRAPLEN	12,3	2	1,7	187,9		19,8																					
TERRAPLEN	12,5-13,4	2	1,68			22,65	70,4	32,5	20,1	12,4							100	98,1	97,7	95,9	95,9	95,3	93,8	91,2	88,1	85,7	

Tabla 6 Resumen de los datos obtenidos en los ensayos para caracterización de la unidad UG-1

#### 4.2.1.1 Características de identificación y estado

##### 4.2.1.1.1 Granulometría

Se cuenta con doce (12) ensayos de granulometría, obteniéndose un contenido medio de finos (material que pasa por el tamiz 0,08 UNE) del 74%, contenido de arenas del 17%, y un contenido en gravas del 9%. El ensayo de Límites de Atterberg indica que la muestra presenta una plasticidad media.

Los valores del contenido de finos 0.08 UNE oscilan entre los siguientes valores:

0,08 UNE (%)	
Valor máximo	88,10
Valor mínimo	44,50
Valor medio	73,58

Tabla 7 Valores representativos de la granulometría de la unidad UG-1

Las curvas granulométricas obtenidas de los ensayos son las siguientes:

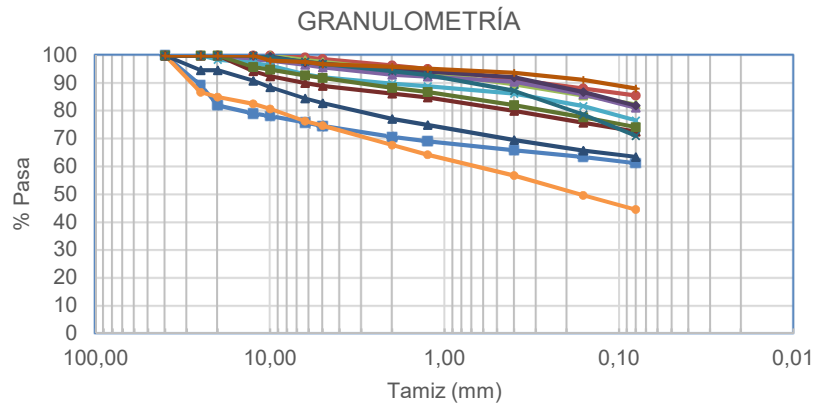


Figura 4 Curvas granulométricas de la unidad UG-1

#### 4.2.1.1.2 Plasticidad

De las 12 muestras analizadas, 7 presentan una plasticidad media, otras 3 presentan una plasticidad baja y, finalmente, una de ellas plasticidad elevada, con un valor medio del **Límite Líquido LL = 35,5**, siendo el **Índice de Plasticidad IP = 12,5**.

Los valores máximos y mínimos obtenidos han sido los siguientes:

VALOR	LÍMITES DE ATTERBERG		
	LL	LP	IP
Valor máximo	54,6	35,7	18,8
Valor mínimo	27,6	18,2	6,3
Valor medio	35,5	23	12,5

Los límites de Atterberg obtenidos se representan en el siguiente gráfico de Casagrande:

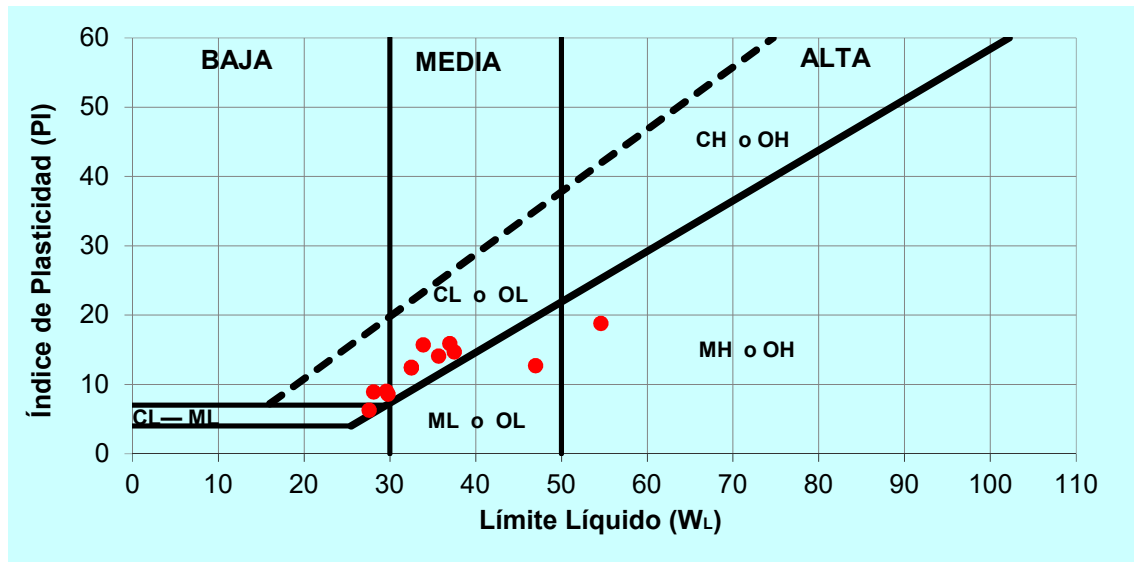


Figura 5 Límites de Atterberg obtenidos de los ensayos en la UG-1

#### 4.2.1.1.3 Ensayos de estado e Identificación

En 18 de las muestras tomadas se realizaron ensayos para determinar la humedad natural de esta unidad, obteniéndose valores máximos de 26,67% y mínimos de 5,93% con un valor medio del 17,5%.

