

ANEJO N° 6: GEOTECNIA

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	3	6.4.- ANÁLISIS DE LOS DESMONTES DE LA TRAZA	19
2.- TRABAJOS REALIZADOS.....	3	7.- EXCAVABILIDAD	20
2.1.- SONDEO MECÁNICO ROTATIVO	3	8.- APROVECHAMIENTO DE MATERIALES	21
2.1.1.- Ensayos S.P.T.....	3	9.- CONCLUSIONES	22
2.1.2.- Muestras inalteradas y testigos parafinados	4		
2.1.3.- Medida del índice R.Q.D.	4		
2.2.- CALICATAS	4		
2.3.- MEDIDA DEL NIVEL FREÁTICO	5		
2.4.- ENSAYOS DE LABORATORIO	5		
2.5.- TRABAJO DE GABINETE.....	5		
3.- DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DEL TRAZADO.....	6		
4.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL CORREDOR.....	7		
5.- ESTUDIO DE TERRAPLENES	12		
5.1.- INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA	12		
5.2.- MATERIALES Y PUESTA EN OBRA.....	12		
5.3.- CAPACIDAD DE CARGA Y ASIENTOS	13		
5.4.- PARÁMETROS DE CÁLCULO EN EL CIMIENTO	13		
5.5.- ANÁLISIS DE LOS RELLENOS DE LA TRAZA.....	14		
6.- ESTUDIO DE DESMONTES	17		
6.1.- INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA	17		
6.2.- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GENERAL.....	17		
6.3.- PARÁMETROS DE CÁLCULO	19		

APÉNDICES:

APÉNDICE 1: PLANTA GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA CON SITUACIÓN DE RECONOCIMIENTOS

APÉNDICE 2: ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

ANEJO Nº 6: GEOTECNIA

1.- INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se desarrolla la geotecnia del corredor correspondiente al Anteproyecto de Área de Servicio en la autovía A-1, PK 174, en el Término Municipal de Gumiel de Izán (Burgos).

En los diversos apartados del presente Anejo se realizará una exposición de los trabajos realizados para la redacción del mismo, así como la metodología seguida en su ejecución. A continuación se describen las características geológico – geotécnicas del área en proyecto y se analiza la estabilidad de los desmontes, así como el asiento de los rellenos, analizando la excavabilidad y aprovechamiento de los materiales. En resumen, se procederá a describir los trabajos realizados, se analizarán sus resultados y se presentarán las conclusiones a que dan lugar.

2.- TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos de prospección in situ pertenecientes a la campaña geotécnica han consistido en la realización de 1 sondeo mecánico rotativo y 4 calicatas, con el fin de determinar in situ las propiedades del terreno y tomar muestras destinadas a ser estudiadas en laboratorio. La situación de estos ensayos se representa en la planta del Apéndice 1.

A continuación se exponen en profundidad los trabajos realizados:

2.1.- SONDEO MECÁNICO ROTATIVO

Se ha realizado 1 sondeo mecánico rotativo con recuperación de testigo continuo cuyas columnas estratigráficas se adjuntan en el Apéndice 2. Además se presenta un reportaje fotográfico de las cajas incluyendo la recuperación del testigo así como las muestras inalteradas y testigos parafinados tomados, así como los ensayos SPT realizados. Su ubicación se localiza en la planta del Apéndice 1 del presente Anejo.

SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN			
DENOMINACIÓN	LITOLÓGÍA	PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD DE OBRA
S-1	Calizas, margocalizas y calcretas, de 0, a 9,30m Limos arcillosos con concreciones, arcillas rojas y limos arenosos, de 9,30 a 17,55m	17,55	Desmante

Los sondeos mecánicos a rotación consisten en la ejecución de perforaciones de pequeño diámetro, entre 65 y 140 mm, que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna

con ensayos geotécnicos de penetración y extracción de muestras inalteradas, en los casos que es posible.

El testigo reconocido se va alojando en un tubo de testigo hueco o en el interior de otro tubo, en cuyo extremo inferior va enroscada una corona de widia o diamante, la cual realiza la perforación. Al extremo superior del tubo va enroscado el varillaje, generalmente de 42 ó 50 mm (hueco) para permitir que pase el agua proveniente de la bomba.

Seguidamente se describe el fundamento teórico y el método operatorio de cada uno de los ensayos geotécnicos realizados in situ, una vez presentada la relación de los sondeos ejecutados:

2.1.1.- Ensayos S.P.T.

A lo largo del sondeo y siempre que sea posible, se realizan varios ensayos de penetración SPT, generalmente cada 3m o cambio de litología. Los valores vienen reflejados en los partes de sondeo que se adjuntan en el Apéndice 2 de este Anejo.

Los ensayos de Penetración SPT se utilizan en Geotecnia para correlacionar diferentes parámetros resistentes en los suelos. Estos ensayos determinan la resistencia de los suelos a la penetración de un tomamuestras partido, permitiendo obtener muestras alteradas de suelo dentro de un sondeo para su identificación, y proporcionando a su vez información sobre la variabilidad y rigidez del suelo. Este tipo de ensayos se realiza en el interior de sondeos, en los cuales es necesario limpiar previamente el fondo de la perforación, manteniendo la entubación por encima del nivel de comienzo del ensayo.

El equipo necesario para la realización de esta prueba consta de un tomamuestras bipartido de pared gruesa de 51 mm de sección acoplado a un varillaje rígido, en cuyo extremo se coloca la cabeza de golpeo y contragolpe, sobre la que impacta una maza de 63.5 kg en caída libre, desde una altura de 76.2 cm. Este equipo suele ir montado sobre el camión de sondeos, acoplado a la sonda y con un funcionamiento automático. En el caso de materiales granulares gruesos, el ensayo se realiza con una “puntaza ciega” que ofrece unos valores de resistencia pero no recupera la muestra atravesada.

En el procedimiento de realización del ensayo se distinguen dos fases. Una primera de hincada o colocación de 15 cm, incluyendo la penetración inicial del tomamuestras bajo su propio peso, y una segunda fase o ensayo de hincada propiamente dicho, en la cual se anota el número de golpes necesario para penetrar adicionalmente 30 cm. Este número obtenido se denomina resistencia a la penetración N_{spt} . Si los 30 cm de penetración no pueden lograrse con 100 golpes, el ensayo de hincada se da por terminado, considerándose que se ha producido el rechazo.

Se acepta la siguiente correlación (Dahlberg, 1974) entre los ensayos SPT y la consistencia /compacidad del terreno:

CORRELACIÓN Nspt			
SUELOS COHESIVOS		SUELOS GRANULARES	
Nspt	CONSISTENCIA	Nspt	COMPACIDAD
0-2	Muy Blanda	0-4	Muy Suelta
3-5	Blanda	4-10	Suelta
6-15	Media	10-30	Media
16-25	Firme	30-50	Compacta
>25	Dura	>50	Muy Compacta

2.1.2.- Muestras inalteradas y testigos parafinados

Durante la realización del sondeo y a distintas cotas, se extraen muestras representativas de con vista a la realización de los ensayos geotécnicos para clasificar los suelos atravesados y definir sus propiedades de resistencia y deformabilidad.

Las muestras inalteradas se pueden obtener a percusión, a presión, o a rotación. En el primer caso, se trata de un ensayo parecido al S.P.T., con la diferencia de que el tomamuestras empleado es del tipo GMPV de pared gruesa, de mayor sección que el del S.P.T., diseñado especialmente para que la muestra se recupere en el interior de un tubo de plástico que cerrado herméticamente con tapas de goma, mantenga inalteradas largo tiempo las propiedades del suelo. En el caso de que por la dureza o características especiales del terreno no puedan tomarse con garantías muestras de tipo inalterado (arcillas de consistencia dura, margas o rocas), se recuperarán testigos parafinados.

Al igual que en el ensayo S.P.T., se contabilizan los golpes necesarios para penetrar 30 cm, después de haber desechado los primeros 15 cm. Al número obtenido, se le denomina Nmi, para diferenciarlo del ensayo Standard. También se pueden obtener muestras inalteradas con el tomamuestras anterior, introducido a presión.

Se acepta que el golpeo Nspt se correlaciona con el Nmi a partir de la siguiente relación: $Nspt = 0,5 Nmi$.

2.1.3.- Medida del índice R.Q.D.

El Índice RQD determina en un sondeo el porcentaje de recuperación de testigos de roca de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin considerar las roturas frescas del proceso de perforación con respecto a la longitud total del sondeo.

El índice RQD se utiliza como parámetro estándar en el registro de testigos de perforación en roca y es un elemento básico de los principales sistemas de clasificación de rocas: el sistema de clasificación geomecánica de Bienawski (RMR) y el sistema Q. Depende indirectamente del número de fracturas y del grado de alteración del macizo rocoso.

Se calcula como: $RQD = ((\text{Suma de longitud de testigos } >10\text{cm}) / \text{Longitud total}) * 100\%$

A partir del índice RQD se puede clasificar la calidad de la roca como:

CORRELACIÓN CALIDAD DE LA ROCA - RQD	
RQD (%)	CALIDAD
< 25%	Muy mala
25 – 50%	Mala
50 – 75%	Media
75 – 90%	Buena
90 – 100%	Excelente

También se ha medido a partir de los testigos en roca el grado de meteorización de la misma:

GRADO DE METEORIZACIÓN ISRM (1981)		
GRADO	TÉRMINO	DESCRIPCIÓN
I	Roca fresca	No presenta signos visibles de alteración en la roca, tal vez una leve decoloración en las superficies de las discontinuidades mayores.
II	Levemente meteorizada	La decoloración indica meteorización en la roca y en las superficies de las discontinuidades. La roca en su totalidad puede estar decolorada por la meteorización y puede estar externamente algo más débil que en su condición fresca.
III	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como testigos continuos.
IV	Muy meteorizada	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta.
V	Completamente meteorizada	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta.
VI	Suelo Residual	Toda la roca está convertida en suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas. Existe un gran cambio de volumen, sin embargo el suelo no ha sido transportado significativamente.

2.2.- CALICATAS

Se han excavado un total de 4 calicatas en el área en estudio, con el fin de adquirir un conocimiento directo de la excavabilidad y características geológico-geotécnicas de los niveles más superficiales del subsuelo de la traza, así como para la obtención de muestras para su posterior ensayo en laboratorio.

