

I.E.S. CARMEN MARTÍN GAITE NAVALCARNERO (MADRID)



ESTUDIO DE LAS CAUSAS, TRASCENDENCIA ESTRUCTURAL Y MEDIDAS CORRECTORAS A ADOPTAR EN RELACIÓN CON EL DERRUMBE DE PARTE DE UN MURO

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES	1
2.- OBJETO DEL INFORME	1
3.- DATOS PREVIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO	1
3.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SINIESTRO	1
3.2.- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA FACILITADA	3
3.3.- DOCUMENTACIÓN ADICIONAL	3
4.- PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	3
5.- RESULTADOS DE LA REVISIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO FACILITADO	5
5.1.- SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	5
5.2.- SOBRE LAS CALICATAS EFECTUADAS.....	6
5.3.- CONSIDERACIONES SOBRE LA REHABILITACIÓN DEL MURO	7
6.- RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN DE TESTIGOS	8
7.- RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN REALIZADA.....	9
7.1.- SOBRE LA CONFIGURACIÓN DEL MURO.....	9
7.2.- SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS Y ALCANCE DEL DERRUMBE	13
7.3.- SOBRE LAS ANOMALÍAS OBSERVADAS	15
8.- COMPROBACIONES DE CÁLCULO	16
8.1.- RELATIVAS A LA CAÍDA PARCIAL DEL MURO	16
8.2.- RELATIVAS A LA ESTABILIDAD GLOBAL DEL MURO	17
9.- COMENTARIOS SOBRE LA POSIBLE EXCEPCIONALIDAD DE LAS LLUVIAS.....	19
10.- ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN	21
11.- CONCLUSIONES	23

ANEJO Nº 1: INFORME GEOTÉCNICO FACILITADO

ANEJO Nº 2: COMPROBACIONES DE CÁLCULO

1.- ANTECEDENTES

Con fecha de 16 de noviembre de 2024 la DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS de la Comunidad de Madrid (en adelante el Peticionario) adjudicó al Instituto Técnico de Materiales y Construcción (INTEMAC) el *CONTRATO DE SERVICIOS PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE PATOLOGÍAS EN RELACIÓN AL MURO DE CERRAMIENTO DERRUMBADO EN EL I.E.S. CARMEN MARTÍN GAITE DE NAVALCARNERO*.

Según se especifica en el Pliego de Prescripciones Técnicas que rigen dicho Contrato, este tiene por objeto determinar los posibles problemas constructivos que presentaba el muro perimetral del I.E.S. CARMEN MARTÍN GAITE de Navalcarnero que colapsó parcialmente coincidiendo con las lluvias asociadas al paso de una DANA a principios del mes de septiembre de 2023 por la localidad, así como determinar las medidas correctoras, de refuerzo o estabilizadoras necesarias para su reconstrucción.

Tras analizar la documentación facilitada, así como los resultados de los trabajos de campo, INTEMAC acometió los trabajos de gabinete oportunos, terminando con la redacción del presente informe.

2.- OBJETO DEL INFORME

El objeto del presente informe es, con base en los resultados de las inspecciones e investigaciones realizadas y en la revisión de la documentación facilitada, así como de la recogida en diferentes fuentes consultadas, describir la tipología, características y alcance del siniestro ocurrido y llevar a cabo un análisis preliminar sobre las causas más probables del mismo, así como establecer conclusiones sobre las medidas de reparación y/o reconstrucción a adoptar.

3.- DATOS PREVIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

3.1.- Descripción general del siniestro

El Instituto de Enseñanza Secundaria I.E.S. Carmen Martín Gaité se ubica en la avenida de San Sebastián en Navalcarnero (Madrid), al oeste del casco urbano de dicha localidad, en una zona que presenta una pendiente decreciente en sentido sudoeste (coordenadas: 40,287884, -4,022653 y referencia catastral de la parcela 3203402VK1630S). Dada la comentada pendiente del terreno, la nivelación de las instalaciones del Instituto localizadas en su zona sudoeste exigió que se dispusieran rellenos que fueron contenidos por muros perimetrales de diferente tipología.

Según hemos sido informados, coincidiendo con las lluvias ocurridas los días 3 y 4 de septiembre de 2023, al paso de una DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos) que azotó el centro peninsular, provocando numerosas incidencias, se produjo la caída parcial de un tramo de uno de los muros perimetrales del Instituto.

El tramo de muro siniestrado se sitúa en la esquina sudoeste de la parcela ocupada por el Instituto. A su pie se ubica el Parque Antonio Machado, que se extiende por el flanco sudoeste de la parcela ocupada por el mismo.

La Figura 1, tomada de la aplicación Google Maps®, muestra una vista aérea de su localización en la que se ha remarcado con una línea amarilla continua la posición del muro perimetral siniestrado.



Figura 1. Localización y vista aérea (Fuente: Google Maps®).

El siniestro corresponde al derrumbe de la franja superior del muro (de unos 2 m de altura), la más próxima a su coronación, en una longitud aproximada de 30 m.

En la Figura 2 se muestran unas vistas generales del siniestro en las que se aprecia su alcance y la configuración del muro.



Figura 2. Vistas generales del muro siniestrado.

a) *Revisión de la documentación técnica facilitada.*

La documentación aportada por el Peticionario se detalla en el apartado 3.2 anterior. No disponemos del Proyecto de construcción del muro siniestrado.

b) *Ejecución de perforaciones horizontales a diferentes alturas para identificar la configuración del muro.*

Se extrajeron dos (2) testigos horizontales del alzado del muro siniestrado a distintas alturas. Dichos testigos fueron extraídos por personal del Área de Geotecnia de INTEMAC el pasado 22 de abril de 2024.

Los resultados obtenidos de la extracción de estos testigos se recogen por medio de fotografías y coquis en el apartado 6 del presente documento.

c) *Inspección de detalle del muro y de las calicatas efectuadas*

Fue realizada a principios de octubre de 2023 y, una vez finalizado el estudio geotécnico, y facilitado a INTEMAC, se retomaron las inspecciones en el mes de febrero de 2024. En ambos casos, dichas inspecciones fueron realizadas por equipos técnicos de INTEMAC con objeto de caracterizar la configuración del muro siniestrado.

d) *Comprobaciones de cálculo para determinar las condiciones de seguridad y estabilidad del muro.*

Partiendo de la información recabada sobre la configuración del muro y la facilitada acerca de la caracterización geotécnica del terreno, se han realizado comprobaciones de cálculo encaminadas a evaluar las condiciones de seguridad del muro en su estado actual y aquellas que motivaron su derrumbe parcial.

Los resultados de dichas comprobaciones se recogen en el Anejo nº 2 al presente documento.

e) *Definición de las medidas de intervención necesarias.*

De acuerdo con los resultados de las actividades anteriores, se definirán las actuaciones más adecuadas para la reconstrucción y reparación del muro siniestrado.

f) *Emisión de un informe de resultados de las actividades realizadas.*

5.- RESULTADOS DE LA REVISIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO FACILITADO

5.1.- Sobre las características del terreno

El estudio geotécnico del terreno realizado por la empresa *GMD* (Estudios Geotécnicos y Control de Materiales) consistió en la ejecución de tres sondeos mecánicos a rotación. Durante el proceso de perforación se realizaron ensayos de penetración dinámica estándar (SPT) y se tomaron muestras para su posterior ensayo en el laboratorio. En la Figura 3 siguiente se muestra la ubicación de dichas perforaciones.

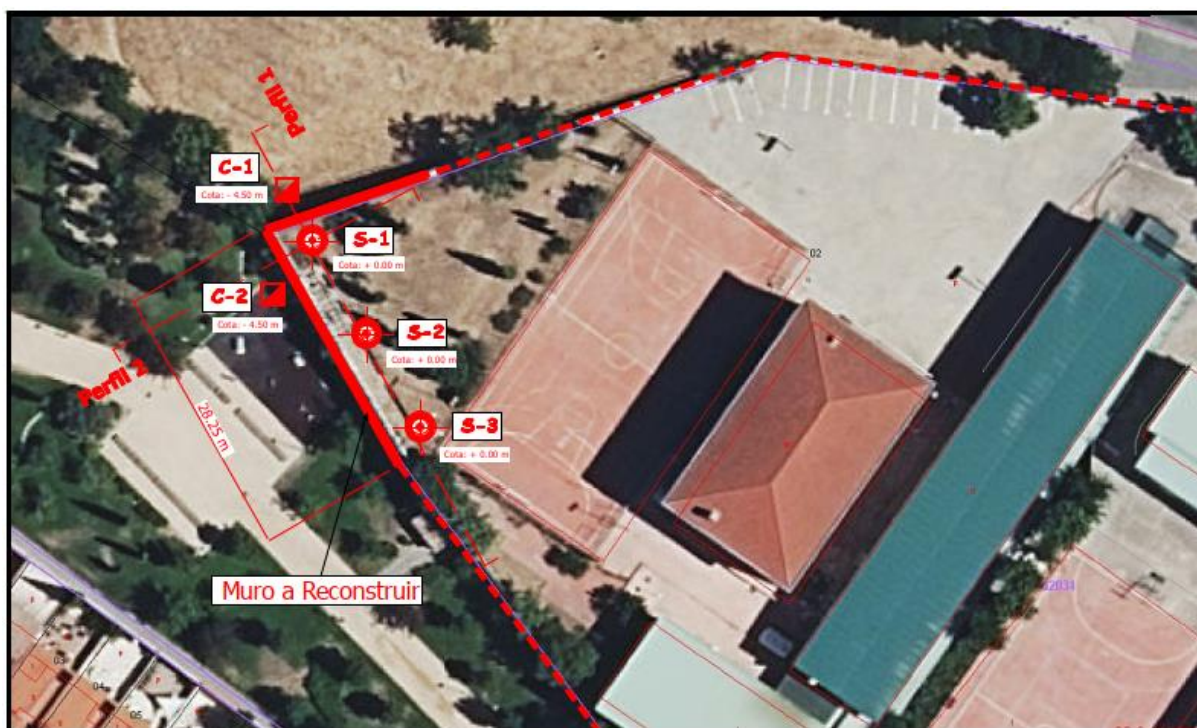


Figura 3. Croquis de la localización de las perforaciones y calicatas efectuadas (Fuente:[3]).

Partiendo de los datos recopilados en los distintos materiales atravesados derivados de los sondeos y ensayos de laboratorio realizados, se deduce el siguiente perfil geomecánico:

Nivel 0.- Relleno antrópico: Suelos antrópicos que constituyen el relleno de la plataforma sobre la que se desarrolla el instituto, lo cuales están contenidos por el muro el cual ha colapsado en la zona con mayor acumulación de este relleno.

Está formado por un conjunto de arena arcillosa parda y marrón oscura con fragmentos de tabiquería escombros.

Presenta una potencia que alcanza los 5,70 m desde la cota de inicio de los reconocimientos realizados, presentando una distribución bastante regular. La base de este nivel queda delimitada entre las cotas -5,30 a -5,70 m.

Nivel 1.- Arena arcillosa: Sustrato mioceno que puede integrarse dentro de las arenas tosquizas y arenas de migas. Representado por arena bastante arcillosa de plasticidad media marrón y ocre. Presenta cernidos, mayoritariamente, con granulometría media a fina; con naturaleza arcósica.

Se desarrolla por debajo de las cotas -5,30 a -5,70 m.

Por otro lado, hay que considerar que la potencia de este nivel, dada la experiencia geotécnica en el área de estudio, se puede considerar superior a los 10,00 m, manteniendo las mismas características geotécnicas o incrementándolas según se progresa en profundidad.

Con los resultados obtenidos en los reconocimientos y ensayos de laboratorio realizados, en la siguiente tabla (Figura 4) se indican las características geotécnicas medias estimadas en los diferentes niveles de terreno definidos:

NIVEL	Profundidad m	Cota m	γ_{ap} t/m ³	C' kPa	ϕ °
Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería Floja	5,3 - 5,7	-5,3 -5,7	1,80	0	28
Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa Medianamente densa a densa	- - -	< -5,7	2,00	10	32

Figura 4. Resumen de las características geotécnicas deducibles de los ensayos realizados (Fuente:[3]).

En la investigación realizada no se ha detectado presencia de agua (medición efectuada el 21 de diciembre de 2023), por lo que, en principio, se considera un sustrato seco a efectos de consideraciones sobre el nivel freático.

5.2.- Sobre las calicatas efectuadas

En la siguiente tabla (Figura 5) se muestran los resultados obtenidos de la inspección de las dos calicatas abiertas para la investigación de la cimentación del muro, cuya posición se representa esquemáticamente en la Figura 3 anterior.

CALICATA C1			
Profundidad (m)	Litología	Profundidad alcanzada (m)	Cota boca aprox. (m)
0,00 a 1,10	Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería	1,58	-4,50
1,10 a 1,58	Zapata hormigón Hormigón apoyo zapata muro		
CALICATA C2			
Profundidad (m)	Litología	Profundidad alcanzada (m)	Cota boca aprox. (m)
0,00 a 0,79	Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería	0,93	-4,50
0,79 a 0,93	Zapata hormigón Hormigón apoyo zapata muro		

Figura 5. Resumen de los resultados obtenidos en la apertura de las calicatas (Fuente:[3]).

Según se deduce de dichas investigaciones, y a pesar de las limitaciones encontradas (la presencia de una conducción eléctrica paró el avance de la apertura de la calicata C-2), el canto de la cimentación de los muros investigados, el siniestrado y el perpendicular a éste por su flanco oeste, es una zapata corrida de hormigón que presenta al menos 50 cm de canto.

En la Figura 6 se muestran imágenes de la cimentación de estos muros tomadas durante la apertura de dichas calicatas.



CALICATA C-1 (Muro perpendicular al siniestrado)



CALICATA C-2 (Muro siniestrado)

Figura 6. Imágenes tomadas durante la apertura de las calicatas (Fuente:[3]).

5.3.- Consideraciones sobre la rehabilitación del muro

La retirada del muro existente que ha quedado en pie tras el derrumbe parcial exige que se ejecute la excavación de unos taludes provisionales que, en principio, podrían llegar a tener unas pendientes inferiores a 4H:3V en el relleno antrópico y a 1H:2V en el sustrato de arena arcillosa.

Se trata, en todo caso, de taludes provisionales, es decir, la construcción del nuevo muro de contención debería ejecutarse en el mínimo plazo posible y, en caso de que algunas zonas no permitan esta solución, será necesario recurrir a la excavación mediante bataches o sistemas de contención temporal.

Adicionalmente, el informe de GMD propone parámetros de diseño en el caso de que se opte, como solución, por una pantalla de micropilotes.

Por último, en dicho informe también se hace hincapié en la importancia de que la solución adoptada tenga un adecuado drenaje, ya que, según lo expuesto, este aspecto ha resultado determinante en el colapso parcial acontecido. En concreto, se especifica lo siguiente:

Teniendo en cuenta la patología observada y la potencia del nivel de relleno antrópico el cual presenta un fuerte contraste de permeabilidad frente al mioceno compacto; en la reposición y rehabilitación de la estructura del muro se debe contemplar un sistema adecuado de drenaje.

Dicho sistema de drenaje puede integrarse dentro del sistema de contención o en una fase posterior la instalación de drenajes tipo californiano que eviten el lavado del relleno antrópico, así como disipen bolsas de agua en el trasdós del muro.

Por otro lado, en la reposición del muro se debe contemplar la compactación o incluso la retirada del parte del relleno antrópico removilizado, garantizado que dicho relleno del trasdós no genere un asiento diferencial en la cabeza del muro.

6.- RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN DE TESTIGOS

En el croquis de la Figura 7 siguiente se representa esquemáticamente la posición de los dos (2) testigos horizontales que fueron extraídos a distintas alturas del alzado del muro con objeto de caracterizar su configuración estructural: el testigo T1 se realizó debajo de las jardineras, en la zona del recrecido inferior, y el testigo T2 se extrajo de una zona intermedia del alzado del muro. En la Figura 8 se muestra una imagen tomada durante la extracción de dichos testigos.



Figura 7. Croquis de la localización de los testigos extraídos.

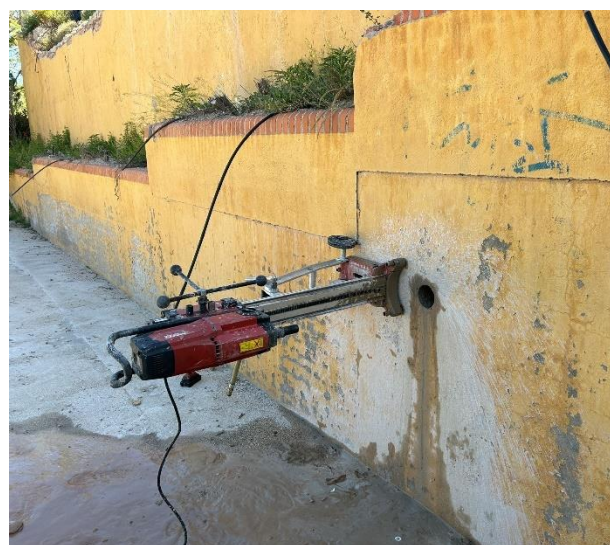


Figura 8. Proceso de extracción de los testigos.

De las muestras extraídas (véase la Figura 9) se deduce la siguiente configuración estructural, sobre la que profundizaremos en el siguiente apartado:

- En el testigo T1 se identifica una hoja exterior de fábrica de ladrillo de un pie de espesor, que debió actuar a modo de encofrado perdido de la capa de hormigón adyacente, de 30 cm de espesor, aparente recrecido del muro que se extiende por su parte inferior. Este recrecido está adosado a la hoja de fábrica de ladrillo de medio pie que conforma el intradós del muro, observándose en su trasdós una capa de hormigón en masa de aproximadamente 1 m de espesor que queda en contacto con el terreno.

- En el testigo T2, extraído a una altura superior, por encima de dicho recredido, se identifica una capa de hormigón en masa de unos 80 cm adyacente a la hoja de fábrica de medio pie que conforma el intradós del muro, continuación de la hoja de fábrica intermedia detectada en el testigo T1.



TESTIGO T1
 Figura 9. Testigos extraídos.