Se dispone de 18 ensayos de densidad seca, en los que se observan valores comprendidos entre 2,23 y 1,59 t/m<sup>3</sup> con un valor medio de 1,75 t/m<sup>3</sup>.

VALOR	ESTADO	
	$W_{nat}(\%)$	$\gamma_d(t/m^3)$
Valor máximo	26,67	2,23
Valor mínimo	5,93	1,59
Valor medio	17,5	1,75

Como puede observarse en los gráficos adjuntos, no existe correlación entre los valores de humedad y la profundidad de obtención de la muestra.

Respecto a la densidad seca de las muestras obtenidas esta parece permanecer constante, no experimentando cambios significativos con el aumento de la profundidad.

Sí que se obtiene una correlación directa entre la densidad y humedad de la muestra, en la que se puede observar como a mayor humedad natural, menor densidad seca.

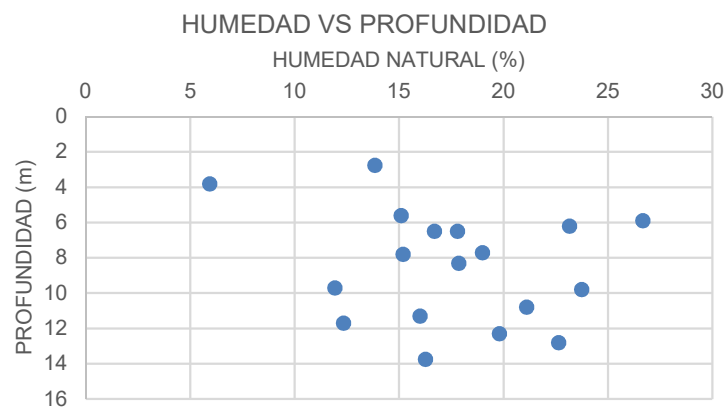


Figura 6 Relación humedad-profundidad de las muestras de la UG-1

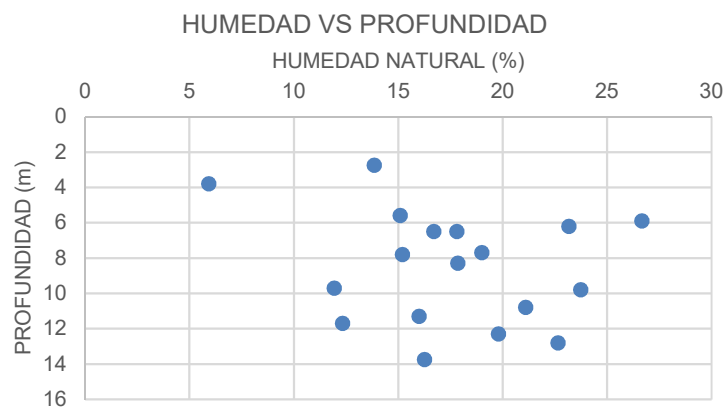


Figura 7 Relación densidad-profundidad de las muestras de la UG-1

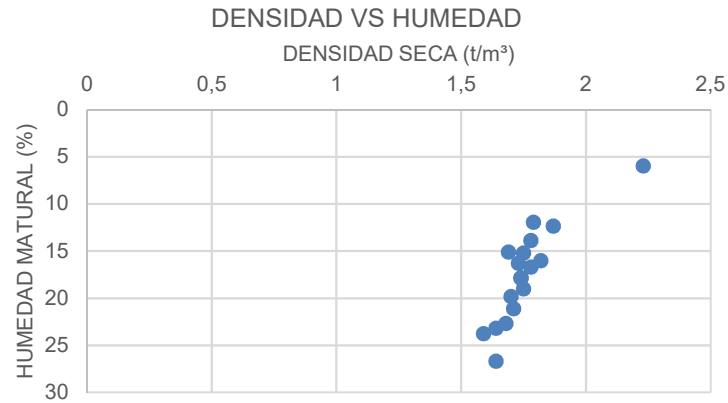


Figura 8 Relación densidad-humedad de las muestras de la UG-1

Se estima que las propiedades de esta unidad geotécnica son muy similares en toda su potencia.

#### 4.2.1.1.4 Resistencia

Los valores de los ensayos SPT (Standard Penetration Test) muestran que estos materiales son, en general, firmes a muy firmes, con golpes entre 5 y 13, con un promedio de NSPT = 9.

En el siguiente gráfico se representan los golpes SPT registrados en esta unidad en función de la profundidad, pudiéndose comprobar que los golpes no varían de forma relevante con la profundidad, lo cual indica que las características resistentes de la unidad son similares en toda su profundidad.