La ejecución de las mismas se ha llevado a cabo con una pala retroexcavadora modelo JCB de 90cv de potencia. Los perfiles estratigráficos y el reportaje fotográfico de las mismas se adjuntan en los apartados correspondientes del Apéndice 2 del presente Anejo.

La ejecución de las calicatas conlleva una excavación de anchura aproximada entre 0,6 y 1m - y una longitud de unos 2,5m. La profundidad de la misma varía en función de la excavabilidad de los niveles atravesados, pudiendo llegar en el mejor de los casos hasta unos 4,0m. Durante la ejecución de las calicatas se han tomado muestras alteradas en saco. Una vez finalizada la calicata, ésta se vuelve a rellenar con los materiales extraídos.

A continuación se adjunta una tabla en la que se especifica la denominación del ensayo y su profundidad, así como su localización:

CALICATAS			
DENOMINACIÓN	LITOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD DE OBRA
C-1	Limos arcillosos con concreciones, arcillas rojas y limos arenosos (5)	2,90	Terraplén, ODT
C-2	Calizas, margocalizas y calcretas (4)	1,00	Desmonte
C-3	Calizas, margocalizas y calcretas (4)	1,00	Desmonte
C-4	Limos arcillosos con concreciones, arcillas rojas y limos arenosos (5)	2,80	Terraplén, ODT

2.3.- MEDIDA DEL NIVEL FREÁTICO

La determinación de la posición del nivel freático resulta importante para el estudio de las condiciones de excavación y estabilidad, por lo cual durante la ejecución de los ensayos se presta una especial atención en acotar la profundidad este nivel, dejándose instalada una tubería piezométrica en el sondeo, tal que permita hacer un seguimiento posterior de este nivel (la boca de sondeo se tapa, de manera que las medidas no puedan quedar influenciadas por factores externos).

Así mismo también se mide el nivel freático en las calicatas, en el caso de que éste aparezca durante el tiempo que la excavación permanezca abierta.

El nivel freático no ha sido detectado en ninguno de los reconocimientos efectuados, aunque este dato no debe considerarse permanente en el tiempo ya que la profundidad de este nivel experimenta variaciones en el tiempo, derivadas del régimen hídrico de precipitaciones, las condiciones hidrogeológicas, aportes artificiales (riegos), extracciones próximas (bombeos), etc..

Los materiales aparecidos pueden considerarse impermeables a semipermeables, con un drenaje aceptable o favorable por escorrentía y percolación, excepto en sectores muy llanos donde puede ser deficiente, lo cual es necesario tener en cuenta, dotando a las instalaciones de su pertinente pendiente, impermeabilización superficial y elementos de recogida y evacuación de aguas.

2.4.- ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de la campaña se han realizado sobre muestras tomadas en calicatas y sondeo, con objeto de identificar los terrenos atravesados y determinar sus características geotécnicas. Los resultados de los ensayos de laboratorio, gráficos y fichas de cada ensayo se presentan en el Apéndice 2.

En la tabla adjunta se indican los ensayos realizados en las muestras tomadas así como la normativa seguida para la ejecución de los mismos:

ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS DE SONDEOS Y CALICATAS		
ENSAYO	NORMAS UNE	OTRAS NORMAS
Análisis granulométrico por tamizado.	103 101	NLT-104/
Determinación de límites de Atterberg.	103 302 103 104	NLT-105 NLT-106
Determinación de la humedad natural.	103 300	NLT-102
Determinación de la densidad aparente.	103 301	NLT-156
Compresión simple en suelos.	103 400	NLT-202
Corte directo consolidado y drenado.	103 401	ASTM-3080
Proctor Normal y Modificado	103 500,501	NLT-107,108
C.B.R. de laboratorio.	103 502	NLT-111
Determinación del hinchamiento libre en edómetro.	103 601	-
Ensayo de Colapso	103 406	NLT-254
Determinación del contenido de sales solubles.	-	NLT-114
Agresividad del suelo al hormigón según EHE	-	EHE Anejo 5

2.5.- TRABAJO DE GABINETE

Tras el reconocimiento geológico realizado, detallado en el Anejo 2 de Geología, se han detectado, clasificado y caracterizado las distintas unidades litológicas presentes en el terreno del área en estudio. La denominación de estas unidades es la siguiente, de más reciente a más antigua:

LITOLOGÍAS		
SÍMBOLO	LITOLOGÍA / MATERIAL	EDAD
R	Rellenos antrópicos	CUATERNARIO

LITOLOGÍAS		
SÍMBOLO	LITOLOGÍA / MATERIAL	EDAD
TV	Terreno vegetal	
12	Depósitos de Fondo de Valle. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas	
5	Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos	TERCIARIO
4	Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos	
2	Serie detrítica de Aranda, Niveles de areniscas rojizas y conglomerados silíceos y polimícticos	

Una vez conocidas las diferentes formaciones existentes y su disposición, se procede a realizar los cálculos de los elementos de la traza. Se caracterizan los materiales para realizar cálculos de estabilidad en las condiciones existentes, tanto para desmontes como para rellenos. Se estudian las condiciones de apoyo y asientos previsible de los rellenos. Se realizan estudios específicos para la reutilización de los materiales excavados en desmonte, así como de la mejora del material existente para constituir capas de asiento de explanadas.

Finalmente, se indican las soluciones y recomendaciones constructivas para cada uno de los elementos que componen el tramo. Sintetizando, los aspectos fundamentales del trabajo realizado han sido:

- Reconocimiento de los terrenos atravesados:
 - Litologías.
 - Clasificaciones de los materiales.
 - Características geotécnicas.
 - Situación del nivel freático.
 - Niveles geotécnicos.
 - Espesor de tierra vegetal.
 - Clasificación de los terrenos atravesados en los desmontes para su empleo en la construcción de rellenos. Estudios de reutilización y mejora.
 - Clasificación de los terrenos a excavar según los medios necesarios para su excavación.
- Diseño de soluciones de elementos de la traza.
- Análisis de estabilidad y diseño de soluciones para los tramos en desmonte.
- Análisis de estabilidad, asientos y diseño de soluciones para los tramos en relleno.

Dentro de la información utilizada en la redacción del presente Anejo, además de la mencionada en el apartado de Geología, se han consultado los siguientes documentos:

3.- DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DEL TRAZADO

En el presente apartado se realiza una tramificación o división por sectores agrupados de acuerdo con la geología de los materiales atravesados por la traza así como por la obra singular a ejecutar en los mismos; en este caso se trata de desmontes, rellenos y explanaciones. La información de referencia que ha servido de base para la distinción de los diversos tramos procede de:

-La estratigrafía y las características geotécnicas de los materiales detectados en las investigaciones realizadas (mapa geológico, materiales, desmontes y rellenos existentes que se puedan apreciar en el plano geológico).

-La geometría del trazado y su incidencia en la topografía actual, en las distintas formaciones geotécnicas y en diversas obras y estructuras existentes o futuras (planta, perfiles longitudinales y transversales).

Cada tramo se describe en relación con la obra a ejecutar, los terrenos atravesados y su nivel freático, los reconocimientos ejecutados y los posibles condicionantes geológico-geotécnicos asociados. Se incluyen únicamente los nuevos movimientos de obras que presentan cierta magnitud, quedando como explanaciones movimientos inferiores a 2m de altura.

TRAMIFICACIÓN			
MOVIMIENTO DE TIERRAS	ALTURA MÁXIMA (m)	MATERIAL AFECTADO	OBSERVACIONES
Terraplén	4	(5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos	Máximo terraplén de nueva construcción
Desmonte	18	(4) Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos (5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos	Máximo desmonte de nueva construcción
Desmonte	11,5	(4) Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos (5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos	Segundo desmonte en orden de altura de nueva construcción
Terraplén	3	(4) Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos	Segundo terraplén de nueva construcción
Desmonte	7,5	(5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos	Camino de servicio
Terraplén	2,5	(12) Depósitos de Fondo de Valle. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas	Obras de drenaje transversal

4.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL CORREDOR

Dentro de los distintos tipos de materiales existentes en el área en estudio se han ejecutado ensayos de laboratorio (identificación, estado, resistencia y deformabilidad) en los más representativos; esto se debe a que estos materiales se encuentran en mayor proporción dentro de la traza y en ellos se proyectarán los principales movimientos de tierras.

A continuación se presentarán los resultados obtenidos en los ensayos sobre estos materiales, analizándose los mismos con el fin de obtener la caracterización geotécnica representativa de su comportamiento. Del resto de los materiales sobre los que no se han ejecutado ensayos debido a su menor representatividad dentro de la traza en estudio, se adjunta una descripción apoyada en lo observado in situ.

La serie estratigráfica en la zona de proyecto se encuentra constituida en la zona basal por la denominada Serie detrítica de Aranda (2), sobre la que afloran niveles de Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos (5). A techo de esta secuencia Terciaria afloran los niveles de Calizas del Páramo inferior (4). Finalmente, se detectan depósitos sedimentarios recientes (Cuaternario) de fondos de valle (12), como recubrimiento de la secuencia Terciaria. Las unidades Terciarias presentan una disposición horizontal, al no estar deformados, y en todo caso, se observa una leve pendiente (deposicional) sedimentaria.

A continuación, se describen las características litológicas de estas unidades, desde las más antiguas a las más modernas:

TERCIARIO

Serie detrítica de Aranda, Niveles de areniscas rojizas y conglomerados silíceos y polimícticos (2), Mioceno medio

Esta unidad geológica se encuentra constituida por varias facies: arenas, arenas con cantos y cemento carbonatado, limos arenosos, arcillas, limos rojos y limos arcillosos con concreciones carbonatadas; niveles de areniscas rojizo-amarillentas y conglomerados silíceos y polimícticos y conglomerados. Este conjunto detrítico presenta un espesor variable, con valores que pueden alcanzar los 300-400 m.

La facies de areniscas y conglomerados está litológicamente formada por areniscas, areniscas conglomeráticas y conglomerados, predominando volumétricamente los niveles de areniscas. Originan relieves estructurales y resaltes de ladera, debido a que se encuentran más cementados que el resto de las litologías lutítico-arenosas predominantes en la facies. Los cantos que conforman los

conglomerados están constituidos por cuarzo y cuarcita, así como elementos intraformacionales de lutitas arenosas y sobre todo de caliches.

En los niveles de conglomerados y areniscas se observa estratificación cruzada en surco, y en menor medida, estratificación horizontal y cruzada planar.

Este material no ha sido interceptado en los ensayos realizados.

Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos (4), Mioceno Medio-Superior

Esta unidad geológica se encuentra en el ámbito de la zona de proyecto en una posición suprayacente al resto de unidades sedimentarias del Terciario.

La parte superior de esta unidad ha quedado expuesta por la erosión Cuaternaria, dando lugar, por su naturaleza y mayor grado de cementación, a un relieve morfológico destacado en forma de altiplanicie (páramo). Presenta señales de exposición subaérea reciente, como es la karstificación y decoloraciones por oxidación.

Las calizas son generalmente masivas y se disponen en bancos de límites difusos y de escasa continuidad lateral. El espesor máximo de esta serie puede llegar a los 20 m, aunque normalmente se encuentra entre los 10-15 m. Su límite con la unidad inferior es un paso gradual de carácter oblicuo.

Las facies carbonatadas se incluyen en dos grupos que se sitúan frecuentemente en tránsito lateral y vertical. El primer grupo está representado por las facies de caliche o calcreta, y el segundo grupo por facies de calizas palustres.

Por caliche (o calcreta) se entiende una roca formada por cementación y/o alteración de un suelo preexistente o roca por carbonato cálcico mayoritariamente. Estas facies se asignan a diversos procesos terrestres producidos en la zona de meteorización, tales como retrabajamiento in situ de rocas carbonatadas, cementación de fragmentos de rocas carbonatadas, cementación de rocas siliciclásticas o de acumulaciones de sedimentos y reemplazamiento de suelos, rocas o materiales meteorizados preexistentes.

Las facies de caliche presentan una estructura nodular-masiva a enteramente masiva, siendo patente la naturaleza siliciclástica fina del sustrato sobre el que se desarrolló esta facies carbonatada. Se suele observar un paso gradual desde caliches con apreciables restos de material siliciclástico y los que representan niveles de carbonato casi puro. Se encuentran en secuencias métricas (de 1 a 5 m), en cuyos términos basales predominan las lutitas arenosas pardo-rojizas con nódulos de

carbonato de colores pardos a ocre, que dan paso progresivamente a los niveles de caliche masivo de colores rosados a blancos grisáceos.

Las facies palustres presentan colores blanco-grisáceos y una estratificación en cuerpos tabulares de 0.5 a 0.8 m de espesor, separados por niveles de menor resalte.

Se han ensayado muestras pertenecientes a esta litología en 2 catas (C-2 y C-3) y un sondeo (S-1), entre 0 y 9,3m.

Las catas C-2 y C-3 fueron excavadas hasta 1m de profundidad, a partir de la cual la dureza del material hizo imposible seguir excavando con la maquinaria empleada (JCB de 90CV). El fondo se considera no excavable por medios mecánicos convencionales, siendo necesario el empleo de ripper o explosivos. Las paredes se mantuvieron estables, y no fue detectado el nivel freático. El espesor de terreno vegetal encontrado fue de 0,2 (C-2) y 0,4m (C-3).

Las muestras obtenidas en estas catas a una profundidad entre 0,5 y 1,0m fueron clasificadas como gravas arcillosas (GC) y gravas limosas (GM), con valores Proctor Modificado de humedad 10% y densidad 1,93 T/m³ y valor CBR al 95% Proctor Normal de 11,3%, con un valor de hinchamiento Proctor cercano al 1%. Para la reutilización de este material, se recomienda el lavado de finos arcillo – limosos, que son los responsables de dicho hinchamiento y que podrían contener sales solubles perjudiciales para el aprovechamiento del material. Con la retirada de finos se conseguirá así mismo valores CBR superiores. Las muestras pueden ser calificadas como suelos Adecuados (C-2) y Seleccionados (C-3).

Las arcillas encontradas en el sondeo a una profundidad de 2,4m se han clasificado con baja plasticidad (CL), con un Límite Líquido de 33 e índice de plasticidad de 13. No es de esperar un comportamiento expansivo en este material en condiciones naturales, sin embargo al hacer el Proctor Modificado sobre una muestra de gravas arcillosa en esta litología, la componente arcillosa sí que ha generado un hinchamiento CBR superior al 1% (1,15), lo que ocurre en ocasiones al someter a la componente arcillosa a una energía de compactación tan alta con una humedad por debajo de la natural de la arcilla. Es esta una de las razones por la que se recomienda limpiar de fracción fina al material de esta litología para su reutilización en bases y sub-bases.

En el sondeo S-1 tras 20cm de terreno vegetal, se ha recuperado una columna de 9,10m de roca caliza intercalada con 2,0m de espesor de Margas arcillosas en el sondeo S-1, habiéndose testificado la siguiente serie:

TESTIFICACIÓN DEL SONDEO S-1 EN CALIZAS				
PROFUNDIDAD	GRADO DE METEORIZACIÓN	RQD	Nspt	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
0,20 – 1,00	II	0	-	Caliza margosa blanquecina
1,00 – 3,00	-	-	2,85: 100 (R)	Margas arcillosas anaranjadas, muy firmes, plasticidad media-baja, poco húmedas
3,00 – 5,00	II	3,00 – 4,20: 20% 4,20 – 5,90: 100%	-	Calizas micríticas grises
5,00 – 7,40	II	80	-	Calizas margosas grises, con alguna intercalación decimétrica margocaliza
7,40 – 9,30	II	90	-	Calizas micríticas grises

Se ha observado en todos los testigos de roca un grado de meteorización II, lo que indica una roca levemente meteorizada, ligeramente más débil que en su condición fresca, pero conservando gran dureza y densidad. Por otra parte el RQD es de 0 hasta los 3m (calidad muy mala), pasando al 20% hasta los 4,2m. A partir de los 4,2m el índice RQD es igual o superior al 80%, lo que indica una buena calidad de roca.

La calidad de la roca hace referencia a su resistencia, continuidad (ausencia de fisuras o discontinuidades), estado (sin alteraciones físicas y/o químicas) y presencia de agua. Cuanta mayor calidad tiene la roca, mas masiva, resistente, densa y e inalterada se presenta.

A las calizas se les atribuye como mínimo, una densidad de 2,2 T/m³ y una resistencia a la compresión simple de al menos 50 MPa.

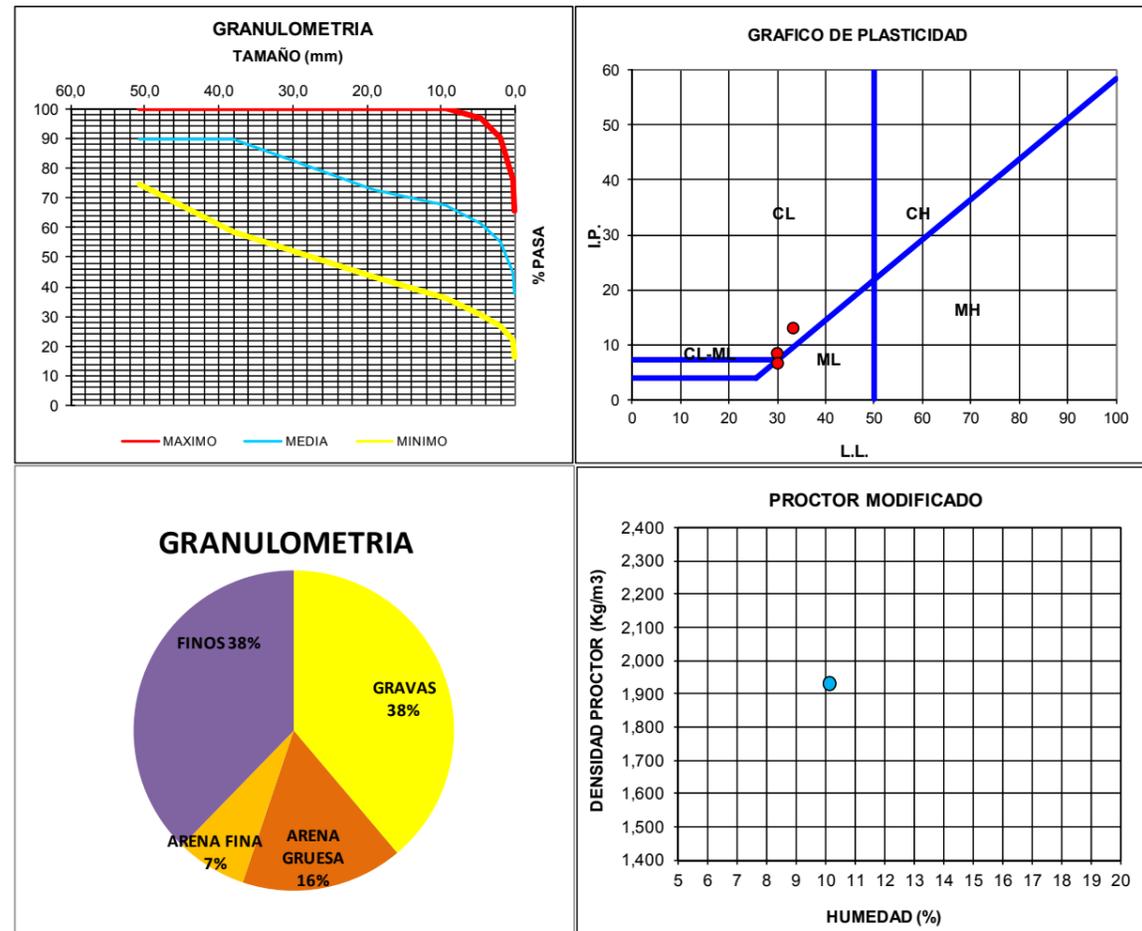
En las margas arcillosas intercaladas en la roca entre 1,0 y 3,0m, el valor Nspt obtenido a 2,85m ha sido de rechazo, mientras que en el ensayo de compresión simple efectuado en la muestra obtenida a 2,4m de profundidad se registraron 1,4 Kg/cm² de resistencia a la compresión simple. La humedad del material es del 21% , con densidad seca de 1,49 y densidad húmeda de 1,79 T/m³. La diferencia entre estos valores de resistencia (spt y compresión simple) parece indicar que confinada, la marga posee mucha mayor resistencia.

