

INFORME GEOTECNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA MURO DE CONTENCIÓN EN EL LA CAÑADA

COMUNIDAD DE MADRID

Nº INFORME O/2005036

INFORME

COSLADA

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



Edición: nº0 Revisión: nº0

Fecha: Agosto de 2024

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



TÍTULO DEL DOCUMENTO: INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA MURO DE CONTENCIÓN EN EL LA CAÑADA

Edición número: 0 Fecha edición : Agosto de 2024
Revisión número: 0 Fecha revisión : Agosto de 2024
Edición y Revisión número: 1 Fecha revisión :
Edición y Revisión número: 2 Fecha revisión :
Edición y Revisión número: 3 Fecha revisión :

CONTROL DE CALIDAD

	Nombre	Firma	Fecha
Realizado por	Carlos Álvarez Calvo	 Carlos Álvarez Calvo	Agosto de 2024
Revisado	Isidro Ocete Ruiz		Agosto de 2024
Aprobado	Isidro Ocete Ruiz		Agosto de 2024

REGISTRO DE MODIFICACIONES

Edic./Rev.	Fecha	Responsable modificación	Secc./Párrafo Modificado	Modificación efectuada
0/0	Agosto de 2024	-	-	Edición inicial
0/1	Agosto 2024			Incluido micropilotaje

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

MEMORIA

1.-	INTRODUCCIÓN.....	1
2.-	ANTECEDENTES Y RECONOCIMIENTO.....	1
2.1.-	Documentación técnica y geotécnica previa.....	1
2.2.-	Características generales de la edificación prevista	2
2.3.-	Características generales del entorno de carácter geomorfológico y geotécnico.....	2
3.-	ENTORNO GEOGRÁFICO.....	4
4.-	TRABAJOS REALIZADOS	6
4.1.-	Reconocimientos de campo	6
4.2.-	Resultados de los ensayos de penetración dinámica	8
4.3.-	Ensayos de campo y laboratorio	9
5.-	GEOLOGÍA.....	11
6.-	SISMOLOGÍA	13
6.1.-	Introducción	13
6.2.-	Mapa de peligrosidad sísmica. Coeficiente de distribución.....	14
6.3.-	Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración sísmica básica.	15
7.-	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES.....	16
7.1.-	Nivel freático	18
7.1.-	UG.1 Rellenos de naturaleza antrópica.....	18
7.2.-	UG.2 Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	19
7.3.-	Muestras ensayadas en la UG-2.	20
7.3.1.-	Identificación	20
7.3.2.-	Ensayos químicos y agresividad en suelos.....	22
7.3.3.-	Parámetros de estado natural.....	22
7.3.4.-	Parámetros de resistencia	22
7.3.5.-	Ensayos de expansividad y colapso	23
8.-	AGRESIVIDAD	23
8.1.-	Valores obtenidos en muestras de suelos	24

9.-	EXPANSIVIDAD	24
9.1.-	Valores y cuantificaciones obtenidas.....	25
10.-	PERMEABILIDAD.....	26
10.1.-	Movimiento del agua libre	26
10.2.-	Factores que influyen en la permeabilidad	28
10.3.-	Valores obtenidos	29
11.-	DETERMINACIÓN DE LA EXCAVABILIDAD	29
11.1.-	Metodología	29
11.2.-	Evaluación de la excavabilidad	33
12.-	PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONADO DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN	34
12.1.-	Empujes activo, pasivo y en reposo	34
12.2.-	Ley de empujes unitarios	35
12.3.-	Módulo de balasto horizontal.....	36
13.-	SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN MEDIANTE MICROPILOTAJE.....	38
14.-	ZAPATAS Y ZAPATAS CORRIDAS	51
14.1.-	Cálculo de la presión admisible de servicio	55
15.-	RESUMEN Y CONCLUSIONES	58

ANEJOS

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

APENDICES

- APÉNDICE 1. HOJA DOCUMENTAL

1.- Introducción

El presente documento responde al **INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA MURO DE CONTENCIÓN EN EL LA CAÑADA** en **COSLADA** solicitado a **CEMOSA** por **COMUNIDAD DE MADRID**.

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

El objeto del presente estudio viene dado por la necesidad de determinar la tipología y las condiciones de cimentación para la construcción de un nuevo muro en la Avenida de Lisboa para sustituir al actual que presenta problemas de estabilidad. Corresponde al muro de la zona de huerto de la El la Cañada.

La longitud del nuevo muro será de 25 metros y una altura inferior a los dos metros. El muro actual se encuentra reteniendo tierras que corresponden a rellenos antrópicos, saturados. Se han cortado dos árboles de alto tallo, que posiblemente sus raíces afectasen a la estabilidad del muro existente.

La parcela actualmente presenta edificaciones menores, pudiéndose encontrar rellenos procedentes del recubrimiento de la tubería de saneamiento.

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

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

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

2.- Antecedentes y reconocimiento

2.1.- Documentación técnica y geotécnica previa

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

Tabla 1. Planos facilitados por el peticionario

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

2.2.- Características generales de la edificación prevista

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

Tabla 2. Características generales de la edificación

Tipología de edificación	Número de plantas de la edificación	
<input type="checkbox"/> Bloque de viviendas	Nº plantas sobre rasante	1
<input type="checkbox"/> Aislada, adosada o pareada	Nº sótanos	0
<input checked="" type="checkbox"/> Otra: muro de contención	<input type="checkbox"/> Semisótano	
<input type="checkbox"/> No determinada	<input type="checkbox"/> No determinado	
Tipología de estructura	Tipología de forjados	
<input type="checkbox"/> Hormigón armado	<input type="checkbox"/> Reticular	
<input type="checkbox"/> Metálica	<input type="checkbox"/> Unidireccional	
<input type="checkbox"/> Otra:	<input checked="" type="checkbox"/> No determinada	
<input checked="" type="checkbox"/> No determinada		

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

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

Tabla 3. Experiencia previa en la zona

Problemas geotécnicos habituales en la zona
<input type="checkbox"/> Suelos blandos
<input type="checkbox"/> Suelos potencialmente colapsables
<input type="checkbox"/> Suelos potencialmente expansivos
<input checked="" type="checkbox"/> Rellenos antrópicos o artificiales
<input type="checkbox"/> Restos de edificios y otras construcciones

Tabla 3. Experiencia previa en la zona

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

Nivel piezométrico en la zona

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

Tipologías de cimentación habituales en la zona

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

Tabla 4. Rasgos geomorfológicos

Morfología	Rellenos antrópicos
<input checked="" type="checkbox"/> Plana	<input type="checkbox"/> Ausencia
<input type="checkbox"/> Alomada	<input type="checkbox"/> Superficiales (< 1 m.)
<input type="checkbox"/> Abrupta (pendientes > 15%)	<input checked="" type="checkbox"/> Medios (de 1 a 5 m.)
<input type="checkbox"/> Montañosa (pendientes > 30%)	<input type="checkbox"/> Potentes (> 5 m.)
Taludes y excavaciones	Indicios de patologías
<input checked="" type="checkbox"/> Ausencia	<input type="checkbox"/> Ausencia
<input type="checkbox"/> Alturas < 5 m.	<input type="checkbox"/> Inestabilidad en taludes

Tabla 4. Rasgos geomorfológicos

<input type="checkbox"/> Alturas de 5 a 10 m.	<input type="checkbox"/> Desprendimientos
<input type="checkbox"/> Alturas de 10 a 15 m.	<input type="checkbox"/> Colapsos y/o dolinas
<input type="checkbox"/> Alturas > 15 m.	<input checked="" type="checkbox"/> Patologías de estructuras
<input type="checkbox"/> Presencia de elementos de contención	<input type="checkbox"/> Fallos en elementos de contención
Hidrología superficial	Interacción con otros edificios
<input checked="" type="checkbox"/> Ausencia	<input type="checkbox"/> Edificio medianero sin sótanos
<input type="checkbox"/> Alturas < 5 m.	<input type="checkbox"/> Edificio medianero con sótanos
<input type="checkbox"/> Alturas de 5 a 10 m.	<input checked="" type="checkbox"/> Vial perimetral ya construido
<input type="checkbox"/> Alturas de 10 a 15 m.	<input type="checkbox"/> Muro perimetral ya construido

3.- Entorno geográfico

La zona estudiada se sitúa en el término municipal de COSLADA.

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

Tabla 5. Coordenadas aproximadas UTM

UTM	
X	Y
453.760	4.474.035
Nota: Huso UTM: 30, Zona: S, Datum: WGS84.	

El área de actuación corresponde a la parcela ubicada en la Avenida de Lisboa en el municipio de Coslada.

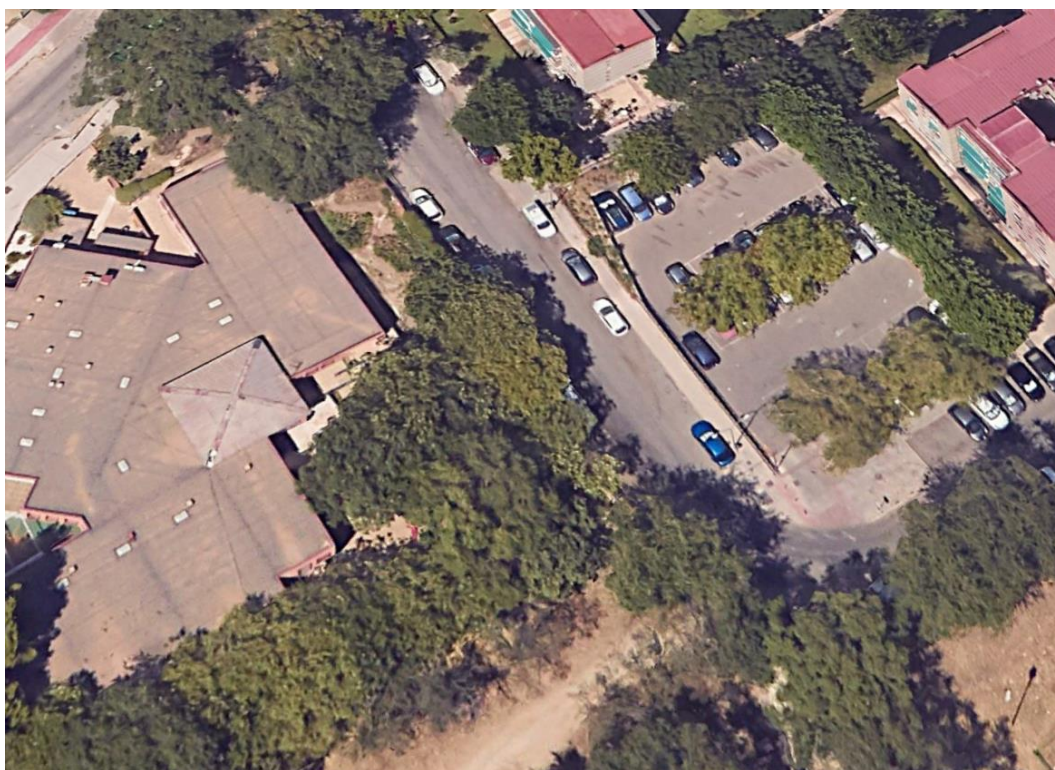


Figura Nº1. Localización de la zona de actuación.

Observando la ortofoto histórica más antigua que se dispone, del vuelo americano 56-57, y comparándola con una imagen más o menos actual, se puede apreciar que el área de interés era una zona de cultivo, con la presencia de varios arroyos.



Figura Nº2. Comparación de la ortofoto del 56-57 con situación actual.

La siguiente imagen disponible es de fecha del 1997. Aquí el complejo urbanístico de las inmediaciones ya se encuentra desarrollado.



Figura Nº3. Comparación de la ortofoto del 1997 con situación actual.

La siguiente imagen disponible es de fecha del 2000. Aquí el área de actuación ya tiene un aspecto más parecido al actual.



Figura Nº4. Comparación de la ortofoto del 2000 con situación actual.

4.- Trabajos realizados

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

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

4.1.- Reconocimientos de campo

Los trabajos de campo realizados se definen a continuación.

Tabla 6. Trabajos de campo

Tipo	Unidades	Profundidad mínima alcanzada (m.)	Profundidad máxima alcanzada (m.)
Sondeos mecánicos con recuperación de testigo	1	9,20	9,20
Sondeos a penetración dinámica	2	5,20	9,00

Los sondeos mecánicos a rotación consisten en la ejecución de perforaciones de pequeño diámetro, generalmente de 65 y 140 mm que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna con ensayos geotécnicos de penetración y extracción de muestras inalteradas, en los casos que es posible. Las perforaciones se realizaron con una sonda modelo TECOINSA TP30.

El ensayo de penetración dinámica (DPSH) consiste en la hincas de una puntaza de sección cónica de 20 cm² acoplada a un varillaje de 32 mm de diámetro, mediante golpes propinados por una maza de 63.5 kg que cae desde una altura de 75 cm, impactando sobre una cabeza o “yunque” rígidamente unido al varillaje. El aparato empleado en la realización de estos ensayos fue un penetrómetro modelo TECOINSA TP30.

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

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



Figura Nº 1.- Imagen de la ejecución del sondeo mecánico y rotativo con extracción continua de testigo referido como S-01.



Figura Nº 2.- Trabajos para la realización de la penetración dinámica, tipo DPSH, referida como P-02.

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

4.2.- Resultados de los ensayos de penetración dinámica

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

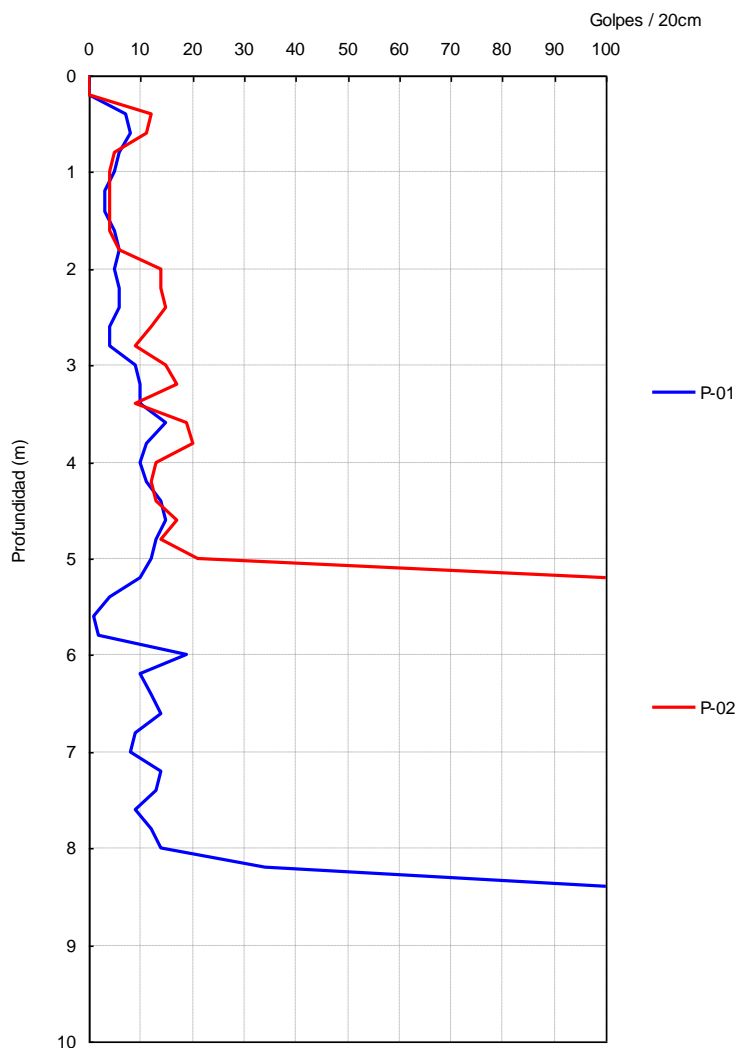


Figura Nº 3.- Registro de los ensayos de penetración dinámica realizados.

4.3.- Ensayos de campo y laboratorio

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

Tabla 7. Ensayos y Trabajos de campo

Ensayo	unidades	norma
Ensayo de penetración estándar (SPT)	3	UNE 103800
Testigo parafinado	1	ASTM D6640-01

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

Tabla 8. Trabajos de laboratorio

Ensayo	unidades	norma
Clasificación USCS	3	ISSMGE

Tabla 8. Trabajos de laboratorio

Ensayo	unidades	norma
Análisis granulométrico por tamizado	3	UNE 103101
Determinación de los límites de Atterberg	3	UNE 103103 - 104
Determinación de humedad natural	1	UNE 103300
Determinación de peso específico aparente	1	UNE 103301
Ensayo de corte directo con drenaje	1	UNE 103401
Determinación de la presión de hinchamiento	1	UNE 103602
Determinación del contenido en sulfatos	1	UNE 103202
Determinación del grado de acidez Baumann-Gully	1	EHE
Análisis de agresividad del agua según EHE	1	EHE

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

Tabla 9. Valores de consistencia o compacidad

Muestra			Consistencia o Compacidad					
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Golpeo/15cm					
							N30 MI	N30 SPT
			V1	V2	V3	V4		
S-01	SPT	3,00	4	4	6	6		10
S-01	SPT	6,00	R					R
S-01	SPT	9,00	29	R				R

Tabla 10. Ensayos de identificación

Muestra			Identificación											
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Granulometría							L. Atterberg				Clasificación USCS
			20 mm.	5 mm.	2 mm.	0,4 mm.	0,08 mm.	Grava (>2mm) %	Arena (2-0,08mm) %	Finos (<0,08mm) %	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad	
S-01	TP	5,30	100,00	98,10	94,60	79,50	74,80	5,40	19,80	74,80	41,40	22,40	19,00	CL
S-01	SPT	6,00	100,00	99,50	93,20	49,80	39,40	6,80	53,80	39,40	0,00	0,00	0,00	SM
S-01	SPT	9,00	100,00	95,70	89,30	60,00	48,70	10,70	40,60	48,70	34,60	27,30	7,30	SM

Tabla 11. Valores de ensayos químicos

Muestra			Ensayos Químicos					
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Mat.Orgánica %	Sulfatos (SO3) %	Sulfatos (SO4) mg/Kg	A.Baumann-Gully ml/kg	Contenido en yesos %	Sales Solubles %
S-01	SPT	6,00		4,84		27,72		

Tabla 12. Ensayos de definición del estado natural y resistencia

Muestra			Parámetros de estado natural				Resistencia							
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra					RCS Kpa			Con Drenaje			Sin Drenaje	
			P.Específico kN/m3	Densd.Seca kN/m3	Densd.Aparente kN/m3	Humedad %				Corte Directo / Triaxial	Ang. Rozamiento Efectivo °	Cohesión Efectiva Kpa	Corte Directo / Triaxial	Ang. Rozamiento sin drenaje °
S-01	SPT	6,00		14,80	18,30	23,40		C-CD	22,20	77,00				

Tabla 13. Ensayos de expansividad/colapso y Compactación

Muestra			Expansividad y Colapso					Compactación				
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Edómetro		Presión de Hinchamiento Kpa	Hinchamiento Libre %	Clasificación Lambe	Asiento Ensayo Colapso %	Proctor		Indice CBR	
			eo	Presión de Preconsolidación Kpa					Densidad Máxima kN/m3	Humedad óptima %	C.B.R. 100%	C.B.R. 95%
S-01	SPT	6,00			7,85							

5.- Geología

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

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

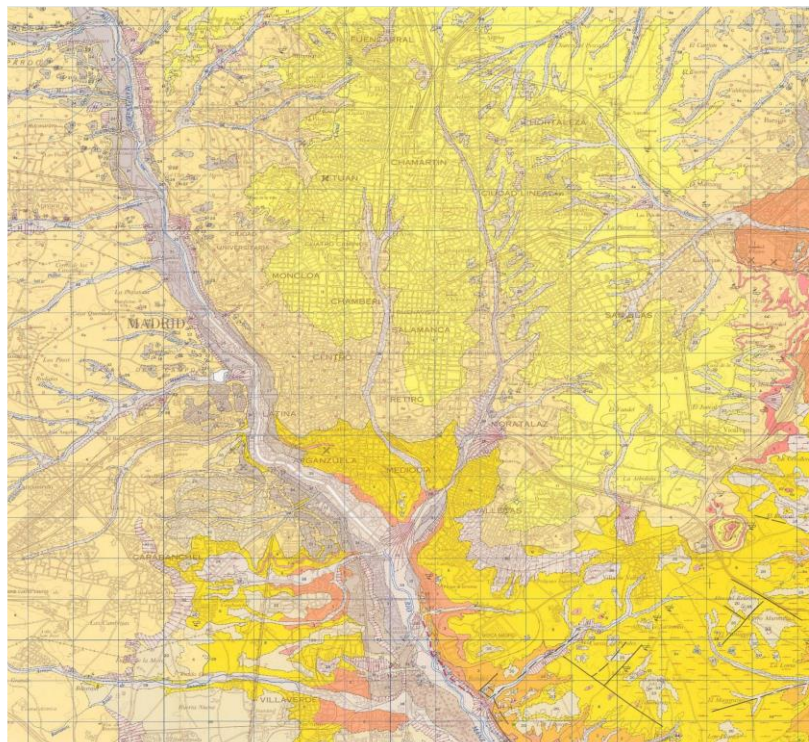


Figura Nº 4.- Mapa geológico donde se sitúa el área estudiada en el término municipal de COSLADA. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.