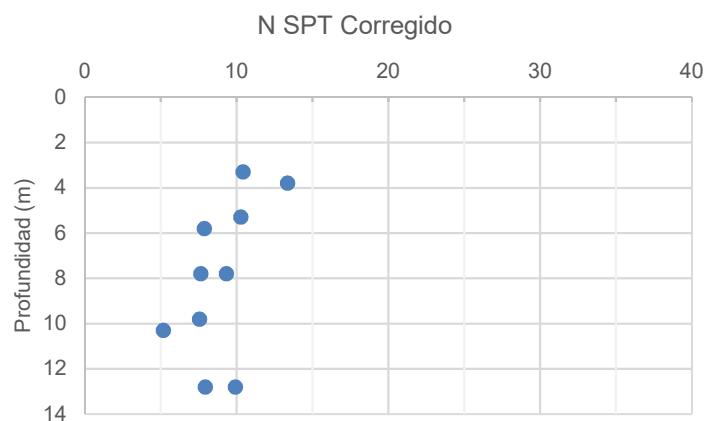


Figura 9 Valor de los golpes SPT corregidos en la UG-1

Los golpes DPSH en general dan valores de 2 a 7 golpes, lo que equivale a entre 4 y 9 golpes SPT, lo cual son valores inferiores a los obtenidos en los sondeos para esta unidad.

#### 4.2.1.1.5 Resistencia a compresión simple

Se han realizado un total de 8 ensayos a compresión simple en esta unidad, obteniendo un valor promedio de 188,98 KPa.

Este valor no se corresponde con los resultados de los ensayos SPT y DPSH, de los cuales, considerando un valor promedio de 8, y aplicando la relación entre  $q_u$  y  $N_{SPT}$  propuesta por Terzaghi y Peck:

$$q_u \left( \frac{Kp}{cm^2} \right) = \frac{N_{SPT}}{8}$$

Se obtiene un valor promedio de la resistencia a compresión simple de 100 KPa.

Teniendo en cuenta que los resultados de los ensayos SPT y DPSH guardan relación entre sí, mientras que los de compresión simple no, se considera más adecuado tomar una **resistencia a compresión simple del terreno de 100 KPa**, obtenida a partir de los golpes de los ensayos SPT y DPSH. Lo cual se adapta mejor a las afecciones sufridas por el terraplén.

A partir de este valor de resistencia de compresión simple se ha considerado un valor de la **resistencia a corte sin drenaje ( $C_u$ ) de 50 KPa**, obtenido de la siguiente expresión:

$$c_u = q_u/2$$

#### 4.2.1.1.6 Módulo de elasticidad

Se ha empleado la siguiente correlación basada en el valor de resistencia al corte sin drenaje ( $C_u$ ):

Para rellenos antrópicos:  $E=150 \times C_u$

Obteniéndose un valor de  $E=150 \times 50 = 7.500 \text{ KPa} = E = 7,5 \text{ MPa}$ , al que se le asigna un **Coefficiente de Poisson  $\nu=0,3$** .

#### 4.2.1.1.7 Colapso

Se cuenta con dos ensayos en esta unidad, en el que se obtienen resultados de 0,905 y 0,4, lo cual a partir de estos resultados se deduce que el suelo, en principio, no sería colapsable.

### 4.2.2 UNIDAD UG-2

Se corresponde con el material que constituye el nivel aluvial de la Rambla de Caladín y sobre el que apoya el terraplén. Se compone fundamentalmente de limos arenosos que soportan un conjunto de gravas y cantos de caliza. El espesor de esta unidad se estima en 1,5 metros a partir de las muestras extraídas de los sondeos realizados.

Los resultados de los ensayos de laboratorio empleados para la caracterización de la unidad UG-2 se recogen en la siguiente tabla resumen:

UBICACIÓN			DENS SECA (g/cm³)	COMP SIMPLE (Kpa)	HUM. NATURAL (%)	IND. HUEC.	PLASTICIDAD			GRANULOMETRÍA (% PASA)															
TERRENO	PROF. (m)	SOND.					LL	LP	IP	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08	
ARCL LIMOS	14,5-15,4	1	2		11,11	66,2	38,2	17,8	20,6				100	76,2	61,5	58,6	54,1	52,3	48,2	46,4	39,4	36,7	31	27,6	25
ARCL LIMOS	16,6-17,2	1	1,74	149,1	18,13	68,2	22,6	17,6	5				100	93,6	93,6	88,4	87,8	84,6	83,3	79,7	78,3	75,9	74,3	71,6	
ARCL LIMOS	14,2-14,6	2	2,05		12,19	66,7	26,8	21,3	5,5					100	93,4	88,2	83,8	73	66,9	48,4	41,5	27,8	22,7	19,3	
ARCL LIMOS	15,8	2	1,6	235,9	22																				
ARCL LIMOS	16,7-17	2	1,69		22,16	69,5	23,8	18,6	5,1								100	99,7	96,7	94,8	91	88,3	83,5		
GRAV. LIMOS	14,4	3					27,2	19,5	7,7				100	62	60	53	49	44	42	36	32	26	23	19,7	
ARCL LIMOS	16	3	1,63		23,4		23	17,7	5,3								100	99	98	98	98	97	93,4		
GRAV. LIMOS	16,6	3					22	15,9	6,1				100	93	55	49	42	40	38	36	31	29	24	21	19

Tabla 8 Resumen de los datos obtenidos en los ensayos para caracterización de la unidad UG-2

#### 4.2.2.1 Características de identificación y estado

##### 4.2.2.1.1 Granulometría

Se cuenta con siete (7) ensayos de granulometría, obteniéndose un contenido medio de finos (material que pasa por el tamiz 0,08 UNE) del 47%, contenido de arenas del 21%, y un contenido en gravas del 32%. El ensayo de Límites de Atterberg indica que la muestra presenta una plasticidad media.