TESTIGO T2

7.- RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN REALIZADA

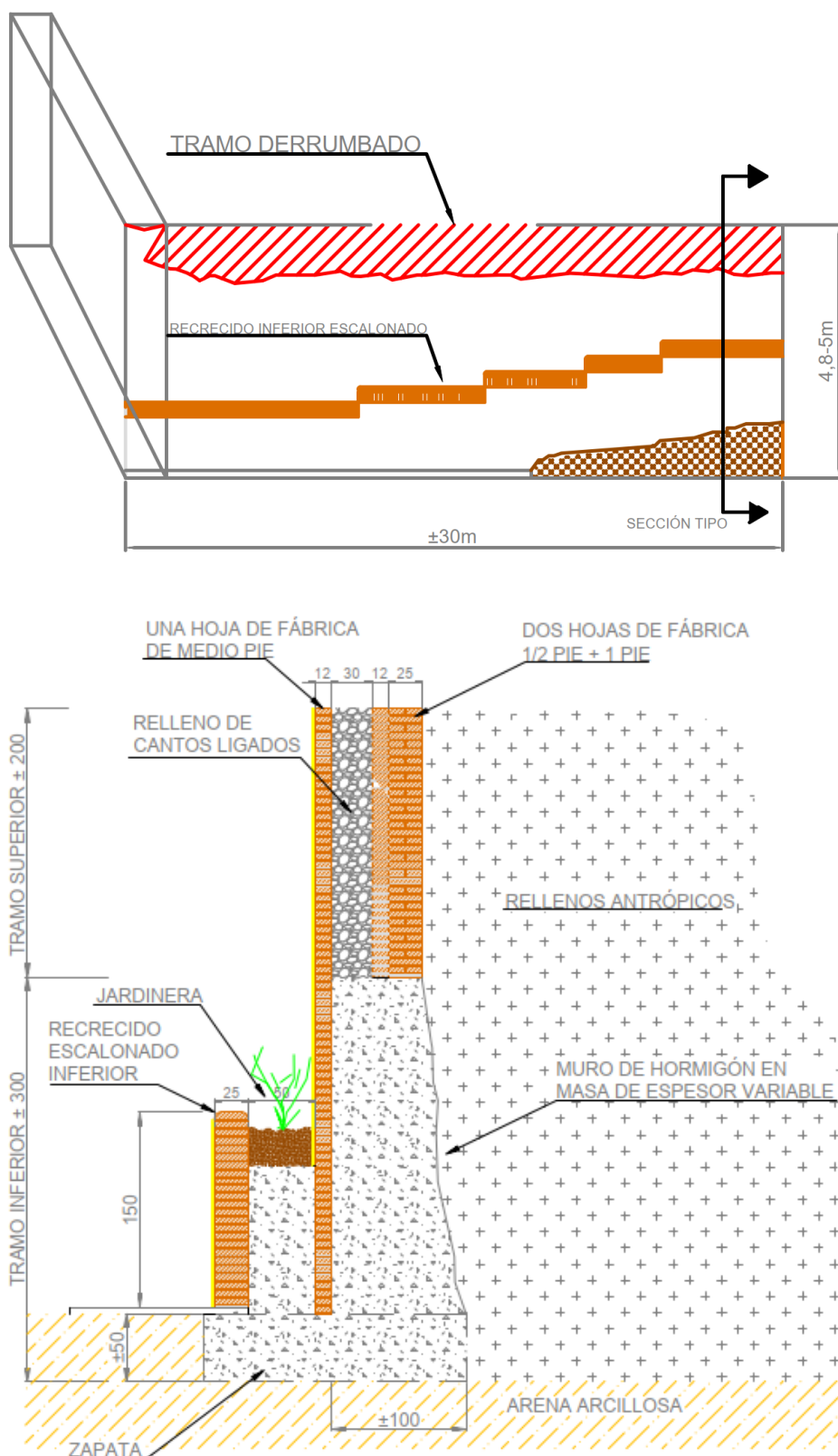
7.1.- Sobre la configuración del muro

En los croquis de la Figura 10 siguiente se muestra un alzado y una sección tipo del muro siniestrado en los que se representa esquemáticamente su configuración estructural, deducida a partir de las investigaciones realizadas.

=====

=====

=====



SECCIÓN TIPO (cotas cm)

Figura 10. Croquis del alzado y una sección tipo del muro siniestrado.

En la zona siniestrada de este muro perimetral de las instalaciones del Instituto tiene una longitud aproximada de 30-35 m y una altura comprendida entre 5,0-5,5 m.

El alzado del muro es recto, si bien adosado en su parte inferior se extiende un recrecido escalonado en altura de aproximadamente 60 cm anchura conformado por escalones con alturas comprendidas entre 1,0-1,5 m. La parte superior de este recrecido estaba ocupada por jardineras.

En general, se trata de un muro de hormigón en masa de espesor sensiblemente variable: en la zona intermedia de su alzado identificamos un espesor de unos 80 cm que aumentaba hasta aproximadamente 1 m en las proximidades de su arranque. Su intradós está constituido por una hoja de fábrica de ladrillo de medio pie enfoscada con mortero en su cara vista que se extiende en toda la altura de su alzado, probablemente prevista como encofrado del cuerpo original de hormigón en masa.

En su tramo superior la configuración del muro era diferente ya que, en la franja más próxima a su coronación, en una anchura aproximada de 2 m, éste estaba constituido por un hormigón ciclópeo pobre (en realidad, un relleno de cantos rodados parcialmente ligados con mortero) que quedaba confinado entre dos paños de fábrica dispuestas a modo de encofrado perdido. El paño del intradós es la hoja de medio pie anteriormente referida, mientras que en el trasdós se identificaban dos hojas, una adyacente al relleno de cantos rodados constituida por una hilera de ladrillos dispuestos a soga y, adosada a ésta, pero sin que exista trabazón entre ambas, otra de un pie de espesor conformada por hileras alternas de piezas dispuestas a tizón y a soga.

Cabe señalar la diferencia entre el hormigón identificado en los testigos extraídos, correspondiente al tramo inferior del muro (véanse las muestras en la Figura 9 anterior), y el relleno observado en el tramo superior, que se limita a unos cantos rodados pobremente ligados con mortero (Figura 11 dcha.).

Este tramo superior se ha dispuesto sobre el inferior de hormigón sin que aparentemente exista ningún tipo de conexión entre ambos.



Figura 11. Detalles de la configuración del tramo superior del muro siniestrado.

El recrecido escalonado que se extiende por su parte inferior está conformado por una hoja exterior de fábrica de ladrillo de un pie de espesor enfoscada en su cara vista con mortero, que en su parte inferior (previsiblemente a partir de la junta que se aprecia en la Figura 12 siguiente) actúa a modo de encofrado perdido de un macizado de hormigón de unos 30 cm de espesor. Desconocemos si éste recrecido se ejecutó de origen o a modo de refuerzo posterior.

Respecto al drenaje, en algunos puntos del alzado del muro identificamos unos tubos que previsiblemente se colocaron con objeto de que éstos funcionaran a modo de mechinales.

Como se aprecia en la imagen de la Figura 12 izq., algunos de estos mechinales se encontraban obstruidos por la presencia de vegetación y no se observaban escurrimientos partiendo de los mismos, indicativos de que su funcionamiento no ha sido eficaz. Tampoco identificamos en el trasdós un material granular drenante que garantizará que el agua llegará fácilmente a estos mechinales.

En la parte superior del recrecido escalonado también identificamos algunos tubos que se habrían dispuesto para el drenaje de las jardineras.



Figura 12. Detalles de la configuración del recrecido escalonado inferior del muro siniestrado y de su drenaje.

La cimentación del muro siniestrado está constituida por una zapata corrida de hormigón que tiene un canto de aproximadamente 50 cm y una puntera de unos 70 cm de vuelo sobre la que apoya el recrecido escalonado que se extiende por la parte inferior del muro. Con el alcance de las investigaciones realizadas no hemos podido determinar si dicha zapata contaba con talón. Véase la Figura 6 anterior.

Según se desprende del informe geotécnico facilitado [3], la totalidad del terreno contenido por el muro se corresponde con el estrato de rellenos antrópicos identificados. Previsiblemente la cimentación apoya sobre la arena arcillosa.

7.2.- Sobre las características y alcance del derrumbe

El siniestro responde al derrumbe de un tramo superior del muro que contiene los rellenos dispuestos para la explanación de las instalaciones del flanco sudoeste del IES Carmen Martín Gaité, en una longitud aproximada de 30 m.

El fallo se ha producido por una sección que se sitúa a aproximadamente 2 m de la coronación del muro, correspondiente con la interfase del arranque del tramo superior, que está constituido por un relleno de cantos rodados ligados confinado entre dos paños de fábrica que actúan como encofrado perdido, y el tramo inferior, de hormigón en masa con una hoja de fábrica de medio pie enfoscada en su intradós. La superficie de rotura es prácticamente horizontal y no se identifica ningún tipo de conexión entre ambos tramos.

En concreto, las fotografías del siniestro facilitadas [1] (Figura 13), tomadas previamente a la retirada de los escombros (cuando INTEMAC realizó las inspecciones ya se había llevado a cabo el desescombro), ponen de manifiesto que el modo de fallo más probable corresponde al deslizamiento de este tramo superior del muro por su base, es decir, por la sección en la que éste apoya en el tramo inferior de hormigón armado.

Al respecto, la posición de los escombros es coherente con el fallo descrito. Obsérvese cómo el intradós del muro, constituido por una hilera de fábrica de ladrillos dispuestos a soga, queda a la vista, en la parte superior de los escombros, mientras que las hojas de la fábrica del trasdós que confinan el relleno de cantos rodados ligados quedan sepultadas debajo de éste. Además, la base de este tramo superior, es decir, la sección en la que apoyaba sobre el tramo inferior, se encontraba en una posición más alejada de su posición nominal que su coronación.

La caída de este tramo del muro apenas se ha visto acompañada por la de los rellenos contenidos en su trasdós, más allá de una pequeña cuña inmediatamente adyacente al muro. Esto es, el muro cedió sin que se observen síntomas de una rotura del terreno. De hecho, tras el derrumbe y posterior desescombro el talud mantenía una elevada pendiente.

Como se observa en las fotografías de la Figura 13, en general, los fragmentos del tramo de muro siniestrado mantienen su integridad estructural una vez derrumbados.

=====

=====

=====



Figura 13. Vistas generales del siniestro previas al desescombro [1].

=====

=====

=====



Figura 14. Detalle de la superficie de rotura y del terreno movilizado con el derrumbe.

7.3.- Sobre las anomalías observadas

Observamos varias fisuras de trazado predominantemente horizontal progresando por el alzado del muro que acomete perpendicularmente al siniestrado, la más intensa discurre cercana a su base (Figura 15 izq.). También identificamos una aparente junta en las proximidades de la esquina con el muro siniestrado (Figura 15 dcha.).

Además, de manera generalizada se observa una degradación y cuarteamiento del revestimiento de mortero de la cara vista de este muro y del siniestrado.



Figura 15. Anomalías observadas en el muro perpendicular al siniestrado.

8.- COMPROBACIONES DE CÁLCULO

8.1.- Relativas a la caída parcial del muro

El siniestro consiste en el deslizamiento del tramo superior del muro que contiene los rellenos para la nivelación de las instalaciones del flanco sudoeste de las instalaciones del I.E.S. Carmen Martín Gaité de Navalcarnero en una longitud aproximada de 30 m.

Pese a la naturaleza del terreno contenido por este muro, rellenos antrópicos de baja compacidad, éstos han debido de experimentar consolidaciones históricas que han motivado que, al menos en esta zona superior, los empujes que éstos han transmitido al muro hayan sido reducidos. Téngase en cuenta que la caída de este tramo del muro apenas se ha visto acompañada por la del terreno del trasdós y que el escarpe generado tras el derrumbe y posterior desescombros admite pendientes elevadas.

Incluso a pesar de lo anterior, dada la inexistencia de un drenaje eficaz en el muro (no identificamos en su trasdós un material granular drenante que garantizará que el agua llegara fácilmente a los escasos mecinales dispuestos en su alzado), a raíz de las lluvias asociadas al paso de una DANA por la localidad a principios de septiembre de 2023 que, como detallaremos en el siguiente apartado, pueden calificarse como excepcionales, se debió acumular agua en su trasdós, que empeoró las características mecánicas del suelo, alterando sus condiciones de equilibrio, generándose así unos empujes ante los cuales el muro no tenía capacidad. Téngase en cuenta, además, que, por las características del relieve de los alrededores, la escorrentía acomete en esta zona en la que se produjo el derrumbe. No obstante, como justificaremos a continuación, en ningún caso estas lluvias acontecidas pueden considerarse como causantes del siniestro, ya que la configuración de este tramo siniestrado del muro era inadecuada.

Atendiendo a la posición de los escombros, el mecanismo más probable de fallo es el deslizamiento de la totalidad del alzado del tramo superior del muro por la sección de su base, donde éste apoya sobre el tramo inferior, que tiene una configuración diferente.

De cara a valorar este aspecto hemos analizado la seguridad frente a deslizamiento en dicha sección, realizando para ello las siguientes consideraciones:

- El tramo superior siniestrado presentaba una altura máxima en torno a 2 m y estaba constituido por un relleno de cantos rodados ligados con mortero de unos 30 cm de espesor confinados entre dos paños de fábrica de ladrillo hueco sin armar: en un extremo, una hoja de medio pie, y en el otro, otra hoja de medio pie adosada a otra de un pie, sin que existiera trabazón entre ambas.
- De cara a valorar el empuje ejercido por el terreno del trasdós, hemos supuesto unos rellenos de una densidad aparente de 18 kN/m^3 y un ángulo de rozamiento interno de 28° , tal y como se desprende del informe geotécnico facilitado. La inclinación del terreno contenido era despreciable.
- Hemos despreciado el empuje hidrostático.

En estas condiciones, el empuje ejercido en el trasdós del muro correspondiente a la sección en la que se ha producido el fallo sería (véase el Anejo nº 2 al presente documento):

Coeficiente de empuje activo horizontal: $\lambda_h = 0,331$

Coeficiente de empuje activo vertical: $\lambda_v = 0$

Empuje horizontal: $E_h = 13,0 \text{ kN/m}$

Para contrarrestar este empuje frente al deslizamiento solamente se podría contar con la fuerza estabilizadora proveniente de multiplicar el peso de este tramo superior del muro por un coeficiente de rozamiento correspondiente a la interfase entre ambos tramos, entre los que no identificamos ninguna conexión ni trabazón adicional (la fábrica del tramo superior estaba simplemente recibida sobre la fábrica y/o hormigón del tramo inferior habiéndose rellenado posteriormente el hueco entre ambos paños con cantos rodados parcialmente ligados):

$$F_{est} = W \cdot \mu = 26,8 \text{ kN/m} \cdot \mu$$

Consecuentemente, para que el tramo superior del muro no deslice las fuerzas estabilizadoras deber ser mayores que el empuje ejercido, esto es:

$$F_{est} = W \cdot \mu > E_h \rightarrow \mu > \frac{E_h}{W} = \frac{13,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{26,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}} = 0,48$$

Este valor de rozamiento mínimo exigible (que sería hasta un 50% mayor si nos ciéramos a los valores normativos, es decir, si impusiéramos un coeficiente de seguridad al deslizamiento de 1,5) es en todo caso superior al asignable a la citada interfase entre ambos tramos, lo que justificaría un deslizamiento como el observado.

La situación sería aún más desfavorable si hubiéramos considerado que el muro no tenía capacidad de drenaje alguna a corto plazo (que es lo que se deduce de las características del terreno del trasdós dada la inexistencia de un material drenante que garantice que el agua llegue a los escasos drenes distribuidos en su alzado), considerando, por tanto, la posible acumulación de agua en el trasdós y los rellenos con una densidad sumergida (densidad saturada – densidad del agua).

A pesar de lo anterior, en términos técnicos ello no implica necesariamente el fallo: Una estructura en estas condiciones de no-seguridad puede permanecer estable durante mucho tiempo porque la acción de cálculo no llega a producirse. De hecho, la mayoría de los muros de contención de tierras no llegan a entrar en carga a lo largo de su vida útil. Pero la situación nunca será estable: cualquier perturbación exterior pueden derivar en el fallo, como de hecho ha ocurrido.

8.2.- Relativas a la estabilidad global del muro

Con objeto de determinar el alcance de las intervenciones a llevar a cabo, en concreto, si éstas pueden limitarse a la reconstrucción del tramo superior derrumbado o si, por el contrario, es necesaria la sustitución del muro por otro de una tipología estructural diferente, hemos realizado unas comprobaciones para evaluar sus condiciones de estabilidad global.

Dichas comprobaciones han consistido en determinar el coeficiente de seguridad al vuelco y al deslizamiento del conjunto del muro, cimentación incluida, adoptando para ello las siguientes hipótesis:

- Puesto que se trata de un muro de gravedad, las comprobaciones se limitan a aspectos geométricos. En este sentido, de cara a estimar el peso propio del muro, hemos partido de la

geometría deducida a partir de las investigaciones realizadas (véase la sección tipo de la Figura 10 anterior) considerando, en primera instancia, la situación nominal, esto es, teniendo en cuenta el peso del tramo superior que se ha derrumbado.

- En cuanto a la geometría de la zapata, las calicatas abiertas nos han permitido comprobar que tiene un canto de 50 cm y que sobre su puntera apoya el recrecido escalonado que se extiende por la parte inferior del muro. Con el alcance de las investigaciones realizadas no hemos podido determinar si dicha zapata cuenta con un talón en su trasdós.

Adoptando una postura conservadora -aunque previsiblemente coincidente con la realidad construida-, en las comprobaciones realizadas hemos considerado que el ancho de la zapata es coincidente con el de la sección del muro en el arranque de su alzado, es decir, suponemos que la zapata no cuenta con dicho talón, por lo que consecuentemente hemos despreciado el efecto favorable que supone el peso de las tierras sobre el mismo.

- De cara a valorar el empuje ejercido por el terreno del trasdós, hemos supuesto unos rellenos de una densidad aparente de 18 kN/m^3 y un ángulo de rozamiento interno de 28° , tal y como se desprende del informe geotécnico facilitado. La inclinación del terreno contenido era despreciable.
- Hemos considerado un coeficiente de rozamiento muro-terreno de valor $\mu = \tan \frac{2}{3} \phi$.
- Hemos despreciado el empuje hidrostático.

Los resultados de las comprobaciones realizadas (detalladas en el Anejo nº 2 al presente documento) ponen de manifiesto la desproporción de las fuerzas desestabilizadoras frente a las estabilizadoras.

En concreto, hemos obtenido unos coeficientes de seguridad al vuelco y al deslizamiento de 0,55 y 0,43, valores que en ambos casos son muy inferiores a los que respectivamente exigen las normativas, de 1,8 y 1,5.

Como ya hemos indicado en el apartado anterior, estos coeficientes serían aún más desfavorables si hubiéramos considerado la acumulación de agua en el trasdós como consecuencia del ineficaz sistema de drenaje del muro (al no contar, recordemos, con un terreno adecuado en el trasdós a tal efecto).

En estas condiciones, e incluso a pesar de las incertidumbres de la relativas a la geometría de la zapata¹, en nuestra opinión no es viable que la restitución del muro se limite a la reconstrucción del tramo caído y es necesario plantear soluciones que impliquen la sustitución global del mismo por otro muro de contención con capacidad suficiente para resistir los empujes a los que se ve sometido, al tiempo que se corrijan los defectos de drenaje observados. En el apartado 10 planteamos varias alternativas para la restitución de este muro, valorándose en cada caso su idoneidad.

¹ Dado el reducido valor de los coeficientes de seguridad obtenidos en las comprobaciones realizadas frente a vuelco y a deslizamiento, en el caso de confirmarse que la zapata de este muro cuenta con un talón, la fuerza estabilizadora proveniente del peso de las tierras sobre el mismo, difícilmente podría aumentar dichos coeficientes de seguridad hasta llevarlos a valores admisibles por las normativas.

9.- COMENTARIOS SOBRE LA POSIBLE EXCEPCIONALIDAD DE LAS LLUVIAS

De acuerdo con la información recogida en el *Avance climatológico de septiembre de 2023 en la comunidad de Madrid*, cabe destacar los siguientes datos en relación con las lluvias a las que se les atribuye el siniestro:

*En lo relativo a las precipitaciones, septiembre ha sido en su conjunto **EXTREMADAMENTE HÚMEDO** con una precipitación media en la Comunidad de Madrid de 138.1 l/m², valor que representa un 476 % de su valor de referencia (periodo 1991 a 2020). Ha sido el mes de septiembre más húmedo de la serie de datos. Las mayores precipitaciones diarias, se registraron el día 3, como los 83.2 l/m² de Rascafría, 79.0 l/m² en Navacerrada, 77.4 l/m² en Colmenar Viejo, y 66.5 l/m² de Retiro.*

A destacar las intensidades máximas de precipitación todas ellas en 10 minutos, registradas los días 4, y 15 de septiembre, así el día 4 se registraron 13.5 l/m² en Colmenar Viejo, y el día 15 se registraron 12.8 l/m² en Barajas, 14.2 l/m² en Alpedrete, y 13.2 l/m² en Navacerrada.

(...) En los observatorios de Barajas, Colmenar Viejo, y Getafe, ha sido el mes de septiembre con mayor precipitación de la serie de datos; en el caso de Retiro y Cuatro Vientos ha sido el segundo mes de septiembre con mayor precipitación de la serie, tras septiembre de 1972, y por último en el caso del observatorio de Navacerrada ha sido el tercer mes de septiembre con mayor precipitación de la serie.

También destacamos los siguientes datos del *Informe sobre el episodio meteorológico de precipitaciones intensas ocasionadas por una DANA durante los días 2, 3 y 4 de septiembre de 2023*:

El principal impacto de este episodio fue la precipitación acumulada en zonas relativamente extensas de la Península. A lo largo del episodio, los máximos se dieron en la provincia de Cádiz, centro peninsular, desembocadura del Ebro, Navarra y noroeste de Aragón, Figura 12, aunque en otros lugares también se superaron los 60 mm acumulados a lo largo del episodio.