La zona objeto de estudio se halla enclavada en las regiones centrales de la llamada fosa del Tajo, rellena de sedimentos mesozoicos, paleógenos y neógenos de carácter continental desde hace más de 30 millones de años. Estos se disponen de manera horizontal a subhorizontal.

Al Noroeste de la zona se extiende el Sistema Central que se establece como la más importante fuente de sedimentos que irán a parar a la fosa; al Norte se localiza el Sistema Ibérico que también aporta sedimento. Por último, al oeste y al Sur, se localizan la Sierra de Altomira y los Montes de Toledo con escasa influencia.

Durante el Mioceno se configuran las líneas maestras del relieve de la región generándose los marcos montañosos que la delimitan y en donde se instalará la red fluvial cuaternaria y con ella el río Henares. El proceso, que se produce durante la orogenia alpina, se inicia en el Cretácico continuando durante el Paleógeno y tiene su máxima expresión en el Neógeno. Comienza reorganizando una antigua superficie de erosión sobre materiales paleozoicos, y en un régimen compresivo, se va rompiendo dando lugar a una morfología constituida por horst y fosas o graben.

Los materiales miocenos se depositaron bajo un medio del tipo abanico aluvial-lacustre en régimen endorreico. Así, cerca de los bordes montañosos las facies son predominantemente detríticas, y a medida que nos alejamos de los bordes pasan a ser arenas progresivamente más finas. En las regiones centrales de la cuenca se identifican

sedimentos lacustres y palustres con formación de rocas margosas, evaporíticas y carbonatadas.

En el Plioceno se culmina el relleno de la cuenca y se inicia el exorreísmo en la región al experimentar la meseta un basculamiento hacia el Sursuroeste. Durante el Plioceno superior y en el tránsito plio-cuaternario se genera la Raña, marcando el inicio del establecimiento y desarrollo de las redes fluviales cuaternarias.

El Cuaternario marca el inicio del vaciado de la cuenca, así la red fluvial se desarrolla encajándose en los materiales terciarios y pliocenos evacuando estos fuera de la depresión. El proceso se inicia en el tránsito plio-cuaternario cuando se producen dislocaciones tectónicas, basculamientos y cambios climáticos. Este retroceso continuo conforma un valle fluvial típicamente asimétrico, destacando en el margen derecho un relieve más suave constituido por una sucesión de terrazas formadas por gravas y arenas de composición principalmente cuarcítica.

Los materiales que caracterizan la zona objeto de estudio son depósitos marinos formados por arenas algo limosas, limos arcillosos con indicios de arenas y algunos bioclásticos con intercalación de arenas uniformes y margas con abundantes restos bioclásticos de color gris del Andaluciense-Plioceno.

6.- Sismología

6.1.- Introducción

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

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

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

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

Sus capítulos se ordenan como sigue:

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

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

- ➊ En un primer paso se establece el modelo estructural adecuado. A partir de las características geométricas, los materiales y la configuración de la estructura del modelo se construyen las matrices de masa, amortiguación y rigidez de acuerdo a las convenciones habituales del análisis dinámico. A partir de esas matrices se puede determinar gracias al análisis modal espectral las frecuencias propias de la estructura y sus modos propios. El movimiento oscilatorio de la estructura se representa de hecho como un movimiento armónico compuesto, que en general no será periódico.
- ➋ A partir de la ubicación de la estructura, las propiedades del terreno y la zonificación sísmica asociada a la norma se estiman unas aceleraciones típicas impuestas por el terreno y recogidas en los espectros elásticos de respuesta.
- ➌ A continuación la combinación de la solicitación sísmica resumida en los espectros de respuesta y las características de respuesta del terreno resumidas en las frecuencias y modos propios de la estructura, se determinan las fuerzas sísmicas equivalentes sobre el edificio. Posteriormente, estas fuerzas son reducidas en función de la ductilidad de la estructura.

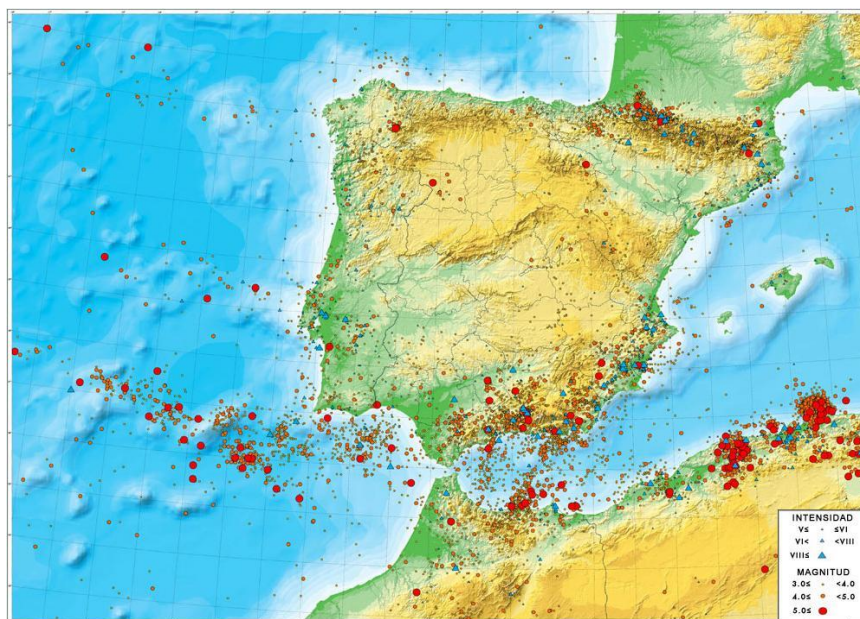


Figura Nº 5.- Magnitud y profundidad de los principales sismos en la zona. Ministerio de Fomento Subsecretaría. Dirección General del Instituto Geográfico.

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

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra el coeficiente de contribución K, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

El valor obtenido es el siguiente:

Tabla 14. Coeficiente de distribución

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

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

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica, a_b –un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno.

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

El valor obtenido es el siguiente:

Tabla 15. Aceleración sísmica básica

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

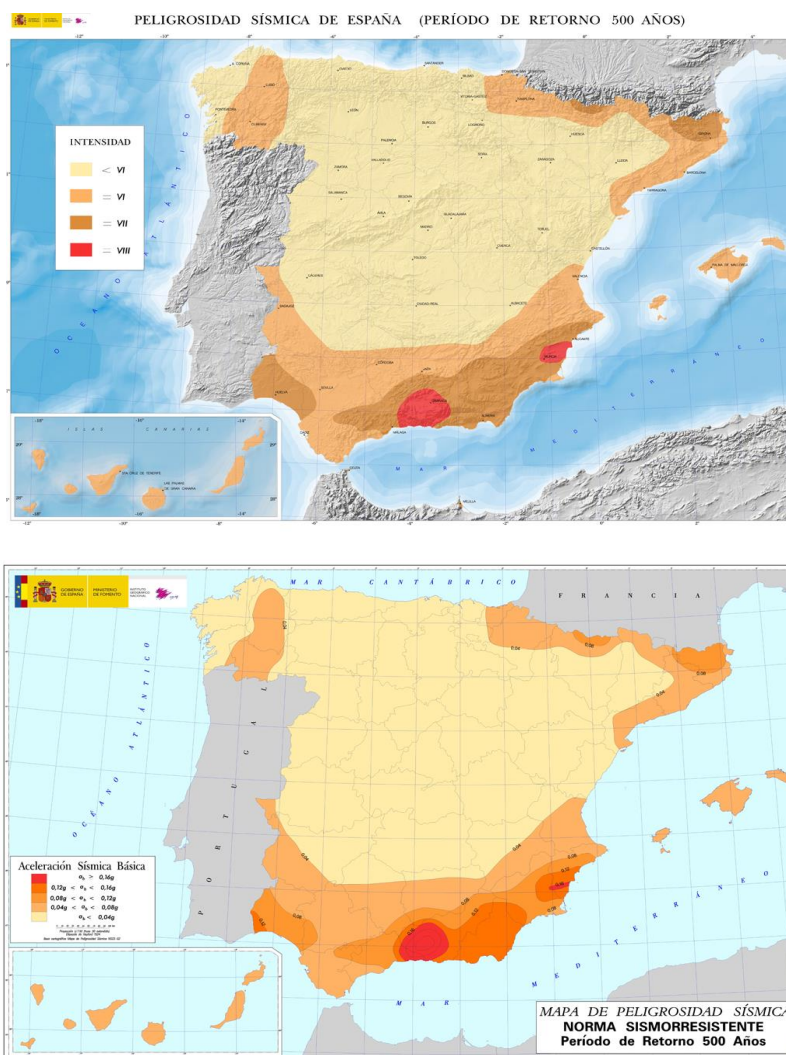


Figura Nº 6.- Peligrosidad sísmica de España (Periodo de retorno 500 años). Intensidad y aceleración sísmica básica.

7.- Caracterización geológica y geotécnica de los materiales

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

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

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

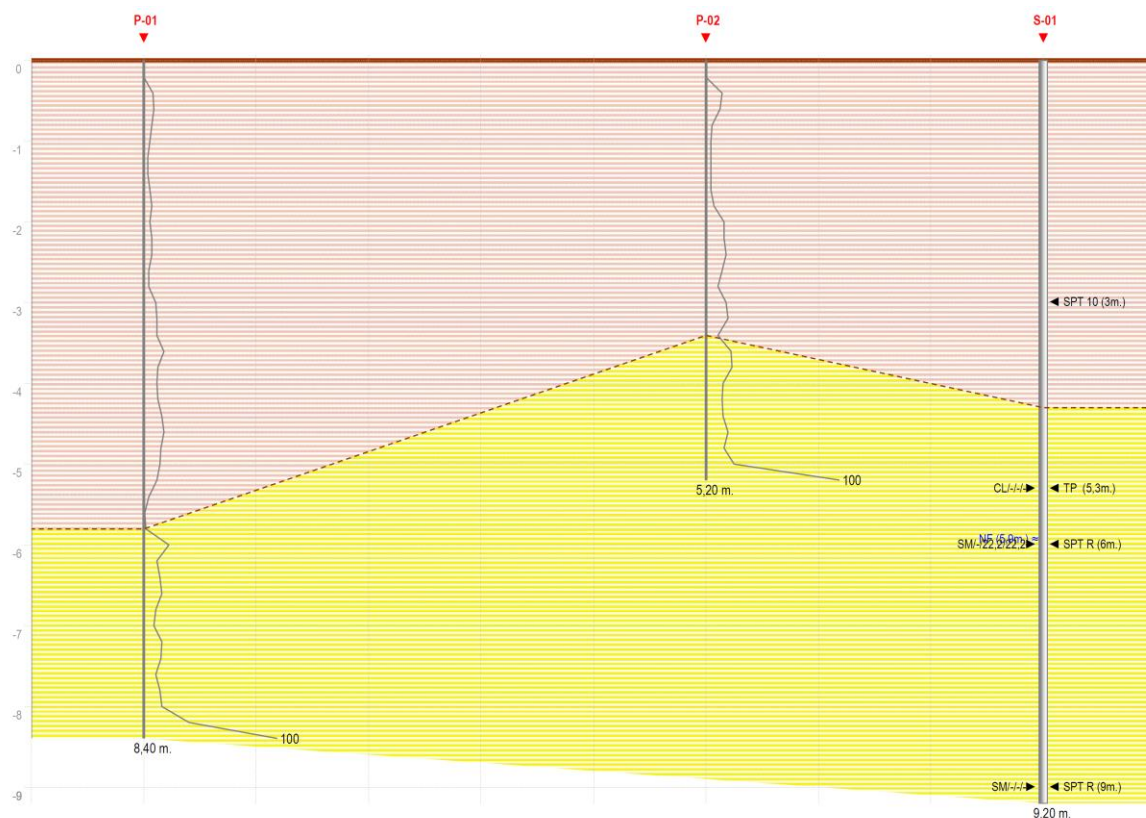
- 🕒 Litologías.
- 🕒 Clasificaciones de los materiales.
- 🕒 Características geotécnicas.
- 🕒 Situación del nivel freático.
- 🕒 Obtención del perfil geotécnico.
- 🕒 Niveles geotécnicos.
- 🕒 Espesor de tierra vegetal y rellenos.


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

Tabla 16. Modelo estratigráfico establecido.

<i>Nivel</i>	<i>Material</i>	<i>Desde (m.)</i>	<i>Hasta (m.)</i>
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	0,00	5,80
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	5,80	-

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



 Rellenos de naturaleza antrópica


 Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad

Figura Nº 7.- Perfil esquemático.

7.1.- Nivel freático

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

Se ha detectado el nivel freático en el sondeo S-01 a la profundidad de -5,90 m.

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

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

7.1.- UG.1 Rellenos de naturaleza antrópica

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

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

Tabla 17. Distribución y potencia del nivel estudiado.

	S-01	P-01	P-02
UG-01	4,30	5,80	3,40
UG-02	4,90	2,60	1,80

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 0,00 m. a techo y 5,80 m. a muro.

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

7.2.- UG.2 Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad

La UG.2 esta formada por Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad, según los trabajos de campo y laboratorio realizados, junto con el seguimiento realizado en gabinete.

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

Tabla 18. Distribución y potencia del nivel estudiado.

	S-01	P-01	P-02
UG-01	4,30	5,80	3,40
UG-02	4,90	2,60	1,80

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 5,80 m. a techo y hasta la máxima profundidad reconocida.

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

Tabla 19. Toma de Muestras. Ensayos de Consistencia o Compacidad

Recon.	Tipo Muestra	Prof. (m.)	N(1)	N(2)	N(3)	N(4)	N30 (MI)	N30 (SPT)
S-01	TP	5,30						
S-01	SPT	6,00	R					R
S-01	SPT	9,00	29	R				R

7.3.- Muestras ensayadas en la UG-2.

7.3.1.- Identificación

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

Tabla 20. Valores granulométricos

Recon.	Prof. (m.)	Diámetro (mm.)				
		20,00	5,00	2,00	0,40	0,08
S-01	5,30	100,00	98,10	94,60	79,50	74,80
S-01	6,00	100,00	99,50	93,20	49,80	39,40
S-01	9,00	100,00	95,70	89,30	60,00	48,70

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

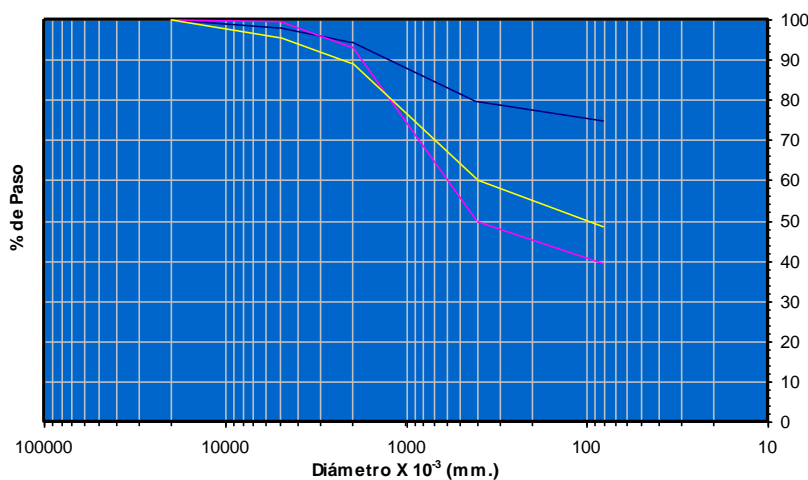


Figura Nº 8.- Distribución de curvas granulométricas.

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

Tabla 21. Límites de Atterberg

Recon.	Prof. (m.)	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad
S-01	5,30	41,40	22,40	19,00
S-01	6,00	0,00	0,00	0,00
S-01	9,00	34,60	27,30	7,30

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

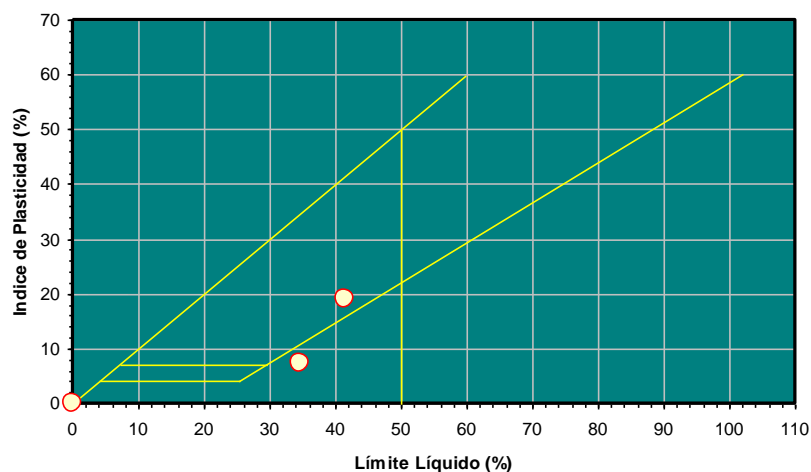


Figura Nº 9.- Carta de Casagrande.

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

**Tabla 22. Valores estadísticos
Límites de Atterberg**

	<i>L. Líquido</i>	<i>I. Plasticidad</i>
<i>Mínimo (%)</i>	0,00	0,00
<i>Máximo (%)</i>	41,40	19,00
<i>Media (%)</i>	25,33	8,77
<i>Desviación</i>	22,20	9,58
<i>Nº de ensayos</i>	3	3

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

**Tabla 23. Clasificación
(Sistema Unificado de
Clasificación de Suelos)**

<i>Recon.</i>	<i>Prof. (m.)</i>	<i>Clasificación</i>
S-01	5,30	CL
S-01	6,00	SM
S-01	9,00	SM

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

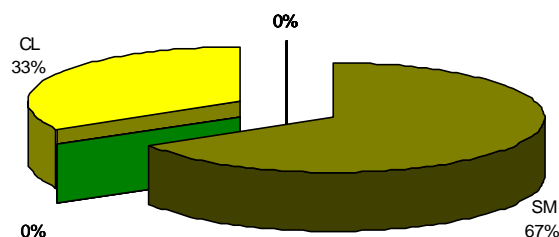


Figura N° 10.- Clasificación.

7.3.2.- Ensayos químicos y agresividad en suelos

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

Tabla 24. Valores estadísticos de ensayos químicos

	M. Orgánica (%)	Sulfatos (SO3) (%)	Sulfatos (SO4) mg/Kg	A. Baumann- Gully	Yesos (%)	Sales Solubles (%)	Carbonatos (CO3) (%)
Valores	-	4,84	-	27,72	-	-	-

7.3.3.- Parámetros de estado natural

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

Tabla 25. Valores obtenidos de estado natural

Recon.	Prof. (m.)	Peso Específico (kN/m3)	Densidad seca (kN/m3)	Densidad aparente (kN/m3)	Humedad (%)
S-01	6,00		14,80	18,30	23,40

7.3.4.- Parámetros de resistencia

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

Tabla 26. Valores obtenidos en los ensayos de resistencia ejecutados. *Nota: C (Corte Directo). T (Triaxial). CD (Ensayos consolidados y drenados). CU (Ensayos consolidados y sin drenar). UU (Ensayos sin consolidar y sin drenar).

Recon.	Prof. (m.)	Comp.Simple (KPa)	Ensayos con Drenaje			Ensayos sin Drenaje		
			Tipo de ensayo	Ang.roz. Efectivo	Coh.Efect. (Kpa)	Tipo de ensayo	Ang.roz. sin drenaje	Coh.sin dren.(Kpa)
S-01	6,00		C-CD	22,20	77,00			

Se detalla, en la siguiente figura, los valores de cohesión efectiva y ángulo de rozamiento, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo. En este gráfico se representa, según la ley de Coulomb, la resistencia a la tensión tangencial, a lo largo de un plano de deslizamiento que es igual a la cohesión más el valor de la presión normal en dicho plano, multiplicado por la tangente del ángulo de rozamiento.