Los valores del contenido de finos 0.08 UNE oscilan entre los siguientes valores:

0,08 UNE (%)	
Valor máximo	93,40
Valor mínimo	19,00
<b>Valor medio</b>	<b>47,36</b>

Tabla 9 Valores representativos de la granulometría de la unidad UG-2

Las curvas granulométricas obtenidas de los ensayos son las siguientes:

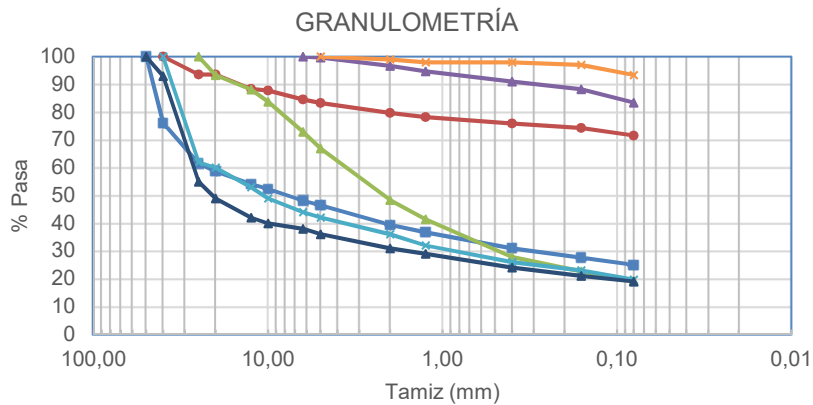


Figura 10 Curvas granulométricas de la unidad UG-2

##### 4.2.2.1.2 Plasticidad

De las 7 muestras analizadas, 6 presentan una plasticidad baja, mientras, que la restante presenta una plasticidad media, con un valor medio del **Límite Líquido LL = 26,2**, siendo el **Índice de Plasticidad IP = 7,9**.

Los valores máximos y mínimos obtenidos han sido los siguientes:

VALOR	LIMITES DE ATTERBERG		
	LL	LP	IP
Valor máximo	38,2	21,3	20,6
Valor mínimo	22	15,9	5
<b>Valor medio</b>	<b>26,2</b>	<b>18,3</b>	<b>7,9</b>

Los límites de Atterberg obtenidos se representan en el siguiente gráfico de Casagrande:



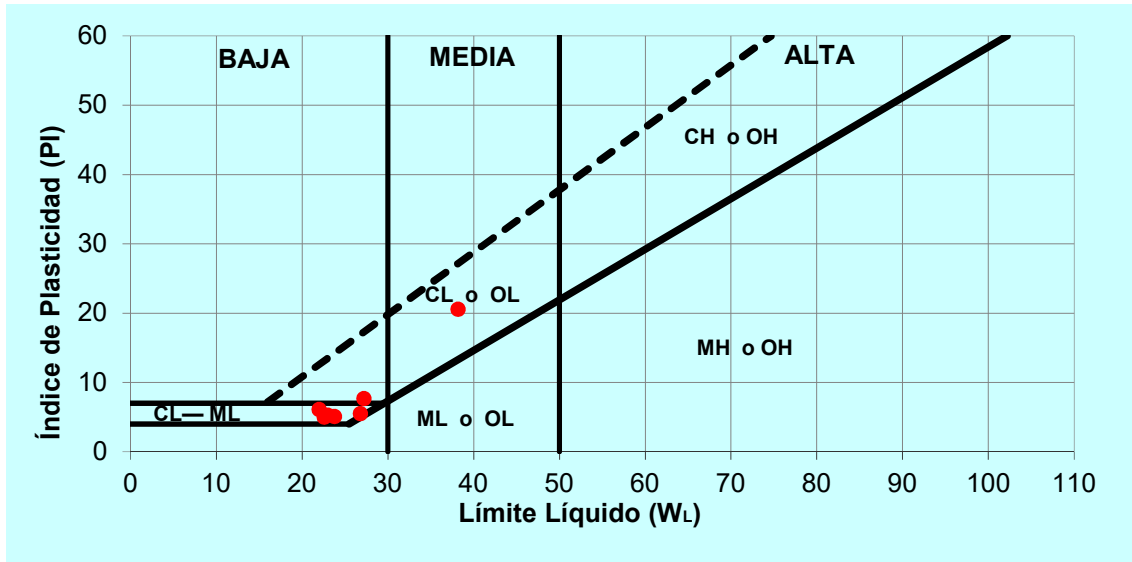


Figura 11 Límites de Atterberg obtenidos de los ensayos en la UG-2

#### 4.2.2.1.3 Ensayos de estado e Identificación

En 6 de las muestras tomadas se realizaron ensayos para determinar la humedad natural de esta unidad, obteniéndose valores máximos de 23,40% y mínimos de 11,11% con un valor medio del 18,17%.

Se dispone de 6 ensayos de densidad seca, en los que se observan valores comprendidos entre 2,00 y 1,60 t/m<sup>3</sup> con un valor medio de 1,79 t/m<sup>3</sup>.

VALOR	ESTADO	
	$W_{nat}(\%)$	$\gamma_d(t/m^3)$
Valor máximo	23,40	2,00
Valor mínimo	11,11	1,60
<b>Valor medio</b>	<b>18,17</b>	<b>1,79</b>

Como puede observarse en los gráficos adjuntos, no existe correlación entre los valores de humedad y la profundidad de obtención de la muestra.