A continuación se muestran los resultados más relevantes de los ensayos realizados sobre este material, cuyos partes se pueden consultar en el Apéndice 2:

CATAS EN CALIZAS DEL PÁRAMO INFERIOR. CALIZAS, MARGOCALIZAS Y CALCRETAS O CALCIMORFOS (4), MIOCENO MEDIO-SUPERIOR																	
RECONOCIMIENTO	PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (m)	CLASIFICACIÓN		GRANULOMETRÍA			LÍMITES DE ATTERBERG			PROCTOR			CBR			CLASIFICACIÓN PG3	
		SUCS	AASHTO	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	ARCILLAS/LIMOS (%)	LL	LP	IP	TIPO	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (T/m ³)	95%	97%	100%		HINCHAMIENTO CBR 100%
C-2	0,5	GC	A-2-4 (0)	44	25	31	30	21	9	MODIFICADO	10,1	1,932	11,3	14,8	20,2	1,15	ADECUADO*
C-3	0,5	GM	A-2-4 (0)	70	14	16	30	23	7	-							SELECCIONADO*

*A falta de ensayo de sales solubles

SONDEO EN CALIZAS DEL PÁRAMO INFERIOR. CALIZAS, MARGOCALIZAS Y CALCRETAS O CALCIMORFOS (4), MIOCENO MEDIO-SUPERIOR																	
RECONOCIMIENTO	PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (m)	DESCRIPCIÓN	N spt	CLASIFICACIÓN		GRANULOMETRÍA			LÍMITES DE ATTERBERG			PARÁMETROS DE ESTADO			COMPRESIÓN SIMPLE		
				AASHTO	SUCS	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	ARCILLAS / LIMOS (%)	LL	LP	IP	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (T/m ³)	DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN EN ROTURA (%)	
S-1	2,4	Margas, muy firmes, plasticidad media, poco húmedas	-	A-6 (6)	CL	3	31	66	33	20	13	20,80	1,49	1,79	1,4	8	
S-1	2,85	Margas, muy firmes, plasticidad media, poco húmedas	100														
S-1	4,9	Calizas micríticas grises, GM II, RQD de 0 a 100%	-														
S-1	8,0	Calizas micríticas grises, GM II, RQD 90%	-														



Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos (5), Mioceno Superior

Estos materiales afloran en la zona de proyecto sobre la unidad de la Serie detrítica de Aranda (2), presentando de forma suprayacente los niveles de calizas del Páramo inferior (4). La potencia de esta unidad es variable, pudiendo alcanzar los 40 m en algunos sectores.

Litológicamente está constituida por limos arcillosos y lutitas arenosas de coloración ocre-anaranjada a pardo-rojiza, a veces con moteado gris-verde-ocre, en niveles de 1 a 3 m. El conjunto arcilloso está formado por illita, esmectita y caolinita. Presentan intercalaciones de limos arenosos y sobre todo de arenas, localmente conglomeráticas, en niveles de 0.5 a 2 m de espesor con base erosiva. Localmente se intercalan niveles muy arcillosos.

Existen frecuentes fenómenos de calchificación, sobre todo de las facies lutíticas, que desarrollan facies de tipo nodular y nodular-masivo (nódulos parcialmente fusionados).

Se han ensayado muestras pertenecientes a esta litología en 2 catas (C-1 y C-4) y un sondeo (S-1), en el cual fue detectada esta litología a partir de 9,30m de profundidad, por debajo de las Calizas (4)

Las catas C-1 y C-4 se llevaron hasta 2,9 y 2,8m de profundidad respectivamente, a partir de la cual la dureza del material hizo imposible seguir excavando con la maquinaria empleada (JCB de 90CV). Se considera que el fondo puede ser excavable con medios mecánicos convencionales de mayor potencia. Las paredes se mantuvieron estables, y no fue detectado el nivel freático. El espesor de terreno vegetal encontrado fue de 0,5 (C-1) y 0,4m (C-4).

Las muestras obtenidas en estas catas a una profundidad entre 1,0 y 1,5m fueron clasificadas como arenas arcillosas (SC) y arcillas de baja plasticidad (CL), con valores medios Proctor Normal de humedad 14% y densidad 1,76 T/m³ y valor CBR al 95% Proctor Normal de 3%. Los valores de hinchamiento y colapso se mantuvieron por debajo de los límites establecidos (<<1%). El exceso de sales solubles, por encima del 1%, hace que el terreno pase de Tolerable a Marginal.

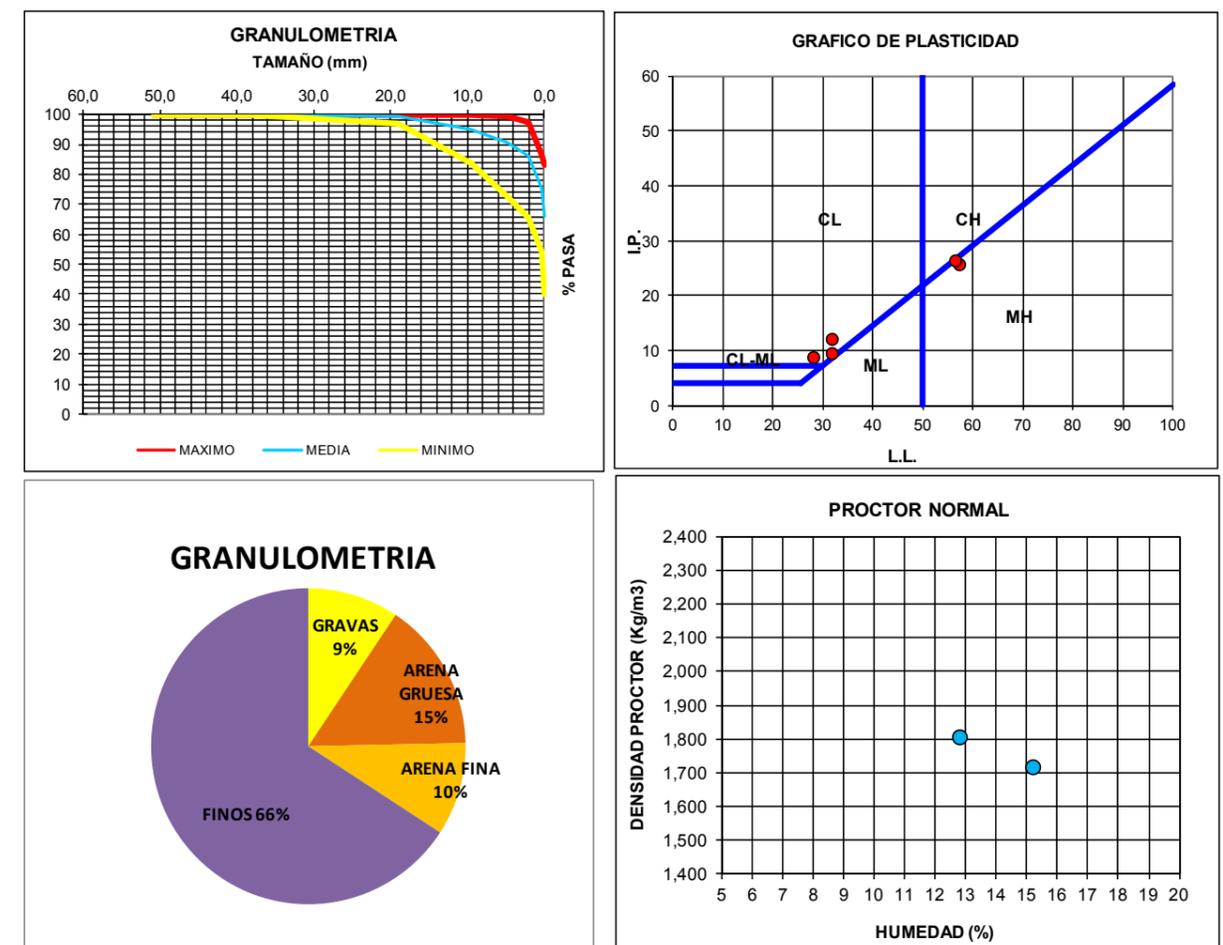
En el sondeo S-1 se han clasificado a partir de los 9,3m de profundidad arcillas de baja plasticidad (CL) y limos de alta plasticidad (MH). Los valores SPT y de compresión simple han sido elevados, entre 39 y Rechazo los primeros, mientras que se ha alcanzado una resistencia de 4,9 Kg/cm² en una muestra de limos arcillosos carbonatados obtenida a 15m de profundidad.

Sin embargo, los ensayos de corte directo consolidado drenado muestran valores bastante reducidos, de 0,36 Kg/cm² de cohesión efectiva y ángulo de rozamiento entre 18 y 23°.

Las humedades del material son elevadas, del 21% de media, con densidad seca en las muestras entre 1,60 y 1,80, y densidad húmeda entre 2,0 y 2,15 T/m³.

Los ensayos de agresividad del suelo y acidez Baumann-Gully según la normativa EHE muestran que el terreno no es agresivo al hormigón.

A continuación se muestran los resultados más relevantes de los ensayos realizados sobre este material, cuyos partes se pueden consultar en el Apéndice 2:



CATAS EN LIMOS ARCILLOSOS CON CONCRECIONES CARBONATADAS Y CALCRETAS, ARCILLAS ROJAS Y LIMOS ARENOSOS (5), MIOCENO SUPERIOR																						
RECONOCIMIENTO	PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (m)	CLASIFICACIÓN		GRANULOMETRÍA			LÍMITES DE ATTERBERG			PROCTOR			CBR			HINCHAMIENTO LIBRE (%)	COLAPSO (%)	SALES SOLUBLES SO ₃ (%)	AGRESIVIDAD SUELO (EHE)	AGRESIVIDAD BAUMANN GULLY	CLASIFICACIÓN PG3	
				GRAVAS (%)	ARENAS (%)	ARCILLAS/LIMOS (%)	LL	LP	IP	TIPO	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (T/m ³)	95%	97%	100%							HINCHAMIENTO CBR 100%
		SUCS	AASHTO																			
C-1	1,0	SC	A-4 (0)	28	32	40	28	19	9	NORMAL	12,8	1,806	2,9	3,3	3,9	0,8	0,04	-0,03	1,539	125	2	MARGINAL
C-4	1,0	CL	A-5	9	32	59	32	22	10	NORMAL	15,2	1,717	3,4	3,9	4,6	1,08	0,02	0,01	1,737	625	2	MARGINAL