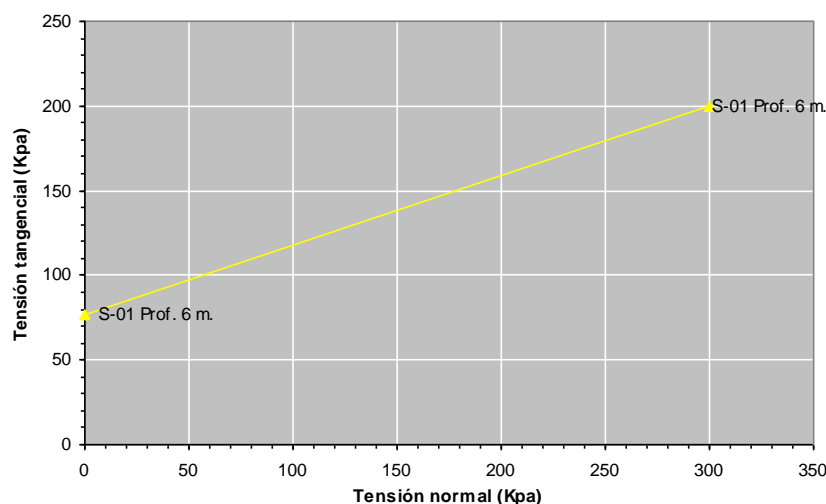


Figura Nº 11.- Gráfico de tensión normal frente tensión tangencial.

7.3.5.- Ensayos de expansividad y colapso

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

Tabla 27. Valores obtenidos en los ensayos de laboratorio

Recon.	Prof. (m.)	eo (ind. poros)	Presion preconsolid. (Kpa)	P.Hincham. (Kpa)	Hincham. libre (%)	Clasif. Lambe	Asiento en colapso (%)
S-01	6,00			7,85			

8.- Agresividad

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

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

Tabla 28. Tipo de exposición.

Tipo de medio agresivo	Parámetros	Tipo de exposición		
		XA1 Ataque débil	XA2 Ataque medio	XA3 Ataque fuerte
Agua	Valor del PH, según UNE 83.952	6,5-5,5	5,5-4,5	< 4,5
	CO ₂ Agresivo (mg CO ₂ /l), según UNE- EN 13.577	15- 40	40- 100	> 100
	Ión Amonio (mg NH ₄ ⁺ /l), según UNE 83.954	15- 30	30- 60	> 60
	Ión Magnesio (mg Mg ²⁺ /l), según UNE 83.955	300- 1000	1000- 3000	> 3000

Tabla 28. Tipo de exposición.

Tipo de medio agresivo	Parámetros	Tipo de exposición		
		XA1	XA2	XA3
		Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
	Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l), según UNE 83.956	200- 600	600- 3000	> 3000
	Residuo Seco (mg/l), según UNE 83.957	75- 150	50- 75	< 50
Suelo	Grado de Acidez Baumann-Gully (ml/kg), según UNE 83.962	> 200	(*)	(*)
	Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ / kg de suelo seco), según UNE 83.963	2000- 3000	3000- 12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

8.1.- Valores obtenidos en muestras de suelos

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

Tabla 29. Tipos de exposición obtenidos.

Unidad Geotécnica	Definición	Tipo de exposición
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	-
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	No agresivo

9.- Expansividad

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

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

Los criterios de peligrosidad más aceptados son los siguientes:

Tabla 30. Criterios de peligrosidad según Jiménez Salas.

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

Tabla 31. Criterios de peligrosidad según Chen.

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

9.1.- Valores y cuantificaciones obtenidas

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

Tabla 32. Valoración de la expansividad.

Unidad Geotécnica	Definición	Criterio de peligrosidad
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	-
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	Marginal

10.- Permeabilidad

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

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

10.1.- Movimiento del agua libre

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

Definamos los siguientes términos:

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

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

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

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

Principio de Bernoulli.

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

Ley de Darcy

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

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

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

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

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

$$I_p = i \cdot Y_w$$

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

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

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

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

$$v = k \cdot i \text{ Ley de Darcy}$$

Limitaciones de la Ley de Darcy

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

$$i < 0.4 \text{ en arenas densas } i < 0.2 \text{ en arenas sueltas}$$

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

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

Coeficiente de permeabilidad (k)

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

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

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

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

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

10.2.- Factores que influyen en la permeabilidad

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

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

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

Tabla 33. Valores relativos de permeabilidad (Según Terzaghi y Peck)
Permeabilidad relativa valores de k Suelo típico (cm/seg)..

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

Tabla 34. Valores relativos de permeabilidad en función del tipo de material.

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

Tabla 35. Valores relativos de permeabilidad en función del tipo de material.

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

10.3.- Valores obtenidos

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

Tabla 36. Valores de permeabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	K (m/seg)
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	-
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	10^{-5} - 10^{-9} m/s

11.- Determinación de la excavabilidad

11.1.- Metodología

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

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

**Tabla 37. Correlación de varios indicadores para la excavabilidad del terreno.
Modificada del National Engineering Handbook**

Resistencia del terreno	Descripción	Velocidad sísmica (m/s)	Potencia necesaria (Hp)
Suelo cohesivo muy blando a firme o suelo granular de densidad muy suelta a media	Excavación manual	< 600	-
Suelo cohesivo firme o suelo granular denso en transición a roca muy blanda o dura. Material con aspecto de roca	Maquinaria común	600-1500	≥ 100
Roca blanda a moderadamente blanda	Ripado fácil	1500-2100	≥ 150
Roca moderadamente dura a dura	Ripado difícil	2100 - 2450	≥ 250
Roca muy dura	Ripado muy difícil	2450 - 2750	≥ 350
Roca extremadamente dura	Ripado extremadamente difícil o voladura	>3000	≥ 500

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

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

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

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

- Fábrica: Las rocas de grano grueso se ripan más fácilmente que las de grano fino.

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

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

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

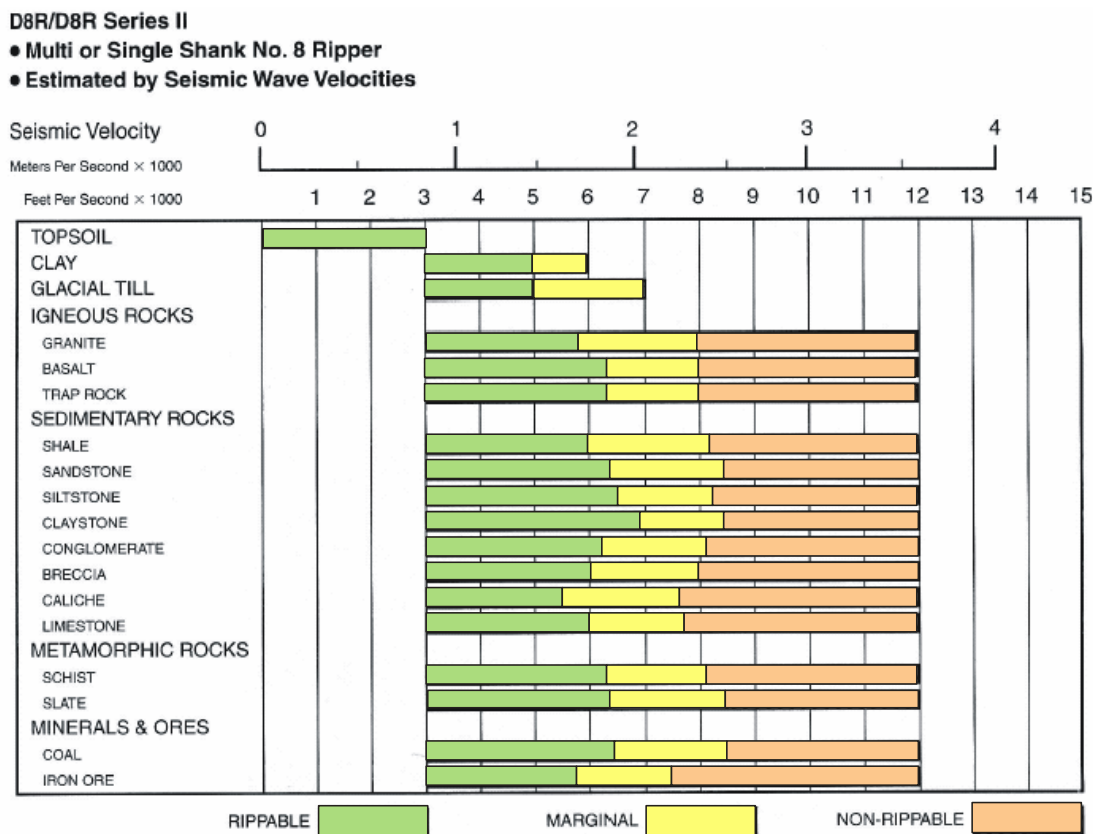


Figura Nº 12.- Ejemplo de gráfico de ripabilidad de Caterpillar para un bulldozer tipo D8.

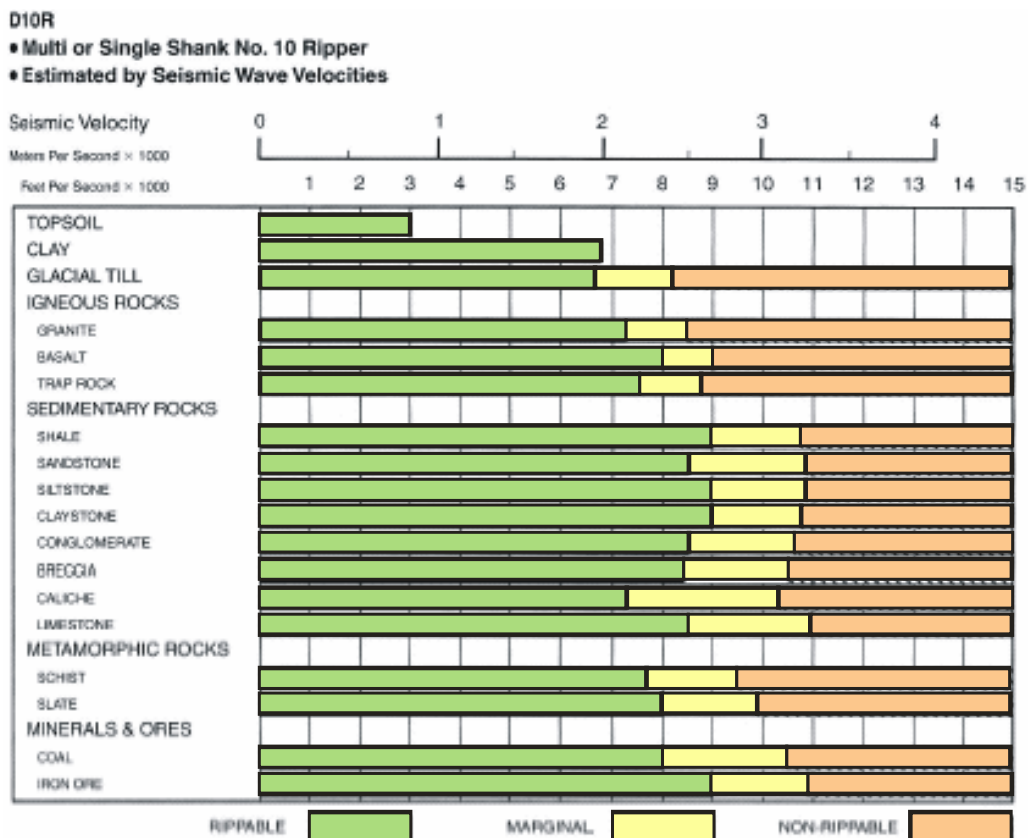


Figura Nº 13.- Ejemplo de gráfico de ripabilidad de Caterpillar para un bulldozer tipo D10.

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

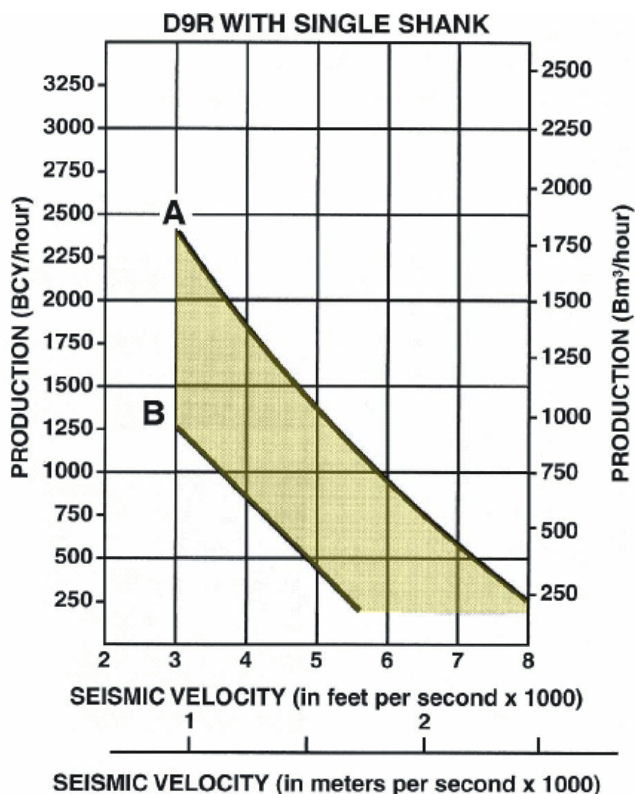


Figura Nº 14.- Ejemplo de gráfico de productividad de Caterpillar para un bulldozer tipo D9.

11.2.- Evaluación de la excavabilidad

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

Tabla 38. Excavabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	Excavabilidad
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	Maquinaria común
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	Maquinaria común

12.- Parámetros para el dimensionado de elementos de contención

12.1.- Empujes activo, pasivo y en reposo

El cálculo de empujes sobre estructuras de contención debe realizarse a largo plazo y por lo tanto deben utilizarse parámetros drenados del terreno, que son los ofrecidos en la siguiente tabla:

Tabla 39. Parámetros para estructuras de contención

<i>Peso Específico efectivo</i>	<i>Cohesión efectiva</i>	<i>Angulo rozamiento efectivo</i>	<i>Unidad geotécnica</i>
γ KN/m ³	c' KPa	ϕ' °	-
18,00	0,00	18,00	Rellenos de naturaleza antrópica
18,00	15,00	22,00	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad

γ' (peso específico efectivo), c' (cohesión efectiva) y ϕ' (ángulo de rozamiento interno efectivo)

Para el cálculo de empujes efectivos pueden adoptarse los valores definidos por las expresiones contenidas en la tabla siguiente:

Tabla 40. Definición de parámetros para empujes sobre estructuras de contención

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	<i>Expresión</i>
σ'_a	Empuje unitario activo	$\sigma'_a = K_A \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_A}$
σ'_{ah}	Componente horizontal del empuje unitario activo	$\sigma'_{ah} = \sigma'_a \cdot \sin(\beta + \delta)$
σ'_p	Empuje unitario pasivo	$\sigma'_p = K_P \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_P}$
σ'_{ph}	Componente horizontal del empuje unitario pasivo	$\sigma'_{ph} = \sigma'_p \cdot \sin(\beta - \delta)$
σ'_v	Presión vertical efectiva	$\sigma'_v = \gamma z$
z	Altura del punto considerado respecto a la rasante del terreno en su acometida al muro	-

Tabla 40. Definición de parámetros para empujes sobre estructuras de contención

Variable	Definición	Expresión
γ'	Peso específico efectivo del terreno o relleno del trasdós	-
c'	Cohesión efectiva del terreno o relleno del trasdós	-
ϕ'	Ángulo de rozamiento interno efectivo del terreno o relleno del trasdós	-
β	Inclinación del paramento del trasdós	
i	Inclinación de la superficie del trasdós	
δ	Ángulo de rozamiento entre el muro y el terreno o relleno del trasdós	
K_a	Coefficiente de empuje activo	$K_A = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \sin(\beta - \phi')}{\sqrt{\sin(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\sin(\beta - i)}}} \right]^2$
K_p	Coefficiente de empuje pasivo	$K_P = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \sin(\beta + \phi')}{\sqrt{\sin(\beta - \delta)} - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' + i)}{\sin(\beta - i)}}} \right]^2$
K_0	Coefficiente de empuje en reposo	$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot (R_{oc})^{3/2}$
R_{oc}	Razón de sobreconsolidación	$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot (R_{oc})^{3/2}$

12.2.- Ley de empujes unitarios

El empuje del terreno sobre la estructura de contención es la suma del empuje efectivo de la fase sólida del terreno más el empuje del agua.

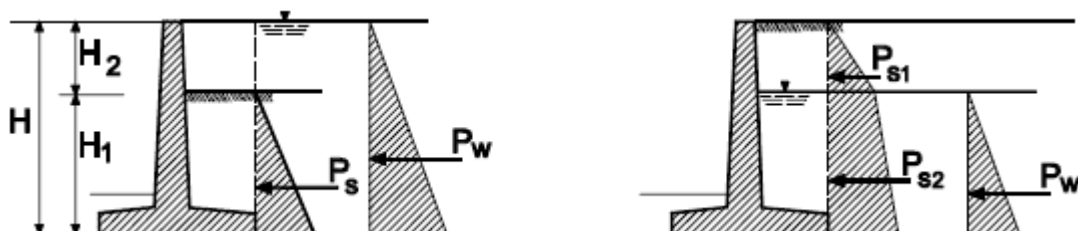


Figura Nº 15.- Empujes del terreno y del agua con trasdós vertical y superficie del terreno horizontal

La ley de empujes unitarios obedece a la siguiente expresión:

$$\sigma_h = K \cdot \sigma'_z + u_z$$

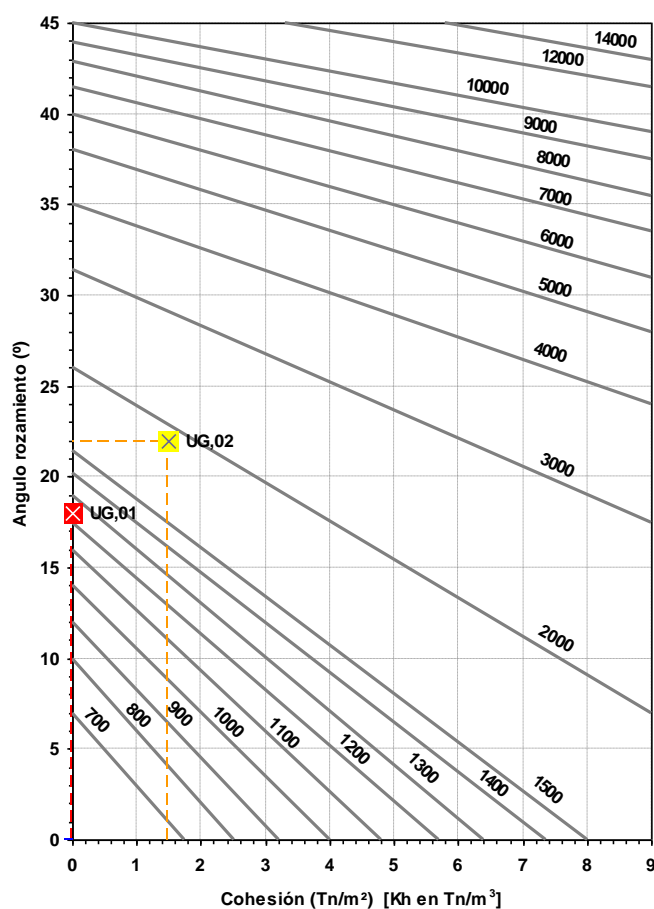
Si el terreno del trasdós está estratificado, cada estrato puede transformarse en una sobrecarga para el subyacente, deduciéndose la ley de empujes en forma acumulativa. Si el trasdós del elemento de contención es quebrado, la ley de empujes se obtendrá aplicando para cada tramo el coeficiente K correspondiente a su inclinación. Cuando la superficie del terreno sea irregular, el empuje resultante sobre el elemento de contención se determinará tanteando diversas superficies de rotura.

Es importante destacar que la propia ejecución de las obras de desmonte producirá una liberación de tensiones en el terreno y facilitará la formación de juntas y la apertura de las ya existentes.

En cuanto a los empujes del agua debe tenerse en cuenta que, es posible que tras un periodo de lluvias se desarrollen niveles de agua en el trasdós de las estructuras de contención. La mejor medida a considerar consiste en dotar a todas las estructuras de contención de elementos de drenaje consistentes en la ejecución de mechinales y la colocación de un material filtrante en el trasdós de los muros. De no ejecutarse dichas medidas será preceptivo considerar una ley hidrostática de empujes de agua con origen en la coronación de los muros.

12.3.- Módulo de balasto horizontal

El módulo de balasto horizontal (Kh) se ha determinado en función del ángulo de rozamiento interno y la cohesión mediante el ábaco de Chadeisson¹.



¹ Monnet, A. (1994) "Module de réaction, coefficient de décompression, au sujet des paramètres utilisés dans la méthode de calcul élastoplastique des soutènements" Rev. Franc. De Geotech. N 65 67-72.

A continuación, se presentan los valores del módulo de balasto horizontal para las unidades geotécnicas consideradas.

Tabla 41. Módulo de Balasto Horizontal

Unidad geotécnica	Cohesión efectiva	Angulo rozamiento efectivo	Módulo de balasto horizontal
-	c' T/m^3	ϕ' $^\circ$	T/m^3
UG-1	0,00	18,0	1250
UG-2	1,50	22,0	1950

c' (cohesión efectiva) y ϕ' (ángulo de rozamiento interno efectivo)

13.- Solución de cimentación mediante micropilotaje

Atendiendo a las características de los terrenos caracterizados y a la potencia de la unidad de rellenos antrópicos UG-1, se han dado dos tipos de soluciones para la cimentación del muro, una mediante pilotaje y una segunda mediante pozo de cimentación. En este apartado se desarrolla la solución mediante micropilotaje, el apartado 14 recoge la cimentación semiprofunda mediante zapata y pozo de cimentación.