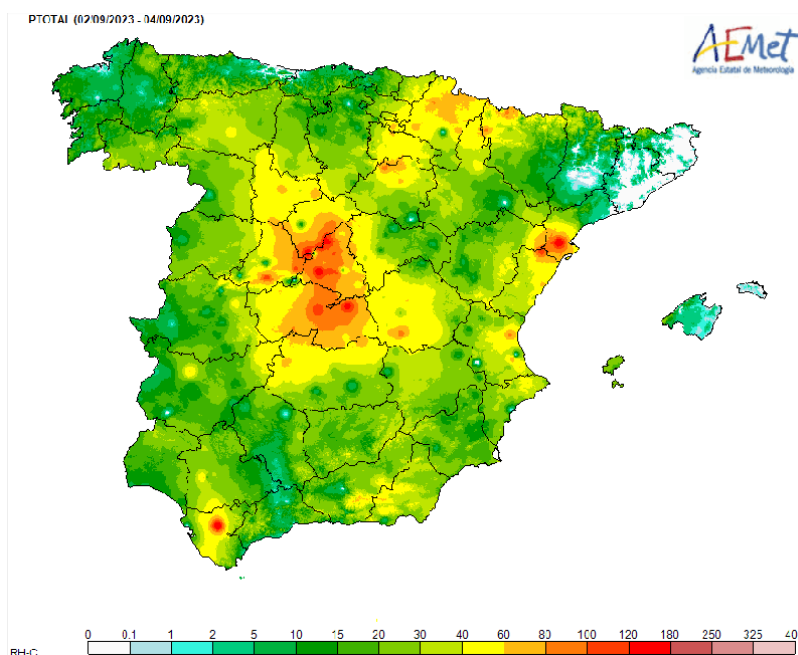


Figura 16. Precipitación acumulada los días 2, 3 y 4 de septiembre de 2023 (Fuente: AEMET).

En el mapa de la Figura 17 se muestran las precipitaciones diarias registradas el 3 de septiembre de 2023 por las estaciones automáticas pertenecientes a la red de *Meteoclimatic* de la Comunidad de Madrid.

De dicho mapa se deducen los siguientes registros pluviométricos en las poblaciones más cercanas a Navalcarnero: 169 mm en Robledo de Chavela, 194 mm en Fresnedillas y 139 mm Navalcarnero.

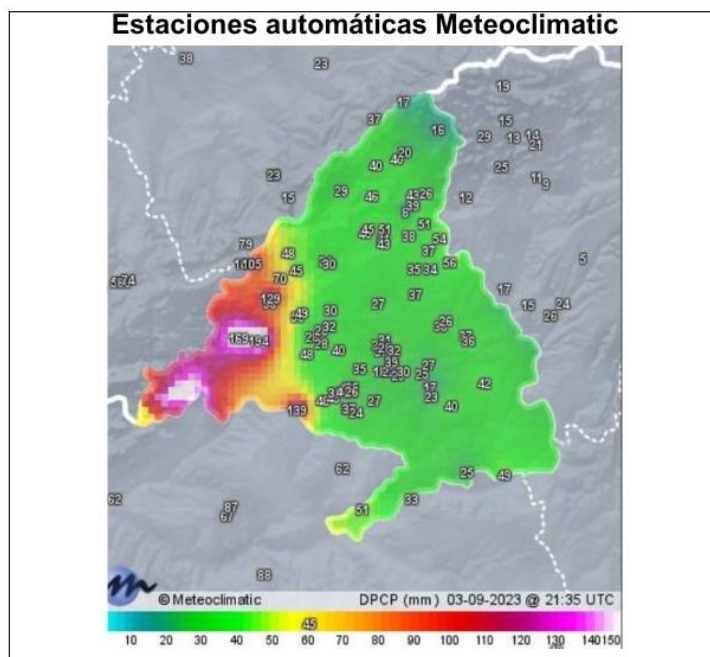


Figura 17. Precipitación registrada el 3 de septiembre de 2023 por las estaciones automáticas de la red de *Meteoclimatic*.

Al respecto, conforme a lo dispuesto en la monografía del Ministerio de Fomento “*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*”, en la zona del siniestro el periodo de retorno de 500 años sería atribuible a una precipitación diaria de 122 mm (véase la Tabla 1).

De los registros pluviométricos de las estaciones más cercanas se deduce que a las lluvias acontecidas en los alrededores se les puede atribuir un periodo de retorno de, al menos, 500 años.

Tabla 1. Precipitación máxima diaria (P_d) para cada periodo de retorno (T).

P_{media} [mm/día]	Cv	T [años]	Y_t	Probabilidad de no excedencia	P_d [mm]
42	0,35	2	0,921	0,5000	39
		5	1,217	0,8000	51
		10	1,438	0,9000	60
		25	1,732	0,9600	73
		50	1,961	0,9800	82
		100	2,22	0,9900	93
		500	2,831	0,9980	119

10.- ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN

Con base en las comprobaciones realizadas, la reparación de muro siniestrado resulta inviable e ineludiblemente hay que recurrir a su total reconstrucción. Dadas las incertidumbres que nos plantea la configuración del muro perpendicular a éste por su flanco oeste, vemos necesario que las actuaciones que se adopten para la reconstrucción del muro siniestrado también se extiendan a la zona meridional de este muro que acomete contra el mismo, aquella en la que su altura es mayor.

A continuación planteamos varias alternativas para su reconstrucción, valorando su idoneidad en cada caso. Estas alternativas se valorarán de una manera cualitativa y deberán ser adecuadamente desarrolladas en el correspondiente proyecto constructivo, cuyo alcance queda fuera del objeto del presente documento.

Ejecución de un muro de micropilotes

Esta solución, propuesta en el informe geotécnico facilitado [3], implicaría la ejecución de un muro de micropilotes, de trazado paralelo al original, desarrollado desde la coronación de éste.

Estos micropilotes tendrían una longitud considerable, ya que tienen que atravesar la capa de rellenos antrópicos de más de 5 m de espesor y empotrar suficientemente en el estrato inferior de arena arcillosa.

En nuestra opinión esta solución plantea ciertos inconvenientes:

- Para garantizar el trabajo en ménsula del muro los micropilotes deben estar adecuadamente empotrados en el estrato de arena arcillosa, lo que implicará que tengan una longitud considerable. Esta mayor longitud mayor conlleva que sea necesario materializar uniones entre tramos contiguos, con las dificultades que eso supone.
- Si se desea ejecutar un muro impermeable, la pantalla de micropilotes debe ser secante, cuya ejecución resulta difícil en la práctica. En caso de que no se ejecuten secantes, el empuje hidrostático del terreno acabaría solicitando al muro original de hormigón en masa, cuya capacidad, como ya hemos comprobado, es insuficiente.
- La ejecución de drenajes implicaría el posterior vaciado del terreno del trasdós del muro de micropilotes para la colocación de un dren en su parte inferior, rellenándose posteriormente dicho trasdós con un terreno granular que asegurara que el agua llegara al dren.

Evidentemente la disposición de drenes californianos como se propone en [3] mejora el drenaje del muro, pero dadas las características del terreno del trasdós es una medida insuficiente para garantizar el citado drenaje del muro.

- La rigidez de la pantalla de micropilotes es netamente inferior que la del muro original, por lo que ante las solicitaciones a la que pueda estar sometida durante su vida útil, trasladará gran parte de los empujes al muro original, cuya capacidad, como indicábamos en apartados anteriores, es insuficiente. En estas circunstancias y a falta de un análisis preciso sobre el reparto de los empujes entre el muro original y la nueva pantalla (ejercicio que, si bien a nivel teórico es viable, a efectos prácticos plantea numerosas incertidumbres, tanto a efectos de estimar la rigidez de los distintos elementos como de cara a valorar los efectos de los empujes del agua que se pueda acumular tras la pantalla), sería en nuestra opinión

recomendable la demolición de los restos de los muros originales una vez se ejecutara la solución de micropilotes.

Por los inconvenientes anteriormente comentados, en nuestra opinión, esta alternativa de reconstrucción no resulta aconsejable.

Muro ménsula de hormigón armado

Es necesaria la demolición del muro existente, así como la ejecución de unos taludes provisionales en el terreno del trasdós que deben respetar las pendientes máximas que se especifican en el informe geotécnico facilitado [3], lo que implica un importante volumen de terreno movilizado.

El armado de este muro en ménsula tiene que ser suficiente para resistir las solicitaciones a las que se ve sometido. En caso de considerarse como drenado (lo opción más recomendable en nuestra opinión) debe contar con unos drenajes eficaces y es necesaria la disposición de un material granular drenante en el trasdós que garantice que el agua se evacue hacia dichos drenajes.

No obstante, la ejecución de esta tipología de muro plantea dos inconvenientes:

- Requerirá de una cimentación potente y adecuadamente apoyada en las arenas arcillosas, con una zapata de grandes dimensiones que cuente con puntera y con talón. La ejecución de dicha puntera implicará la demolición de la franja del parque infantil situado al pie del muro y su posterior reconstrucción.
- Puesto que el alzado del muro es recto, el volumen de relleno granular a disponer en el trasdós es mayor.

De manera aproximada, se puede estimar en 3.800 €/ml el coste de la reposición del muro siniestrado por otro de hormigón armado en ménsula.

Muro de gravedad (de gaviones)

Al igual que en el caso anterior, es necesaria la demolición del muro existente, así como la ejecución de unos taludes provisionales en el terreno del trasdós que respeten las pendientes máximas especificadas en [3], lo que implica un importante volumen de terreno movilizado.

Independientemente de la tipología de muro de gravedad por la que se opte (hormigón en masa, gaviones, escollera, etc.), en todo caso, la sección del muro debe ser suficiente para resistir las solicitaciones a las que se vea sometida. Igualmente, si en el cálculo consideramos el muro como drenado (opción recomendable), deberán adoptarse las medidas necesarias para la evacuación del agua de su trasdós, esto es, la colocación de unos drenajes eficaces y la disposición de un relleno de material drenante en el trasdós que garantice que el agua llegue a dichos drenajes.

De entre las posibles opciones de muros de gravedad, por su facilidad de ejecución y consecuente disminución de tiempos y costes, nos decantamos por la tipología de muro de gaviones que, en nuestra opinión, presenta las siguientes ventajas:

- La disposición de los gaviones (jaulas metálicas con refuerzos de mallas de acero y relleno de mampuestos) puede hacerse escalonada en altura en el intradós, con una sección mayor en la base que disminuya conforme nos acercamos a la coronación, donde las solicitaciones

son menores. Al ejecutarse una solución escalonada en altura en el intradós, el volumen de rellenos a disponer en el trasdós es menor que si se opta por un muro de alzado recto.

- La gran ventaja de esta solución es su capacidad drenante, tan necesaria en este caso, dada la ubicación del muro en una zona donde acomete la escorrentía de los alrededores. Téngase en cuenta que los gaviones dan lugar a unos paramentos abiertos que dejan un alto porcentaje de huecos que permite la fácil evacuación del agua del trasdós, siempre que se garantice una adecuada naturaleza y compactación de los rellenos contenidos.

De manera aproximada, se puede estimar en 3.300 €/ml el coste de la reposición del muro siniestrado por otro de gaviones escalonados en altura en el intradós.

11.- CONCLUSIONES

De acuerdo con lo expuesto en los apartados anteriores, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El colapso parcial del muro ha consistido en el fallo de su tramo superior coincidiendo con unas intensas lluvias a principios de septiembre de 2023.
- Atendiendo a los registros pluviómetros disponibles, a las lluvias acontecidas en la zona como consecuencia del paso de un DANA el 3 de septiembre de 2023 se les puede atribuir un periodo de retorno superior a 500 años, pudiéndose considerar por tanto como excepcionales.
- Independiente de lo anterior, la causa del deslizamiento del tramo superior del muro reside en su propia configuración, totalmente deficiente, presentando unas condiciones de seguridad precarias. El fallo, de hecho, podría haberse desencadenado ante cualquier circunstancia.
- La inexistencia de sistemas de eficaz de drenaje provocó una acumulación de agua en el trasdós que empeoró las características mecánicas del suelo, generando unos empujes ante los cuales el muro no tenía capacidad.
- Aunque no haya colapsado, el tramo inferior del muro siniestrado también presente una configuración deficiente como elemento de contención que le confiere unas condiciones de seguridad precarias.
- En estas condiciones, las actuaciones que se planteen para su reparación deben implicar la total reconstrucción del muro siniestrado, así como la de la zona meridional del muro que acomete perpendicularmente a éste en su esquina oeste.
- En nuestra opinión, la solución de gaviones escalonados en altura en el intradós, por sus características y versatilidad, es una alternativa recomendable para la reconstrucción del muro. En todo caso, dicha solución debe desarrollarse en el correspondiente proyecto de construcción, para el cual INTEMAC puede prestar asistencia.

Este informe consta de 24 páginas numeradas y 2 anejos.

En Torrejón de Ardoz (Madrid), a 30 de mayo de 2024



Fdo.: Dña. Elena Carricondo Sánchez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Máster en Ingeniería Sísmica
División de Estudios



D. Eduardo Díaz-Pavón Cuaresma
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe del Departamento de Evaluación de Estructuras
Existentes. Área de Estructuras.



D. Raúl Rubén Rodríguez Escribano
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director de la División de Estudios.

El informe original emitido se conserva en el archivo de INTEMAC. Al Peticionario se le proporciona una copia electrónica que mantiene el valor de original y será válida siempre que no se vulneren las propiedades de seguridad del documento.

ANEJO Nº 1: INFORME GEOTÉCNICO FACILITADO.



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARTÍN GAITE NAVALCARNERO (MADRID)



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQHY8PDWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



FECHA:	FEBRERO 2.024
REFERENCIA:	EG-202310/26208
TITULAR:	CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y UNIVERSIDADES
EMPLAZAMIENTO:	AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN. NAVALCARNERO (MADRID)
PETICIONARIO:	CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y UNIVERSIDADES

Laboratorio con Declaración Responsable: MAD-L-002, según RD410/2010

GMD es marca registrada de Geotecnia y Medio Ambiente 2000, S.L.

Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid - Tomo 15.359, Libro 0, Folio 107. Sección 8. Hoja M-257619. Inscripción 2ª

Geotecnia y Medioambiente 2000, S.L. Calle Adelfa nº11, Pol. Ind. "Los Calahorros IV". 28970 - Humanes de Madrid (Madrid)





Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales

 gmd@geotecnia.org
 914 920 220
638 290 236
www.geotecnia.org

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA	1
2. MARCO GEOLÓGICO Y SISMICIDAD	2
2.1. MARGO GEOLÓGICO	2
2.2. SISMICIDAD	3
3. INVESTIGACIÓN REALIZADA	4
4. DESCRIPCIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DEL TERRENO	8
4.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	8
4.2. NATURALEZA Y DISPOSICIÓN DEL SUBSUELO	10
5. CONSIDERACIONES SOBRE LA REPOSICIÓN DEL MURO	13
5.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL NIVEL FREÁTICO	13
5.2. REHABILITACIÓN DEL MURO	13
5.3. OTRAS CONSIDERACIONES	16

ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO Nº1.- MAPA GEOLÓGICO REGIONAL Y CROQUIS DE SITUACIÓN DE RECONOCIMIENTOS

ANEJO Nº2.- CORTES ESTRATIGRAFICOS Y PERFILES LITOLÓGICO

ANEJO Nº3.- RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEJO Nº4.- FOTOGRAFÍAS DE TRABAJOS DE CAMPO



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQH8PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

En el presente documento se describen los resultados obtenidos en el reconocimiento geotécnico realizado por **GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2.000, S.L.** en el interior de las instalaciones educativas del IES "Carmen Martín Gaité" situado en la Avenida de San Sebastián; del municipio de Navalcarnero en la Comunidad Madrid.

Se proyecta la reparación del muro de contención del cerramiento exterior de las instalaciones en la esquina más próxima a la calle Federico García Lorca y Antonio Machado, el cual presenta tramos que han colapsado.

Este estudio geotécnico, solicitado por **CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y UNIVERSIDADES**, tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarias para definir el tipo y condiciones de reposición del muro.

A efectos del reconocimiento del terreno, se trata de un tipo de construcción C-1 y el terreno se podría clasificar dentro del Grupo T-3; por la presencia de rellenos con potencia superior a 3,00 m; según las Tablas 3.1 y 3.2 del Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos (DB SE-C) del Código Técnico de la Edificación de 2006.

Así pues, el objetivo principal de este informe va encaminado a analizar el tipo de cimentación más adecuado e indicar las recomendaciones oportunas para su proyecto y construcción, todo ello en función de las características del terreno existente, que han sido definidas tras la realización de las diferentes fases que se describen a continuación:

- Reconocimiento de campo para investigar las características generales de los terrenos considerados y planificar la campaña de reconocimientos específicos a realizar.
- Ejecución de calicatas para la observación del plano de apoyo de la cimentación.
- Ejecución de sondeos mecánicos a rotación, con extracción de testigo continuo, toma de muestras, y realización de ensayos de penetración dinámica estándar S.P.T. (Standard Penetration Test)
- Realización de diferentes ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas para cuantificar los parámetros geotécnicos del subsuelo.
- Análisis de los datos obtenidos y elaboración del presente documento.



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQHY8PDWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colgado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





2. MARCO GEOLÓGICO Y SISMICIDAD

2.1. MARGO GEOLÓGICO

A continuación se exponen, de forma sintética, las características geológicas principales del sustrato sobre el que se desarrollará el proyecto, con la intención de dotar del marco geológico imprescindible a la caracterización geotécnica de los materiales, y en general a todos los cálculos y consideraciones que, relativos al comportamiento de las unidades litológicas, se hacen en los epígrafes siguientes.

Los datos necesarios para describir los aspectos geológicos generales y ubicar la zona de estudio dentro de su contexto geológico se han tomado, como es lógico, aportada por el Mapa Geológico de España (MAGNA) E:1/50.000, Hoja 581 - MÓSTOLES, expuesto en la documentación complementaria.

El proyecto se sitúa enteramente en la unidad geológica comúnmente denominada Cuenca terciaria del Tajo. Esta Cuenca presenta una planta groseramente triangular; siendo sus límites geológicos los materiales de la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico, que conforman el Sistema Central en el borde noreste y los Montes de Toledo en el borde sur, y los materiales de la orla mesozoica del Macizo Hespérico que conforman la Cordillera Ibérica en el borde este de la Cuenca.

Dentro de ésta, queda localizado en el sector centro - oriental de la denominada Cuenca de Madrid. En este sector aparecen las unidades litoestratigráficas que constituyen el relleno sedimentario durante el Mioceno.

En concreto dicho emplazamiento geológico corresponde con depósitos detríticos, conformados por arenas arcósicas de grano medio a fino con intercalaciones de arcillas o limos con cantidades variables de arena, depositados durante la sedimentación miocena.

Habitualmente la estratigrafía de la comunidad de Madrid suele ser considerada geotécnicamente como prácticamente horizontal, aunque en la realidad, esta afirmación no es cierta al existir numerosos cambios de facies entre los distintos conjuntos sedimentarios que configuran el relleno de las llamadas Facies Madrid.

Normalmente, desde el punto de vista geotécnico, se consideran las siguientes formaciones típicas en los sedimentos miocenos detríticos según el contenido en fracción fina de acuerdo con la siguiente tabla.



DENOMINACIÓN	Fracción < 0,08 mm
Arena de miga	< 25%
Arenas tosquizas	> 25% a < 40%
Toscas arenosas	> 40% a < 60%
Toscas	> 60% a < 75%
Toscas arcillosos	> 75%

De acuerdo con esta situación, los materiales miocenos presentes en la investigación se encuadran dentro de niveles de arcosas blancas y lutitas ocreas o rojizas pertenecientes a las Facies Madrid, materiales miocenos que pueden integrarse en las denominadas arenas tosquizas y de miga en la nomenclatura para el área de Madrid.