SONDEO EN LIMOS ARCILLOSOS CON CONCRECIONES CARBONATADAS Y CALCRETAS, ARCILLAS ROJAS Y LIMOS ARENOSOS (5), MIOCENO SUPERIOR																			
RECONOCIMIENTO	PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (m)	DESCRIPCIÓN	N spt	CLASIFICACIÓN		GRANULOMETRÍA			LÍMITES DE ATTERBERG			PARÁMETROS DE ESTADO			COMPRESIÓN SIMPLE		CORTE DIRECTO CD		
				SUCS	AASHTO	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	ARCILLAS/LIMOS (%)	LL	LP	IP	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (T/m ³)	DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN EN ROTURA (%)	COHESIÓN (kg/cm ²)	ÁNGULO DE ROZAMIENTO (°)	
S-1	10,9	Limos arcillosos carbonatados, con niveles endurecidos.		CL	A-6 (5)	10	25	65	32	20	12	22,30	1,64	2,00			0,34	23	
S-1	12,6		100																
S-1	14,0	Arcillas limosas marrones con indicios de pátinas de carbonatos y algún nódulo milimétrico carbonatado. Muy firmes, poco húmedas.	39																
S-1	15,0		MH	A-7-5 (20)	1	16	83	57	32	26	19,50	1,80	2,15	4,9	13				
S-1	16,0	Limos arcillosos carbonatados con algunas intercalaciones centimétricas de margocalizas y calizas margosas. Muy firmes, poco húmedas.		MH	-	0	18	82	57	30	27	21,40	1,68	2,08			0,38	18	
S-1	17,5		100																

CUATERNARIO

Depósitos de Fondo de Valle. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas (12), Holoceno

Son depósitos actuales y subactuales. Se considera fondo de valle todos aquellos depósitos asociados a pequeños valles de fondo plano y barrancos de funcionamiento estacional formados por materiales de carácter aluvial o por la combinación de éstos con los aportes de las laderas (aluvial-coluvial).

Los depósitos de fondo de valle tienen un espesor, por lo general, inferior a 2-3 m, estando constituidos principalmente por arcillas de tono amarillo-anaranjado, limos grises y/o gravas carbonatadas, a veces tobas calizo-arcillosas.

De reducido espesor (se estima inferior a 1m) y escasa presencia en la zona, frecuentemente convertido en terreno vegetal debido a la actividad agricultora en la zona, este material no ha sido interceptado en los ensayos realizados.

5.- ESTUDIO DE TERRAPLENES

5.1.- INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

A lo largo de la traza se ejecutan pequeños tramos en relleno con alturas moderadas, siendo la altura máxima de 4m, apoyando sobre cuasi horizontales. Concretamente estos terraplenes se situarán en los siguientes puntos:

TERRAPLENES DE LA OBRA			
MOVIMIENTO DE TIERRAS	ZONA	ALTUR A MÁXIMA (m)	TERRENO EN EL CIMIENTO
Terraplén	Camino de servicio posterior	3	(4) Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos
Terraplén	Pequeñas vaguadas, ODT (obras de drenaje transversal)	2,5	(12) Depósitos de Fondo de Valle. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas
Terraplén	Curva de Camino de servicio	4	(5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos

A continuación se presentan de forma general los diferentes puntos a tener en cuenta en el diseño de los rellenos, como son: materiales a utilizar, taludes, asientos y estabilidad. Finalmente se describen los rellenos de la traza, realizando una descripción de los materiales afectados, saneos y medidas especiales.

5.2.- MATERIALES Y PUESTA EN OBRA

Los rellenos serán de tipo terraplén, cuyo núcleo será ejecutado con material procedente de los desmontes en roca caliza (litología 4: Calizas del Páramo inferior: Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos).

Se atribuye al material del relleno unas características resistentes de $C'= 1T/m^3$ (cohesión aparente, procedente del proceso de compactación), $\phi = 35^\circ$ (ángulo de rozamiento efectivo) y $\gamma=2,0T/m^3$ (densidad Proctor); de acuerdo con estos parámetros resistentes, las pendientes de diseño serán de 3H/2V ya que para las alturas en proyecto, el cuerpo del terraplén resulta estable. Los cálculos de estabilidad se realizan con el programa SLOPE/W, de GEO-SLOPE International Ltd.

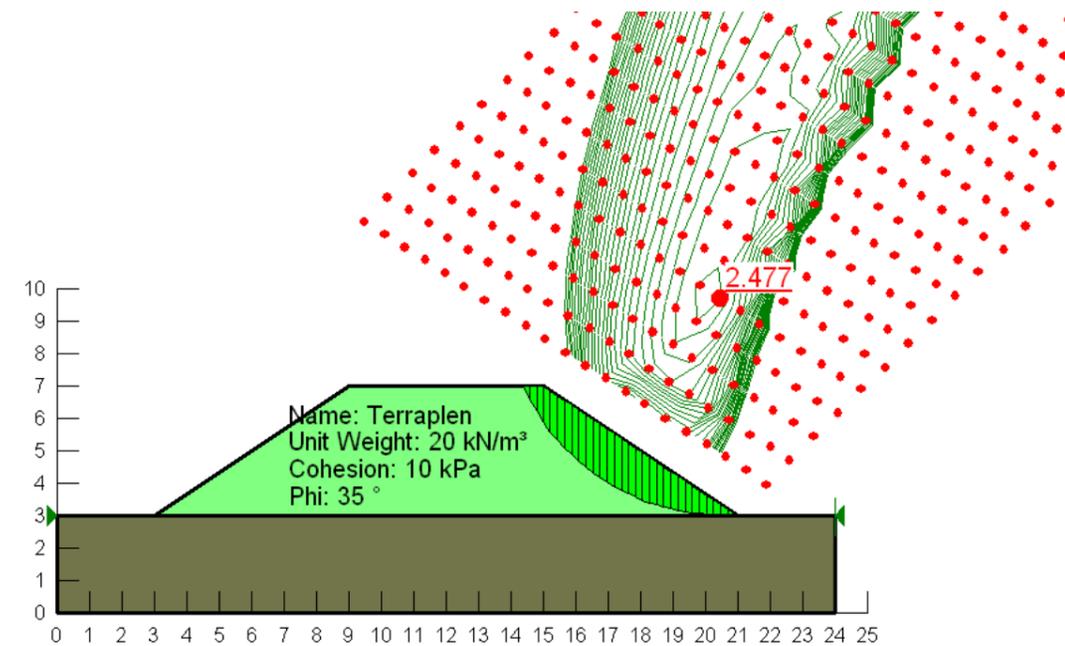


Imagen. Estabilidad del cuerpo de un terraplén de 4m con pendiente 3H/2V

De acuerdo con el artículo 330 del PG3 (Orden FOM/1382/2002), en los rellenos tipo terraplén situados a media ladera se escalonará la pendiente natural de manera que se originen banquetas apoyadas en terreno suficientemente firme, cuya anchura y pendiente permita el trabajo de la maquinaria con facilidad.

Las transiciones de desmonte a relleno tipo terraplén se realizarán, tanto transversal como longitudinalmente, de la forma más suave posible, excavando el terreno de apoyo hasta conseguir una pendiente no mayor de un medio (2H:1V). Dicha pendiente se mantendrá hasta alcanzar una profundidad por debajo de la explanada de al menos 1m.

5.3.- CAPACIDAD DE CARGA Y ASIENTOS

Para el cálculo del asiento en el cimiento se empleará el método de Steinbrenner, el cual considera el terreno situado bajo la cimentación como un semiespacio elástico. Según este método, el asiento viene dado por la siguiente expresión:

$$S_z = \frac{P \cdot B}{2 \cdot E} (A \cdot N_1 \cdot (a, b, c) - B \cdot N_2 \cdot (a, b, c))$$

Siendo:

P = Presión vertical uniforme transmitida.

B = Ancho.

E = Modulo de Elasticidad.

A y B = Coeficientes dependientes del modulo de Poisson considerado.

N₁, N₂ = Funciones dependientes de las dimensiones del relleno y de la profundidad estimada.

El módulo de elasticidad (E) se obtendrá de acuerdo con las siguientes correlaciones:

-Material cohesivo, arcillas sobreconsolidadas: E=300 C_u, siendo C_u: Resistencia al corte sin drenaje.

-Material granular, E = 8,75 N, siendo N: Golpeo SPT representativo.

Para el cálculo de la capacidad de carga admisible por hundimiento se empleará la expresión generalizada de Terzaghi (1948) para carga en faja, considerando un coeficiente de seguridad de valor 3:

$$q_a = \frac{1}{3} \cdot (1,2 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

Siendo:

q_a = Carga admisible.

c = Cohesión.

γ = Densidad aparente del terreno de apoyo.

q = Sobrecarga en el apoyo.

B = Ancho del cimiento.

N_c, N_q, N_γ = Factores de carga de Terzaghi, función del ángulo de rozamiento interno.

Al cargar un suelo arcilloso, el exceso de presión intersticial que se genera en el terreno se disipa con lentitud, lo cual conlleva un aumento lento del esfuerzo efectivo, y por tanto, un aumento de

la resistencia al corte. Es por ello que el periodo crítico para la estabilidad de la cimentación se presenta justo al final de la construcción (corto plazo), cuando la arcilla no está drenada. En este caso, la rotura se produce movilizandó la resistencia al corte sin drenaje del material (C_u), con un ángulo de rozamiento sin drenaje nulo (φ_u = 0), de manera que la expresión anterior queda como sigue:

$$q_a = \frac{1}{3} \cdot \left(C_u \cdot N_c + \frac{\gamma \cdot D_f}{10} \right)$$

Siendo:

q_a = Carga admisible.

C_u = Resistencia al corte sin drenaje.

γ = Densidad aparente.

D_f = Profundidad.

N_c = factor de carga de Terzaghi, función del ángulo de rozamiento interno, que en este caso toma un valor igual a 5,14 (φ_u = 0).

Los asientos que se producirán en el propio cuerpo del terraplén serán mínimos y se estabilizarán antes de acabar la obra. Si se atribuye al material que conforma el núcleo de terraplén unas características deformables de E' = 400 Kg/cm² (módulo elástico efectivo) y ν = 0,3 (coeficiente de Poisson), valores asociados a un terraplén ejecutado con el material disponible y construido de acuerdo con las especificaciones del PG3, el asiento resultante en el terraplén de 4m (altura máxima a construir) es de 1cm, inferior al 1% de la altura total, magnitud considerada como admisible.