13.1.-Condicionantes geotécnicos

De acuerdo con los resultados obtenidos, tanto en campo como en laboratorio, así como las observaciones realizadas durante la visita del personal técnico de Cemosa, se puede establecer un modelo de contención mediante muro micropilotado de acuerdo con el siguiente esquema.

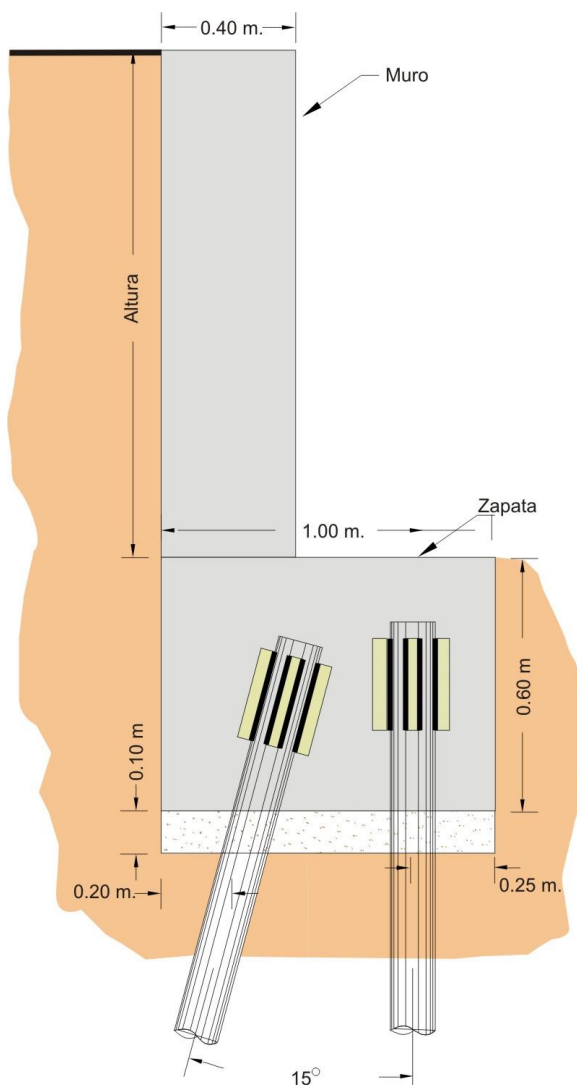


Figura Nº 16.- Muro micropilotado.

Se proponen los sistemas de inyección IRS (Inyección repetitiva y selectiva), aunque se harán también referencia a los sistemas de inyección IGU (Inyección global y unificada), cuando así se establezca.

Estos micropilotes están constituidos por un bulbo de transición de cargas al terreno firme, un tramo de transición y una cabeza de unión solidaria con la estructura que se pretende micropilotar.

Ejecución

La ejecución de los micropilotes comprende las siguientes fases:

- 1º.- Perforación del terreno para alojamiento del micropilote.
- 2º.- Inyección del micropilote en el terreno
- 3º.- Inyección de manguitos del micropilote.

La perforación se realizará con sonda o martillo de fondo a rotoperCUSión, empleando trialetas, triconos o tallantes, según la naturaleza del terreno. Se realizan con los siguientes diámetros como más habituales:

Diámetros más habituales de perforación, tubería de revestimiento y armaduras tubulares

Diámetro de perforación (mm)	Diámetro de tubería de revestimiento (mm)	Armadura Tubular (mm)
120	114.3	60.3 – 73.0
140	133.0	60.3 - 73.0 – 88.9
160	152.4	73.0 – 88.9 – 101.6
185	177.8	88.9 – 101.6 – 114.3 – 127.0
200	193.7	101.6 – 114.3 – 127.0 – 139.0
225	219.1	114.3 – 127.0 – 139.0 – 168.3

En el caso de martillos se podrá utilizar la refrigeración y extracción de detritos mediante aire.

Si se observase durante la perforación una pérdida sensible en el fluido de refrigeración y limpieza, se realizará un ensayo de permeabilidad, con objeto de evaluar las fisuras y decidir el tipo de inyección apropiado.

Terminado el taladro con la longitud, inclinación y diámetro necesario para cada micropilotaje, se harán las maniobras de limpieza o lavado suficientes para desalojar todo

residuo que quede dentro de la perforación que puedan impedir la colocación del micropilote.

Una vez terminada la perforación, se colocarán en su interior las armaduras equipadas con las válvulas antirretorno.

En el exterior de los tubos de armadura irán alojados los manguitos de inyección, los cuales deberán ir provistos de válvulas antirretorno, que permitan realizar una inyección de lechada posterior a la del relleno del micropilote a presión y admisión controlada.

Una vez colocado el micropilote se realizará la inyección primaria con mortero relativamente fluido, avanzando desde el fondo de la perforación hasta la boca del taladro.

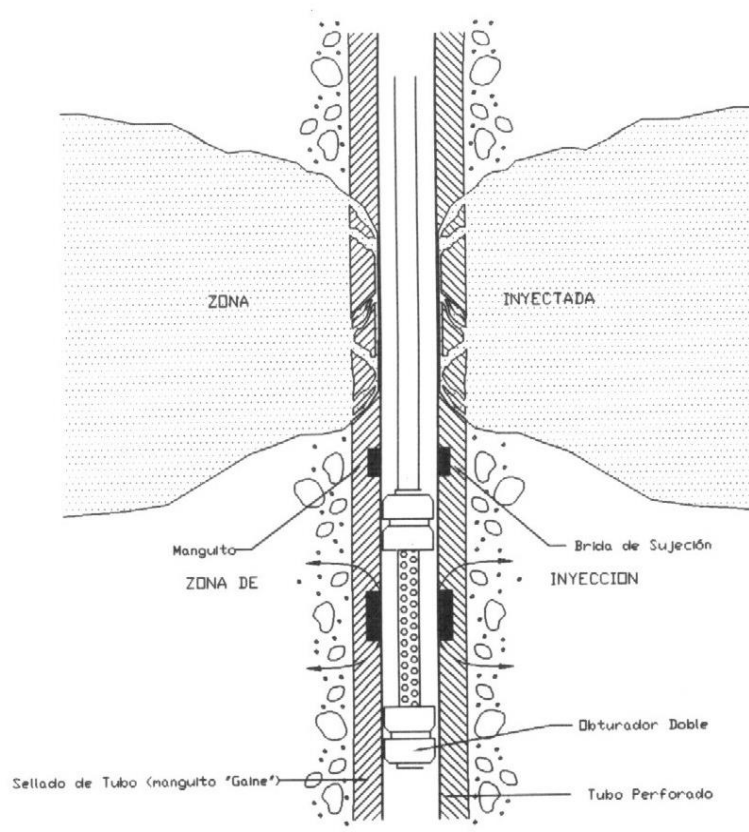


Figura Nº 17.- Esquema de inyección

Una vez transcurrido, por lo menos, cinco horas de esta inyección, se procederá a la inyección de presión, ésta se ejecutará a través del tubo y los manguitos. La presión a alcanzar en esta reinyección dependerá de las características del terreno.

La inyección se hará de forma continua e ininterrumpida y con la uniformidad necesaria para impedir la segregación de la mezcla.

En la cabeza del micropilote existirá el necesario conductor de purga para permitir la salida del aire alojada en el taladro. La inyección se continuará hasta que por los conductos de purga salga lechada de la misma consistencia que la que se inyecta y sin burbujas de aire.

No deberán transcurrir más de 30 minutos desde el amasado de la lechada hasta el comienzo de la inyección.

Las bombas de inyección estarán accionadas por un motor individual. En cualquier caso, la bomba deberá proporcionar una inyección continua e ininterrumpida con pequeñas variaciones de presión.

La bomba deberá estar provista de un dispositivo de seguridad que evite las sobrepresiones que puedan producirse por atascos en el interior de los conductos. La alimentación deberá ser por gravedad y no por succión, ya que éste último sistema tiende a introducir aire en la mezcla, lo cual debe evitarse.

Se controlará la calidad y dosificación de los materiales que componen la lechada, para comprobar que se cumplen las prescripciones del pliego. El contenido de agua y la dosificación de los aditivos se comprobará al menos una vez al día. Si el aditivo se suministra en envases con indicación de su contenido en peso, se verificará un muestreo de dichos envases con el fin de garantizar una variación real mínima en la dosificación.

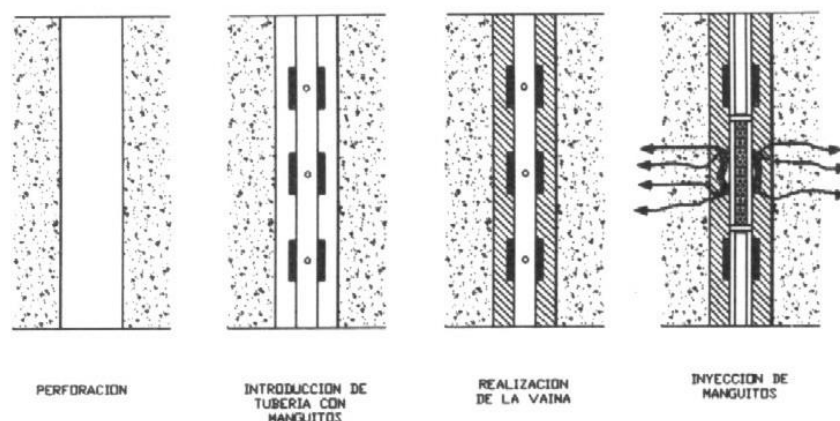


Figura Nº 18.- Metodología de inyección

La lechada deberá controlarse antes de entrar en el conducto y a la salida del mismo, comprobándose por una parte las características de la mezcla, por lo menos una vez por cada anclaje. Durante la inyección, se controlarán las presiones del manómetro de la bomba, comprobando que los valores permanecen constantes: cualquier brusca variación en estos valores es indicativa de irregularidades en la inyección bien por existencia de fugas o de obstrucciones.

13.2.-Fundamentos teóricos. Cargas geotécnicas

Método de cálculo empírico basada en los resultados del test presiométrico

Este método de diseño se aplica a los micropilotes que son desarrollados con inyección de lechada a presiones relativamente altas.

Cuando la lechada se inyecta a presiones altas se produce una deformación en el suelo adyacente a las paredes de la perforación.

De una manera similar, la prueba del presiómetro mide la deformación en las paredes de la perforación mientras que amplía una célula con una presión determinada.

Por esa razón, los resultados de la prueba del presiómetro pueden proporcionar una buena aproximación para el cálculo de micropilotes inyectados a presiones relativamente altas.

Bustamante y Doix (1985) partieron del principio de que los condicionantes meramente teóricos no eran válidos únicamente debido a que el cálculo de la capacidad de un micropilote está influenciado por múltiples parámetros asociados a la incertidumbre de los procedimientos de construcción y las condiciones o características de la lechada.

Para solucionar esta incertidumbre desarrollaron un total de 249 pruebas que englobaban anclajes, micropilotes clásicos e inyectados.

Para los micropilotes, bajo carga de compresión, consideraban que la fricción lateral que se desarrolla es igual que la fricción lateral desarrollada bajo tensión.

Con este criterio, los resultados obtenidos para los anclajes se pueden comparar y analizar con los resultados obtenidos para los micropilotes.

El factor más importante que afecta al valor de la fricción lateral movilizada es el procedimiento de la construcción.

Este método de diseño se basa en la tensión límite del suelo, p_l , desarrollada con la prueba del presiómetro de Ménard.

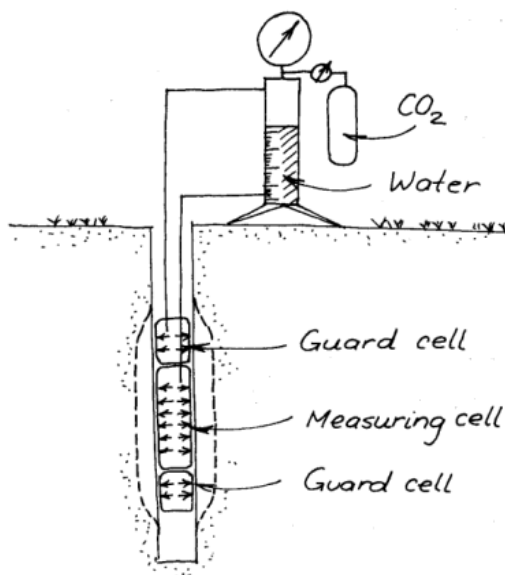


Figura Nº 19.- Presiómetro Menard

El primer paso en el diseño es elegir la presión de la inyección. Esta presión se mide en la tapa exterior y no en el contacto entre la lechada que es inyectada y el suelo.

Por esta razón las altas presiones no significan necesariamente que la unión mortero-suelo sea de alta calidad.

Las presiones de al menos p_l del límite del suelo aseguran mucho mejor la inyección como es el caso de los micropilotes del IRS ("inyección Répétitive et Sélective"). En el caso de formaciones rocosas compactas, la presión no influenciaría la naturaleza del enlace.

Para los micropilotes de IGU ("inyección Globale Unitaire"), la presión de la inyección es más baja que el p_l , y como regla general su resistencia es más alta que para los micropilotes rellenos por gravedad pero más baja que para los micropilotes del IRS.

Bustamante y Doix (1985) propusieron elegir la presión de la inyección p_i , como sigue:

Para IRS: $p_i > \text{ó} = p_l$

Para IGU: $0.5p_l < p_i < p_l$

La capacidad de carga final Q_L para un micropilote bajo carga a compresión se define como:

$$Q_L = Q_{PL} + Q_{SL}$$

Donde:

Q_{PL} : Resistencia por la punta

Q_{SL} : Resistencia por el fuste

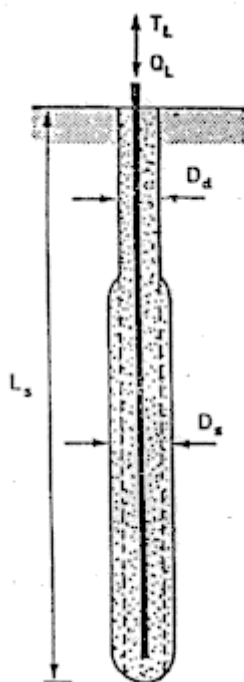


Figura Nº 20.- Definición de resistencias

Para un micropilote, como el arriba indicado, la resistencia por el fuste viene dada por la siguiente ecuación:

$$Q_{SL} = \alpha D_s L_s q_s$$

Donde:

D_s es el diámetro eficaz de sellado del bulbo y de valor:

$$D_s = \alpha D_d$$

Siendo α un coeficiente que depende del tipo de suelo y de la inyección considerada en el micropilote, con los siguientes valores:

Type of soil	α coefficient	curve to use in Figure 2.13
--------------	----------------------	-----------------------------

	IRS	IGU	IRS	IGU
Gravel	1.8	1.3 to 1.4	SG.1	SG.2
Sandy gravel	1.6 to 1.8	1.2 to 1.4		
Gravely sand	1.5 to 1.6	1.2 to 1.3		
Coarse sand	1.4 to 1.5	1.1 to 1.2		
Medium sand	1.4 to 1.5	1.1 to 1.2		
Fine sand	1.4 to 1.5	1.1 to 1.2		
Silty sand	1.4 to 1.5	1.1 to 1.2		
Silt	1.4 to 1.6	1.1 to 1.2	AL.1	AL.2
Clay	1.8 to 2.0	1.2	MC.1	MC.2
Marl (Greensand)	1.8	1.1 to 1.2		
Calcareous marl	1.8	1.1 to 1.2		
Altered or fragmented chalk	1.8	1.1 to 1.2		
Altered or fragmented rock	1.2	1.1	$\geq R.1$	$\geq R.2$

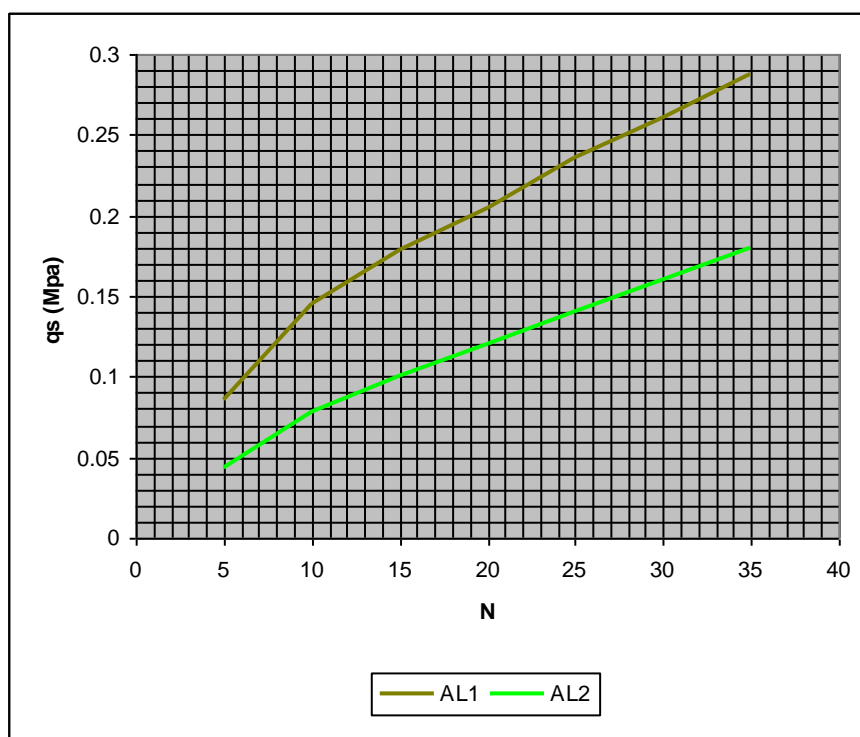
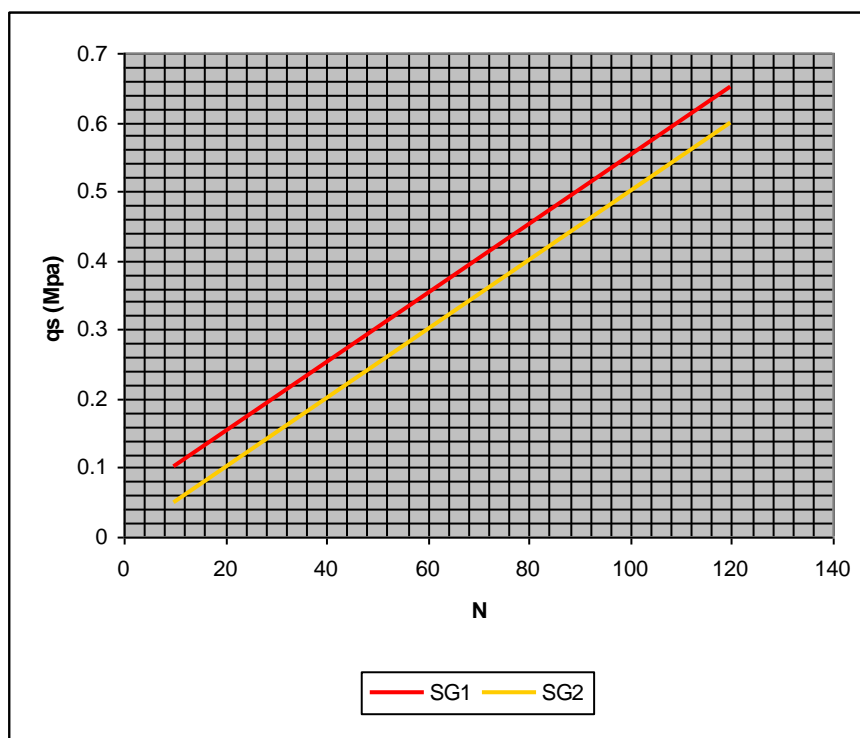
for IRS: $p_i \geq p_1$