2.2. SISMICIDAD

Desde el punto de vista sísmico y según la normativa sismorresistente actual (NCSE-02 publicada en BOE del 11 de octubre de 2002), el municipio de Navalcarnero se encuentra situado en una zona de mínimo riesgo donde las prescripciones de índole general son:

- Clasificación de las construcciones: de normal importancia
- Aceleración sísmica básica: <0,04 g
- Aceleración sísmica de cálculo: <0,06 g

Atendiendo a estas premisas, al área de estudio se considera como de baja peligrosidad y para el tipo de edificación prevista, dicha Norma no es de obligatoria aplicación, según se especifica en el apartado "1.2.3. Criterios de aplicación de esta Norma", página 35902 del citado BOE.

En consecuencia, no son necesarias comprobaciones en este sentido; no siendo preciso aplicar este factor en el cálculo estructural.





3. INVESTIGACIÓN REALIZADA

Para el estudio y definición de las características geotécnicas del terreno existente en la zona objeto de estudio se ha realizado una campaña de reconocimientos específicos.

Esta campaña geotécnica ha consistido, en la ejecución de sondeos mecánicos a rotación con realización de ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.) y extracción de muestras para su posterior ensayo en laboratorio, y en la realización de calicatas para la observación del apoyo de la zapata de muro.

Los sondeos de investigación se realizaron en la parte superior del muro, dentro de las instalaciones del instituto, considerando este plano como cota 0,00 m relativo.

Las calicatas se realizaron en la parte inferior del muro, accediendo al apoyo de la esquina del muro desde el parque infantil colindante al muro.

La posición de estos reconocimientos queda referenciada en la ortoimagen de situación en el Anejo correspondiente.

La descripción y los resultados obtenidos en laboratorio de cada uno de los diferentes tipos de reconocimientos se analizan en los siguientes apartados y se incluyen en los Anejos adicionales del presente documento.

Reconocimientos y ensayos "in situ":

Como se ha indicado anteriormente, se ha realizado sondeos con una profundidad de 10,3 a 10,4 m, (Equipo RL-34_245) cuya localización queda reflejada en el plano de situación incluido en la documentación adicional.

Un sondeo es una perforación de pequeño diámetro que permite reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno, así como extraer muestras del mismo y, eventualmente realizar ensayos *in situ*.

La ejecución del sondeo se llevó a cabo mediante perforación a rotación con corona de widia - diamante y extracción de testigo continuo al avance.



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Num.: 012400061/00
ROYQHY8PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





Durante el proceso de perforación, a diferentes cotas, se efectuaron ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.) y se tomaron muestras alteradas para su posterior ensayo en laboratorio.

Los ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.), a diferencia de los ensayos de penetración dinámica continua (tipo Borro o DPSH), se llevan a cabo de forma puntual dentro del sondeo, obteniéndose además una muestra de suelo mediante la cuchara toma-muestras que se hincan en el terreno.

El proceso de ejecución de este ensayo se ajusta a las indicaciones de la norma UNE-EN ISO 22476-3:2006 y su resultado se refleja como el número de penetración estándar (N_{30}), que es la suma del número de golpes de las tandas segunda y tercera, de las 3 o 4 que constituyen el ensayo y que corresponden a una hincan de 15 cm cada una.

En el siguiente cuadro se presentan, de forma esquemática, la columna estratigráfica obtenida en cada sondeo, las profundidades alcanzadas, las muestras tomadas y los resultados de los ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.) realizados:

SONDEO S1							
Profundidad (m)	Litología	Profundidad alcanzada (m)	Tipo	Profundidad muestra (m)	N ₃₀	Cota boca aprox. (m)	
0,0 a 5,7	Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería Floja	10,30				0,00	
			SPT	1,50	2,10		10
5,7 a 10,3	Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa Medianamente densa a densa		SPT	4,50	5,10		6
			SPT	6,10	6,70		26
			SPT	8,00	8,60		40
			SPT	9,70	10,30		60

SONDEO S2							
Profundidad (m)	Litología	Profundidad alcanzada (m)	Tipo	Profundidad muestra (m)	N ₃₀	Cota boca aprox. (m)	
0,0 a 5,5	Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería Floja	10,40				0,00	
			SPT	1,20	1,80		10
5,5 a 10,4	Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa Medianamente densa a densa		SPT	4,60	5,20		4
			SPT	6,20	6,80		32
			T	9,00	9,30		
			SPT	9,80	10,40		51

SONDEO S3							
Profundidad (m)	Litología	Profundidad alcanzada (m)	Tipo	Profundidad muestra (m)	N ₃₀	Cota boca aprox. (m)	
0,0 a 5,3	Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería Floja	10,30				0,00	
			SPT	1,30	1,90		10
5,3 a 10,3	Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa Medianamente densa a densa		SPT	4,20	4,80		8
			SPT	6,20	6,80		38
			T	7,00	7,30		
			SPT	7,80	8,40		44



La descripción detallada de la columna estratigráfica obtenida en cada sondeo se ha incluido en los Anejos adicionales.

Finalmente señalar que en las observaciones posteriores a la finalización de la investigación, no se ha observado la presencia de niveles freáticos.

En la base del muro se han realizado calicatas para la observación de la cimentación del muro, de la cuales la calicata C2 no se pudo progresar al encontrarse con una conducción eléctrica.

Las calicatas realizadas esquemáticamente se representan en la siguiente tabla:

CALICATA C1			
Profundidad (m)	Litología	Profundidad alcanzada (m)	Cota boca aprox. (m)
0,00 a 1,10	Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería	1,58	-4,50
1,10 a 1,58	Zapata hormigón Hormigón apoyo zapata muro		
CALICATA C2			
Profundidad (m)	Litología	Profundidad alcanzada (m)	Cota boca aprox. (m)
0,00 a 0,79	Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería	0,93	-4,50
0,79 a 0,93	Zapata hormigón Hormigón apoyo zapata muro		

En estos puntos de observación, se aprecia parte de la cimentación del muro, donde el canto del apoyo de la cimentación presenta al menos unos 0,50 m.

Ensayos de laboratorio:

Sobre las muestras tomadas se efectuó los ensayos más oportunos en función de sus características y de su cota de obtención.

Estos ensayos tienen como fin de la caracterización granulométrica, características de plasticidad, así como la determinación de sus características química.

Los ensayos se llevaron a cabo de acuerdo con las correspondientes normas UNE y NLT, habiéndose efectuado las siguientes determinaciones:





Estudios Geotécnicos y Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org

- 4 Uds. de análisis granulométrico por tamizado, s/UNE-103-101:1995
- 4 Uds. de determinación de los límites de Atterberg, s/UNE-103-103 y 103-104:1994
- 4 Uds. de determinación de la humedad natural, s/UNE-EN ISO 17892-1:2015
- 4 Uds. de determinación del contenido en sulfatos, s/UNE 103-202:2019
- 4 Uds. de Clasificación U.S.C.S.

Los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos realizados se recogen en las correspondientes fichas de laboratorio incluidas en los Anejos adicionales.

En el siguiente cuadro se refleja un resumen de los valores obtenidos en los ensayos realizados sobre las analizadas:

MUESTRA	Tipo muestra	PROFUNDIDAD (m)		U.S.C.S	Pasa # 0,08	Pasa # 2,0	LL %	IP %	W %	SO ₄ mg/kg
S1 M1	SPT	8,00	8,60	SC	24,31	90,04	32,86	14,52	8,79	315
S2 M1	SPT	6,20	6,80	SC	21,38	87,54	39,18	20,71	9,39	417
S2 M2	MA	9,00	9,30	SC	31,99	91,39	36,20	17,53	8,66	160
S3 M1	MA	7,00	7,30	SC	21,49	87,89	40,13	21,68	9,85	178



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQHVRBP4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





4. DESCRIPCIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DEL TERRENO

Del análisis de las características del terreno existente, definidas en base a la investigación de campo junto con los reconocimientos específicos realizados en el área objeto de estudio, la composición y estructura básica de los terrenos afectados por la construcción, podemos indicar que se trata de un sustrato mioceno de carácter areno-arcilloso, cubierto por rellenos antrópicos de cierta relevancia.

Así, según los reconocimientos realizados, en la zona de estudio pueden diferenciarse los siguientes niveles:

- Nivel 0.- Relleno antrópico. Mezcla de distintos materiales procedentes de la creación de la plataforma sobre la que está construido el instituto.
- Nivel 1.- Arena arcillosa. Sustrato mioceno compacto formado por arena arcillosa.

4.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

En este apartado se describen las principales características geotécnicas del terreno existente en la zona objeto de estudio:

Granulometría, plasticidad y humedad natural:

Las curvas granulométricas de las muestras analizadas presentan los porcentajes de finos y tamaño arena, así como la plasticidad de las fracciones finas y la humedad natural de los suelos ensayados, que se reflejan en el siguiente listado:

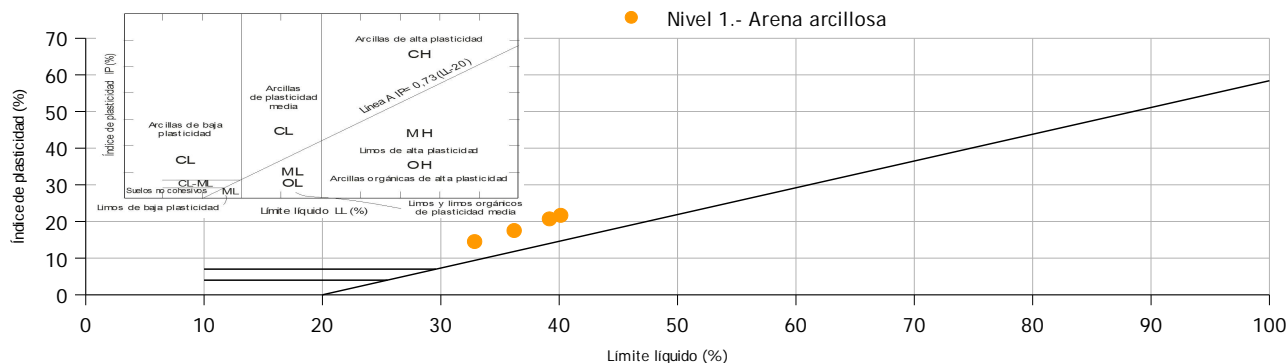
MUESTRA	Tipo muestra	PROFUNDIDAD (m)		U.S.C.S	Pasa # 0,08	Pasa # 2,0	LL %	IP %	W %
S2 M1	SPT	6,20	6,80	SC	21,38	87,54	39,18	20,71	9,39
S3 M1	MA	7,00	7,30	SC	21,49	87,89	40,13	21,68	9,85
S1 M1	SPT	8,00	8,60	SC	24,31	90,04	32,86	14,52	8,79
S2 M2	MA	9,00	9,30	SC	31,99	91,39	36,20	17,53	8,66



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQYH8PDWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





La representación de los resultados obtenidos en el gráfico de plasticidad de Casagrande junto con los cernidos granulométricos permite clasificar a estos suelos como arena bastante arcillosa de plasticidad media (SC).

Los cernidos en la fracción arena recaen dentro de la fracción de tamaño medio a fino, teniendo una naturaleza arcósica.

Características mecánicas:

En los sondeos realizados se ejecutaron ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.) donde se han obtenido los siguientes valores de golpeo (N_{30}):

Litología	Profundidad muestra (m)		N ₃₀
SONDEO S1			
Nivel 0.- Relleno antrópico	1,50	2,10	10
	4,50	5,10	6
Nivel 1.- Arena arcillosa	6,10	6,70	26
	8,00	8,60	40
	9,70	10,30	60
SONDEO S2			
Nivel 0.- Relleno antrópico	1,20	1,80	10
	4,60	5,20	4
Nivel 1.- Arena arcillosa	6,20	6,80	32
	9,80	10,40	51
SONDEO S3			
Nivel 0.- Relleno antrópico	1,30	1,90	10
	4,20	4,80	8
Nivel 1.- Arena arcillosa	6,20	6,80	38
	7.80	8.40	44



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Num.: 012400061/00

ROYQYH9P4WZ

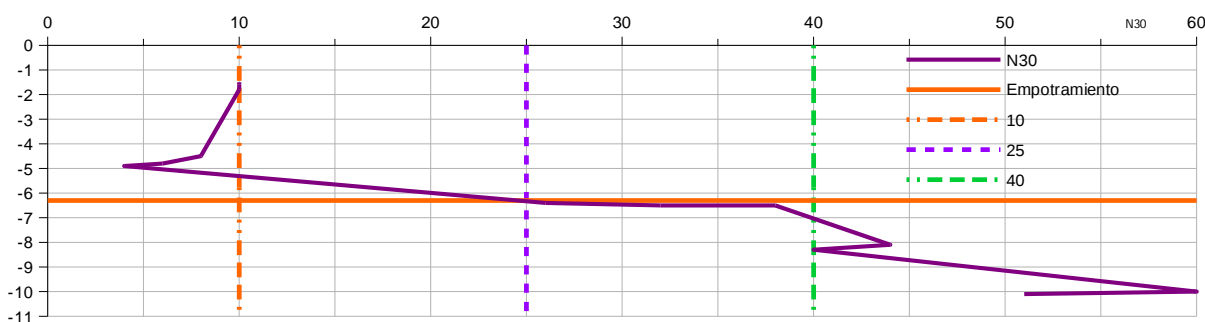
ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Como se aprecia a lo largo de los distintos ensayos, existe una variabilidad relativa entre los resultados en los ensayos SPT, oscilando entre términos de 4 a 60 golpes/30 cm, si bien en el sustrato mioceno se limitan a un rango entre 26 a 60 golpes/30 cm.

En todo caso por debajo del nivel de empotramiento, como se aprecia en el siguiente gráfico, se obtiene un valor ponderado de 25 golpes/30 cm.



Actividad química:

Sobre las muestras analizadas, se ha obtenido valores de 160 a 417 mg/kg. Parámetro que no alcanza el límite inferior de exposición "XA1", de 2.000 mg/kg, por tanto, con respecto al Código Estructural/2.021 los suelos analizados no presentan agresividad.

Con estos resultados, en principio, no será necesaria la utilización de cementos especiales resistentes a la acción de los sulfatos en la formación de los hormigones en contacto con el terreno, aunque sí conveniente cuidar su ejecución para que estos resulten compactos y poco permeables.

En caso de aflorar niveles freáticos durante los trabajos de reposición, será preciso realizar una adecuada caracterización de dicho nivel siguiendo el Código Estructural-2.021 o norma equivalente en vigor.

4.2. NATURALEZA Y DISPOSICIÓN DEL SUBSUELO

Del análisis de las características del terreno existente, definidas en base a la investigación de campo junto con los reconocimientos específicos realizados en el área objeto de estudio, la composición y estructura básica de los terrenos afectados por la construcción, podemos indicar que se trata de un sustrato de mioceno formado por arena arcillosa cubierto por rellenos antrópicos.



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQHY8P4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Así, según los reconocimientos realizados, en la zona de estudio pueden diferenciarse los siguientes niveles:

Nivel 0.- Relleno antrópico: Suelos antrópicos que constituyen el relleno de la plataforma sobre la que se desarrolla el instituto, lo cuales están contenidos por el muro el cual ha colapsado en la zona con mayor acumulación de este relleno.

Esta formado por un conjunto de arena arcillosa parda y marrón oscura con fragmentos de tabiquería escombros.

Presenta un registro N_{30} de 4 a 10 golpes/30 cm; identificándose, a nivel genérico como suelos de compacidad floja.



Presenta una potencia que alcanza los 5,70 m desde la cota de inicio de los reconocimientos realizados, presentando una distribución bastante regular. La base de este nivel queda delimitada entre las cotas -5,30 a -5,70 m.

Nivel 1.- Arena arcillosa: Sustrato mioceno que puede integrarse dentro de las arenas tosquizas y arenas de migas. Representado por arena bastante arcillosa de plasticidad media marrón y ocre. Presenta cernidos, mayoritariamente, con granulometría media a fina; con naturaleza arcósica.



Se han obtenido registros N_{30} en un intervalo entre 26 a 60 golpes/30 cm. Esta resistencia a la penetración constituye una identificación como suelos de compacidad media a densa.

Como se ha delimitado en epígrafes anteriores, de acuerdo con la investigación, se desarrolla por debajo de las cotas -5,30 a -5,70 m.

Los parámetros de corte se pueden considera del orden de 10 kPa (0,10 kp/cm²) de cohesión efectiva, frente a un ángulo de rozamiento interno de 32° y una densidad aparente de 2,00 t/m³. Esta definición de los parámetros de corte se establece considerando el volumen medio de las fracciones arenosas frente a los tramos arcillosos que se integran en este litosoma.

A efectos de cálculo, una vez sobrepasada la interfase de alteración, se puede considerar una resistencia al corte sin drenaje de 125 kPa (1,25 kp/cm²) y un registro N_{30} de unos 25 golpes/30 cm.



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQHY8P4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





Considerando un coeficiente de balasto vertical medio para placa de 30 cm (K_{30}) de 10 kg/cm³, a nivel de empotramiento de la cimentación.

Por otro lado, hay que considerar que la potencia de este nivel, dada la experiencia geotécnica en el área de estudio, se puede considerar superior a los 10,00 m, manteniendo las mismas características geotécnicas o incrementándolas según se progresa en profundidad.

Con los resultados obtenidos en los reconocimientos y ensayos de laboratorio realizados, a continuación se indican las características geotécnicas medias estimadas en los diferentes niveles de terreno definidos:

NIVEL	Profundidad m	Cota m	N	γ_{ap} t/m ³	C' kPa	ϕ °	K_{30} kg/cm ³	E' MPa
Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería Floja	5,3 - 5,7	-5,3 -5,7	<10	1,80	0	28	< 1	< 10
Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa Medianamente densa a densa	- - -	< -5,7	>25	2,00	10	32	10	35 - 55



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQH9BPDWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





5. CONSIDERACIONES SOBRE LA REPOSICIÓN DEL MURO

En este apartado se exponen, en función de las características del terreno existente y de los resultados obtenidos en los reconocimientos efectuados, las diferentes recomendaciones constructivas propuestas para la ejecución de la construcción proyectada, para lo cual se analizan aspectos tales como: localización y características del nivel freático, excavación, y tipo de cimentación.

5.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL NIVEL FREÁTICO

En la investigación realizada no se ha detectado presencia de agua, en la medición realizada con 21 de diciembre del 2023. Por lo que en principio se considera un sustrato seco a efectos de consideraciones sobre el nivel freático en el momento de realización de este documento y a las profundidades investigadas.

Con respecto al potencial hidráulico, coeficiente de permeabilidad (K) estimado del Nivel 0.- Relleno antrópico, definido como suelos con la estructura floja y abierta, se puede considerar un coeficiente de permeabilidad del orden de $1 \cdot 10^{-2}$ m/s (Curso Aplicado de Cimentaciones, 5ª Edición, 1993, Rodríguez Ortiz). En el sustrato mioceno considerando un carácter arenoso con fracción arcillosa se estima un valor del orden de $1 \cdot 10^{-7}$ a $1 \cdot 10^{-10}$ m/s.

Debido al volumen de rellenos y a la posición elevada de la plataforma del instituto, hay que considerar la percolación y circulación de niveles de agua, lo cuales ha podido generar la patología observada debido a un drenaje deficiente, aumentando el empuje sobre el muro. Por tanto, en la reposición del muro habrá que disponer los drenajes adecuados para evacuar el agua acumulada en el relleno.

En caso de aparecer niveles de agua sería necesario la caracterización de dichos niveles en base al Código Estructural-2.021 o norma equivalente en vigor; así como medidas de impermeabilización y contención de dichos niveles de agua hacia el recinto de la construcción.

5.2. REHABILITACIÓN DEL MURO

La rehabilitación y reposición del muro afectado por la patología de vuelco y derrumbe de parte de los paños que lo componen, debido a estas circunstancias y al volumen de rellenos antrópicos que debe contener, se puede afrontar mediante la contención mediante una cortina de micropilotes desarrollados desde la cabeza del muro, empotrando dicha cimentación profunda dentro del sustrato mioceno compacto del Nivel 1.- Arena arcillosa.