5.4.- PARÁMETROS DE CÁLCULO EN EL CIMIENTO

Para caracterizar el cimiento se adoptarán parámetros a corto o largo plazo, según sea el material cohesivo o granular respectivamente, buscando siempre la situación más desfavorable. Estos valores han sido obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio e in situ, y en varias ocasiones reducidos considerando la posible heterogeneidad del terreno, con el fin de obtener mayor margen de seguridad:

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO					
MATERIAL	γ (T/m3)	CORTO PLAZO	LARGO PLAZO		E (kg/cm ²)
		C _u (Kg/cm2)	C' (Kg/cm2)	Φ' (°)	
(12) Depósitos de Fondo de Valle. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas	1,9	0,07	0,2	18	100

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO					
MATERIAL	γ (T/m ³)	CORTO PLAZO	LARGO PLAZO		E (kg/cm ²)
		C _u (Kg/cm ²)	C' (Kg/cm ²)	Φ' (°)	
(5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos	1,9	1,0	0,35	20	300
(4) Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos	Margas: 2,0 Calizas: 2,2	Margas: 1,5 Calizas: 500	Margas: 0,5	23	Margas: 450 Calizas: 1*10 ⁵

Siendo:

Cu: Cohesión sin drenaje

C': Cohesión efectiva

ϕ' : Angulo de rozamiento interno efectivo

E': Módulo elástico efectivo

Es necesario indicar que se sanearán todos aquellos rellenos de vertido existentes en la zona de influencia de los terraplenes, así como el terreno vegetal y todo aquel material de capacidad portante insuficiente.

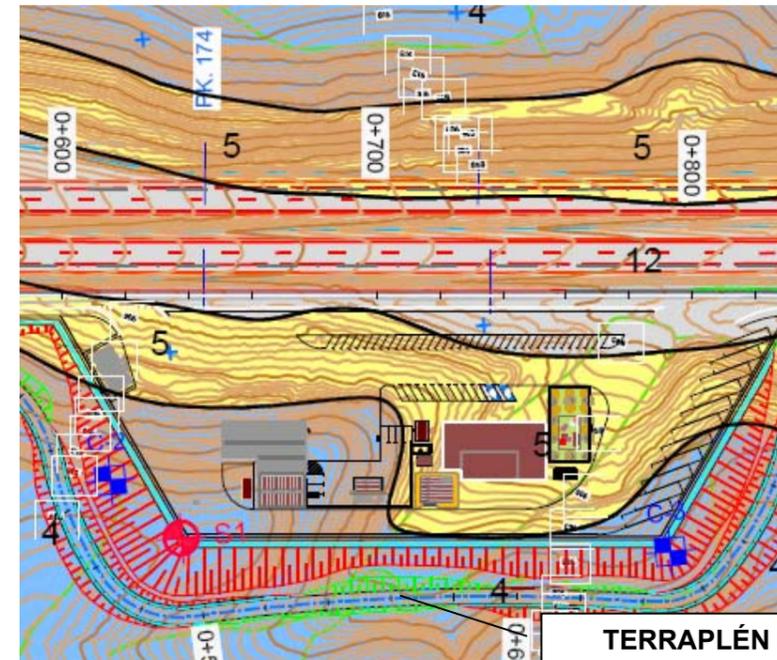
5.5.- ANÁLISIS DE LOS RELLENOS DE LA TRAZA

➤ Terraplén de Hmax=3m, en Camino de servicio posterior, sobre Calizas (4)

Se trata de un terraplén de 3m de altura máxima cimentado sobre la unidad 4: Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos. Los reconocimientos efectuados en esta zona fueron los siguientes:

RECONOCIMIENTOS EN EL TERRAPLÉN DE HMAX=3M, EN CAMINO DE SERVICIO POSTERIOR, SOBRE CALIZAS (4)		
RECONOCIMIEN TOS	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
S-1	Roca: GM II RQD: 0 a 100% Nspt de rechazo en las margas Qu=1,4 kg/cm ² en las margas	0,0-0,2: Terreno vegetal 0,2-9,30 Calizas con intercalación de un nivel de margas arcillosas entre 1,90 y 3,0 9,3 – 17,55: Limos de alta plasticidad y arcillas
C-3	Gravas limosas, menos de un 15% de finos, suelo seleccionado	0,0-0,4: Terreno vegetal 0,4-1,0: Calizas y calizas margosas algo alteradas en superficie.

Se observa que una vez eliminados los 40cm de terreno vegetal (espesor máximo registrado en cata C-3), la roca caliza subyacente tiene capacidad portante suficiente para soportar el terraplén, que junto a la carga de tráfico transmitirá menos de 1 kg/cm², frente a los 3 kg/cm² que es capaz de resistir la roca. Así mismo se estima un asiento asociado de 1cm, inferior al 1% de la altura del terraplén, lo que se considera admisible.



TERRAPLÉN DE HMAX=3M, EN CAMINO DE SERVICIO POSTERIOR, sobre Calizas (4)

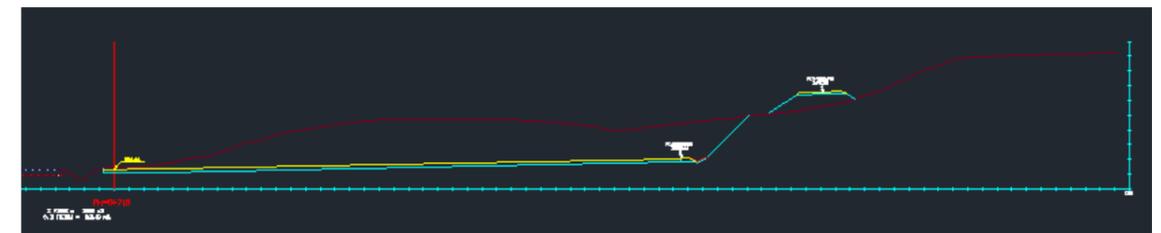


Imagen. Terraplén de Hmax=3m sobre camino de servicio posterior, en Calizas (4)

➤ **Terraplén de Hmax=2,5m, en pequeñas vaguadas, donde se ubican ODT (obras de drenaje transversal)**

Se trata en ambos casos de terraplenes de altura máxima igual a 2,5m, en los que se encaja una obra de drenaje transversal consistente en un tubo de hormigón armado de 1m de diámetro.

-Terraplén sobre la obra de drenaje transversal ODT-3, junto a la que se ha realizado la cata C-1:

RECONOCIMIENTOS EN EL TERRAPLÉN DE LA ODT-3		
RECONOCIMIENTOS	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
C-1	Arenas arcillosas, 40% de finos, 32% de arenas y 28% de gravas, con más del 1% de sales solubles	0,0-0,5: Terreno vegetal – Limo arcilloso marrón, algo arenoso, con algún canto calcáreo disperso (litología 12: fondos de valle) 0,5-2,9: Limos arcillosos marrones, algo arenosos, con algún canto calcáreo disperso (5)

Una vez eliminados los 50cm de terreno vegetal – fondos de valle (12), las arenas arcillosas subyacentes, con un 28% de gravas, tienen una capacidad portante de 2 kg/cm², suficiente para soportar el terraplén, que junto a la obra de drenaje y la carga de tráfico transmitirá menos de 1 kg/cm². Así mismo se estima un asiento asociado de 1,5cm, inferior al 1% de la altura del terraplén, lo que se considera admisible.

-Terraplén sobre la obra de drenaje transversal ODT-, junto a la que se ha realizado la cata C-4:

RECONOCIMIENTOS EN EL TERRAPLÉN DE LA ODT-4		
RECONOCIMIENTOS	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
C-4	Arcillas de baja plasticidad, con 32% de arenas y 8% de gravas. Mas del 1% de sales solubles	0,0-0,4: Terreno vegetal 0,4-2,8: Arcillas limosas carbonatadas de tonos marrones, firmes a muy firmes (5)

Se observa que una vez eliminados los 40cm de terreno vegetal, las arcillosas subyacentes, con un 8% de gravas y un 32% de arenas, tienen una capacidad portante de 2 kg/cm², suficiente para soportar el terraplén, que junto a la obra de drenaje y la carga de tráfico transmitirá menos de 1 kg/cm². Así mismo se estima un asiento asociado de 1,5cm, inferior al 1% de la altura del terraplén, lo que se considera admisible.

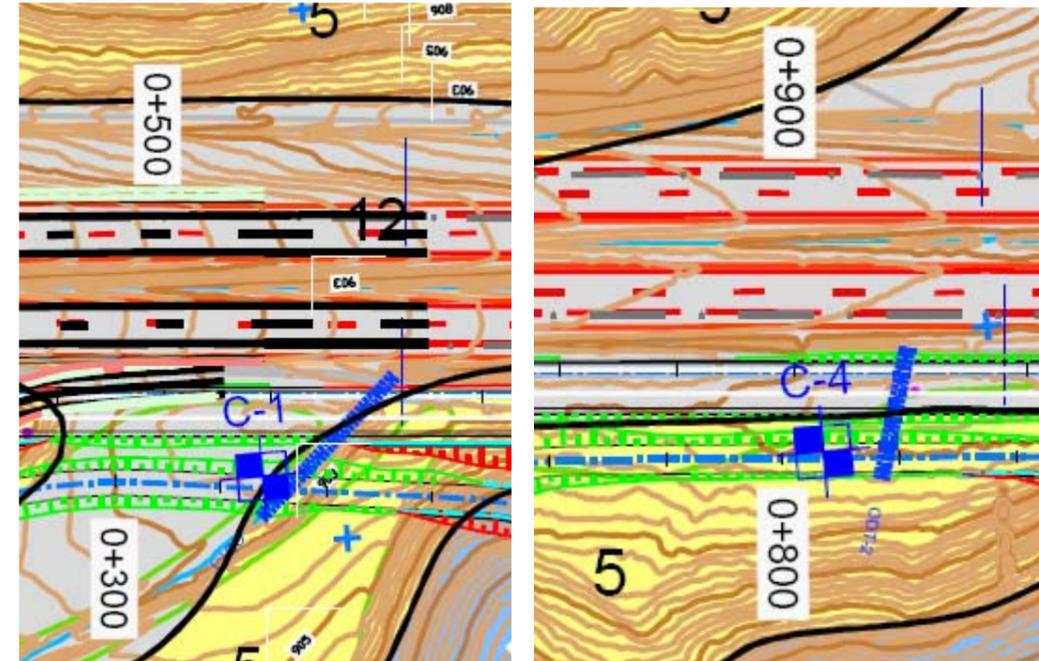


Imagen. Obras de drenaje transversal: ODT-3 junto a cata C-1 y ODT-4 junto a cata C-4