La densidad de las muestras es prácticamente igual, independientemente de la profundidad

Se obtiene una correlación directa entre la densidad y humedad de la muestra, en la que se puede observar como a mayor humedad natural, menor densidad seca.

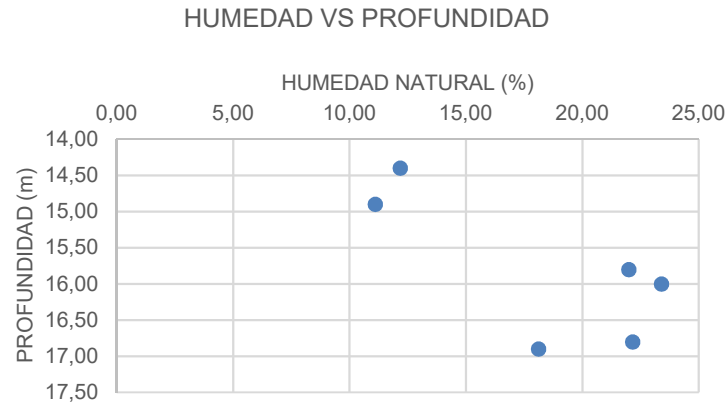


Figura 12 Relación humedad-profundidad de las muestras de la UG-2



Figura 13 Relación densidad-profundidad de las muestras de la UG-2

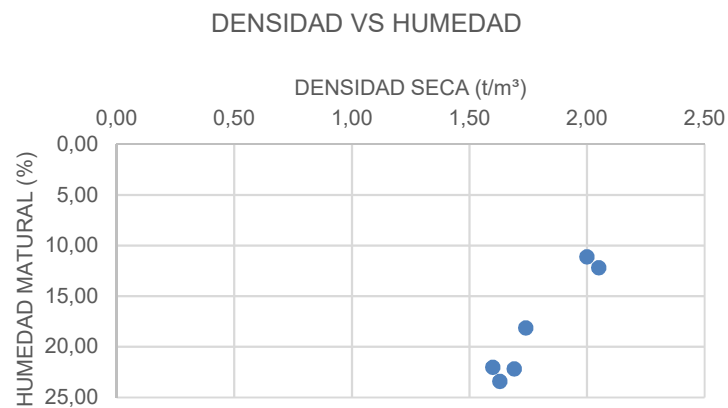


Figura 14 Relación densidad-humedad de las muestras de la UG-2

#### 4.2.2.1.4 Resistencia

Los valores de los ensayos SPT realizados en esta unidad, así como los valores de las muestras inalteradas muestran en todos los casos rechazo. Se considera ampliamente que este Rechazo es equivalente a NSPT = 50 golpes a efectos de cálculo.

Los golpes DPSH no logran superar tampoco esta unidad, ofreciendo un rechazo casi inmediato en el momento en que tocan esta litología.

#### 4.2.2.1.5 Resistencia a compresión simple

Se han realizado un total de 2 ensayos a compresión simple en esta unidad, obteniendo un valor promedio de  $RCS=192,5$  KPa.

La Resistencia a Corte sin Drenaje se estima en  $C_u = \frac{1}{2} RCS$ , por lo que se obtendría un  $C_u = 96,25$  KPa.

Considerando un valor de  $N_{SPT}$  de 100, tras la corrección por profundidad indicada por Liao y Whitman (1986), se obtiene un valor de  $N_{SPT \text{ CORREGIDO}}$  no inferior a 50. A partir de la relación entre  $N_{SPT}$  y  $q_u$  propuesta por Terzaghi y Peck se obtiene una resistencia a compresión simple entre 500 y 700 kPa.

$$q_u \left( \frac{Kp}{cm^2} \right) = \frac{N_{SPT}}{8}$$

A través de la fórmula de Terzaghi, que relaciona  $C_u$  con  $N_{SPT}$  a través de la correlación  $C_u = N_{SPT}/15$ , considerando  $N_{SPT} = 50$  para esta unidad, se obtiene un  $C_u = 326,3$  KPa. De acuerdo a la ROM, para arcillas y limos duros o firmes puede considerarse un  $C_u = 300$  KPa. Estando del lado de la seguridad, se estima una media entre las anteriores estimaciones, obteniéndose un valor de:  $C_u = 211,27$  KPa.

#### 4.2.2.1.6 Módulo de elasticidad

Se cuenta con un ensayo presiométrico realizado en esta unidad geotécnica, que se resume en la siguiente tabla:

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	PRESIÓN LÍMITE (MPa)	MÓDULO PRESIOMÉTRICO (MPa)
3	14,3	4,9	750,56

Se deducen los siguientes valores del módulo presiométrico ( $E_p$ ) y presión límite (PL):

$$E_p = 750,56 \text{ MPa}$$

$$p_l = 4,9 \text{ MPa}$$

A partir de la presión límite se puede estimar la resistencia al corte sin drenaje según la siguiente expresión:

$$C_u = 0,67 * (p_l)^{0,75} \text{ (kPa)}$$

Deduciéndose el siguiente valor:

$$C_u = 392,4 \text{ kPa}$$

Por otra parte, a partir de la correlación entre el módulo presiométrico y el edométrico, y a su vez entre el edométrico y el módulo de deformación, se deduce el siguiente valor de este último:

$$E_p = 750,56 \text{ MPa} \rightarrow E = 1.005,75 \text{ MPa}$$

A partir de los resultados obtenidos se han considerado los siguientes parámetros resistentes:

- $q_u = 500$  KPa
- $C_u = 301,835$  KPa
- $E = 1.005,75$  MPa
- Coeficiente de Poisson:  $\nu=0,30$

### 4.2.3 UNIDAD UG-3

Se corresponde con un sustrato de roca alterada formado por calizas y margas en el que se hallan capas entremezcladas de limos arenosos fuertemente carbonatados y gravas altamente cementadas. Esta sucesión de capas y el elevado contenido de gravas ha impedido extraer testigos consistentes y reconocer con mayor detalle esta unidad. Estos materiales forman el sustrato de la zona y presenta una potencia de alrededor de 50 m.

Los resultados de los ensayos de laboratorio empleados para la caracterización de la unidad UG-3 se recogen en la siguiente tabla resumen:

UBICACIÓN			DENS SECA (g/cm³)	CO SIMPLE (Kpa)	COLAP. EDOM. (%)	HUM. NATURAL (%)	IND. HUEC.	CONT. CARB. (%)	PLASTICIDAD			GRANULOMETRÍA (% PASA)															
TERRENO	PROF. (m)	SOND.							LL	LP	IP	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08	
GRAV. LIMOS	19-19,6	1	2,45			6	64,4		25,1	18,4	6,7	100	63,7	25,8	25,8	14,9	14,9	14,9	14	12,9	12,4	11,7	11,4	10,5	10	9,2	
GRAV. LIMOS	18,8-19,4	2	1,89			12,49	66,5		29,9	20,1	9,8			100	87,5	78,1	69,6	55	49,2	39,6	35,9	27,6	24,7	18,9	16,1	14,3	
ARCL. LIMOS	18,2	3							31,2	23,9	7,4												100	99	95	91	85,1
LIMOS	19,6	3						97,75							100	85	80	76	74	73	72	68	66	63	61	58,9	
LIMOS	21	3						83,15								100	97	97	97	97	92	87	78	71	64,2		
GRAV. LIMOS	21,9	3						87,92	23,2	17	6,2	100	84	77	59	56	50	49	46	45	41	39	35	33	31,5		
LIMOS	22,6	3						87,36							100	90	90	83	82	80	78	74	71	68	67	62,4	

Figura 15 Resumen de los datos obtenidos en los ensayos para caracterización de la unidad UG-3

#### 4.2.3.1 Características de identificación y estado

##### 4.2.3.1.1 Granulometría

Se cuenta con siete (7) ensayos de granulometría, obteniéndose un contenido medio de finos (material que pasa por el tamiz 0,08 UNE) del 46%, contenido de arenas del 17%, y un contenido en gravas del 37%. El ensayo de Límites de Atterberg indica que la muestra presenta una plasticidad media.

Los valores del contenido de finos 0.08 UNE oscilan entre los siguientes valores:

0,08 UNE (%)	
Valor máximo	85,10
Valor mínimo	9,20
Valor medio	46,50

Tabla 10 Valores representativos de la granulometría de la unidad UG-3

Las curvas granulométricas obtenidas de los ensayos son las siguientes:

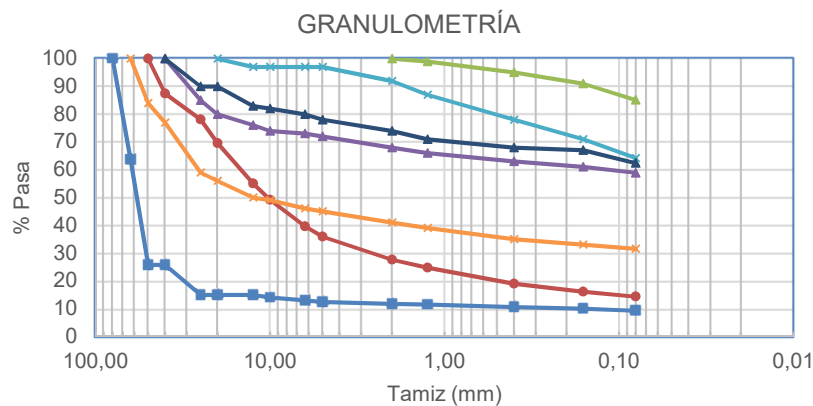


Figura 16 Curvas granulométricas de la unidad UG-3

#### 4.2.3.1.2 Plasticidad

De las 7 muestras analizadas, **3 de ellas han presentado plasticidad nula**, mientras, que 3 de ellas han presentado plasticidad baja y la restante media, con un valor medio del **Límite Líquido LL = 26,2**, siendo el **Índice de Plasticidad IP = 7,9**.