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Num.: 012400061/00
ROYQH9BPDWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



La cota relativa de empotramiento se debe desarrollar a la cota mínima -6,30 m, donde el sustrato mioceno se caracteriza con unos valores de resistencia a la penetración dinámica superior a 25 golpes/30 cm.

El empleo de micropilotes de 15 a 40 cm de diámetro, a rotopercusión o rotación, permite perforar hasta alcanzar los suelos compactos con cierta facilidad y rapidez, implicando alcanzar el sustrato de mayor resistencia y asegurando de forma homogénea el apoyo de la cimentación. A esto hay que añadir la versatilidad de una maquinaria de tamaño reducido.

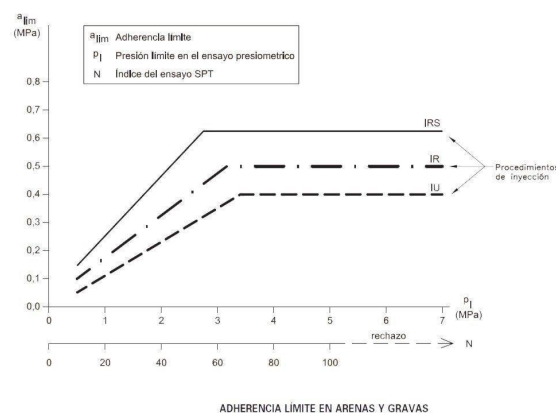
La resistencia unitaria en el empotramiento se toma como referencia el cálculo de la resistencia de cálculo frente al modo de fallo de hundimiento según la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera del Ministerio de Fomento (2005)

Donde se obtiene la resistencia de acuerdo con la expresión:

$$R_{e,d} = A_{Le} * f_{e,d} + A_{Pe} * q_{pe,d}$$

donde:

- $R_{e,d}$: Resistencia de cálculo en el empotramiento.
- A_{Le} : Área lateral del micropilote en el empotramiento.
- $f_{e,d}$: Resistencia unitaria por fuste de cálculo en el empotramiento.
- A_{Pe} : Área de la sección recta de la punta en el empotramiento.
- $q_{pe,d}$: Resistencia unitaria por punta de cálculo en el empotramiento.



De acuerdo con este documento se puede considerar una adherencia unitaria por fuste de empotramiento según se considere un tipo de inyección unitaria (IU), inyección repetitiva (IR) o inyección repetitiva selectiva (IRS); los valores que se reflejan en la siguiente tabla en función de la cota y el área investigada.

A nivel general, se puede considerar estos valores:



Nivel	Cota base (m)	Adherencia unitaria (MPa)		
		IU	IR	IRS
Nivel 1.- Arena arcillosa	-6,3 a -8,0	0,17	0,25	0,36
	-8,0 a -10,0	0,23	0,32	0,47
	< -10,0	0,28	0,40	0,59

Estos valores se aplican en el fuste que se desarrolla dentro del sustrato compacto por debajo de la cota media estimada. A estos valores unitarios hay que aplicarles el factor de seguridad correspondiente a una duración superior a seis meses; siendo de 1,65.

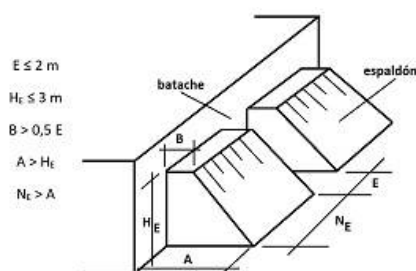
Considerando las características de los materiales del sustrato, es aconsejable que la tipología de estas inyecciones corresponda a inyección repetitiva (IR) o inyección repetitiva selectiva (IRS).

La excavación que se realice para la retirada del muro existente y la reposición del muro deberá contemplar las condiciones de contorno, por lo que puede ser preciso la excavación mediante taludes temporales hasta la finalización de la reposición.

Para dicha excavación temporal se pueden considerar taludes de 4H:3V (37°) en el tramo inicial donde se excavará sobre el Nivel 0.- Relleno antrópico, pasando a taludes no superiores a 1H:2V (63°) en los suelos miocenos del Nivel 1.- Arena arcillosa.

En todo caso, dicha pendiente del talud será válida para taludes provisionales, por lo que la construcción deberá realizarse en el plazo de tiempo más breve posible con el fin de mantener la estabilidad de los taludes recomendados. Y siempre que no exista afloramiento de agua a la excavación.

En las zonas con condiciones de contorno que no permitan esta solución, puede ser necesario la realización de la excavación mediante bataches o sistemas de contención temporal que aseguren la excavación y la estructura.



Para la excavación de dichos bataches se podrían considerar las medidas expuestas en el gráfico contiguo, de acuerdo con la NTE-CCT.

Estos elementos de contención podrán acompañarse por apeados o presentar alguna medida de contrafuerte provisional que podrá ser



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Num.: 012400061/00

ROYQHY8PDWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





retirado una vez realizado.

Para la estimación de los empujes de las tierras adosadas al trasdós de dicho muro se pueden considerar los siguientes parámetros:

NIVEL	Profundidad m	Cota m	γ_{ap} t/m ³	C' kPa	ϕ °
Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa con fragmentos de taquiquería Floja	5,3 - 5,7	-5,3 -5,7	1,80	0	28
Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa Medianamente densa a densa	- - -	< -5,7	2,00	10	32

Dichos parámetros se aplicarán de acuerdo a la potencia de los distintos niveles que afecten a la excavación.

Para la estimación del módulo de *balasto horizontal* se en el caso de suelos granulares (arenas) se admite que el módulo de balasto depende no sólo de la profundidad (z), sino también del diámetro o ancho de la pantalla (D), según la siguiente expresión $K_h = n_h z/D$

Para el caso del Nivel 1.- Arena se estima un n_h del orden de 12 – 16 MN/m³; disminuyendo a un valor de 2 MN/m³, en el caso del Nivel 0.- Relleno antrópico.

A modo de orientación, como valores del módulo de balasto horizontal (K_h) estimado en cada estrato (ponderado según los parámetros geotécnicos de diseño indicados en los trabajos de Carlos Oteo y Rodríguez Ortiz, en Proyectos de las Obras de Soterramiento de la M-30 y otros Proyectos del Ayuntamiento de Madrid, y METRO, para el diseño de pantallas continuas) podrían adoptarse los siguientes:

- Nivel 0.- Relleno antrópico $K_h = 18 \text{ MN/m}^3$
- Nivel 1.- Arena arcillosa (considerada arena tosquiza) $K_h = 120 - 190 \text{ MN/m}^3$

5.3. OTRAS CONSIDERACIONES

Teniendo en cuenta la patología observada y la potencia observado del nivel de relleno antrópico el cual presenta un fuerte contraste de permeabilidad frente al mioceno compacto; en la reposición y rehabilitación de la estructura del muro se debe contemplar un sistema adecuado de drenaje.





Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org

Dicho sistema de drenaje puede integrarse dentro del sistema de contención o en una fase posterior la instalación de drenajes tipo californiano que eviten el lavado del relleno antrópico, así como disipen bolsas de agua en el trasdós del muro.

Por otro lado, en la reposición del muro se debe contemplar la compactación o incluso la retirada del parte del relleno antrópico removilizado, garantizado que dicho relleno del trasdós no genere un asiento diferencial en la cabeza del muro.



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQH8P4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org

Las recomendaciones anteriores se basan en prospecciones puntuales. Si se observan durante la fase de ejecución diferencias con lo aquí descrito, se nos deberá comunicar por si hubiese que establecer alguna recomendación complementaria.

Humanes de Madrid, febrero de 2.024



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00

ROYQYH8PDAWZ

GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000 S.L.
C.I.F. B-82644477
C/ ADELFA, 11 - 28970 HUMANES
TELF: 91 492 02 20
FAX: 91 697 29 64

Fdo.: JESÚS FCO. RODRÍGUEZ DE GUZMÁN

Geólogo

Colegiado nº 2.704

Fdo.: ALFREDO COMENDADOR COLORADO

Director del Laboratorio

Colegiado nº 3.635

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704

Jesús Rodríguez de Guzmán García-Madrid [ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L. LABORATORIO OFICIALMENTE ACREDITADO. Organismo Acreditador: Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Comunidad de Madrid, Fecha 4 de Marzo del 2005. Áreas **EHA**: Control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero (**N.R.-03061EHA05**), **GTL**: Ensayos de laboratorio de geotecnia (**N.R.-03062GTL05**), **GTC**: Sondeos, toma de muestras y ensayos "in-situ" para reconocimientos geotécnicos (**N.R.-03063GTC05**), **AMC**: Control de morteros para albañilería (**N.R.-03064AMC05**).

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

SUPERVISADO

Tipo Estudio: RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARTÍN GAITE

Dirección: AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN

Municipio: NAVALCARNERO (MADRID)

Referencia: EG-202310/26208

Página 18 de 18



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org



VISADO

Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00

ROYQH8PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colgado: 2704

Jesús Rodríguez De Guzmán García-Madrid[ET AL]

CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



ANEJOS A LA MEMORIA

Tipo Estudio: RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARTÍN GAITE

Dirección: AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN

Municipio: NAVALCARNERO (MADRID)

Referencia: EG-202310/26208

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

SUPERVISADO



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org



VISADO

Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00

ROYQH8P4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colgado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



ANEJO N°1.- MAPA GEOLÓGICO REGIONAL Y CROQUIS DE SITUACIÓN DE RECONOCIMIENTOS

Tipo Estudio: RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARTÍN GAITE

Dirección: AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN

Municipio: NAVALCARNERO (MADRID)

Referencia: EG-202310/26208



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Num.: 012400061/00

ROYTHYPAWIZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
JESÚS RODRÍGUEZ DE GUZMÁN GARCÍA-MADRILET AL
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Hoja 581 - Móstoles

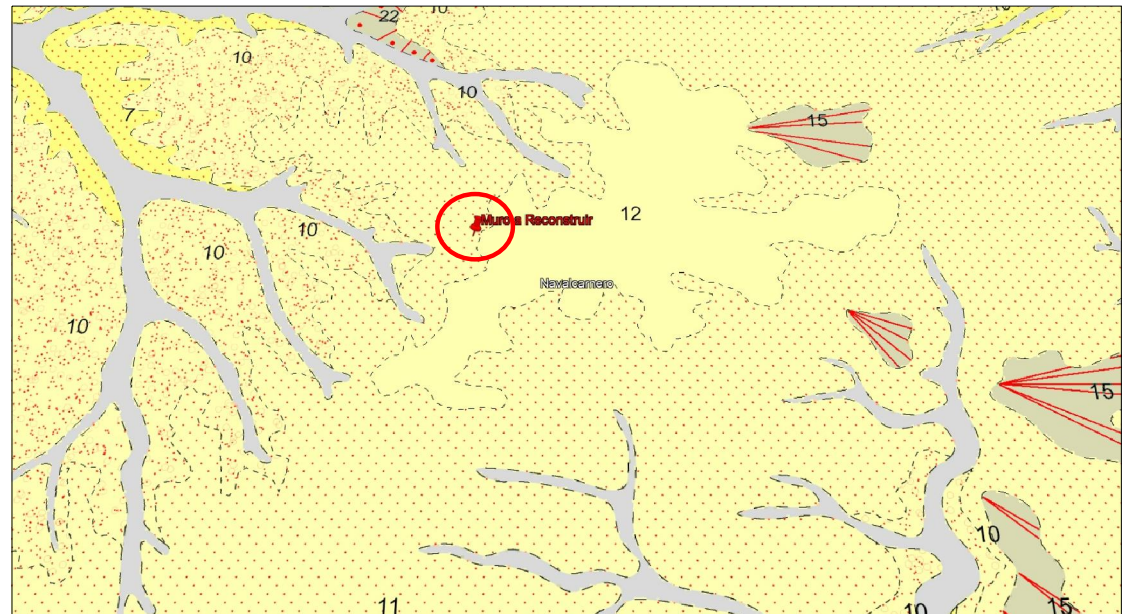
escala 1:50.000

Leyenda

TERCIARIO	CUATERNARIO	PLISTOCENO	HOLOCENO	24
NEÓGENO	MIOCENO	SUPERIOR	21	22
ARAGONENSE	MIOCENO	MEDIO	17	18
INF.	ARAGONENSE	INFERIOR	14	15
SUPERIOR	MIOCENO	SUPERIOR	13	12
MEDIO	MIOCENO	MEDIO	10	9
INFERIOR	MIOCENO	INFERIOR	7	6
MEDIO	MIOCENO	MEDIO	3	2
INFERIOR	MIOCENO	INFERIOR	1	0

24 Bloques, cantos y arenas. (Depósitos antrópicos)
23 Arenas con cantos y lutitas. (Cono aluvial 2ª generación)
22 Arenas y lutitas con cantos. (Coluviones)
21 Arenas con cantos. (Fondos de valle y cauces activos)
20 Arenas y lutitas a veces con cantos. (Llanuras de inundación y/o primera terraza)
19 Arenas con cantos y lutitas. (Cono aluvial 1ª generación)
18 Arenas a veces con cantos, limos y gravas. (Terraza baja)
17 Arenas a veces con cantos, limos y gravas. (Terraza media)
16 Arenas a veces con cantos, limos y gravas. (Terraza alta)
15 Gravas y/o arenas a veces con cantos. (Glacis)
14 Arenas con cantos dispersos. (Glacis antiguos)
13 Arcosas gruesas
12 Arcosas y lutitas ocreas
11 Arcosas blancas con cantos
10 Arcosas blancas y ocreas con cantos y bloques
9 Arcosas blancas con bloques muy gruesos
8 Lutitas ocreas y arcosas
7 Arcosas con cantos
6 Arcosas con cantos y bloques
5 Arcosas con cantos y bloques muy gruesos
4 Lutitas ocreas con algunas intercalaciones carbonatadas
3 Arcosas ocreas con cantos
2 Arcosas con cantos y bloques
1 Arcosas con cantos y bloques muy gruesos

Marco Geológico



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

SUPERVISADO

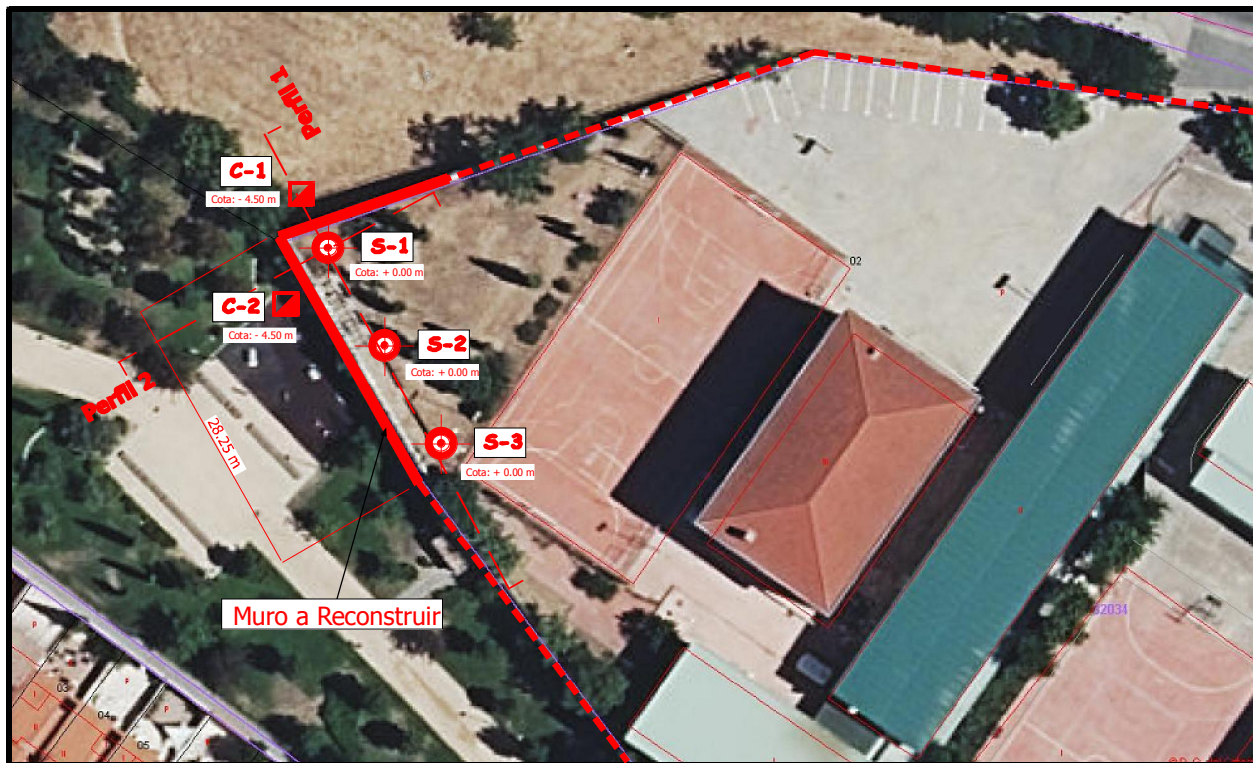


VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 01240006100

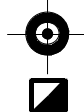
BOVQVXV9BPMWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
Jesús Rodríguez De Guzmán García-Madrid [ET AL]
J.Rodriguez@colegio-geologos.com



Leyenda



Sondeo a Rotación Mecánica

Calicata



Proyecto: **Reconstrucción Muro Cerramiento en el IES Carmelo Martín Gaité.**
Avenida San Sebastián. Navalcarnero (Madrid).

Peticionario: **Consejería de Educación, Ciencia y Universidades**

Referencia: **EG-202310/26208**

Fecha: **Febrero - 2.024**

Plano de **situación de los reconocimientos**



SUPERVISADO



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQH8P4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



ANEJO N°2.- CORTES ESTRATIGRAFICOS Y PERFILES LITOLÓGICO

Tipo Estudio: RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARTÍN GAITE

Dirección: AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN

Municipio: NAVALCARNERO (MADRID)

Referencia: EG-202310/26208



Cota: - 4.50 m

CALICATA
C-1

Colegiado:2704
Jesús Rodríguez
CON SEGURO DE RIESGO



Profundidad (m)		Potencia (m)	MUESTRA LABORATORIO	Escala (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO
1.10		1.10		0.00 m		Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa parda y marrón oscura con fragmentos de tabiquería escombros
			0.25 m			
			0.50 m			
			0.75 m			
				1.00 m		Zapata de hormigón
		0.28	1.25 m			
		0.10	1.50 m			
		0.10	1.75 m			

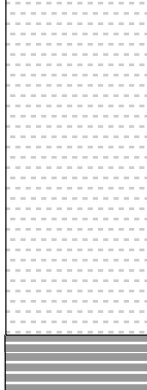


F-102-01-2



Cota: - 4.50 m

CALICATA
C-2

Profundidad (m)	Potencia (m)	MUESTRA LABORATORIO	Escala (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO
			0.00 m		Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa parda y marrón oscura con fragmentos de tabiquería escombros
			0.25 m		
			0.50 m		
			0.75 m		
0.79	0.76				
0.93	0.14				Zapata de hormigón
			1.00 m		



F-102-01-2



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 01240006100
ROYQHYPWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Referencia: EG - 202310/26208
Código Laboratorio: G-23139-23
Obra: Reconstrucción Muro cerramiento IES Carmen Martín Gaité de Navalcarnero (Madrid).
Peticionario: Consejería de Educación, Ciencia y Universidades.