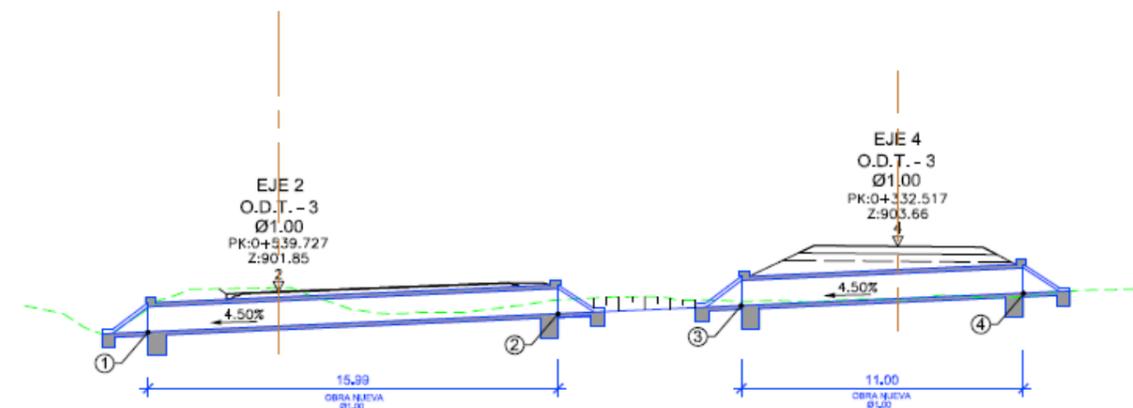


Imagen. Obra de drenaje ODT-3, junto a cata C-1, sobre

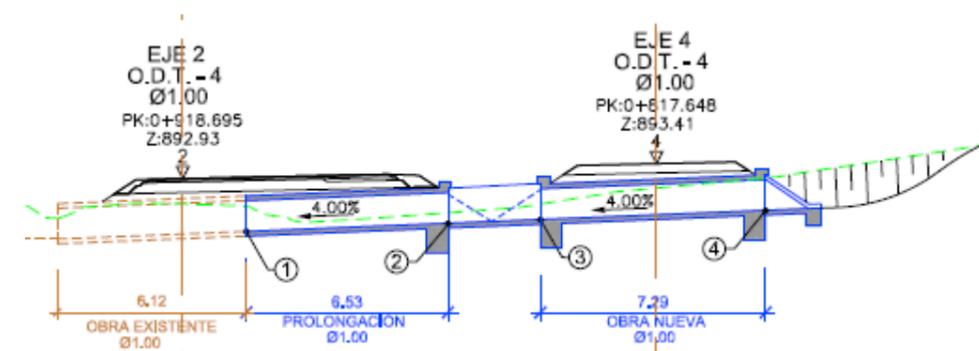


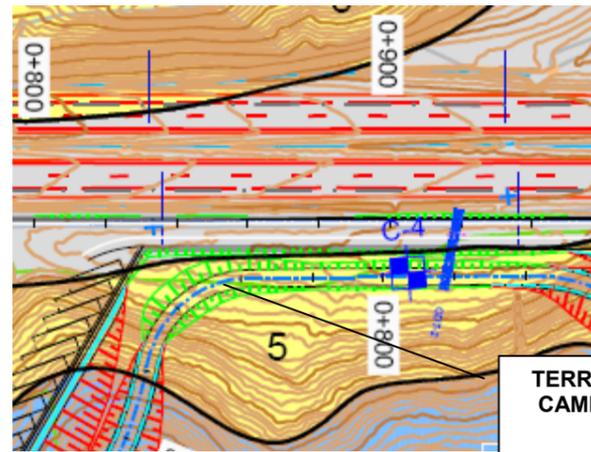
Imagen. Obra de drenaje ODT-4, junto a cata C-, sobre

➤ **Terraplén de Hmax=4m, en curva de camino de servicio, (5) sobre Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos**

Se trata de un terraplén de 4m de altura máxima cimentado sobre la unidad 5: Limos arcillosos con concreciones carbonatadas. Los reconocimientos efectuados en esta zona fueron los siguientes:

RECONOCIMIENTOS EN EL TERRAPLÉN DE HMAX=4M, EN CAMINO DE SERVICIO, SOBRE LIMOS ARCILLOSOS (5)		
RECONOCIMIENTO	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
C-4	Arcillas limosas carbonatadas de tonos marrones, firmes a muy firmes. Plasticidad media. Poco húmedas.	0,0-0,4: Terreno vegetal 0,4-2,8: Arcillas limosas carbonatadas

Se observa que una vez eliminados los 40cm de terreno vegetal, los limos subyacentes tienen una capacidad portante de 2 kg/cm², suficiente para soportar el terraplén, que junto a la carga de tráfico transmitirá menos de 1 kg/cm². Así mismo se estima un asiento asociado de 1,3cm, inferior al 1% de la altura del terraplén, lo que se considera admisible.



TERRAPLÉN DE HMAX=4M, EN CURVA DE CAMINO DE SERVICIO, (5) SOBRE LIMOS ARCILLOSOS

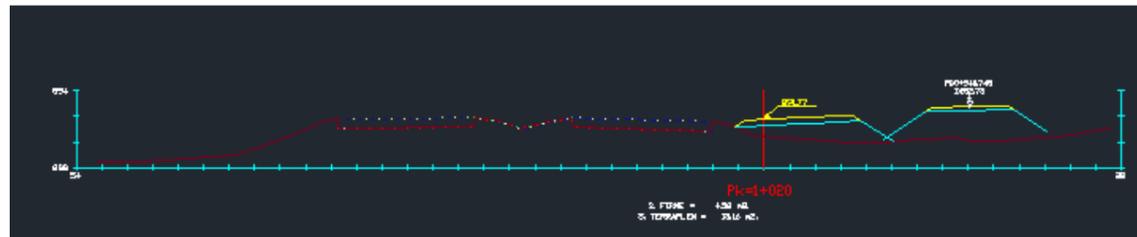


Imagen. Terraplén de Hmax=4m en camino de servicio, sobre limos arcillosos (5)

En el análisis de estabilidad se observa que para una resistencia al corte sin drenaje de Cu=1Kg/cm² (100kPa) en los limos arcillosos del cimiento, el factor de seguridad es superior a 2 y corresponde a una rotura en el cuerpo del terraplén.

Tendría que disminuir la resistencia al corte sin drenaje hasta en un 65% (Cu=35 Kpa) para que el círculo de rotura involucrase al cimiento, y aun así el factor de seguridad sigue siendo superior a 2, por lo que se considera suficientemente estable.

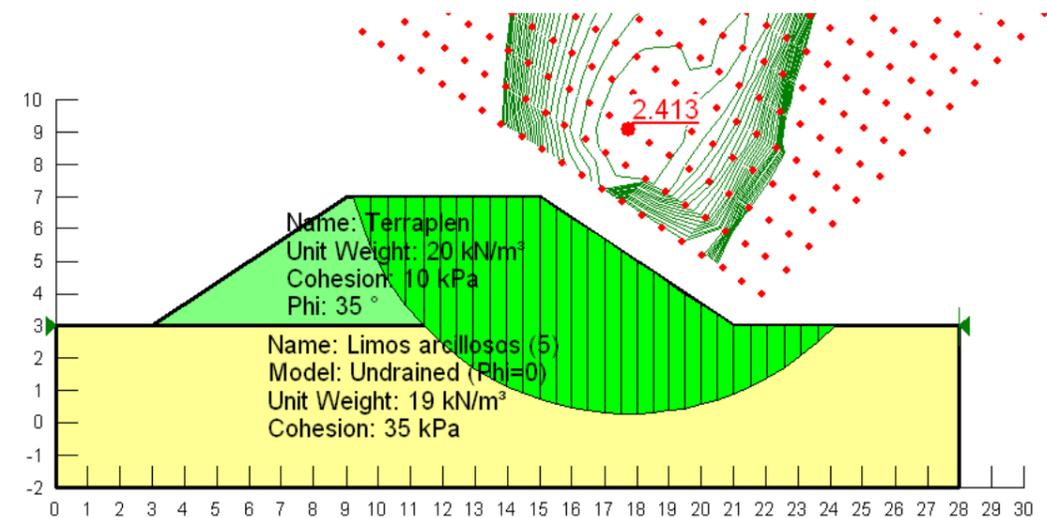
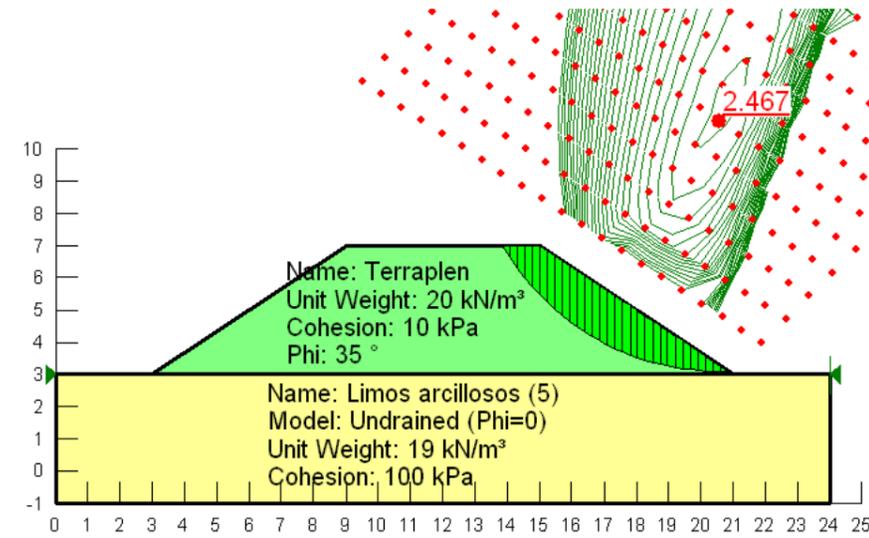


Imagen. Análisis de estabilidad en el Terraplén de Hmax=4m en camino de servicio, sobre limos arcillosos (5), situación más desfavorable en el corto plazo (carga sin disipación de presiones intersticiales)

6.- ESTUDIO DE DESMONTES

6.1.- INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

El trazado en estudio conlleva la ejecución de diversos desmontes, de los cuales se detallan a continuación las características geométricas, materiales y situación:

DESMONTES DE LA OBRA			
MOVIMIENTO DE TIERRAS	ZONA	ALTURA MÁXIMA (m)	TERRENO EN EL CIMIENTO
Desmorte	Camino de servicio posterior	18	(4) Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos (5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos
Desmorte	Camino de servicio posterior	11,5	(4) Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos (5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos
Desmorte	Camino de servicio	7,5	(5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos

Se observa que los dos últimos casos quedan contemplados en el primero, ya que éste supone un desmorte de 18m en una columna litológica formada por 9m superiores de calizas (4) y otros 9m inferiores de limos (5). El segundo desmorte (11,5m en camino posterior) estaría excavado en 2,5m superiores de calizas (4) y otros 9m inferiores de limos (5), mientras que el tercer desmorte (7,5m en camino de servicio) se excavaría íntegramente en limos arcillosos.