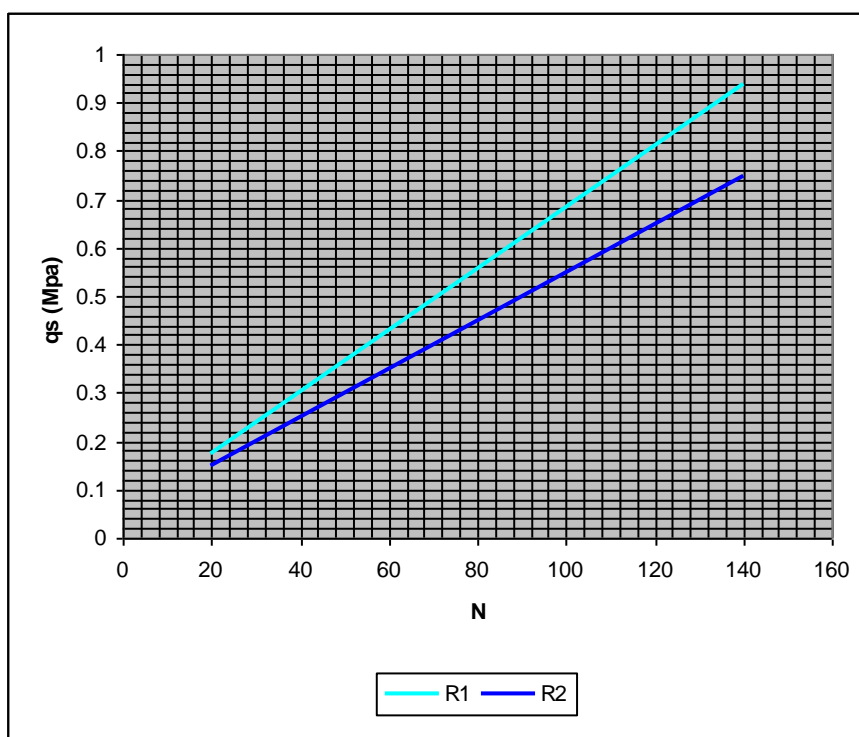
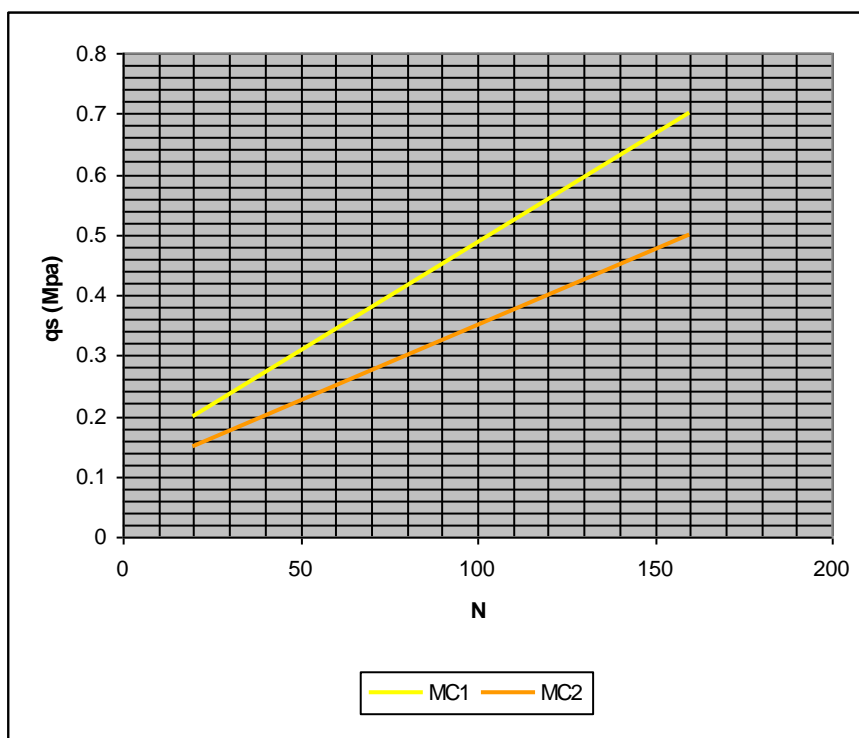
for IGU: $0.5p_1 < p_i < p_1$

L_s es la longitud de sellado

q_s es el coeficiente de fricción lateral que depende del tipo de inyección y del suelo implicado.

Los valores de q_s se obtienen de las siguientes gráficas:





Dado que el método referido es netamente empírico es normal que exista una notable dispersión de datos siendo importante recordar este hecho a la hora de diseñar un micropilote.

Este método se basa en un buen número de las pruebas de la carga y por lo tanto puede ser una guía muy buena para un diseño inicial. Sin embargo, todavía hay muchas incertidumbres relacionadas con las variaciones en los procedimientos constructivos y los test de carga siguen siendo la mejor alternativa para determinar una capacidad final del diseño.

La resistencia por punta viene dada por:

$$QPL = s_p \times k_p \times p_l$$

Donde:

s_p es el área de la punta del micropilote de acuerdo con un diámetro D_s si el procedimiento de la construcción garantiza que habrá un aumento en el diámetro.

k_p es el coeficiente para la resistencia por punta que depende del tipo de suelo como se aprecia en la tabla inferior .

Soil Type	k_p
sands and gravels	1.2
clays	1.6
clays and silts	1.8
fragmented rock	1.5

es un coeficiente para la resistencia por punta y depende del tipo de suelo y de la presión límite del suelo medida con el presiómetro de Ménard.

La resistencia por la punta no excede del 15 al 20% de la resistencia por el fuste y consecuentemente puede ser definida del siguiente modo:

$$QPL = 0.15 QSL$$

Bustamante y Doix (1985) recomienda usar factores de seguridad que varíen entre 1.8 y 2.2 dependiendo de la utilización del micropilote.

Igualmente sugieren un factor de seguridad de 2 para micropilotes permanentes bajo carga a compresión.

Type of foundation	Factor of Safety			
	Tension		Compression	
	Temporary	Permanent	Temporary	Permanent
Anchorage	1.8	2.0	-	-
Micropile	2.0	2.2	1.8	2.0

13.3.-Comprobación frente a compresión y tracción

Situación de dimensionado

A continuación, se procede a efectuar la comprobación de la carga admisible por hundimiento, para las diferentes tipologías de micropilote.

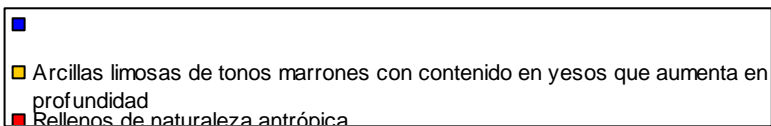
Las hipótesis para el cálculo de carga admisible se resumen en las siguientes tablas.

Figura Nº 21.- Hipótesis de cálculo para cimentación por micropilotes, Método Bustamante

Profundidad mínima de empotramiento de la cimentación	- Véase “Comprobación frente al hundimiento”. -		
Terreno de cimentación	Cota (m)		N (spt)
	boca de sondeo		
	desde	hasta	
Rellenos de naturaleza antrópica	0,00 m	5,80 m	-
Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	5,80 m	9,00 m	25

13.4.-Modelo establecido y resultados

En este apartado se estudian los valores obtenidos de los valores de carga por tracción, compresión y resistencia estructural para los tipos de micropilotes más usados o comunes, donde el modelo geotécnico planteado es el siguiente:



A continuación se aporta el resumen de los resultados obtenidos donde se han clasificado los valores de tracción y resistencia en punta por metro se sellado, en función del tipo de micropilote y la tipología de inyección realizada, y comparada con la resistencia estructural considerada.

		Micro tipo: 73/5	Micro tipo: 90/7	Micro tipo: 114/7	Micro tipo: 114/9
		Inyección tipo I.G.U.			
Tracción (Tn/m.l. de sellado)	UG.1	0,00	0,00	0,00	0,00
	UG.2	3,20	3,84	3,84	3,84
Rest.Punta (Tn/m.l. de sellado)	UG.1	0,00	0,00	0,00	0,00
	UG.2	0,32	0,38	0,38	0,38
		Inyección tipo I.R.S.			
Tracción (Tn/m.l. de sellado)	UG.1	0,00	0,00	0,00	0,00
	UG.2	7,43	8,91	8,91	8,91
Rest.Punta (Tn/m.l. de sellado)	UG.1	0,00	0,00	0,00	0,00
	UG.2	0,74	0,89	0,89	0,89
		Resistencia estructural (Tn)			
Tracción		21,36	36,51	47,06	59,38
Compresión		26,70	45,63	58,83	74,22
Cortante		13,35	22,82	29,41	37,11

14.- Zapatas y zapatas corridas

A partir de las hipótesis planteadas entendemos factible la adopción de un modelo de cimentación mediante zapatas aisladas o zapatas corridas, apoyadas en el sustrato portante referido como unidad UG.2 y definido como Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad. Este nivel ha sido detectado a una profundidad generalizada de 5,80 m. desde la cota de rasante actual o boca de perforación.

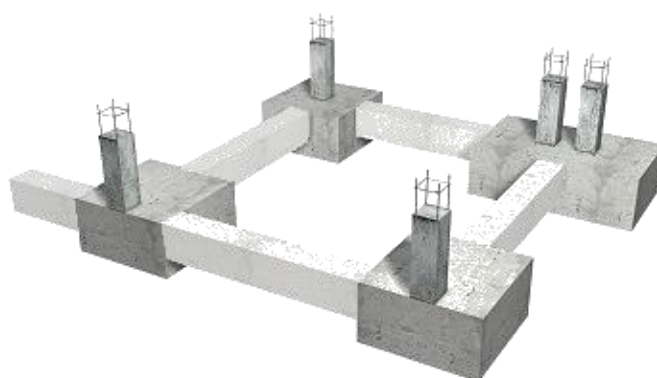


Figura Nº 22.- Modelo de cimentación planteado mediante zapatas

De modo genérico, las tareas de excavación del fondo y laterales se efectuarán inmediatamente antes del vertido del hormigón de limpieza al objeto de impedir que el terreno de cimentación sufra cualquier deterioro. Se procurará mantener abierta la

excavación el menor tiempo que sea posible. El fondo de excavación deberá tener planeidad y homogeneidad suficiente al objeto de evitar asentos de tipo diferencial, retirando cualquier material suelto.

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

Durante el encofrado

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

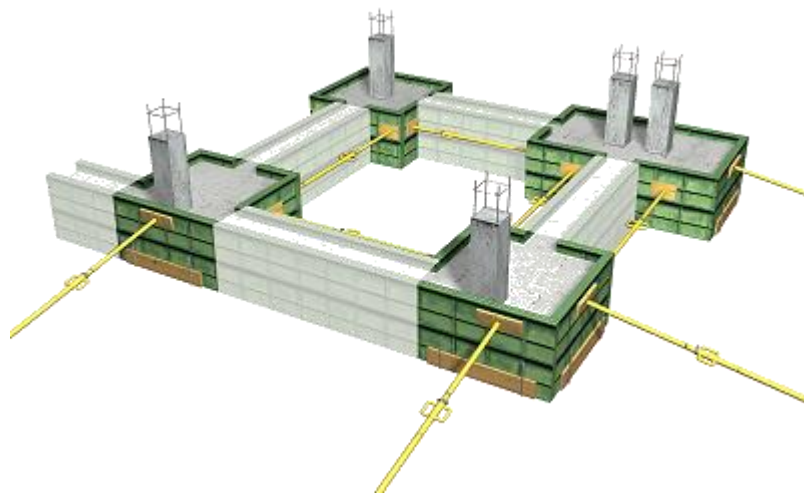


Figura Nº 23.- Encofrado metálico.

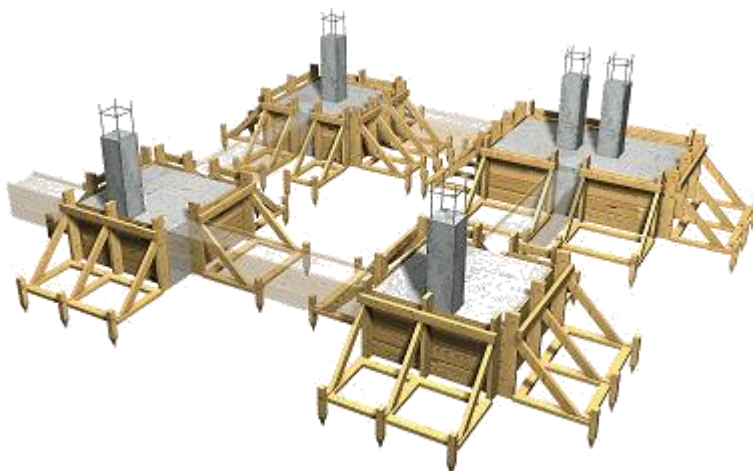
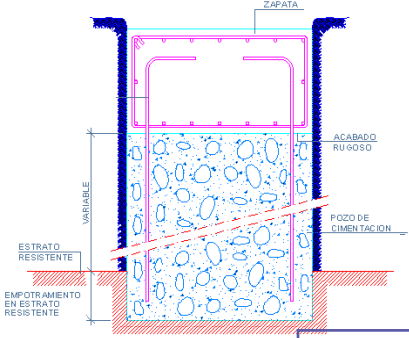


Figura Nº 24.- Encofrado de madera.

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

Durante el armado

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

Zapatas superficiales (sobre terreno)	La armadura, de forma general, se montará "in situ", si bien también podrá estar elaborada.
Zapatas enterradas (en excavación)	<p>En zapatas profundas:</p> <p>Prioritariamente, se asegurará que la armadura se introduzca ya elaborada, para evitar el acceso de trabajadores al interior (instalación de armaduras y atado) y/o tiempos prolongados de permanencia en su interior.</p> <p>En pozos de cimentación:</p> <p>Preferentemente, realizar un vertido de hormigón en masa, para elevar la cota de trabajo y, posteriormente, elaborar la zapata.</p> 

	Si fuese preciso acceder al interior de zapatas, encepados o pozos, por causa justificada técnicamente, antes de la realización de los trabajos en el interior se revisarán los taludes y/o sistemas de sostenimiento instalados.
	En zapatas de grandes dimensiones, para alturas superiores a 2 m, se asegurará la disponibilidad de líneas auxiliares de anclaje horizontales, para posibilitar la fijación del sistema anticaídas por parte de los trabajadores.

3. Una vez realizado el armado, se asegurará la instalación de sistemas de protección (setas o tapones, cajeados, o sistemas similares, etc.) sobre las armaduras verticales, teniendo en cuenta la resistencia de estos sistemas ante las características del posible daño que las armaduras puedan provocar ante contactos directos (rozamiento) o caídas sobre las mismas (impacto).
4. En zapatas, emparrillados y losas de gran superficie, durante el montaje "in situ" de la armadura se habilitarán pasillos de desplazamiento sobre las mismas (plancha de madera, tablones de madera o sistemas similares) para minimizar riesgos de torceduras y caídas al mismo nivel en estas tareas.
5. En referencia a las acciones aplicables a los trabajos de elaboración de ferralla, se atenderá a lo dispuesto en la Sección 1 Elaboración de ferralla del DB-PRL ES Estructuras.

Durante el hormigonado y vibrado

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

Durante el desencofrado

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

En todo caso entendemos que la normativa de aplicación será:

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

La metodología de cálculo empleada es la establecida en el Documento Básico – Seguridad Estructural – Cimientos del Código Técnico de la Edificación.

14.1.- Cálculo de la presión admisible de servicio

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

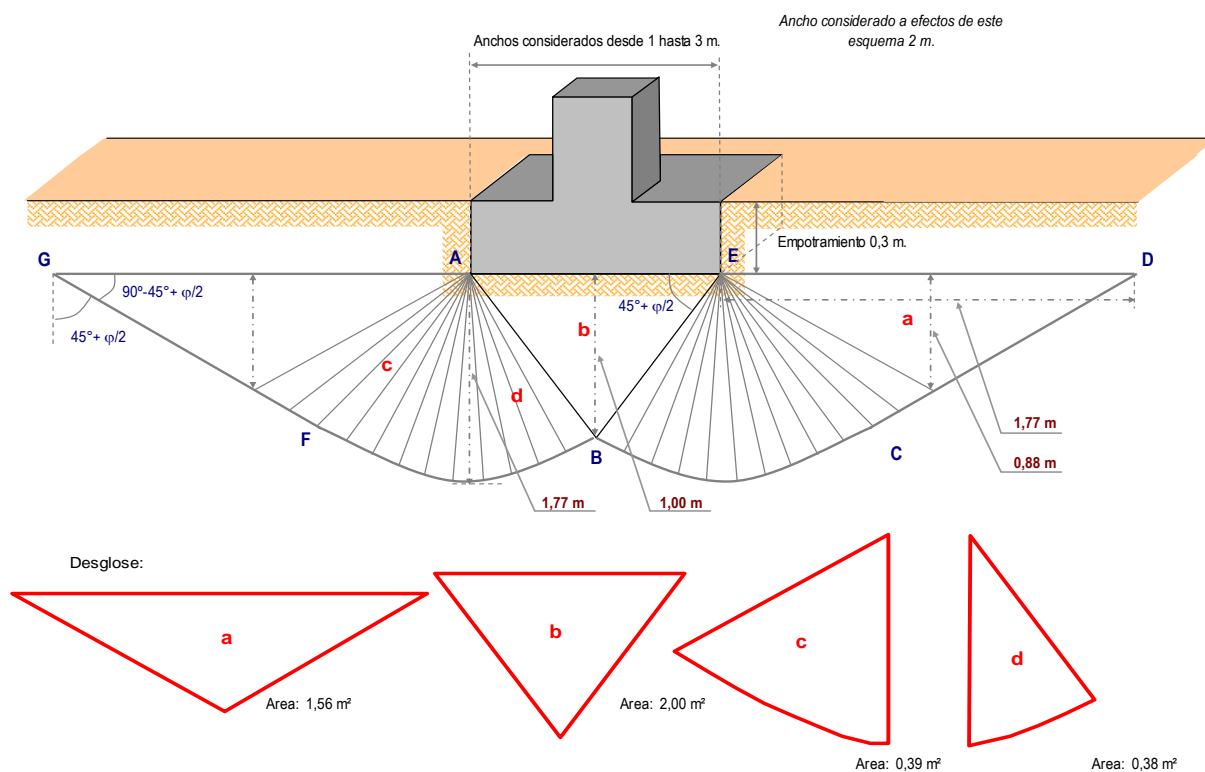
Las hipótesis para el cálculo de presiones admisibles, tanto por hundimiento como por asientos, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 42. Hipótesis de cálculo

Tipología de cimentación	-	Zapatas o Zapatas corridas	
Profundidad de empotramiento de la cimentación en el material portante	m	Canto de zapata	
Densidad del terreno bajo el plano de cimentación	kN/m ³	18,0	
Situación de dimensionado	-	Transitoria a corto plazo (sin drenaje)	
Cohesión sin drenaje	kPa	100,00	
Modelo constitutivo para estimación de asientos	-	Elástico – largo plazo	
Asiento admisible	cm	5,00 cm	
Compresibilidad del terreno bajo la cimentación	Potencia	E'	v
	m	MPa	(coef. poisson)
UG.2	Inf. Cim.	10,0	0,3

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

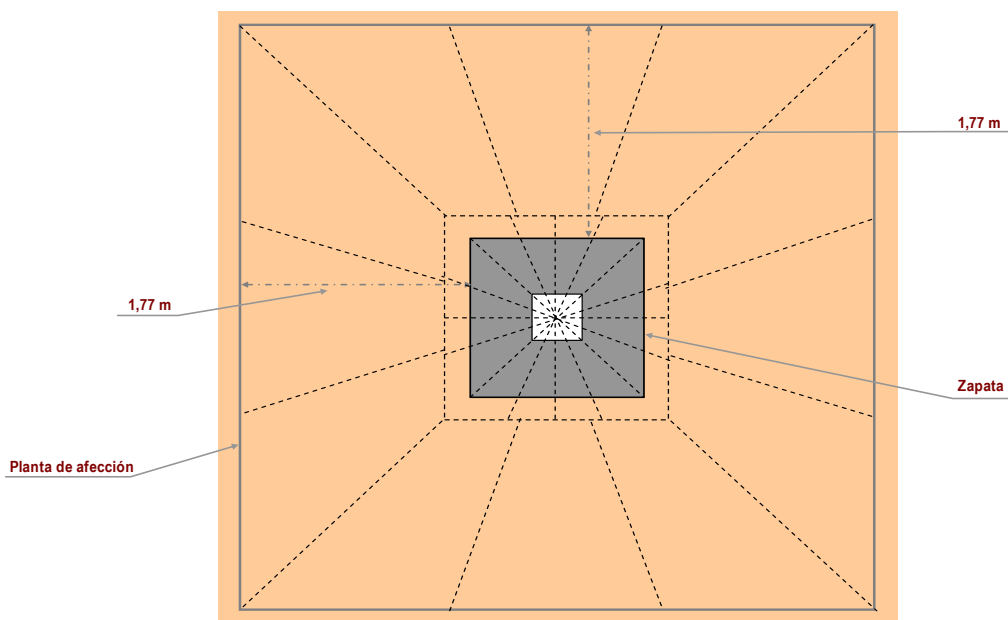
En el siguiente esquema se pone de manifiesto la estimación del mecanismo de rotura para las condiciones impuestas en las hipótesis de cálculo:



Sección total de zona de plastificación según Terzaghi: 6,68 m²

Figura Nº 25.- Mecanismo de rotura obtenido y zonas de afección (Sección)

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



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

Figura Nº 26.- Mecanismo de rotura obtenido y zonas de afección (Planta)