Fecha: 21 de Diciembre de 2.023
Perforación, rotación mediante batería y obtención de testigo continuo
Máquina: ROLATEC RL - 34 (245)
Cota: **0.00 m** Nivel Freático: **seco**

SONDEO S-1

Profundidad del Sondeo: **10.30 m**

Profundidad (m)	Potencia (m)	Escala (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	Profundidad (m)	SPT / TIPO DE MUESTRA	NÚMERO DE GOLPES					ENSAYOS DE LABORATORIO						FOTOS CAJAS SONDEOS
							15cm	15cm	15cm	15cm	N 30	Humedad natural	Límite Líquido	Límite Plástico	% pasa T-0,080	Clasificación U.S.C.S.	Súltatos (mg/kg)	
	5.70	0.00 m		Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa parda y marrón oscura con fragmentos de tabiquería escombros Floja														
1.50 m		1.00 m																
2.10 m		2.00 m				S.P.T.	5	4	6	8	10							
4.50 m		3.00 m																
5.10 m		4.00 m				S.P.T.	3	4	2	6	6							
6.10 m	4.60	5.00 m		Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa de plasticidad media marrón y ocre Medianamente densa a densa Arena media a fina arcósica														
6.70 m		6.00 m				S.P.T.	5	11	15	18	26							
8.00 m		7.00 m																
8.60 m		8.00 m				S.P.T.	13	18	22	28	40	8.79	32.86	18.34	24.31	SC	315	
9.70 m		9.00 m																
10.30 m		10.00 m				S.P.T.	18	29	31	32	60							
		11.00 m																



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Num.: 01240006100

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Referencia: EG - 202310/26208
Código Laboratorio: G-23139-23
Obra: Reconstrucción Muro cerramiento IES Carmen Martín Gaité de Navalcarnero (Madrid).
Peticionario: Consejería de Educación, Ciencia y Universidades.

Fecha: 21 de Diciembre de 2.023
Perforación, rotación mediante batería y obtención de testigo continuo
Máquina: ROLATEC RL - 34 (245)
Cota: **0.00 m** Nivel Freático: **seco**

SONDEO S-2

Profundidad del Sondeo: **10.40 m**

Profundidad (m)	Potencia (m)	Escala (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	Profundidad (m)	SPT / TIPO DE MUESTRA	NÚMERO DE GOLPES					ENSAYOS DE LABORATORIO						FOTOS CAJAS SONDEOS
							15cm	15cm	15cm	15cm	N 30	Humedad natural	Límite Líquido	Límite Plástico	% pasa T=0.080	Clasificación U.S.C.S.	Sultatos (mg/kg)	
5.50	5.50	0.00 m		Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa parda y marrón oscura con fragmentos de tabiquería escombros floja	1.20 m													
		1.80 m			S.P.T.	3	5	5	6	10								
		4.60 m																
		5.20 m			S.P.T.	2	3	1	4	4								
4.90	4.90	6.00 m		Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa de plasticidad media marrón y ocre Medianamente densa a densa Arena media a fina arcósica	6.20 m													
		6.80 m			S.P.T.	11	14	18	22	32	9.39	39.18	18.47	21.38	SC	417		
		9.00 m																
		9.30 m			TESTIGO						8.66	36.20	18.67	31.99	SC	160		
10.40		10.00 m			9.80 m													
		10.40 m			S.P.T.	22	23	28	34	51								
		11.00 m																



VISADO
Fecha:12/02/2024 Folio:61 Num.:01240006100
ROYQHYBPWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado:2704
Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Referencia: EG - 202310/26208
Código Laboratorio: G-23139-23
Obra: Reconstrucción Muro cerramiento IES Carmen Martin Gaité de Navalcarnero (Madrid).
Peticionario: Consejería de Educación, Ciencia y Universidades.

Fecha: 21 de Diciembre de 2.023
Perforación, rotación mediante batería y obtención de testigo continuo
Máquina: ROLATEC RL - 34 (245)
Cota: **0.00 m** Nivel Freático: **seco**

SONDEO
S-3
Profundidad del Sondeo: **10.30 m**

Profundidad (m)	Potencia (m)	Escala (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	Profundidad (m)	SPT / TIPO DE MUESTRA	NÚMERO DE GOLPES					ENSAYOS DE LABORATORIO						FOTOS CAJAS SONDEOS
							15cm	15cm	15cm	15cm	N 30	Humedad natural	Límite Líquido	Límite Plástico	% pasa T-0,080	Clasificación U.S.C.S.	Sultatos (mg/kg)	
5.30	5.30	0.00 m		Nivel 0.- Relleno antrópico Arena arcillosa parda y marrón oscura con fragmentos de tabiquería escombros Floja	1.30 m													
		1.00 m			1.90 m	S.P.T.	3	5	5	2	10							
		2.00 m																
		3.00 m																
5.30	5.00	4.00 m		Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa de plasticidad media marrón y ocre Medianamente densa a densa Arena media a fina arcósica	4.20 m													
		5.00 m			4.80 m	S.P.T.	1	3	5	4	8							
		6.00 m			6.20 m													
		7.00 m			6.80 m	S.P.T.	15	17	21	24	38							
10.30	5.00	8.00 m		Nivel 1.- Arena arcillosa Arena bastante arcillosa de plasticidad media marrón y ocre Medianamente densa a densa Arena media a fina arcósica	7.00 m	TESTIGO						9.85	40.13	18.45	21.49	SC	178	
		9.00 m			7.30 m													
		10.00 m			7.80 m													
		11.00 m			8.40 m	S.P.T.	19	20	24	30	44							



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org



VISADO

Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00

ROYQH8P4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colgado: 2704

Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]

CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



ANEJO N°3.- RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Tipo Estudio: RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARTÍN GAITE

Dirección: AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN

Municipio: NAVALCARNERO (MADRID)

Referencia: EG-202310/26208



Código de entrada: G-23139-23

Pagina: 1

Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)

Provincia: Madrid

Fecha: 9/01/24

Resumen de ensayos de laboratorio



VISADO
Fecha:12/02/2024 Folio:61 Núm.:012400061/00
ROYQH8PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado:2704
Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6
Designación de muestra		S1; M1	S2; M1	S2; M2	S3; M1		
Tipo de muestra		Alterada(SPT)	Alterada(SPT)	Alterada	Alterada		
Profundidad	(m)	8,00-8,60	6,20-6,80	9,00-9,30	7,00-7,30		
Clasificación U.S.C.S.		SC	SC	SC	SC		
Clasificación H.R.B							
Índice de grupo							
Densidad aparente	(g/cm³)						
Densidad seca	(g/cm³)						
Peso específico	(g/cm³)						
Humedad natural	(%)	8,79	9,39	8,66	9,85		
Limite Líquido	(%)	32,86	39,18	36,20	40,13		
Limite plástico	(%)	18,34	18,47	18,67	18,45		
Índice de plasticidad		14,52	20,71	17,53	21,68		
% que pasa T-0,080 UNE	(%)	24,31	21,38	31,99	21,49		
% que pasa T-2 UNE	(%)	90,04	87,54	91,39	87,89		
% que pasa T-5 UNE	(%)	99,24	98,42	99,12	99,73		
Proctor Humedad óptima	(%)						
Proctor Densidad Máxima	(t/m³)						
Índice CBR	(%)						
Presión de hinchamiento	(kp/cm²)						
Hinchamiento libre	(%)						
Lambe índice	(kp/cm²)						
Lambe Clasificación							
Sulfatos	(mg/kg suelo)	315	417	160	178		
Carbonatos	(%)						
Materia orgánica	(%)						
Compresión Simple	(kp/cm²)						
Deformación	(mm)						
Edométrico Cc							
Cohesión	(kPa)						
Angulo de fricción	(º)						

Observaciones.-

Código de entrada: G-23139-23

Pagina: 2

Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)

Provincia: Madrid

Fecha: 09/01/2024

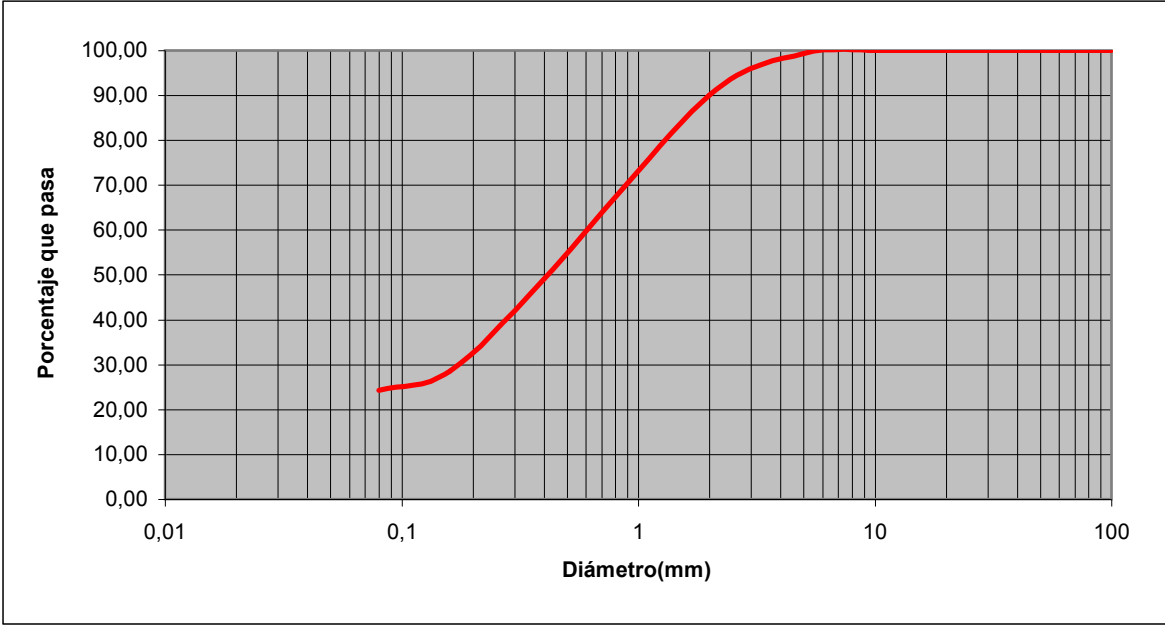
Granulometría por Tamizado

Designación: UNE 103-101

Muestra **S1; M1**
Profundidad: **8,00-8,60**
Muestra(tipo) **Alterada(SPT)**

Pasa T-0,08(%)	24,31
Pasa T-2(%)	90,04
Pasa T-5(%)	99,24

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	409,75	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	37,52	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	372,23	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	342,17	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	376,66	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	409,75	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	8,79	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	376,66	5	2,85	2,85	0,76	99,24
Humedad Higroscópica		2	37,52	34,67	9,20	90,04
T+suelo+agua	967,33	0,4	191,57	154,05	40,90	49,14
T+suelo	934,24	0,16	269,21	77,64	20,61	28,53
Tara	557,58	0,08	285,11	15,90	4,22	24,31
Suelo	376,66					
Agua	33,09					
Humedad(%)	8,79					



Limo/arcilla 24,31

Arena 65,73

Grava 9,96

Limite Liquido:	32,86	% pasa T 0,08	24,31	Clasificación USCS SC Arena arcillosa
Limite Plástico:	18,34	% reten. T-2	9,96	
Índice Plástico:	14,52	% reten. T-5	0,76	

Código de entrada: G-23139-23

Página: 3

Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)

Provincia: Madrid

Fecha: 09/01/2024

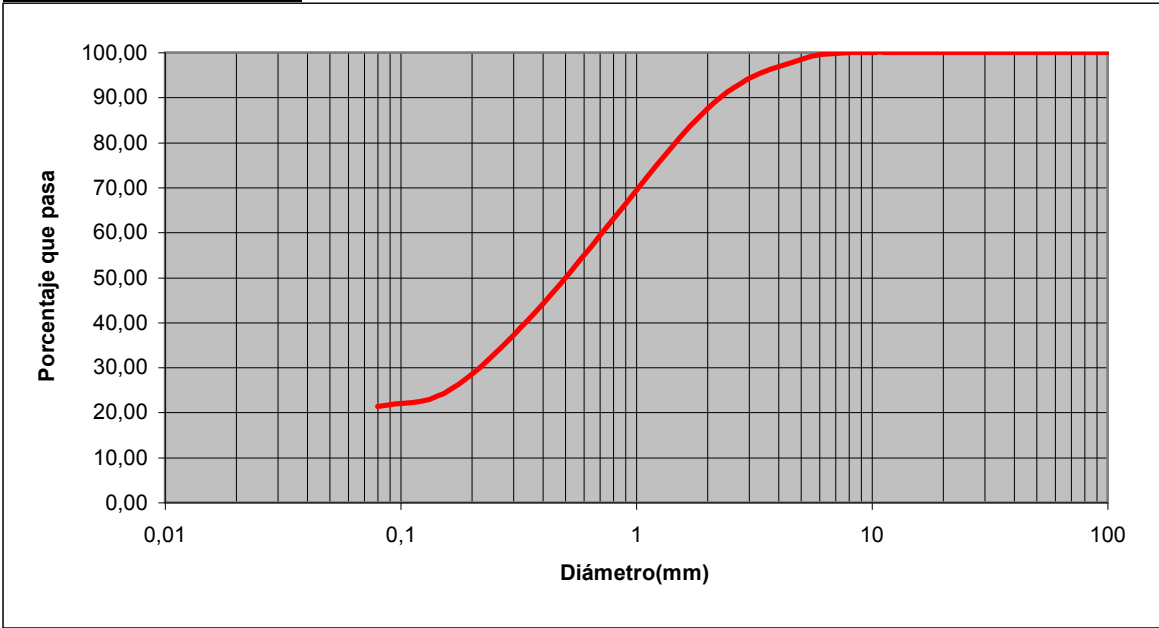
Granulometría por Tamizado

Designación: UNE 103-101

Muestra S2; M1
Profundidad: 6,20-6,80
Muestra(tipo) Alterada(SPT)

Pasa T-0,08(%)	21,38
Pasa T-2(%)	87,54
Pasa T-5(%)	98,42

Fracción Gruesa: > T-2		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
F+G+agua	453,20	(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
G>T-2	51,61	100	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	401,59	80	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	367,12	63	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	414,30	50	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina: < T-2		40	0,00	0,00	0,00	100,00
		25	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	453,20	20	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	9,39	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	414,30	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad Higroscópica		5	6,53	6,53	1,58	98,42
T+suelo+agua	993,15	2	51,61	45,08	10,88	87,54
T+suelo	954,25	0,4	231,65	180,04	43,46	44,09
Tara	539,95	0,16	310,90	79,25	19,13	24,96
Suelo	414,30	0,08	325,73	14,83	3,58	21,38
Agua	38,90					
Humedad(%)	9,39					



Limo/arcilla 21,38

Arena 66,16

Grava 12,46

Limite Liquido:	39,18	% pasa T 0,08	21,38	Clasificación USCS SC Arena arcillosa
Limite Plástico:	18,47	% reten. T-2	12,46	
Índice Plástico:	20,71	% reten. T-5	1,58	

Pagina: 4

Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)

Provincia: Madrid

Fecha: 09/01/2024

Granulometría por Tamizado

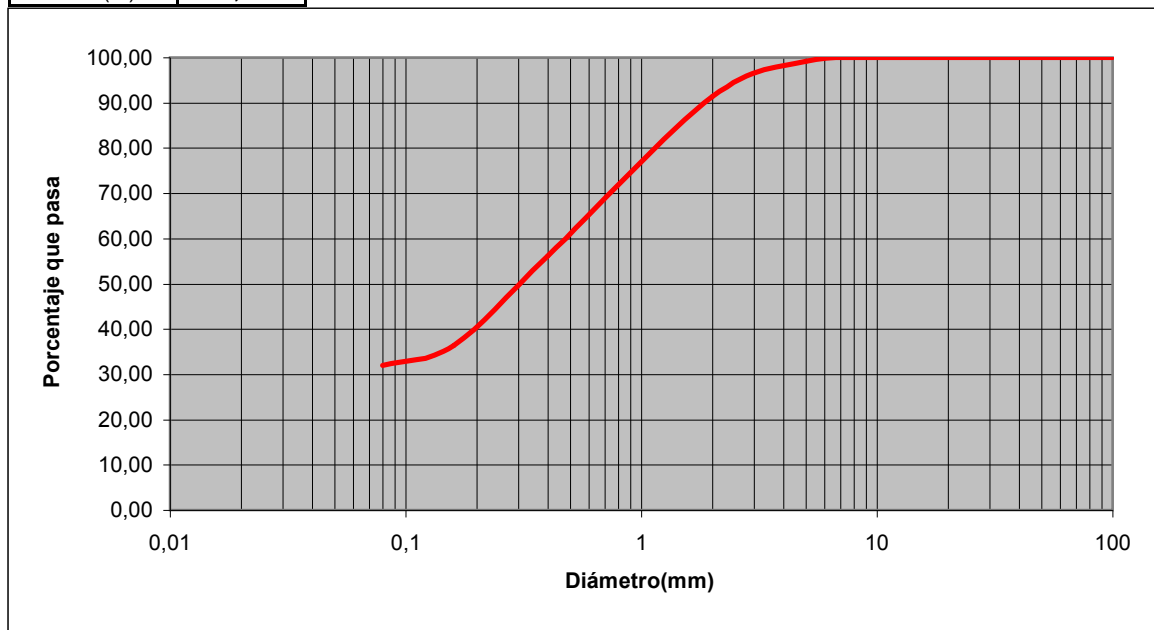
Designación: **UNE 103-101**Muestra **S2; M2**

Profundidad: 9,00-9,30

Muestra(tipo) Alterada

Pasa T-0,08(%)	31,99
Pasa T-2(%)	91,39
Pasa T-5(%)	99,12

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
F+G+agua	423,97	(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
G>T-2	33,59	100	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	390,38	80	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	359,28	63	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	390,19	50	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		40	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		25	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	423,97	20	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	8,66	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	390,19	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad Higroscópica		5	3,42	3,42	0,88	99,12
T+suelo+agua	968,92	2	33,59	30,17	7,73	91,39
T+suelo	935,14	0,4	171,02	137,43	35,22	56,17
Tara	544,95	0,16	248,09	77,07	19,75	36,42
Suelo	390,19	0,08	265,38	17,29	4,43	31,99
Agua	33,78					
Humedad(%)	8,66					



Limo/arcilla 31,99		Arena 59,40		Grava 8,61	
Limite Líquido:	36,20	% pasa T 0,08	31,99	Clasificación USCS SC Arena arcillosa	
Limite Plástico:	18,67	% reten. T-2	8,61		
Índice Plástico:	17,53	% reten. T-5	0,88		

**VISADO**

Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00

ROYYQHY8PD4WZ

LUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado:2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Código de entrada: G-23139-23

Página: 5

Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)

Provincia: Madrid

Fecha: 09/01/2024

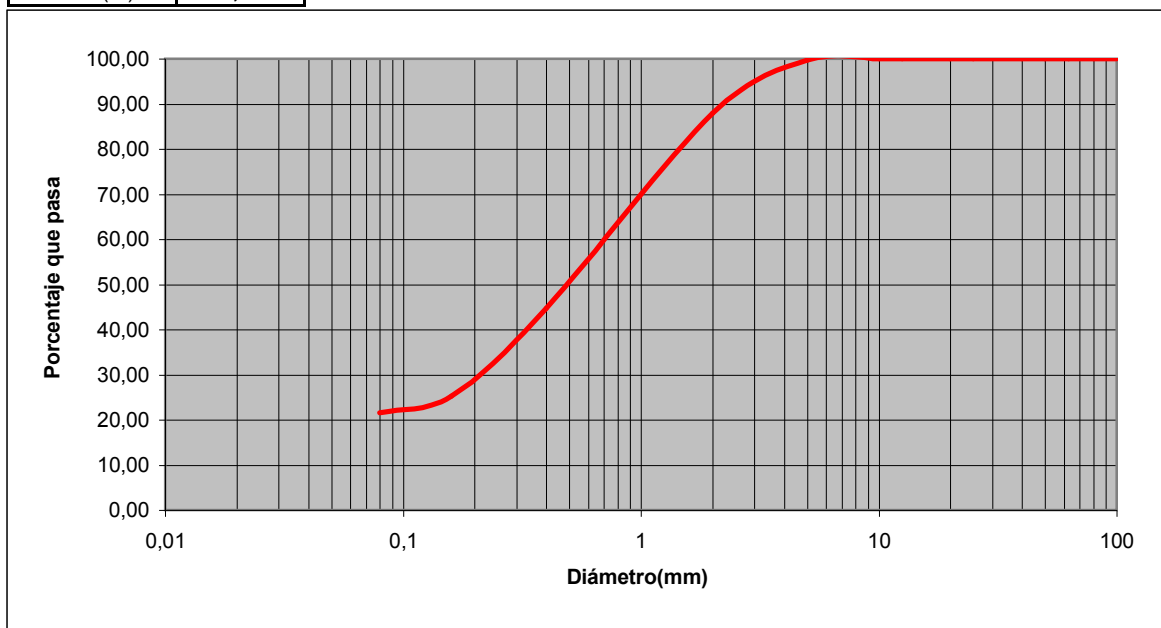
Granulometría por Tamizado

Designación: UNE 103-101

Muestra **S3; M1**
Profundidad: **7,00-7,30**
Muestra(tipo) **Alterada**

Pasa T-0,08(%)	21,49
Pasa T-2(%)	87,89
Pasa T-5(%)	99,73

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	406,16	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	44,76	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	361,40	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	329,00	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	369,75	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	406,16	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	9,85	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	369,75	5	1,00	1,00	0,27	99,73
Humedad Higroscópica		2	44,76	43,76	11,84	87,89
T+suelo+agua	949,64	0,4	204,40	159,64	43,18	44,72
T+suelo	913,23	0,16	276,26	71,86	19,43	25,28
Tara	543,48	0,08	290,28	14,02	3,79	21,49
Suelo	369,75					
Agua	36,41					
Humedad(%)	9,85					