Los valores máximos y mínimos obtenidos han sido los siguientes:

VALOR	LÍMITES DE ATTERBERG		
	LL	LP	IP
Valor máximo	31,2	23,9	9,8
Valor mínimo	23,2	17	6,2
Valor medio	27,35	19,85	7,5

Los límites de Atterberg obtenidos se representan en el siguiente gráfico de Casagrande:

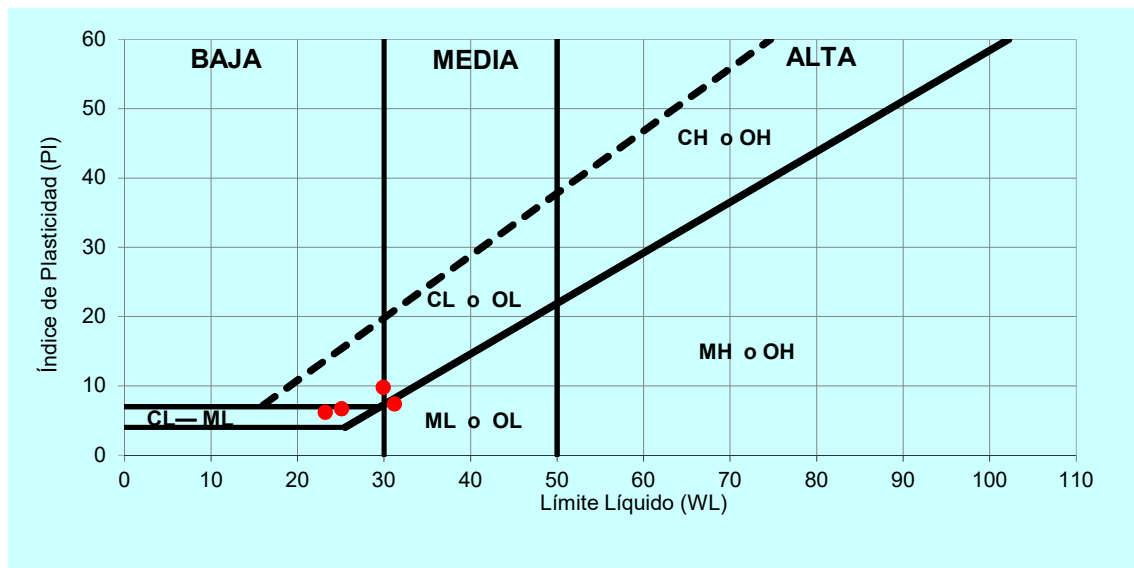


Figura 17 Límites de Atterberg obtenidos de los ensayos en la UG-2

#### 4.2.3.1.3 Ensayos de estado e Identificación

En 2 de las muestras tomadas se realizaron ensayos para determinar la humedad natural de esta unidad, obteniéndose valores máximos de 12,49% y mínimos de 6,00% con un valor medio del 9,24%.

Se dispone de 2 ensayos de densidad seca, en los que se observan valores comprendidos entre 2,45 y 1,89 t/m<sup>3</sup> con un valor medio de 2,17 t/m<sup>3</sup>.

VALOR	ESTADO	
	W <sub>nat</sub> (%)	γ <sub>d</sub> (t/m <sup>3</sup> )
Valor máximo	12,49	2,45
Valor mínimo	6,00	1,89
Valor medio	9,24	2,17

Con solo dos valores de ensayos se puede establecer una correlación lineal entre las diferentes propiedades.

Como puede observarse en los gráficos adjuntos, las muestras presentan una menor humedad a mayor profundidad natural.

La relación entre la humedad y la densidad es similar, observándose que la humedad decrece a medida que la muestra es más densa.

Se obtiene una correlación directa entre la densidad y la profundidad de la muestra, lo que viene a indicar que los depósitos más profundos tienen una mayor compactación.