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

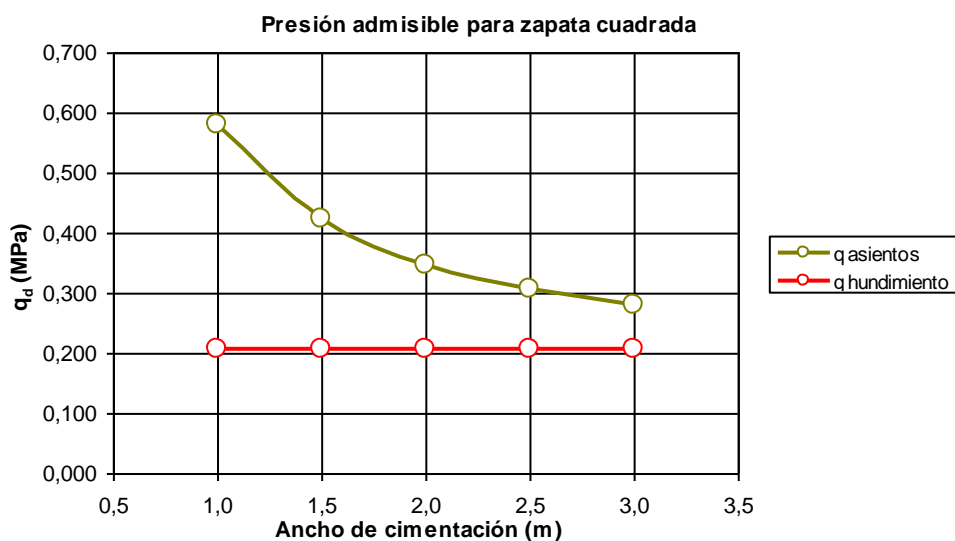


Figura Nº 27.- Zapata cuadrada

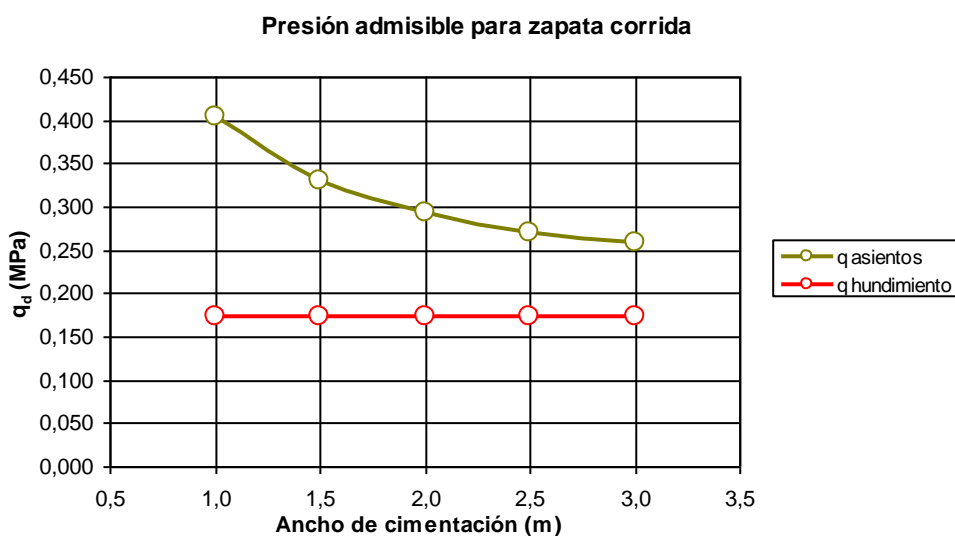


Figura Nº 28.- Zapata corrida

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

Tabla 43. Presión vertical admisible de servicio para zapatas

Ancho de zapata	Zapata cuadrada		Zapata corrida	
	q'_s	Criterio	q'_s	Criterio

<i>m</i>	<i>MPa</i>	-	<i>MPa</i>	-
1,0	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento
1,5	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento
2,0	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento
2,5	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento
3,0	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento

Con carácter general puede adoptarse, para zapatas de dimensiones habituales de 2,0 x 2,0 m una presión admisible de servicio de 0,207 MPa. en la situación de dimensionado considerada, si bien podrá atenderse, en cualquier caso, a lo indicado en la tabla precedente.

15.- Resumen y Conclusiones

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

- El presente documento responde al **INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA MURO DE CONTENCIÓN EN EL LA CAÑADA** en **COSLADA** solicitado a **CEMOSA** por **COMUNIDAD DE MADRID**.
- El trabajo se establece con expediente O/2005036, y realizado por la delegación de CEMOSA en Madrid.
- Las coordenadas aproximadas de la zona estudiada se aportan a continuación:

Tabla 44. Coordenadas aproximadas UTM

UTM	
X	Y
453.760	4.474.035

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

- Los trabajos de campo realizados se definen a continuación.

Tabla 45. Trabajos de campo

Tipo	Unidades	Profundidad mínima alcanzada (m.)	Profundidad máxima alcanzada (m.)
Sondeos mecánicos con recuperación de testigo	1	9,20	9,20
Sondeos a penetración dinámica	2	5,20	9,00

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

Tabla 46. Ensayos y Trabajos de campo

Ensayo	unidades	norma
Ensayo de penetración estándar (SPT)	3	UNE 103800
Testigo parafinado	1	ASTM D6640-01

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

Tabla 47. Trabajos de laboratorio

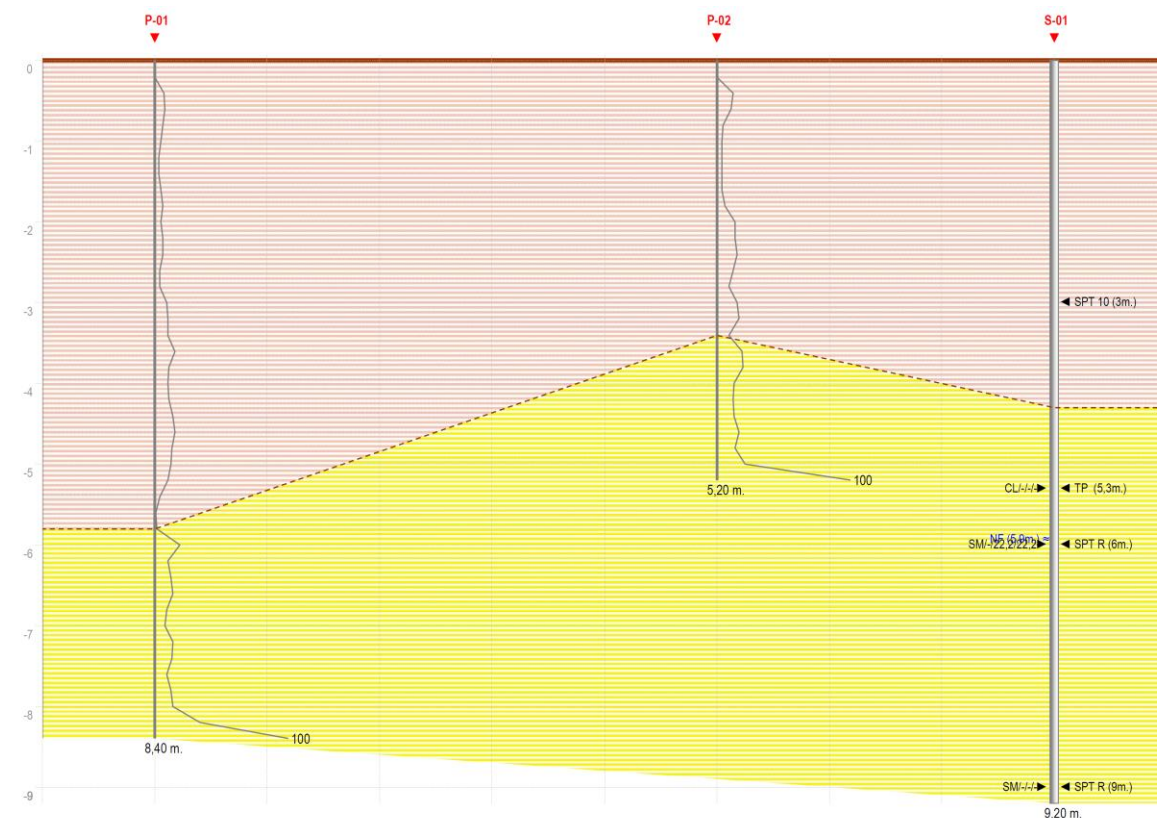
Ensayo	unidades	norma
Clasificación USCS	3	ISSMGE
Análisis granulométrico por tamizado	3	UNE 103101
Determinación de los límites de Atterberg	3	UNE 103103 - 104
Determinación de humedad natural	1	UNE 103300
Determinación de peso específico aparente	1	UNE 103301
Ensayo de corte directo con drenaje	1	UNE 103401
Determinación de la presión de hinchamiento	1	UNE 103602
Determinación del contenido en sulfatos	1	UNE 103202
Determinación del grado de acidez Baumann-Gully	1	EHE
Análisis de agresividad del agua según EHE	1	EHE

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

Tabla 48. Modelo estratigráfico establecido.

Nivel	Material	Desde (m.)	Hasta (m.)
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	0,00	5,80
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	5,80	-

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



Rellenos de naturaleza antrópica

Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad

Figura Nº 29.- Perfil esquemático.

- ⦿ Durante las labores de campo se ha comprobado la existencia de los niveles freáticos. Se ha detectado el nivel freático en el sondeo S-01 a la profundidad de - 5,90 m. Hemos de hacer notar que las medidas del nivel freático se han realizado a la finalización de las perforaciones. Es probable que el nivel freático pueda oscilar en función del régimen climático y estacional no permaneciendo inalterable, consideración que habrá de ser tenida en cuenta.
- ⦿ Según los trabajos realizados se establecen los siguientes tipos de exposición obtenidos en muestras de suelos:

Tabla 49. Tipos de exposición obtenidos.

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

Tabla 49. Tipos de exposición obtenidos.

Unidad Geotécnica	Definición	Tipo de exposición
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	No agresivo

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

Tabla 50. Valoración de la expansividad.

Unidad Geotécnica	Definición	Criterio de peligrosidad
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	-
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	Marginal

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

Tabla 51. Valores de permeabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	K (m/seg)
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	-
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	10^{-5} - 10^{-9} m/s

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

Tabla 52. Excavabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	Excavabilidad
UG.1	Rellenos de naturaleza antrópica	Maquinaria común
UG.2	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad	Maquinaria común

- El cálculo de empujes sobre estructuras de contención debe realizarse a largo plazo y por lo tanto deben utilizarse parámetros drenados del terreno, que son los ofrecidos en la siguiente tabla:

Tabla 53. Parámetros para estructuras de contención

<i>Peso Específico efectivo</i>	<i>Cohesión efectiva</i>	<i>Angulo rozamiento efectivo</i>	<i>Unidad geotécnica</i>
γ KN/m ³	c' KPa	ϕ' °	-
18,00	0,00	18,00	Rellenos de naturaleza antrópica
18,00	15,00	22,00	Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad

γ' (peso específico efectivo), c' (cohesión efectiva) y ϕ' (ángulo de rozamiento interno efectivo)

- A continuación, se presentan los valores del módulo de balasto horizontal para las unidades geotécnicas consideradas.

Tabla 54. Módulo de Balasto Horizontal

<i>Unidad geotécnica</i>	<i>Cohesión efectiva</i>	<i>Angulo rozamiento efectivo</i>	<i>Módulo de balasto horizontal</i>
-	c' T/m ³	ϕ' °	T/m ³
UG-1	0,00	18,0	1250
UG-2	1,50	22,0	1950

c' (cohesión efectiva) y ϕ' (ángulo de rozamiento interno efectivo)

- A partir de las hipótesis planteadas entendemos factible la adopción de un modelo de cimentación mediante zapatas aisladas o zapatas corridas, apoyadas en el sustrato portante referido como unidad UG.2 y definido como Arcillas limosas de tonos marrones con contenido en yesos que aumenta en profundidad. Este nivel ha sido detectado a una profundidad generalizada de 5,80 m. desde la cota de rasante actual o boca de perforación.
- Las hipótesis para el cálculo de presiones admisibles, tanto por hundimiento como por asentos, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 55. Hipótesis de cálculo

Tipología de cimentación	-	Zapatas o Zapatas corridas	
Profundidad de empotramiento de la cimentación en el material portante	m	Canto de zapata	
Densidad del terreno bajo el plano de cimentación	kN/m ³	18,0	
Situación de dimensionado	-	Transitoria a corto plazo (sin drenaje)	
Cohesión sin drenaje	kPa	100,00	
Modelo constitutivo para estimación de asentos	-	Elástico – largo plazo	
Asiento admisible	cm	5,00 cm	
Compresibilidad del terreno bajo la cimentación	Potencia	E'	v
	m	MPa	(coef. poisson)
UG.2	Inf. Cim.	10,0	0,3

- A continuación, se aporta el resumen de los resultados obtenidos donde se han clasificado los valores de tracción y resistencia en punta por metro de sellado, en función del tipo de micropilote y la tipología de inyección realizada, y comparada con la resistencia estructural considerada.

		Micro tipo: 73/5	Micro tipo: 90/7	Micro tipo: 114/7	Micro tipo: 114/9
		Inyección tipo I.G.U.			
Tracción (Tn/m.l. de sellado)	UG.1	0,00	0,00	0,00	0,00
	UG.2	3,20	3,84	3,84	3,84
Rest.Punta (Tn/m.l. de sellado)	UG.1	0,00	0,00	0,00	0,00
	UG.2	0,32	0,38	0,38	0,38
		Inyección tipo I.R.S.			
Tracción (Tn/m.l. de sellado)	UG.1	0,00	0,00	0,00	0,00
	UG.2	7,43	8,91	8,91	8,91
Rest.Punta (Tn/m.l. de sellado)	UG.1	0,00	0,00	0,00	0,00
	UG.2	0,74	0,89	0,89	0,89
		Resistencia estructural (Tn)			
Tracción		21,36	36,51	47,06	59,38
Compresión		26,70	45,63	58,83	74,22
Cortante		13,35	22,82	29,41	37,11

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

Tabla 56. Presión vertical admisible de servicio para zapatas

Ancho de zapata	Zapata cuadrada		Zapata corrida	
	q'_s	Criterio	q'_s	Criterio
<i>m</i>	MPa	-	MPa	-
1,0	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento
1,5	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento
2,0	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento
2,5	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento
3,0	0,207	Hundimiento	0,173	Hundimiento

- Con carácter general puede adoptarse, para zapatas de dimensiones habituales de 2,0 x 2,0 m una presión admisible de servicio de 0,207 MPa. en la situación de dimensionado considerada, si bien podrá atenderse, en cualquier caso, a lo indicado en la tabla precedente.**
- Las conclusiones alcanzadas en el presente estudio geotécnico se basan en reconocimientos puntuales en campo y del análisis de laboratorio realizado sobre muestras, también puntuales, extraídas del terreno. De este modo cabe la posibilidad de que existan diferencias, en cuanto a las características geológicas y geotécnicas del terreno, entre la interpretación que se expone en el presente estudio y los condicionantes realmente presentes en el subsuelo.
- Por estos motivos, antes de proceder a la realización de la estructura de cimentación un técnico competente deberá comprobar visualmente, o mediante las pruebas que juzgue oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con lo estimado en el presente estudio geotécnico. En particular se deberá comprobar lo siguiente:
- La estratigrafía coincide con la estimada en el presente estudio geotécnico.
 - El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas en dicho estudio.
 - La resistencia y humedad del terreno encontrado al nivel de cimentación coinciden con las supuestas en el presente estudio geotécnico.
 - No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc, o los existentes se ajustan a lo previsto en el presente estudio.
 - No se detectan corrientes subterráneas que puedan provocar socavación o arrastres.

El presente estudio geotécnico consta de una memoria de 65 páginas, 6 anejos a la memoria y un apéndice.

En Madrid y firmado en Agosto de 2024



Carlos Álvarez Calvo
Grado Ingeniería Civil
Equipo de Redacción
Técnico Redactor



Gregorio Gemio del Río
Licenciado en CC. Geológicas
Delegación de Málaga
Técnico Redactor




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



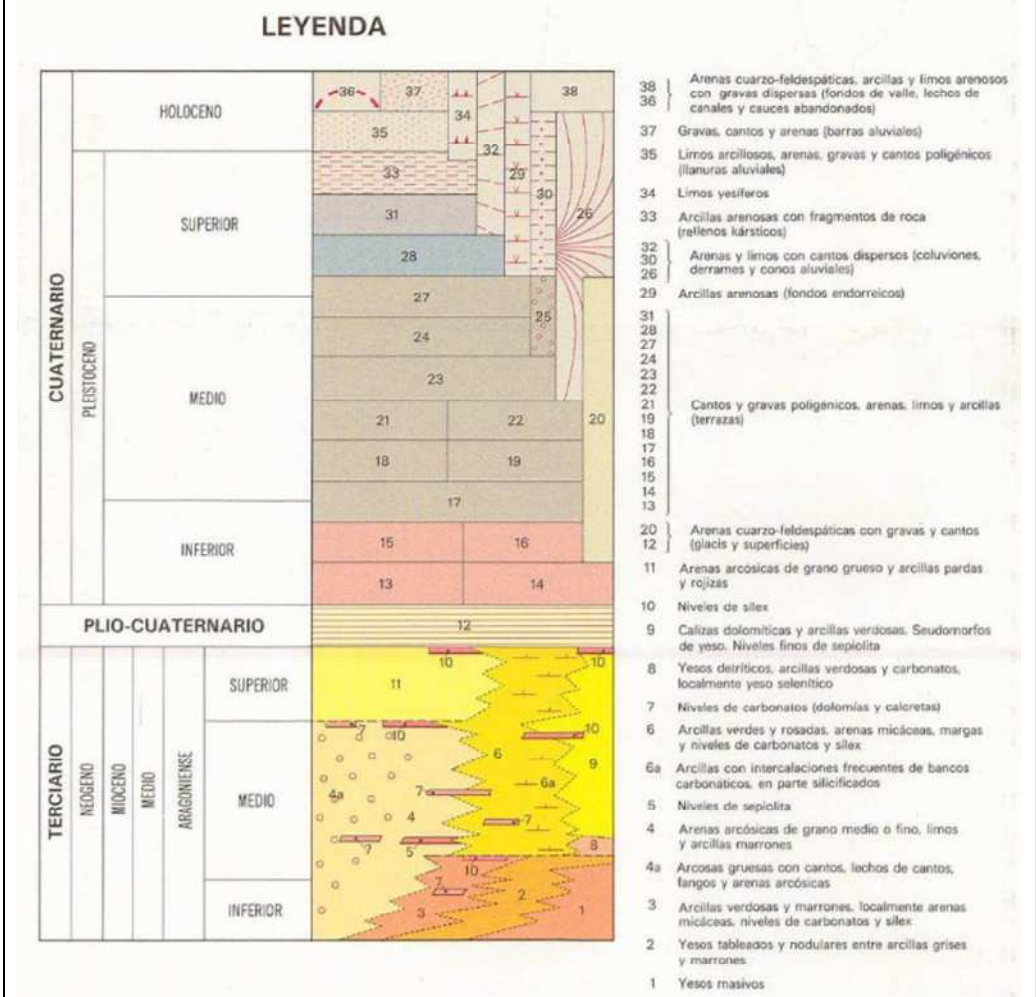
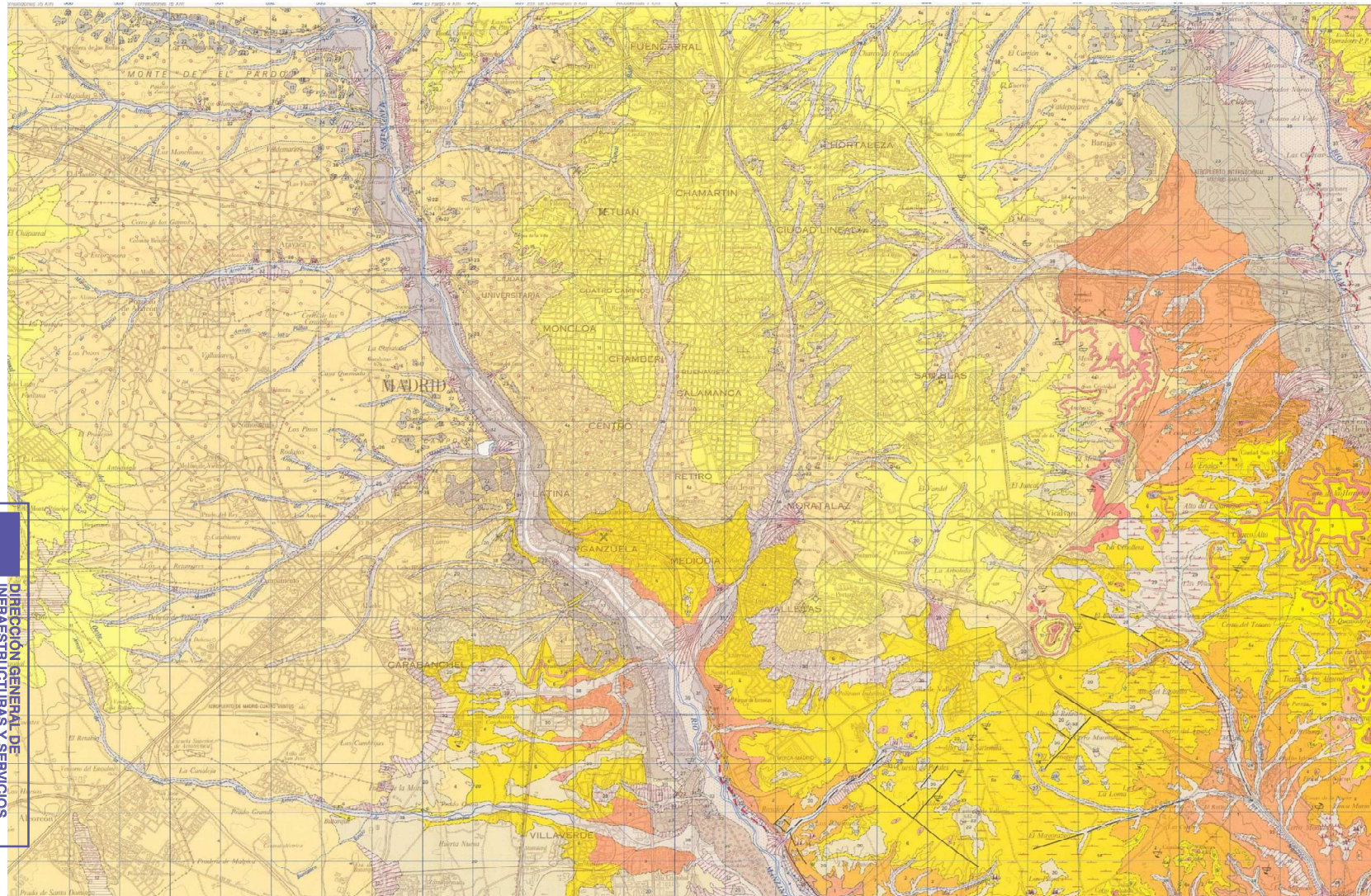
Isidro Ocete Ruiz
Ldo. CC. Geológicas. DEA Ingeniería Terreno
Director Técnico Dpto. Geotecnia
Supervisor