Limo/arcilla 21,49

Arena 66,40

Grava 12,11

Limite Liquido:	40,13	% pasa T 0,08	21,49	Clasificación USCS SC Arena arcillosa
Limite Plástico:	18,45	% reten. T-2	12,11	
Índice Plástico:	21,68	% reten. T-5	0,27	



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQH8PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid ET ALJ
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Código de entrada: G-23139-23

Página: 6

Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)

Provincia: Madrid

Fecha: 09/01/2024

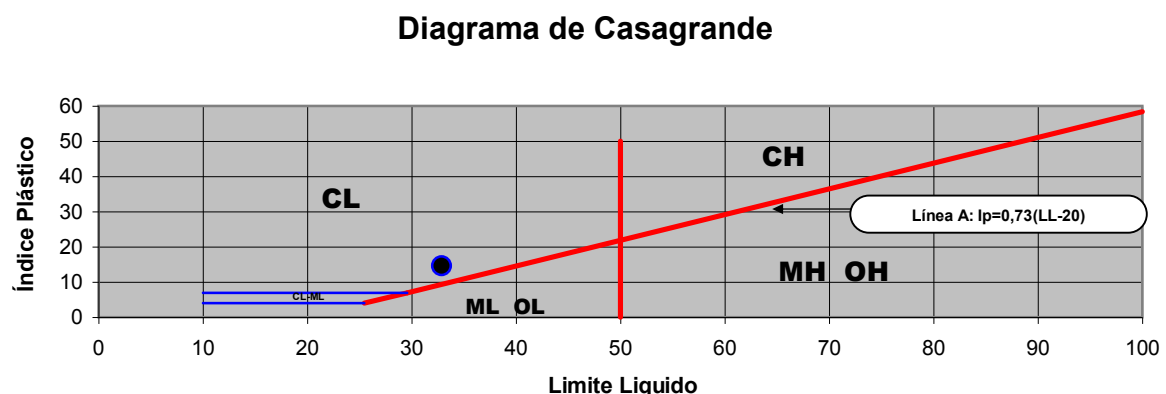
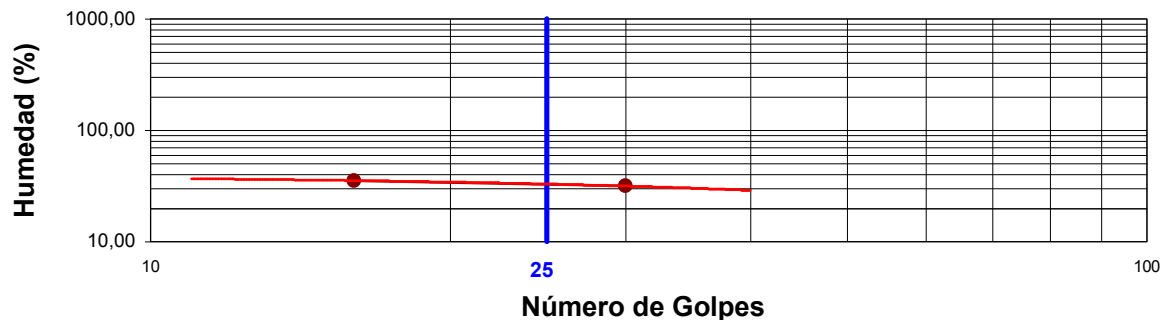
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104

Muestra: S1; M1
Profundidad: 8,00-8,60
Muestra(tipo): Alterada(SPT)

LL	32,86
LP	18,34
IP	14,52

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente	12	14	4	24	
No de golpes	30	16			
Peso tara+suelo húmedo (g)	36,18	26,25	36,12	40,22	
Peso tara +suelo seco (g)	30,50	22,71	34,35	39,36	
Peso de tara (g)	12,47	12,68	24,70	34,67	
Peso suelo seco (g)	18,03	10,03	9,65	4,69	
Peso de agua (g)	5,68	3,54	1,77	0,86	
Humedad %	31,50	35,29	18,34	18,34	
Limite Liquido		32,86	Limite Plástico		18,34



Limite Liquido:	32,86	% pasa T 0,08	24,31	Clasificación USCS SC Arena arcillosa
Limite Plástico:	18,34	% reten. T-2	9,96	
Índice Plástico:	14,52	% reten. T-5	0,76	



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQYH9PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





Código de entrada: G-23139-23 **Página:** 7
Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)
Provincia: Madrid **Fecha:** 09/01/2024

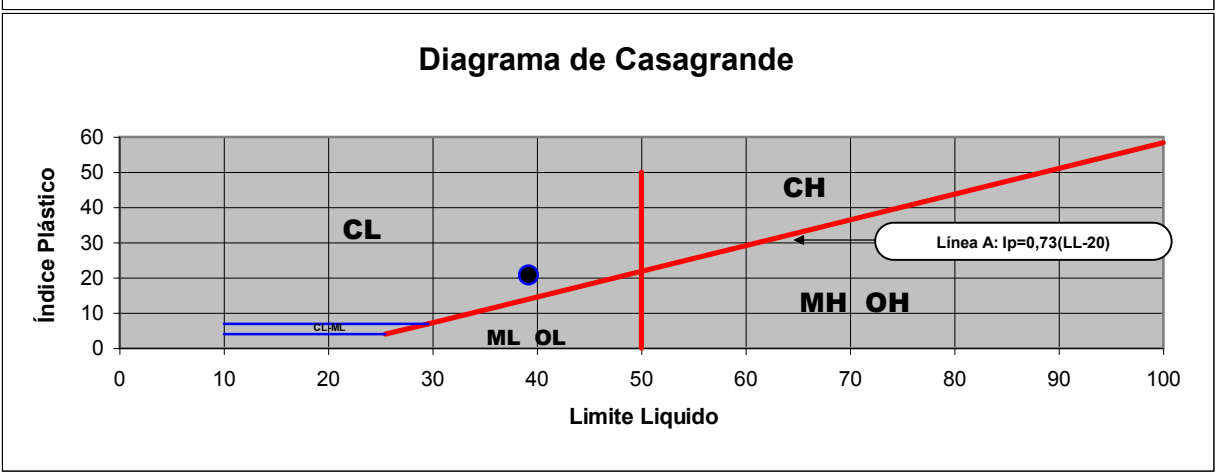
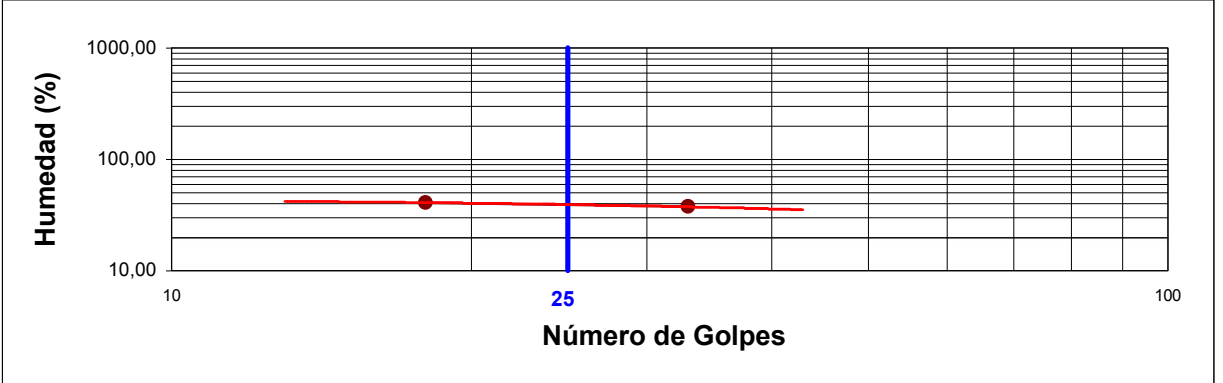
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104

Muestra: S2; M1
Profundidad: 6,20-6,80
Muestra(tipo): Alterada(SPT)

LL	39,18
LP	18,47
IP	20,71

Descripción	Limite Liquido		Limite Plástico		Observaciones
	1	2	1	2	
Tara/recipiente	16	74	51	2	
No de golpes	33	18			
Peso tara+suelo húmedo (g)	25,11	38,13	35,82	30,77	
Peso tara +suelo seco (g)	21,72	30,75	34,01	29,74	
Peso de tara (g)	12,65	12,64	24,35	24,08	
Peso suelo seco (g)	9,07	18,11	9,66	5,66	
Peso de agua (g)	3,39	7,38	1,81	1,03	
Humedad %	37,38	40,75	18,74	18,20	
Limite Liquido		39,18	Limite Plástico	18,47	



Limite Liquido:	39,18	% pasa T 0,08	21,38	Clasificación USCS SC Arena arcillosa
Limite Plástico:	18,47	% reten. T-2	12,46	
Índice Plástico:	20,71	% reten. T-5	1,58	



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQHYPDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL





Código de entrada: G-23139-23 **Página:** 8
Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)
Provincia: Madrid **Fecha:** 09/01/2024

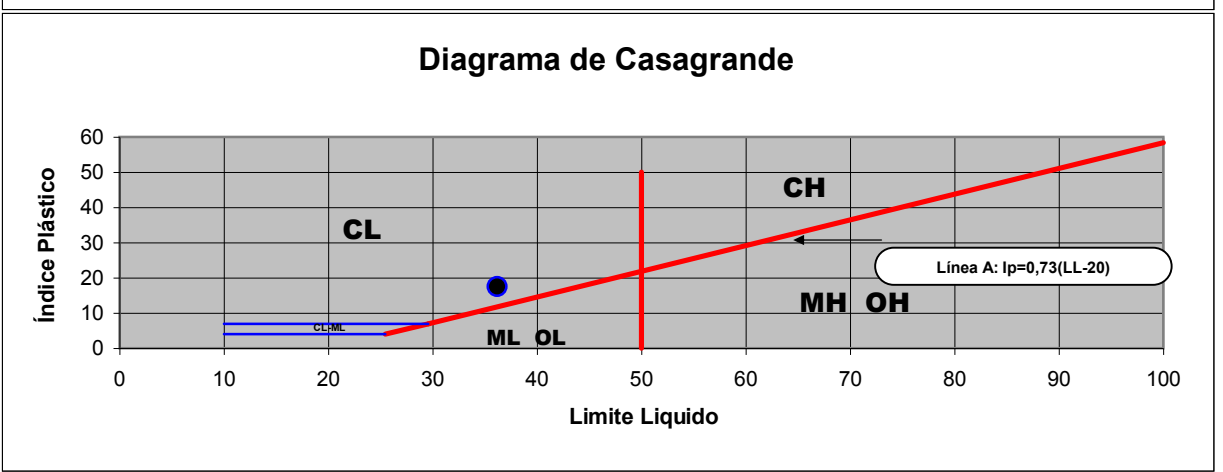
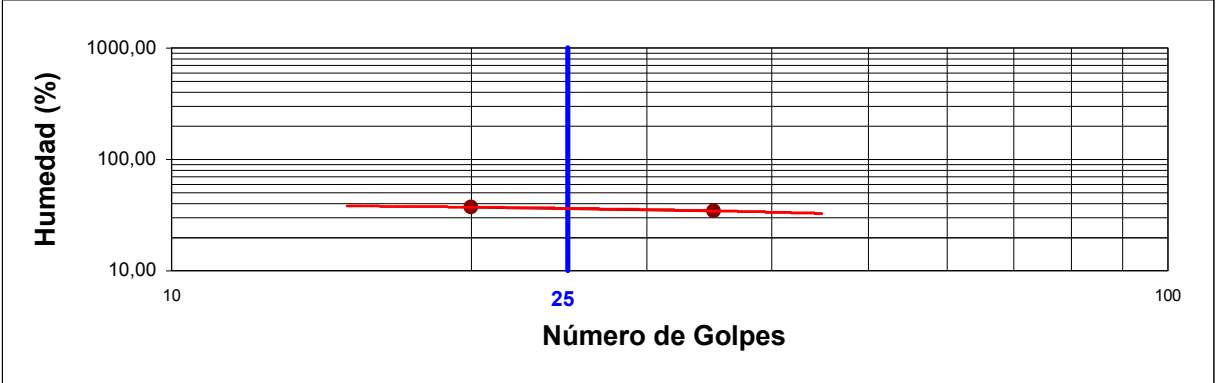
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104

Muestra S2; M2
Profundidad: 9,00-9,30
Muestra(tipo) Alterada

LL	36,20
LP	18,67
IP	17,53

Descripción	Limite Liquido		Limite Plástico		Observaciones
	1	2	1	2	
Tara/recipiente	42	32	5	83	
No de golpes	35	20			
Peso tara+suelo húmedo (g)	36,29	27,41	35,19	40,41	
Peso tara +suelo seco (g)	30,25	23,45	33,49	39,35	
Peso de tara (g)	12,68	12,78	24,29	33,73	
Peso suelo seco (g)	17,57	10,67	9,20	5,62	
Peso de agua (g)	6,04	3,96	1,70	1,06	
Humedad %	34,38	37,11	18,48	18,86	
Limite Liquido		36,20	Limite Plástico		18,67



Limite Liquido:	36,20	% pasa T 0,08	31,99	Clasificación USCS SC Arena arcillosa
Limite Plástico:	18,67	% reten. T-2	8,61	
Índice Plástico:	17,53	% reten. T-5	0,88	

VISADO

Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00

ROYQHY8PD4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704

Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]

CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Código de entrada: G-23139-23 **Página:** 9
Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)
Provincia: Madrid **Fecha:** 09/01/2024

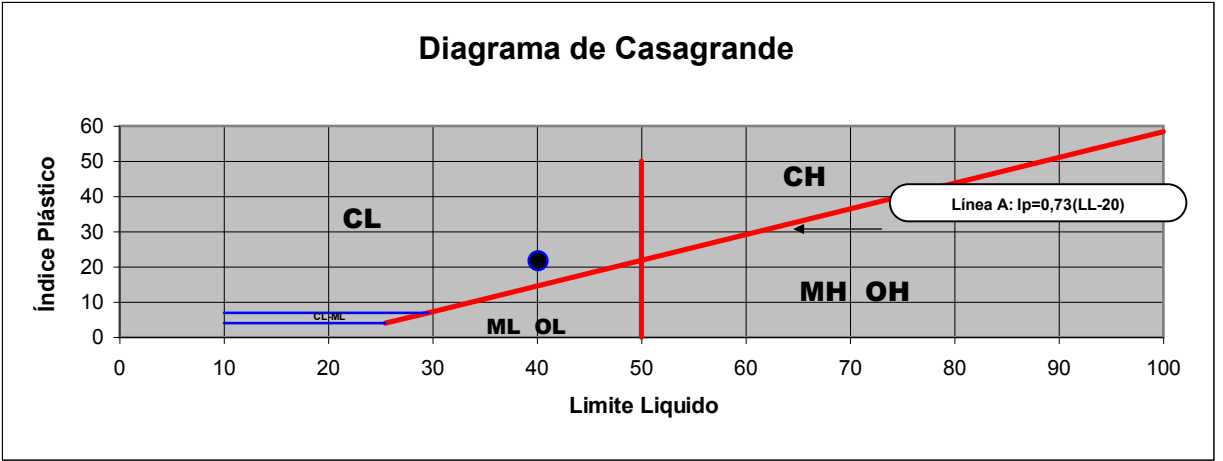
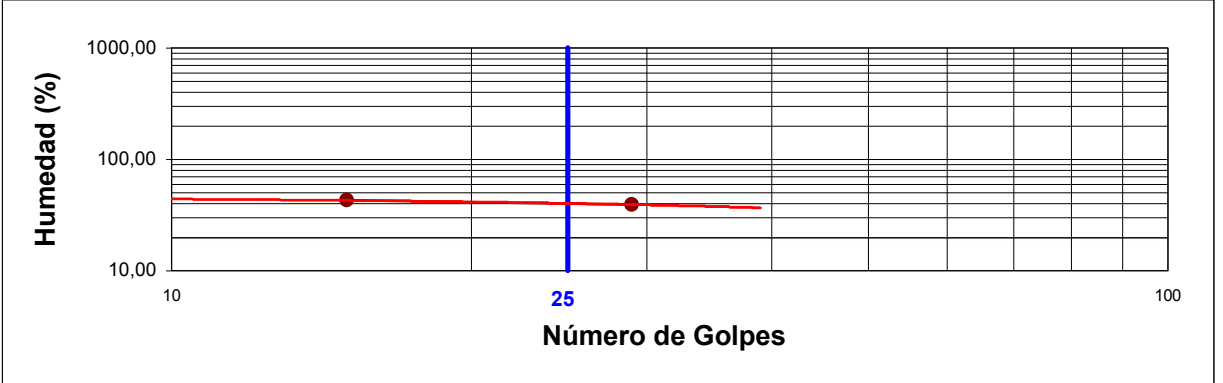
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104


Muestra: S3; M1
Profundidad: 7,00-7,30
Muestra(tipo): Alterada

LL	40,13
LP	18,45
IP	21,68

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente	31	31	22	27	
No de golpes	29	15			
Peso tara+suelo húmedo (g)	31,59	26,01	44,89	41,17	
Peso tara +suelo seco (g)	26,35	22,11	43,24	40,23	
Peso de tara (g)	12,96	12,96	34,39	35,08	
Peso suelo seco (g)	13,39	9,15	8,85	5,15	
Peso de agua (g)	5,24	3,90	1,65	0,94	
Humedad %	39,13	42,62	18,64	18,25	
Limite Liquido		40,13	Limite Plástico		18,45




Limite Liquido:	40,13	% pasa T 0,08	21,49	Clasificación USCS SC Arena arcillosa
Limite Plástico:	18,45	% reten. T-2	12,11	
Índice Plástico:	21,68	% reten. T-5	0,27	



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQYH9PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid ET ALJ
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Código: G-23139-23
Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)
Provincia: Madrid

Página: 10

Fecha: 09/01/2024

Det. Cuantitativa del contenido de sulfatos solubles de un suelo

Designación: UNE 83963:2008

mg de SO_4^{-2} 315



VISADO
 Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
 ROYQH8PDAWZ

Muestra Numero S1; M1
Profundidad muestreo 8,00-8,60
Tipo de Muestra Alterada(SPT)

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,00920	50,01330			
Peso de suelo	(kg)	5,00092E-02	5,00133E-02			
Crisol	(g)	22,9485	24,5245			
Crisol+precipitado	(g)	22,9866	24,563			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,03810	0,03850			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	38,10000	38,50000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	313,5815	316,8477			
Promedio	(mg/kg suelo)	315		2000-3000	3000-12000	> 12000

mg de SO_4^{-2} 417

Muestra Numero S2; M1
Profundidad muestreo 6,20-6,80
Tipo de Muestra Alterada(SPT)

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,02650	50,01990			
Peso de suelo	(kg)	5,00265E-02	5,00199E-02			
Crisol	(g)	26,9158	21,5146			
Crisol+precipitado	(g)	26,9668	21,565			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,05100	0,05040			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	51,00000	50,40000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	419,6096	414,7277			
Promedio	(mg/kg suelo)	417		2000-3000	3000-12000	> 12000

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
 Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid ET ALJ
 CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Código: G-23139-23 **Página:** 11
Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)
Provincia: Madrid **Fecha:** 09/01/2024

Det. Cuantitativa del contenido de sulfatos solubles de un suelo

Designación: UNE 83963:2008



VISADO
 Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
 ROYQH8PDAWZ

Muestra Numero S2; M2
Profundidad muestreo 9,00-9,30
Tipo de Muestra Alterada

mg de SO_4^{-2} 160

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,04930	50,04180			
Peso de suelo	(kg)	5,00493E-02	5,00418E-02			
Crisol	(g)	25,9019	20,1539			
Crisol+precipitado	(g)	25,9217	20,1729			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,01980	0,01900			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	19,80000	19,00000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	162,8330	156,2774			
Promedio	(mg/kg suelo)	160		2000-3000	3000-12000	> 12000

Muestra Numero S3; M1
Profundidad muestreo 7,00-7,30
Tipo de Muestra Alterada

mg de SO_4^{-2} 178

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,06980	50,06390			
Peso de suelo	(kg)	5,00698E-02	5,00639E-02			
Crisol	(g)	22,7532	27,065			
Crisol+precipitado	(g)	22,7753	27,0861			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,02210	0,02110			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	22,10000	21,10000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	181,6736	173,4735			
Promedio	(mg/kg suelo)	178		2000-3000	3000-12000	> 12000

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
 Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]
 CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



GMD

Estudios Geotécnicos y Control de Materiales

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Código de entrada: G-23139-23 **Pagina:** 12
Dirección: Avenida San Sebastián (Navalcarnero)
Provincia: Madrid **Fecha:** 9/01/24

Este anejo de resultados de Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos consta de 12 hojas(incluida esta pagina)numeradas de 1 al 12 y selladas.