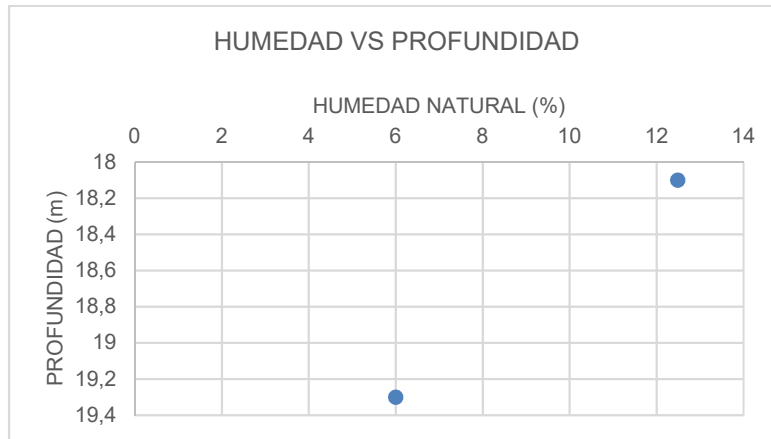


Figura 18 Relación humedad-profundidad de las muestras de la UG-3

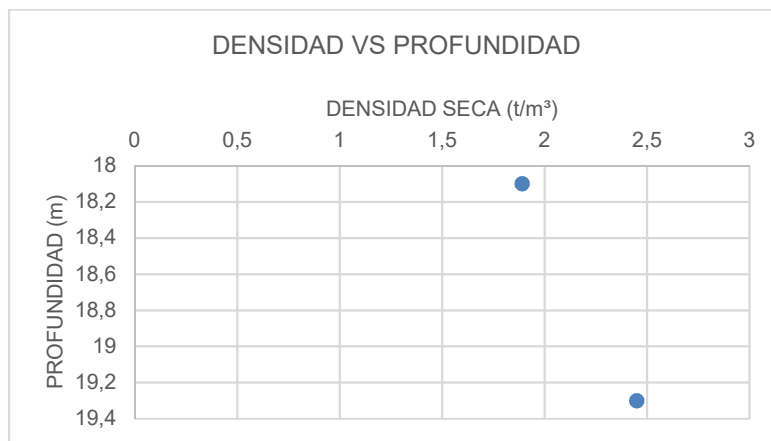


Figura 19 Relación densidad-profundidad de las muestras de la UG-3

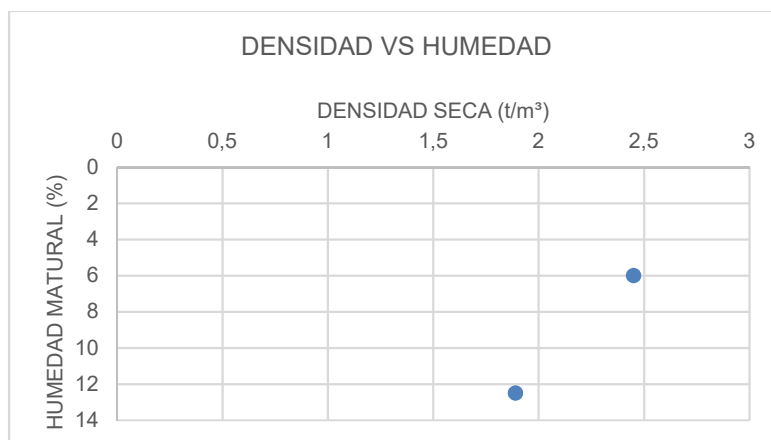


Figura 20 Relación densidad-humedad de las muestras de la UG-3

#### 4.2.3.1.4 Resistencia

Los valores de los ensayos SPT realizados en esta unidad, así como los valores de las muestras inalteradas muestran en casi todos los casos rechazo. Se considera ampliamente que este Rechazo es equivalente a NSPT = 50 golpes a efectos de cálculo.

Los golpes DPSH no logran superar tampoco esta unidad, ofreciendo un rechazo casi inmediato en el momento en que tocan esta litología.

#### 4.2.3.1.5 Módulo de elasticidad

Se cuenta con un ensayo presiométrico realizado en esta unidad geotécnica, que se resume en la siguiente tabla:

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	PRESIÓN LÍMITE (MPa)	MÓDULO PRESIOMÉTRICO (MPa)
3	16,4	4,83	5.405,4

Se deducen los siguientes valores del módulo presiométrico ( $E_p$ ) y presión límite (PL):

$$E_p = 5.405,4 \text{ MPa}$$

$$p_l = 4,83 \text{ MPa}$$

A partir de la presión límite se puede estimar la resistencia al corte sin drenaje según la siguiente expresión:

$$C_u = 0,67 * (p_l)^{0,75} \text{ (kPa)}$$

Deduciéndose el siguiente valor:

$$C_u = 386,55 \text{ kPa}$$

Por otra parte, a partir de la correlación entre el módulo presiométrico y el edométrico, y a su vez entre el edométrico y el módulo de deformación, se deduce el siguiente valor de este último:

$$E_p = 5.405,4 \text{ MPa} \rightarrow E = 9.027,1 \text{ MPa}$$

A partir de los resultados obtenidos se han considerado los siguientes parámetros resistentes:

- $C_u = 386,55 \text{ KPa}$
- $E = 9.027,1 \text{ MPa}$

### 4.3 AGRESIVIDAD DEL SUELO AL HORMIGÓN

#### 4.3.1 METODOLOGÍA

A la hora de realizar un proyecto de estas características un aspecto a tener en cuenta es el estudio de la agresividad del suelo, todo ello con el objeto de adoptar las medidas necesarias en el caso de que se presente esta circunstancia.

Para determinar la agresividad se ha seguido la Instrucción EHE del hormigón estructural vigente. En ella se prevén los tipos de exposición que recogen en las siguientes tablas:

Para el caso del suelo, atendiendo al contenido en mg de ión sulfato por kg de suelo seco y al grado de acidez Baumann-Gully:



ENSAYO (*)Estas condiciones no se dan en la práctica	TIPO DE EXPOSICIÓN			
	Ataque nulo	Ataque débil (Q <sub>a</sub> )	Ataque medio (Q <sub>b</sub> )	Ataque fuerte (Q <sub>c</sub> )
Grado Acides Baumann-Gully (ml/kg) según UNE 83.962	<200	>200	(*)	(*)
Ion Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo seco) según UNE 83.963	<2.000 (<0,2%)	2.000-3.000 (0,2-0,3%)	3.000-12.000 (0,3-1,2%)	>12.000 (>1,2%)

Tabla 11 Tipos de exposición según instrucción EHE

#### 4.3.2 AGRESIVIDAD DEL SUELO AL HORMIGÓN

Se ha analizado la agresividad del suelo en superficie mediante un ensayo, y este es el resultado:

Prof. (m)	Contenido de Sulfatos (% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Contenido de Sulfatos (mg/kg, ppm)	Acidez Baumann-Gully (ml/kg)
0,6	0,150	1498 ppm	0

De donde se comprueba que, de acuerdo con la tabla 8.2.3.b de la EHE-08, el terreno no es agresivo para el hormigón.