ANEJO 1. PLANTA GENERAL Y DE SITUACIÓN

PLANTA	COMUNIDAD DE MADRID	PLANO 1	PLANTA				FECHA agosto-24				
	INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA MURO DE CONTENCIÓN EN EI LA CAÑADA										
											
SUPERVISADO	PETICIONARIO: COMUNIDAD DE MADRID		EJECUTADO POR: 		TÍTULO DEL TRABAJO INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA MURO DE CONTENCIÓN EN EI LA CAÑADA		SUSTITUYE A:	PRESUPUESTO: 3300,95	ESCALA: Referida	TÍTULO: PLANTA	NÚMERO: 1
							SUSTITUIDO POR:	EXPEDIENTE: O/2005036			FICHA: 1 de 1

ANEJO 2. MARCO GEOLÓGICO

MARCO GEOLOGICO

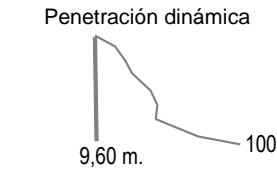
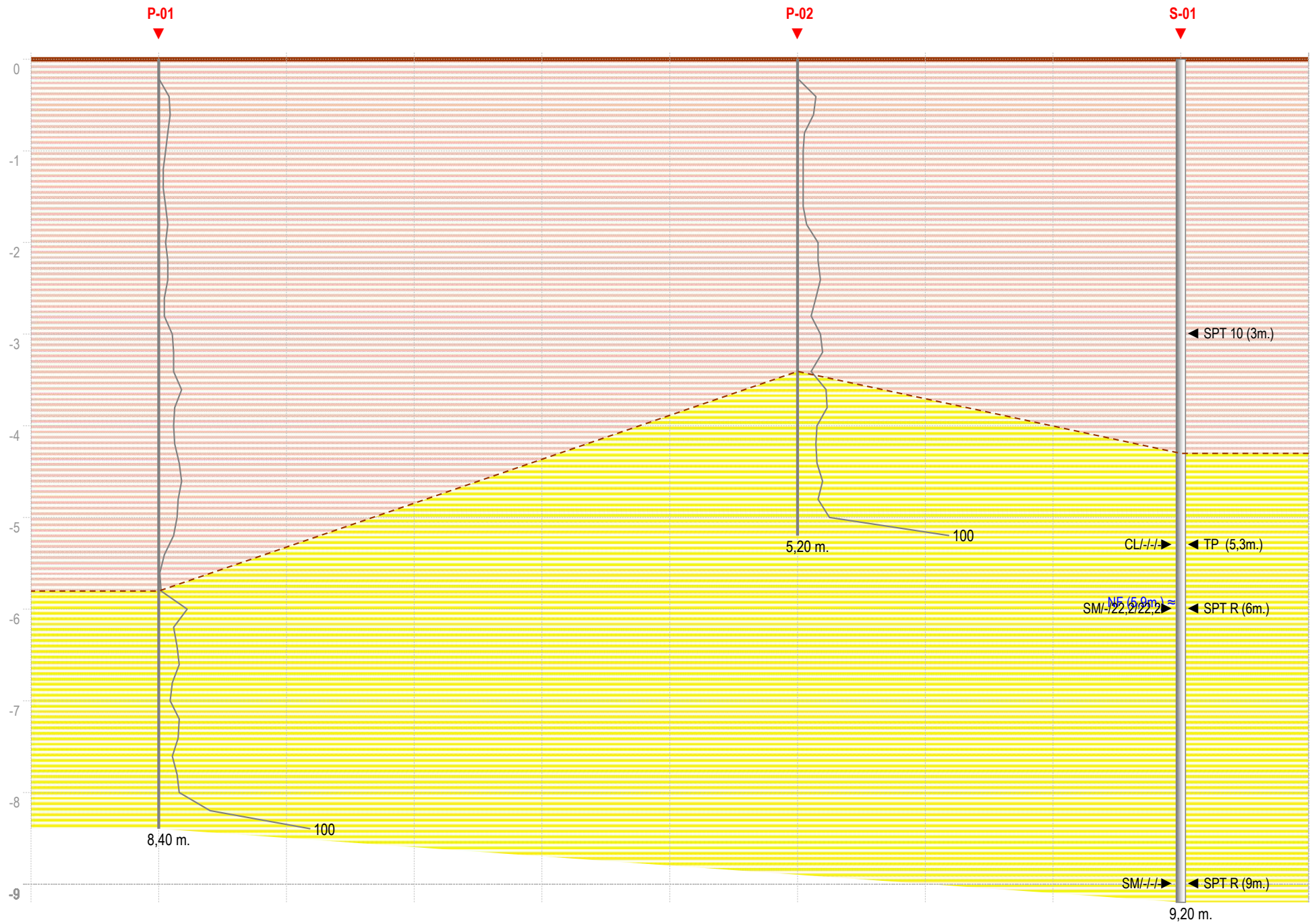


CONTEXTO GEOLÓGICO, PLANO Y LEYENDA DE LA ZONA EN ESTUDIO

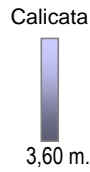
HOJA MAGNA 559/19-22 MADRID

ESCALA ORIGINAL: 1.50.000

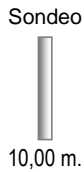
ANEJO 3. PERFIL GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO



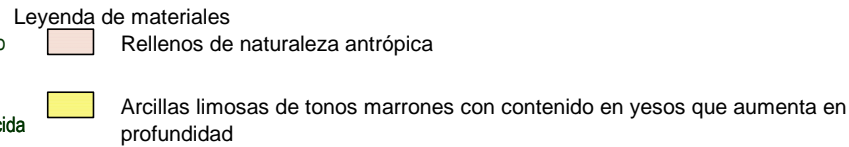
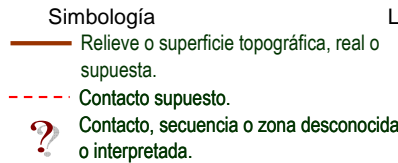
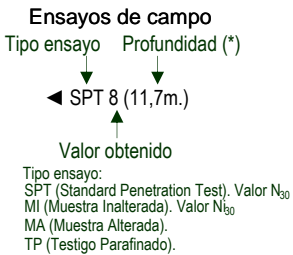
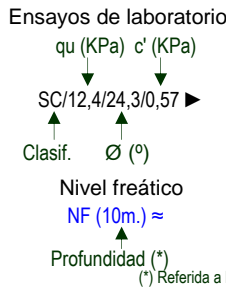
Ensayo de penetración dinámica, con indicación de la máxima profundidad alcanzada y referencia del máximo golpeo obtenido.



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



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



PETICIONARIO:	EJECUTADO POR:	TÍTULO DEL TRABAJO	REALIZADO:	SUPERVISADO:	SUSTITUYE A:	PRESUPUESTO:	ESCALA:	TÍTULO:	SERIE:
COMUNIDAD DE MADRID	cemosa Ingeniería y Control	INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA MURO DE CONTENCIÓN EN EI LA CAÑADA	Isidro Ocete Ruiz	Isidro Ocete Ruiz			Horizontal 1:- Vertical 1:55 Gráfica Horizontal m.	PERFILES GEOTECNICOS	3
					SUSTITUIDO POR:	EXPEDIENTE:			PLANO: 1

ANEJO 4. TRABAJOS DE CAMPO

ANEJO 4.1 Registro de sondeos a rotación

EDICIÓN: ED02 12/04/2021 SON-1 NºActa: 017-24/008491/1 Código de actividad: 1201/08/2024/494 (1721326) CENTRO DE ESTUDIOS DE MATERIALES Y CONTROL DE OBRA, S.A. (CEMOSA) Pol. Ind. Los Olivos C/ Innovación 11 28906 GETAFE TEL. 916828727 FAX. 916019683 URL: www.cemosa.es E-MAIL: madrid@cemosa.es

Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
EI LA CAÑADA EN COSLADA

Equipo: TESTIFICACIÓN SIN EQUIPO



Mt: Muestra realizada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo perforado MA: Muestra alterada J: Ensayo Jélican W: Ensayo Lugon PE: Presiónmetro NF: Nivel freático RECUP: Recuperación de testigo R.Q.D: Recuperación "Rock Quality Designation" Perforación B (Batería simple), D (Batería doble), 1 (Batería triple), w (corona de vidrio), d (corona de diamante), Ø (m), Profundidad (m), D (m), Diámetro de perforación. Muestra PI: Profundidad inicial (m), PF: Profundidad final (m).

P (m)	DF (m)	TRAMAS	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NF (m)	RECUP (%)	R.Q.D (%)	MUESTRAS
0								
2			4.3	Rellenos, arcillas algo arenosas de color marrón oscuro y beige. Presenta fragmentos de ladrillo y cantos poligénicos de tamaño centimétrico. Presencia de yesos.				SPT 4-4-6-6 PI. 3 PF. 3.6
4	BW86		1.4	Arcillas limosas de color marrón y consistencia media. Presencia de yesos.				TP PI. 5.3 PF. 5.6
6			1.1	Arcillas yesíferas de color marrón y consistencia firme.	5.9			MAG PI. 5.9 PF. 5.9 SPT R PI. 6 PF. 6.1
8			2.4	Yesos arcillosos de color marrón y marrón negruzco.				
COTA FINAL: 9,2 m								
OBSERVACIONES:								

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

SUPERVISADO

S-1709-2-PI-3-F-9.2

Página 1 de 3

Fotografías

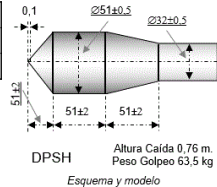


Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
EI LA CAÑADA EN COSLADA

Equipo: TESTIFICACIÓN SIN EQUIPO



ANEJO 4.2 Registro de penetraciones dinámicas



Referencia:

P-01

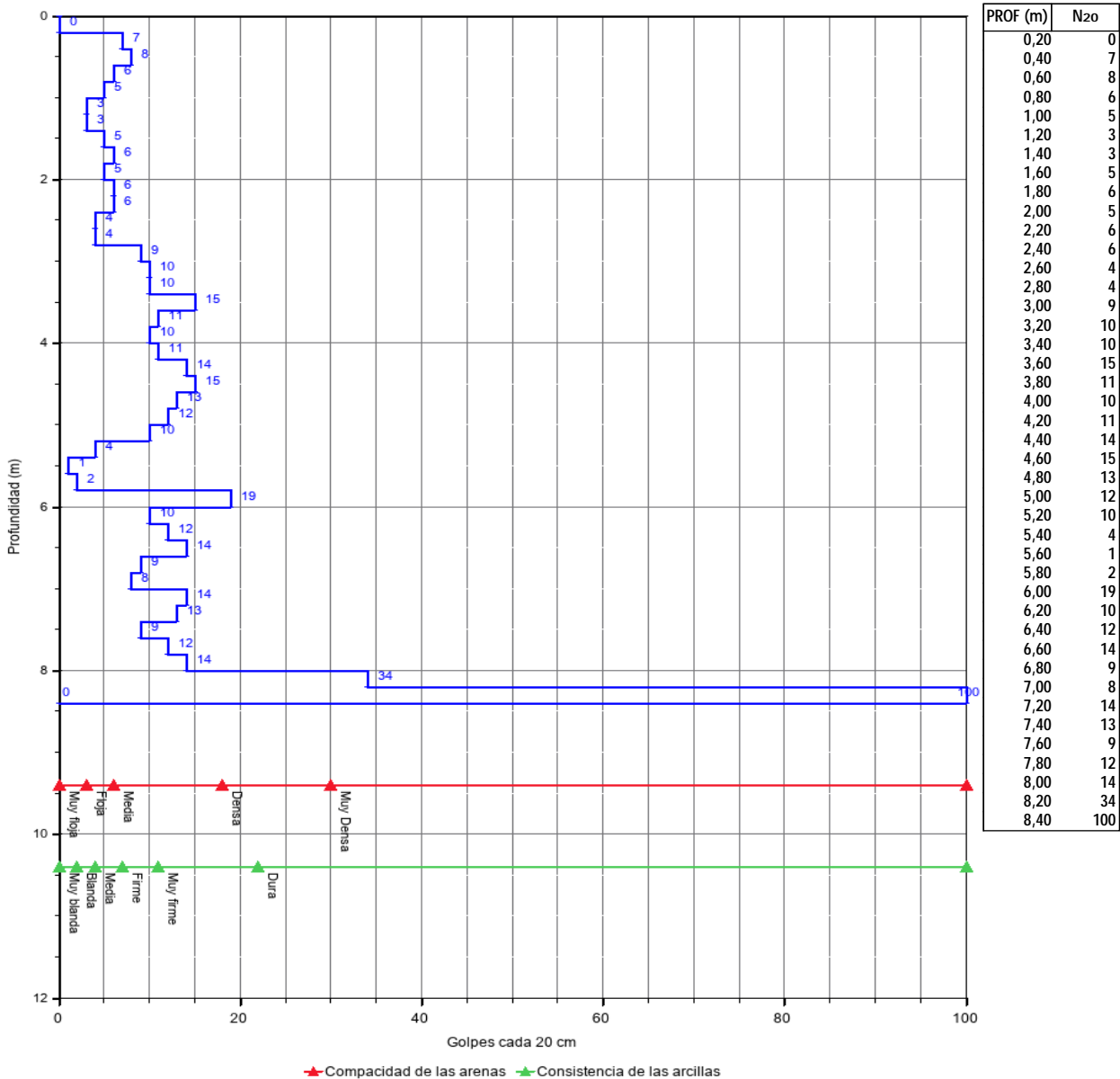
Expediente: **O/2005036/491**

Peticionario:
Coordenadas UTM:
Fecha:

EL LA CAÑADA EN COSLADA
COMUNIDAD DE MADRID
X: 453752.000
01/08/2024 a

Y: 4474051.000
Equipo: PENETROMETRO TECOINSA TP-05 00.18.609

REGISTRO DE PENETRACIÓN DINÁMICA



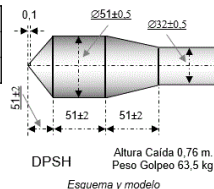
PROF (m)	N20
0,20	0
0,40	7
0,60	8
0,80	6
1,00	5
1,20	3
1,40	3
1,60	5
1,80	6
2,00	5
2,20	6
2,40	6
2,60	4
2,80	4
3,00	9
3,20	10
3,40	10
3,60	15
3,80	11
4,00	10
4,20	11
4,40	14
4,60	15
4,80	13
5,00	12
5,20	10
5,40	4
5,60	1
5,80	2
6,00	19
6,20	10
6,40	12
6,60	14
6,80	9
7,00	8
7,20	14
7,40	13
7,60	9
7,80	12
8,00	14
8,20	34
8,40	100

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

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

Madrid a 01/08/2024

SUPERVISADO



Referencia:

P-02

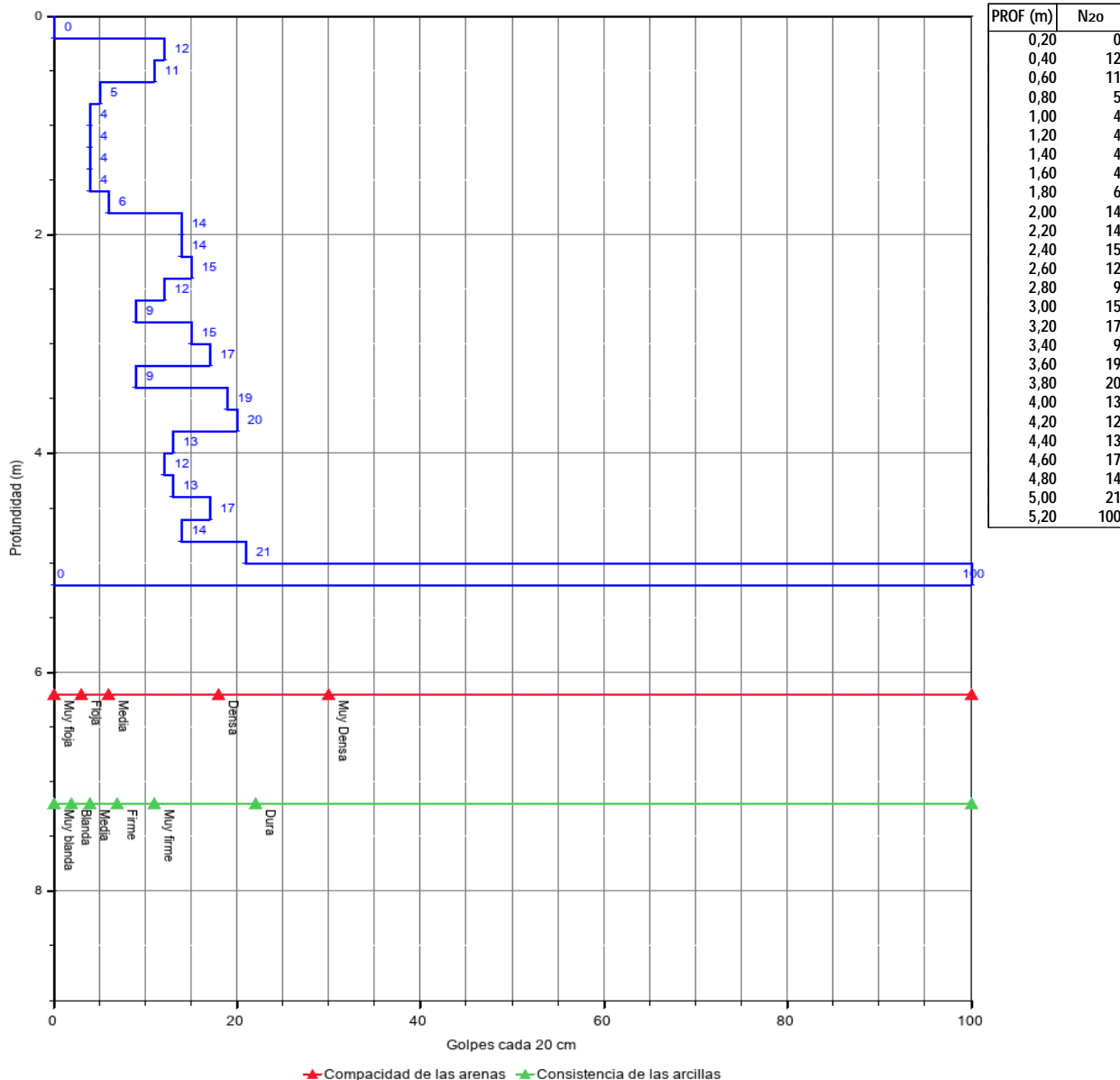
Expediente: **O/2005036/491**

Peticionario:
Coordenadas UTM:
Fecha:

EL LA CAÑADA EN COSLADA
COMUNIDAD DE MADRID
X: 453767.000
01/08/2024 a

Y: 4474032.000
Equipo: PENETROMETRO TECOINSA TP-05 00.18.609

REGISTRO DE PENETRACIÓN DINÁMICA



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

[Firma]

[Firma]

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

Madrid a 01/08/2024



ANEJO 5. ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Expediente: O/2005036/491
Nº acta: 017-24/009466/1 Anula a:
Obra: EI LA CAÑADA EN COSLADA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:
Modalidad de control:

ACTA

AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL AGUA FRENTE AL HORMIGÓN (EHE)

ALBARÁN: 1993154 CÓDIGO DE MUESTRA: 1201/017/2024/009148(1722072) FECHA TOMA: 05/07/2024-12:42

MATERIAL

TIPO:	AGUA	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - Muestreado por Geotecnia
ORIGEN DE LA MUESTRA:		MUESTREO POR:	
PROCEDENCIA:	S-01 MAG 5.90 - 5.90	NORMA DE MUESTREO:	
LUGAR DE TOMA:	S-01	Tª AGUA EN LA TOMA (°C):	-
UBICACIÓN:		LOTE LABORATORIO:	
PROFUNDIDAD (m):	-	LOTE CLIENTE:	

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

Determinación de la agresividad potencial frente a hormigones. Incluye los ensayos: determinación del pH, ión magnesio, ión amonio, sulfatos, CO₂ y residuo seco (agua-análisis de agresividad al hormigón)

EHE 2008; UNE 83952:2008; UNE EN 13577:2008; UNE 83954:2008; UNE 83955:2008; UNE 83956:2008; UNE 83957:2008

RESULTADOS

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

Temperatura del agua antes de los ensayos (°C): 25

PARÁMETROS	NORMA	RESULTADO	TIPO DE EXPOSICIÓN		
			XA1 - ATAQUE DEBIL	XA2 - ATAQUE MEDIO	XA3 - ATAQUE FUERTE
VALOR DEL pH	UNE 83952:2008	9,5	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ /l)	UNE EN 13577:2008	NO CONTIENE	15 - 40	40 - 100	> 100
IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ /l)	UNE 83954:2008	2	15 - 30	30 - 60	> 60
IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ /l)	UNE 83955:2008	1.974	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /l)	UNE 83956:2008	1.824	200 - 600	600 - 3000	> 3000
RESIDUO SECO (mg/l)	UNE 83957:2008	3.449	75 - 150	50 - 75	< 50

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:

AGRESIVIDAD MEDIA

:

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

Madrid a 29/07/2024

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2024.07.29 11:25:44 +02'00'

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2024.07.29 11:25:43 +02'00'

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

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

ÁREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural). EFA (Ensayos de obras de fábrica y albañilería) y ESE (Ensayos de escombros de estructura de acero).