Este Anejo no deberá reproducirse total o parcialmente sin la aprobación por escrito de **GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.**

Este Anejo de Ensayos no contiene ningún consejo o recomendación derivado de los resultados de los ensayos.

Este Anejo de Ensayos solo afecta a las muestras sometidas al ensayo.

Fecha: 9/01/24



Fdo.: Alfredo Comendador Colorado
DIRECTOR DE LABORATORIO

Fdo.: Margarita Arroyo Zamarrón
JEFE LABORATORIO ÁREA GTL

GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.

EH: Control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero

GT: Sondeos, toma de muestras y ensayos "in-situ" para reconocimientos geotécnicos y ensayos de laboratorio de geotecnia.

EFA: Control de morteros para albañilería

EA: Control de la soldadura de perfiles estructurales de acero



VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folic: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQH8PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



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

SUPERVISADO



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org



VISADO

Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00

ROYQH8P4WZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colgado: 2704

Jesús Rodríguez De Guzman García-Madrid[ET AL]

CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



ANEJO N°4.- FOTOGRAFÍAS DE TRABAJOS DE CAMPO

Tipo Estudio: RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARTÍN GAITE

Dirección: AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN

Municipio: NAVALCARNERO (MADRID)

Referencia: EG-202310/26208



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org



VISADO

Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00

ROYQHY8PDWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Sondeo mecánico S1



Sondeo mecánico S2



Sondeo mecánico S3

Tipo Estudio: RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARTÍN GAITE
Dirección: AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN
Municipio: NAVALCARNERO (MADRID)
Referencia: EG-202310/26208



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

914 920 220

638 290 236

www.geotecnia.org



BIBLIOGRAFÍA

- AENOR, (2001). EDIFICACIÓN. PARTICIONES. Manual de Normas UNE EN., Ed. AENOR. Madrid
- AENOR, (1999). EUROCÓDIGO 7. PROYECTO GEOTÉCNICO, PARTE 1, 2 y 3: Reglas generales. Ensayos de Laboratorio. Ensayos "in situ". Ed. AENOR, Madrid
- CTE (2006), Código Técnico de la Edificación, Partes I y II. Ministerio de Vivienda
- CÓDIGO ESTRUCTURAL (2021) Real Decreto 470/2021. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
- JIMENEZ SALAS, J. E.; DE JUSTO ALPAÑES, J. L. & SERRANO GONZALEZ, A. A., (1981). GEOTECNIA Y CIMENTOS I, II y III: Mecánica del suelo y de las rocas. 2ª Edición, Ed, Rueda, Madrid
- RODRÍGUEZ ORTIZ, J. M.; SERRA GESTA, J. & OTEO MAZO, C., (1982). CURSO APLICADO DE CIMENTACIONES. Ed. GRAFICINCO. MADRID
- ROM 0.5-94. "Recomendaciones geotécnicas para el proyecto de obras marítimas y portuarias". Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente.
- Ingeniería Geológica (2002) Luis González de Vallejo. Pearson Educación. ISBN 84-205-3104-9
- Oteo, C.; Rodríguez Ortiz, J. y Melis, M. (2003) "Criterios de diseño de pantallas continuas en la ampliación del Metro de Madrid". Revista de Ingeniería Civil Nº 129, 5 -15.
- Guía de Cimentaciones en Obras de carretera (2009) Ministerio de Fomento
- Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con Eurocódigo 7: Bases del proyecto geotécnico. (2019) Ministerio de Fomento
- Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con Eurocódigo 7: Cimentaciones superficiales. (2019) Ministerio de Fomento
- MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA, serie cartográfica a diferentes escalas elaborada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

VISADO
Fecha: 12/02/2024 Folio: 61 Núm.: 012400061/00
ROYQH8PDAWZ

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Colegiado: 2704
Jesus Rodriguez De Guzman Garcia-Madrid[ET AL]
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL



Tipo Estudio: RECONSTRUCCIÓN MURO CERRAMIENTO EN IES CARMEN MARCO
Dirección: AVENIDA DE SAN SEBASTIÁN
Municipio: NAVALCARNERO (MADRID)
Referencia: EG-202310/26208



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

SUPERVISADO

ANEJO Nº 2: COMPROBACIONES DE CÁLCULO.

MURO I.E.S. CARMEN MARTÍN GAITE (NAVALCARNERO)

COMPROBACIONES DE CÁLCULO COMO MURO DE GRAVEDAD SECCIÓN EN LA QUE SE HA PRODUCIDO LA ROTURA

1. Geometría y propiedades

$$h_m := 2\text{ m}$$

Altura del muro en la sección de cálculo

$$h_{\text{cerr}} := 0\text{ m}$$

Altura del cerramiento

$$h_{\text{tot}} := h_m + h_{\text{cerr}} = 2\text{ m}$$

Altura total del muro en la sección de cálculo

$$e_{\text{muro}} := 30\text{ cm}$$

Espesor del muro de hormigón

$$e_{\text{fab}} := 12\text{ cm} + 25\text{ cm}$$

Espesor de la fábrica

$$e_{\text{tot}} := e_{\text{muro}} + e_{\text{fab}} = 0.67\text{ m}$$

Espesor total

$$e_{\text{cerr}} := 0\text{ cm}$$

Espesor del cerramiento

$$\gamma_a := 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad aparente de los rellenos

$$\phi := 28\text{ deg}$$

Ángulo de rozamiento interno de los rellenos

$$\beta := 0\text{ deg}$$

Ángulo de inclinación del talud del trasdós

$$\gamma_{\text{hm}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad del hormigón en masa

$$\gamma_{\text{fab}} := 16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad de la fábrica perforada

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad del agua

Peso del muro:

$$W_m := h_m \cdot e_{\text{muro}} \cdot \gamma_{\text{hm}} + h_m \cdot e_{\text{fab}} \cdot \gamma_{\text{fab}} = 26.84 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

2. Coeficientes de empuje

Coeficiente de empuje activo horizontal:

$$\lambda_h := \cos(\beta)^2 \cdot \frac{\cos(\beta) - \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}{\cos(\beta) + \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}$$

$$\lambda_h = 0.361$$

Coeficiente de empuje activo vertical:

$$\lambda_v := \sin(\beta) \cdot \cos(\beta) \cdot \frac{\cos(\beta) - \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}{\cos(\beta) + \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}$$

$$\lambda_v = 0$$

3. Empujes del terreno sin saturar

Empuje horizontal: $E_h := \frac{1}{2} \cdot h_m \cdot \gamma_a \cdot h_m \cdot \lambda_h = 12.997 \frac{1}{m} \cdot \text{kN}$

Empuje vertical: $E_v := \frac{1}{2} \cdot h_m \cdot \gamma_a \cdot h_m \cdot \lambda_v = 0 \frac{1}{m} \cdot \text{kN}$

Empuje total: $E_{\text{tot}} := \sqrt{E_h^2 + E_v^2} = 12.997 \frac{1}{m} \cdot \text{kN}$

4. Empujes hidrostático

Empuje hidrostático: $E_w := \frac{1}{2} \cdot h_m \cdot \gamma_w \cdot h_m = 20 \frac{1}{m} \cdot \text{kN}$

HIPÓTESIS 1: TERRENO DRENADO

Comprobación frente a vuelco

Momento estabilizador:

$$M_{\text{est}} := (W_m) \cdot \left(\frac{e_{\text{tot}}}{2} \right) = 8.991 \cdot \text{kN}$$

Momento desestabilizador frente al empuje del terreno drenado:

$$M_{\text{des.tot}} := E_h \cdot \frac{h_m}{3} = 8.665 \cdot \text{kN}$$

Coefficiente de seguridad al vuelco (muro drenado):

$$CSV_{\text{tot}} := \frac{M_{\text{est}}}{M_{\text{des.tot}}} \quad CSV_{\text{tot}} = 1.038$$

Comprobación frente a deslizamiento

Coefficiente de rozamiento mínimo para que no se produzca el deslizamiento (sin mayorar):

$$\mu_{\text{min}} := \frac{E_h}{W_m + E_v} = 0.484$$

Coefficiente de rozamiento mínimo para que no se produzca el deslizamiento (mayorado):

$$CSD_{\text{desl}} := 1.5$$

$$\mu_{\text{min}} := \frac{E_h \cdot CSD_{\text{desl}}}{W_m + E_v} = 0.726$$

HIPÓTESIS 2: EMPUJE HIDROSTÁTICO

Comprobación frente a vuelco

Momento desestabilizador frente al empuje hidrostático:

$$M_{\text{des.w}} := E_w \cdot \frac{h_m}{3} = 13.333 \cdot \text{kN}$$

Coefficiente de seguridad al vuelco (empuje hidrostático):

$$\text{CSV}_{\text{tot.w}} := \frac{M_{\text{est}}}{M_{\text{des.w}}} \quad \text{CSV}_{\text{tot.w}} = 0.674$$

Comprobación frente a deslizamiento

Coefficiente de rozamiento mínimo para que no se produzca el deslizamiento (sin mayorar):

$$\mu_{\text{min.w}} := \frac{E_w}{W_m + E_v} = 0.745$$

Coefficiente de rozamiento mínimo para que no se produzca el deslizamiento (mayorado):

$$\mu_{\text{min.w}} := \frac{E_w \cdot \text{CSDesl}}{W_m + E_v} = 1.118$$

MURO I.E.S. CARMEN MARTÍN GAITE (NAVALCARNERO)

COMPROBACIONES DE CÁLCULO COMO MURO DE GRAVEDAD ESTABILIDAD GLOBAL

1. Propiedades

$$\gamma_a := 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad aparente de los rellenos

$$\phi := 28\text{deg}$$

Ángulo de rozamiento interno de los rellenos

$$\beta := 0\text{deg}$$

Ángulo de inclinación del talud del trasdós

$$\gamma_{hm} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad del hormigón en masa

$$\gamma_{fab} := 16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad de la fábrica perforada

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad del agua

2. Geometría y pesos

Tramo superior. Relleno de cantos ligados confinado entre fábrica

$$h_{ts} := 2\text{m}$$

Altura del tramo superior

$$e_{hm.ts} := 30\text{cm}$$

Espesor del relleno de cantos rodados ligados

$$e_{fab.ts} := 12\text{cm} + 25\text{cm}$$

Espesor de la fábrica en el tramo superior

$$e_{tot.ts} := e_{hm.ts} + e_{fab.ts} = 0.67\text{m}$$

Espesor total

Peso del tramo superior del muro:

$$W_{ts} := h_{ts} \cdot e_{hm.ts} \cdot \gamma_{hm} + h_{ts} \cdot e_{fab.ts} \cdot \gamma_{fab} = 26.84 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Tramo inferior. Hormigón en masa de espesor variable con intradós de fábrica

$$h_{ti} := 3\text{m}$$

Altura del tramo superior

$$e_{fab.ti} := 12\text{cm}$$

Espesor de la fábrica en el intradós del tramo inferior

$$e_{hm.ti.up} := e_{tot.ts} - e_{fab.ti} = 0.55\text{ m}$$

Espesor del hormigón en la zona superior

$$e_{hm.ti.down} := 100\text{cm}$$

Espesor del hormigón en la zona inferior

Peso del tramo inferior del muro:

$$W_{ti} := h_{ti} \cdot e_{fab.ti} \cdot \gamma_{fab} + \left[h_{ti} \cdot e_{hm.ti.up} + \frac{1}{2} \cdot h_{ti} \cdot (e_{hm.ti.down} - e_{hm.ti.up}) \right] \cdot \gamma_{hm} = 63.885 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Recrecido inferior

$$h_{rec} := 1.3\text{m}$$

Altura del recrecido inferior

$$e_{hm.rec} := 30\text{cm}$$

Espesor del hormigón en el recrecido inferior

$$e_{fab.rec} := 25\text{cm}$$

Espesor de la fábrica en el recrecido inferior

$$e_{rec} := e_{hm.rec} + e_{fab.rec}$$

Espesor total recrecido inferior

Peso del recrecido inferior del muro:

$$W_{rec} := h_{rec} \cdot e_{hm.rec} \cdot \gamma_{hm} + h_{rec} \cdot e_{fab.rec} \cdot \gamma_{fab} = 14.95 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Zapata

$$c_{zap} := 0.5\text{m}$$

Canto de la zapata

Espesor del muro en la base:

$$e_{base} := e_{rec} + e_{fab.ti} + e_{hm.ti.down} = 1.67\text{ m}$$

$$e_{zap} := e_{base}$$

Ancho de la zapata

Peso de la zapata:

$$W_{zap} := c_{zap} \cdot e_{zap} \cdot \gamma_{hm} = 20.875 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Peso total del alzado del muro:

$$W_{\text{tot.alz}} := W_{\text{ts}} + W_{\text{ti}} + W_{\text{rec}} = 105.675 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Peso total del muro (incluida cimentación):

$$W_{\text{tot}} := W_{\text{ts}} + W_{\text{ti}} + W_{\text{rec}} + W_{\text{zap}} = 126.55 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Altura total del alzado del muro:

$$h_{\text{m}} := h_{\text{ts}} + h_{\text{ti}} = 5 \text{ m}$$

Altura total del muro (incluida cimentación):

$$h_{\text{tot}} := h_{\text{ts}} + h_{\text{ti}} + c_{\text{zap}} = 5.5 \text{ m}$$

Distancia del centro de gravedad del conjunto al punto de vuelco:

$$d_{\text{cg}} := \frac{e_{\text{rec}} \cdot h_{\text{rec}} \cdot \frac{e_{\text{rec}}}{2} + e_{\text{tot.ts}} \cdot h_{\text{ts}} \cdot \left(e_{\text{rec}} + \frac{e_{\text{tot.ts}}}{2} \right) + h_{\text{ti}} \cdot (e_{\text{hm.ti.up}} + e_{\text{fab.ti}}) \cdot \left[e_{\text{rec}} + \frac{(e_{\text{hm.ti.up}} + e_{\text{fab.ti}})}{2} \right] + \frac{1}{2} \cdot h_{\text{ti}}}{e_{\text{rec}} \cdot h_{\text{rec}} + e_{\text{tot.ts}} \cdot h_{\text{ts}} + h_{\text{ti}} \cdot (e_{\text{hm.ti.up}} + e_{\text{fab.ti}}) + \frac{1}{2} \cdot h_{\text{ti}}}$$

$$d_{\text{cg}} = 0.78 \text{ m}$$

3. Coeficientes de empuje

Coefficiente de empuje activo horizontal:

$$\lambda_{\text{h}} := \cos(\beta)^2 \cdot \frac{\cos(\beta) - \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}{\cos(\beta) + \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}$$

$$\lambda_{\text{h}} = 0.361$$

Coefficiente de empuje activo vertical:

$$\lambda_{\text{v}} := \sin(\beta) \cdot \cos(\beta) \cdot \frac{\cos(\beta) - \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}{\cos(\beta) + \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}$$

$$\lambda_{\text{v}} = 0$$

4. Cálculo de empujes

Empujes del terreno sin saturar

$$\text{Empuje horizontal: } E_{\text{h}} := \frac{1}{2} \cdot h_{\text{tot}} \cdot \gamma_{\text{a}} \cdot h_{\text{tot}} \cdot \lambda_{\text{h}} = 98.291 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

$$\text{Empuje vertical: } E_{\text{v}} := \frac{1}{2} \cdot h_{\text{tot}} \cdot \gamma_{\text{a}} \cdot h_{\text{tot}} \cdot \lambda_{\text{v}} = 0 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

$$\text{Empuje total: } E_{\text{tot}} := \sqrt{E_{\text{h}}^2 + E_{\text{v}}^2} = 98.291 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Empujes hidrostático

Empuje hidrostático:
$$E_w := \frac{1}{2} \cdot h_{\text{tot}} \cdot \gamma_w \cdot h_{\text{tot}} = 151.25 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

HIPÓTESIS 1: TERRENO DRENADO

Comprobación frente a vuelco

Momento estabilizador:

$$M_{\text{est}} := W_{\text{tot}} \cdot d_{\text{cg}} = 98.762 \cdot \text{kN}$$

Momento desestabilizador frente al empuje del terreno drenado:

$$M_{\text{des.tot}} := E_h \cdot \frac{h_{\text{tot}}}{3} = 180.201 \cdot \text{kN}$$

Coefficiente de seguridad al vuelco (muro drenado):

$$CSV_{\text{tot}} := \frac{M_{\text{est}}}{M_{\text{des.tot}}} \quad CSV_{\text{tot}} = 0.548$$

Comprobación frente a deslizamiento

$$\mu := \tan\left(\frac{2 \cdot \phi}{3}\right) = 0.338 \quad \text{Rozamiento muro-terreno}$$

Fuerzas estabilizadoras:

$$F_{\text{est}} := W_{\text{tot}} \cdot \mu = 42.753 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Coefficiente de seguridad al deslizamiento (muro drenado sin mayorar):

$$CSD_{\text{tot}} := \frac{F_{\text{est}}}{E_h} \quad CSD_{\text{tot}} = 0.435$$

Coefficiente de seguridad al deslizamiento (muro drenado mayorado):

$$CSD_{\text{desl}} := 1.5$$

$$CSD_{\text{tot.may}} := \frac{F_{\text{est}}}{E_h \cdot CSD_{\text{desl}}} \quad CSD_{\text{tot.may}} = 0.29$$

HIPÓTESIS 2: EMPUJE HIDROSTÁTICO

Comprobación frente a vuelco

Momento desestabilizador frente al empuje hidrostático:

$$M_{\text{des.w}} := E_w \cdot \frac{h_{\text{tot}}}{3} = 277.292 \cdot \text{kN}$$

Coefficiente de seguridad al vuelco (empuje hidrostático):

$$CSV_{\text{tot.w}} := \frac{M_{\text{est}}}{M_{\text{des.w}}} \quad CSV_{\text{tot.w}} = 0.356$$

Comprobación frente a deslizamiento

Coefficiente de seguridad al deslizamiento (muro drenado sin mayorar):

$$CSD_{\text{tot.w}} := \frac{F_{\text{est}}}{E_w} \quad CSD_{\text{tot.w}} = 0.283$$

Coefficiente de seguridad al deslizamiento (muro drenado mayorado):

$$CSD_{\text{desl}} := 1.5$$

$$CSD_{\text{tot.w.may}} := \frac{F_{\text{est}}}{E_w \cdot CSD_{\text{desl}}} \quad CSD_{\text{tot.w.may}} = 0.188$$