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

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

FECHA TOMA: 05/07/2024-12:42

MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
MUESTREO POR:	
LOTE LABORATORIO:	
LOTE CLIENTE:	

Determinación de la humedad mediante secado en estufa (suelos)	UNE 103300:1993
Límites de Atterberg (suelos)	UNE 103103:1994; UNE 103104:1993
Corte directo sobre muestra inalterada consolidado y drenado (suelos)	UNE 103401:1998
Análisis granulométrico (suelos)	UNE 103101:1995
Determinación de la acidez Bauman-Gully (suelos)	UNE 83962:2008
Determinación del contenido de sulfatos solubles (cuantitativo) (suelos)	UNE 103201:2019; UNE 103202:2019
Clasificación e índice de grupo (suelos)	ASTM 2487:2000
Presión de hinchamiento en edómetro (suelos)	UNE 103602:1996
Determinación de la densidad aparente (balanza hidrostática) (suelos)	UNE 103301:1994

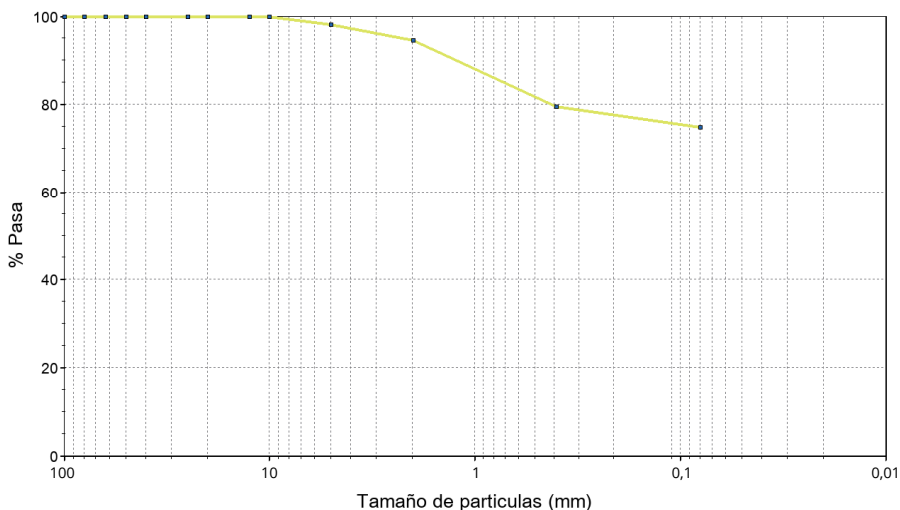
La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente en CEMOSA.

Expediente: **O/2005036/491**
Nº acta: 017-24/009463/2 Anula a: 017-24/009463/1
Código de muestra: 1201/017/2024/009147(1722071)
Procedencia: S-01 TP 5.30 - 5.60

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ (mm)	% PASA
100	100
80	100
63	100
50	100
40	100
25	100
20	100
12,5	100
10	100
5	98,1
2	94,6
0,4	79,5
0,080	74,8

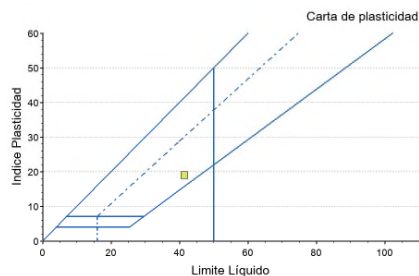


LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **41,4** LÍMITE PLÁSTICO: **22,4** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **19,0**

CLASIFICACIÓN

Clasificación ASTM D 2487 (U.S.C.S.) - Símbolo y nombre de grupo: **CL - Arcilla de Baja Plasticidad**
Clasificación AASHTO M-145 Símbolo de grupo (IG): **A-7-6 (14)**



DENSIDAD Y HUMEDAD

DENSIDAD - UNE 103301

HÚMEDA (g/cm³): **1,83**
SECA (g/cm³): **1,48**

HUMEDAD - UNE 103201

HUMEDAD (%): **23,4**

ANÁLISIS QUÍMICO

SULFATO (% SO₃): **4,84**
MATERIA ORGÁNICA (%): **-**
CARBONATOS (% CaCO₃): **-**

SALES SOLUBLES (g/100g suelo): **-**
YESOS (%): **-**

Expediente: **O/2005036/491**
Nº acta: 017-24/009463/2 Anula a: 017-24/009463/1
Código de muestra: 1201/017/2024/009147(1722071)
Procedencia: S-01 TP 5.30 - 5.60

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

CORTE DIRECTO

DATOS DE ENSAYO

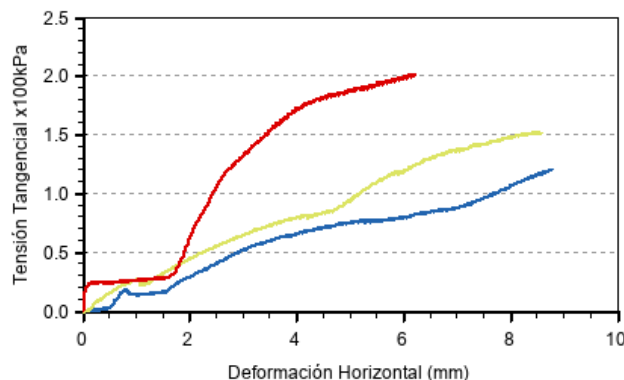
ESTADO MUESTRA	INALTERADA
CAJA:	CILINDRICA
TIPO ENSAYO:	CD

Nº PROBETA	TENSIÓN TANG. (kg/cm²)	HUMEDAD INIC. (%)	HUMEDAD FINAL (%)	DENS. HÚMEDA (g/cm³)	DENS. SECA (g/cm³)
1	1,21	23,4	26,6	1,83	1,48
2	1,53	23,4	24,9	1,84	1,49
3	2,02	23,4	23,8	1,82	1,47

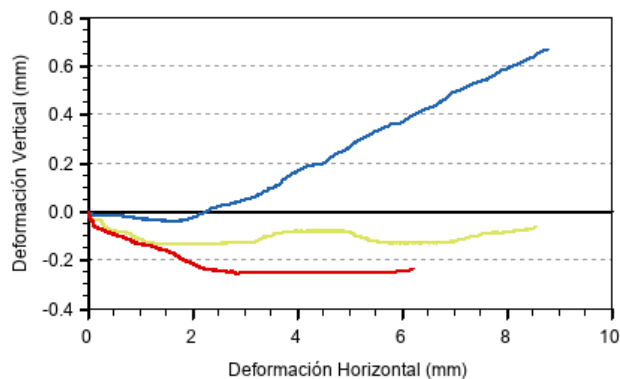
ÁNGULO DE ROZAMIENTO (°): **22,2**

COHESIÓN (kg/cm²): **0,77**

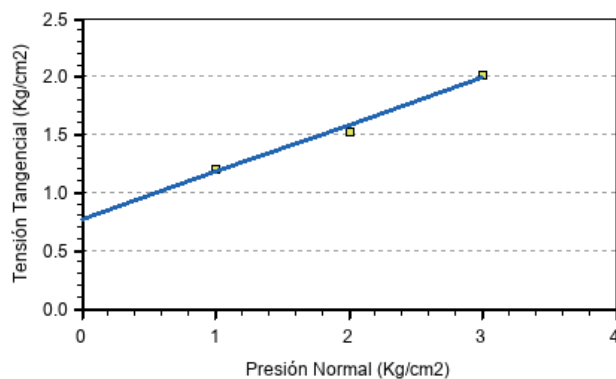
CURVAS DE ROTURA



DEFORMACIÓN VERTICAL - DEFORMACIÓN HORIZONTAL



TENSIÓN NORMAL - TENSIÓN TANGENCIAL



AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL SUELO FRENTE AL HORMIGÓN

PARÁMETROS	NORMA	RESULTADO	TIPO DE EXPOSICIÓN		
			XA1 - ATAQUE DÉBIL	XA2 - ATAQUE MEDIO	XA3 - ATAQUE FUERTE
ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg):	UNE 83962	27,72	> 200	NO APLICABLE	NO APLICABLE
EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:		AGRESIVIDAD MEDIA			

Expediente: **O/2005036/491**
Nº acta: 017-24/009463/2 Anula a: 017-24/009463/1
Código de muestra: 1201/017/2024/009147(1722071)
Procedencia: S-01 TP 5.30 - 5.60

ACTA

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO DE UN SUELO EN EDÓMETRO

DATOS DE LA CÉLULA

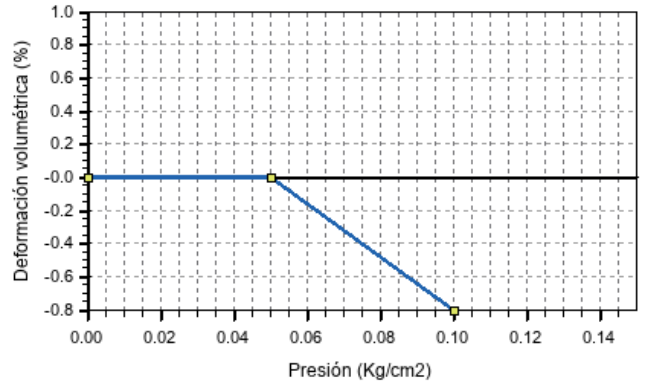
VOLUMEN (cm³):	39,26
ÁREA (cm²):	19,63
ALTURA (mm):	20
DIÁMETRO (mm):	50

DATOS DE LA MUESTRA

DENSIDAD HÚMEDA INICIAL (g/cm³):	1,78
DENSIDAD SECA (g/cm³):	1,46
HUMEDAD INICIAL (%):	22,2
HUMEDAD FINAL (%):	26,6

PRESIÓN (Kg/cm²)	PRESIÓN (kPa)	DEFORMACIÓN (%)
0,00	0,00	0,00
0,05	4,90	0,00
0,10	9,81	-0,80

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO (Kg/cm²)	0,08
PRESIÓN DE HINCHAMIENTO (kPa)	7,85



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

Madrid a 29/07/2024

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digital signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, o=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2024.07.29 13:02:19 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digital signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, o=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2024.07.29 13:02:12 +02'00'

Expediente: **O/2005036/491**
Nº acta: 017-24/009464/1
Obra: EI LA CAÑADA EN COSLADA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1993155**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2024/009149(1722073)**

FECHA TOMA: **05/07/2024-12:42**

MATERIAL

TIPO: **SUELO**
DESCRIPCIÓN: **S-01 SPT 6.00 - 6.10**
PROCEDENCIA: **S-01 SPT 6.00 - 6.10**
LUGAR DE TOMA: **S-01**
UBICACIÓN:

MODALIDAD DE MUESTREO: **GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA**
MUESTREO POR:
LOTE LABORATORIO:
LOTE CLIENTE:

TRABAJOS REALIZADOS

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

Límites de Atterberg (suelos) **UNE 103103:1994; UNE 103104:1993**
Análisis granulométrico (suelos) **UNE 103101:1995**
Clasificación e índice de grupo (suelos) **ASTM 2487:2000**

RESULTADOS

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

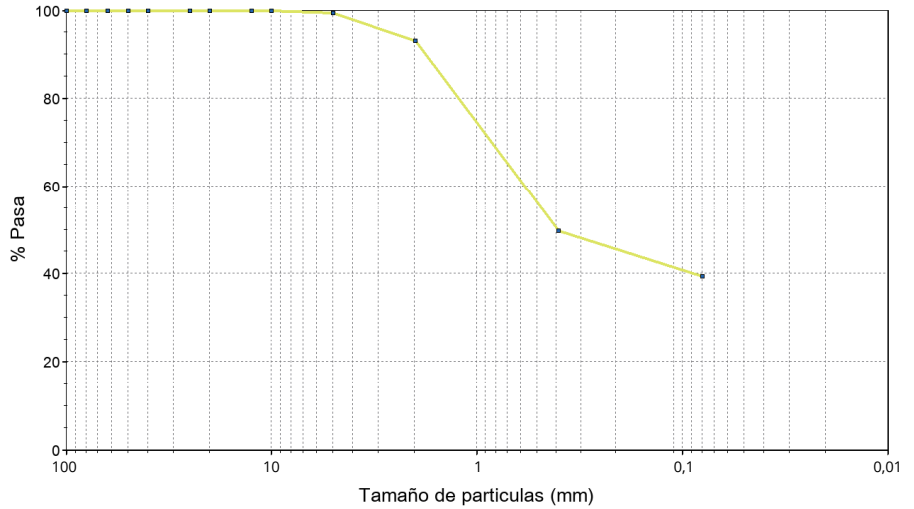
La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente en CEMOSA.

Expediente: **O/2005036/491**
Nº acta: 017-24/009464/1
Código de muestra: 1201/017/2024/009149(1722073)
Procedencia: S-01 SPT 6.00 - 6.10

ACTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ (mm)	% PASA
100	100
80	100
63	100
50	100
40	100
25	100
20	100
12,5	100
10	100
5	99,5
2	93,2
0,4	49,8
0,080	39,4

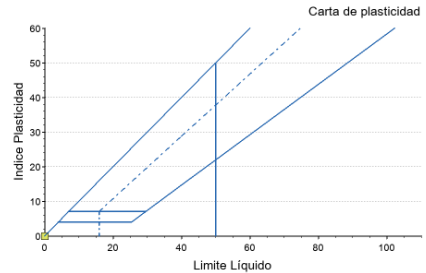


LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: - LÍMITE PLÁSTICO: - ÍNDICE DE PLASTICIDAD: - **NO PLÁSTICO**

CLASIFICACIÓN

Clasificación ASTM D 2487 (U.S.C.S.) - Símbolo y nombre de grupo: **SM - Arena Limosa**
Clasificación AASHTO M-145 Símbolo de grupo (IG): **A-4 (0)**



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

Madrid a 29/07/2024

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DCEES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2024.07.29 11:26:14 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=DCEES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2024.07.29 11:26:07 +02'00'

Expediente: **O/2005036/491**
Nº acta: 017-24/009465/1
Obra: EI LA CAÑADA EN COSLADA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: PUERTA DEL SOL 7 28013 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1993156**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2024/009150(1722074)**

FECHA TOMA: **05/07/2024-12:42**

MATERIAL

TIPO: **SUELO**
DESCRIPCIÓN: **S-01 SPT 9.00 - 9.20**
PROCEDENCIA: **S-01 SPT 9.00 - 9.20**
LUGAR DE TOMA: **S-01**
UBICACIÓN:

MODALIDAD DE MUESTREO: **GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA**
MUESTREO POR:
LOTE LABORATORIO:
LOTE CLIENTE:

TRABAJOS REALIZADOS

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

Límites de Atterberg (suelos) **UNE 103103:1994; UNE 103104:1993**
Análisis granulométrico (suelos) **UNE 103101:1995**
Clasificación e índice de grupo (suelos) **ASTM 2487:2000**

RESULTADOS

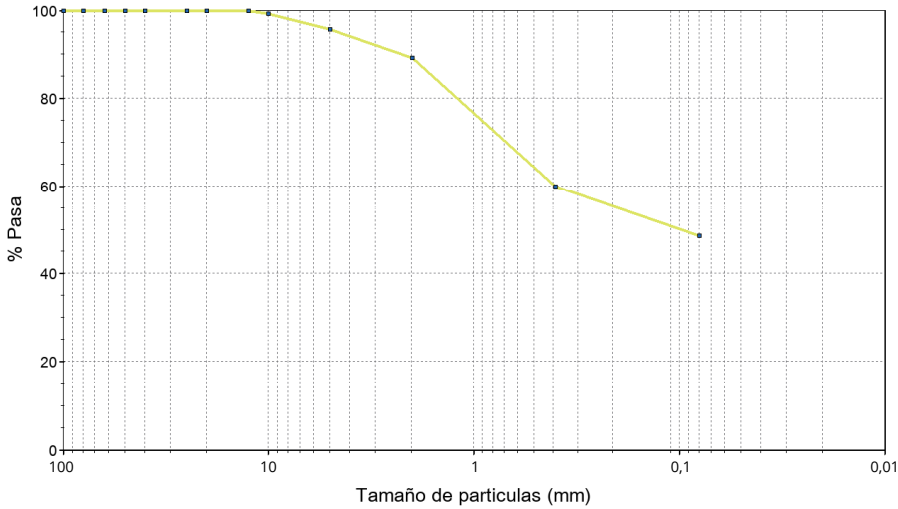
Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

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

Expediente: **O/2005036/491**
Nº acta: 017-24/009465/1
Código de muestra: 1201/017/2024/009150(1722074)
Procedencia: S-01 SPT 9.00 - 9.20

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ (mm)	% PASA
100	100
80	100
63	100
50	100
40	100
25	100
20	100
12,5	100
10	99,3
5	95,7
2	89,3
0,4	60
0,080	48,7

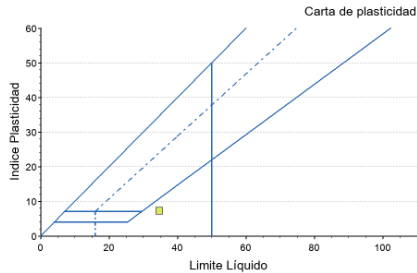


LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **34,6** LÍMITE PLÁSTICO: **27,3** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **7,3**

CLASIFICACIÓN

Clasificación ASTM D 2487 (U.S.C.S.) - Símbolo y nombre de grupo: **SM - Arena Limosa**
Clasificación AASHTO M-145 Símbolo de grupo (IG): **A-4 (1)**



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

Madrid a 29/07/2024

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DCEES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2024.07.29 11:26:58 +02'00'

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

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=DCEES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2024.07.29 11:26:52 +02'00'

ANEJO 6. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

APÉNDICE 1. HOJA DOCUMENTAL

FICHA DOCUMENTAL

El presente documento, de título **INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA MURO DE CONTENCIÓN EN EL LA CAÑADA** ha sido realizado por CEMOSA, en su delegación de **Madrid**, en la siguiente dirección:

Pol. Ind. Los Olivos. C/ Innovación,11 (28906)

MADRID - GETAFE

El teléfono y email de contacto son los siguientes:

Tel: 916 828 727 Fax: 916 019 683

madrid@cemosa.es

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

Carlos Álvarez Calvo

Carlos Álvarez Calvo

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