Como se ha comentado en apartados anteriores, se han planificado y llevado a cabo reconocimientos geotécnicos y ensayos tanto in situ como de laboratorio para conocer la estabilidad de los desmontes y caracterizar los materiales procedentes de la excavación. La ubicación de los reconocimientos puede consultarse en la planta geotécnica incluidos en el Apéndice 1. Caracterizado el material, se ha procedido a realizar un estudio general de las condiciones de estabilidad. Del mismo modo, se han estudiado soluciones de mejora de la estabilidad y del estudio metodológico general se han extraído las tipologías principales a emplear en la obra.

6.2.- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GENERAL

En este apartado se describe el estudio de estabilidad de desmontes.

En una primera parte se seleccionan los parámetros de resistencia al corte efectiva a emplear en los análisis de estabilidad. Los valores adoptados también estarán en consonancia con el comportamiento observado en los desmontes actuales. A continuación se analizan las situaciones más representativas que engloban las circunstancias más desfavorables de las que se pueden

presentar a lo largo de la traza (altura de desmorte máxima, mayores inclinaciones de la ladera, etc). Este análisis permite agrupar los desmontes a excavar en materiales similares dentro de grupos homogéneos, los cuales requieren actuaciones similares dando lugar en definitiva a soluciones tipo.

Los análisis de estabilidad se han realizado mediante el programa SLOPE/W, de GEO-SLOPE International Ltd. (Calgary, Alberta, Canadá), que utiliza la teoría de equilibrio límite para calcular el factor de seguridad, permitiendo realizar el análisis mediante diferentes métodos: Fellenius, Bishop, Janbu, Spencer, Morgensten-Price, Corps of Engineers, Lowe-Karafiath y GLE (Generalized Limit Equilibrium). En cada caso, y en función de la adecuación al problema, puede optarse por uno o varios métodos para el cálculo del factor de seguridad. En esta ocasión se ha optado por el método de Bishop simplificado, de uso común y conocida efectividad en situaciones tales como las que se presentan en este estudio.

Con el fin de respetar la mínima afección al entorno paisajístico natural, los desmontes son proyectados con una pendiente 1H/1V (pendiente natural observada en las calizas), aspecto que se pasa a comprobar a continuación.

Se observa la existencia de los desmontes existentes en la zona de la obra y áreas próximas, como referencia y estudio a escala de los futuros desmontes a construir:

- Talud natural en la zona de la obra, cubierto en su mayoría por vegetación.
- Desmorte frente a la zona de la obra, artificial, ejecutado en la obra de la autovía A-1.



Imagen. Talud natural (zona área de servicio) y desmorte artificial (talud frente área de servicio)

Las áreas de tonos ocres corresponden a zonas de cultivo en proceso de arado, mientras que los tonos más blanquecinos, que aparecen en cotas altas, indican afloramientos de roca caliza.

-El talud natural situado en la zona del área de servicio presenta una altura de unos 17m, pendiente media de 26°, y se encuentra prácticamente cubierto de vegetación, aunque aparecen afloramientos de roca caliza como el mostrado en las siguientes imágenes.



Imagen. Talud natural (zona área de servicio)

La estación de servicio se ejecutará en la cota 900 aproximadamente, mientras que la boca del sondeo S-1 se situó en la cota 918, mostrando en profundidad el material que va a ser excavado. Se conoce por la columna estratigráfica obtenida en el sondeo que el talud a excavar tendrá sus primeros 9,3m en roca caliza con intercalación de estrato de margas arcillosas entre 1,9 y 3,0m de profundidad, mientras que a partir de 9,3m el talud se excavará en limos arcillosos.

La roca se encuentra por encima del suelo debido a que el origen de ambas litologías es sedimentario y se ha debido producir una interestratificación durante su depósito, ya que en algún momento ambas litologías fueron coetáneas. Esta ocurrencia no es atípica en este tipo de litologías y depósitos de rellenos de cuencas sedimentarias.

-En el talud artificial frente a la futura área de servicio se aprecian los mismos niveles geológico-geotécnicos descritos para el presente proyecto. En este caso el nivel superior de roca caliza (4), de disposición subhorizontal, presenta un espesor de unos 2-3m sobre el nivel de limos arcillosos y arcillas con concreciones carbonatadas (5).

La erosión diferencial entre ambos niveles resistentes (calizas) y no resistentes (limos) ha formado una especie de plataforma subhorizontal o berma natural que se aprecia en las fotografías. Este fenómeno se conoce como de modelado tabular o en plataformas..

La altura del desmote es de unos 7m con pendiente 3H/2V (33°) excavado en los limos arcillosos. Por encima se encontraría la berma, y a continuación el desmote en calizas seguiría subiendo a 45° hasta la ladera natural, que llega hasta la cota 920 con una pendiente media de unos 18°.

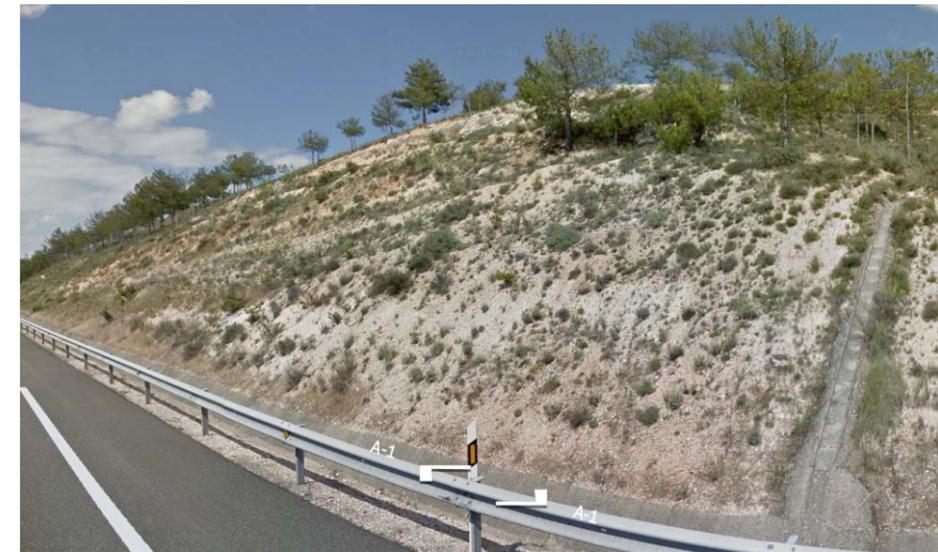


Imagen. Desmote artificial (zona frente al área de servicio – sentido contrario A-1)

6.4.- ANÁLISIS DE LOS DESMONTES DE LA TRAZA

En este apartado se va a analizar la estabilidad del desmonte seleccionado como representativo, el cual es ejemplo de la situación más desfavorable (geometría, litologías, etc) que puede darse a lo largo de la nueva obra. Comprobada la estabilidad en estas circunstancias, se puede asegurar la de los demás desmontes a ejecutar a lo largo del nuevo trazado. El código de colores empleados es el siguiente:

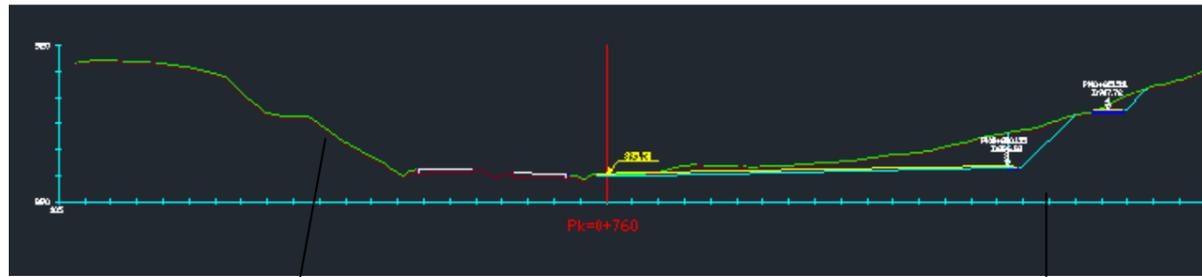
- 5: Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas y limos arenosos
- 4: Calizas del Páramo inferior: Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos

➤ **Desmonte de Hmax=18m, en camino de servicio posterior, sobre Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos (4) y Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos (5)**

Se trata de un desmonte de 18m de altura máxima a excavar en dos materiales diferentes: roca en su parte superior (calizas) y suelo en su parte inferior (limos arcillosos), tal y como se observa en la columna del sondeo S-1:

TESTIFICACIÓN DEL SONDEO S-1				
PROFUNDIDAD	GRADO DE METEORIZACIÓN	RQD	Nspt	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
0,00 – 0,20	-	-	-	Terreno vegetal
0,20 – 1,00	II	0	-	Caliza margosa blanquecina
1,00 – 3,00	-	-	2,85: Rechazo	Margas arcillosas anaranjadas, muy firmes, plasticidad media-baja, poco húmedas
3,00 – 9,30	II	3,00 – 4,20: 20% 4,20 – 5,90: 100% 5,90 – 9,30: 80 – 90%	-	Calizas micríticas grises
9,30 - 13,50	-	-	12,60: Rechazo	Limos arcillosos carbonatados, con niveles endurecidos
13,50 – 16,00	-	-	14,00: 39	Arcillas limosas marrones con indicios de pátinas de carbonatos y algún nódulo milimétrico carbonatado. Muy firmes.
16,00 – 17,55	-	-	17,50: Rechazo	Limos arcillosos carbonatados con algunas intercalaciones centimétricas de margocalizas y calizas margosas. Muy firmes.

Se modeliza el desmonte de 18 m con pendiente 1H/1V, el cual alcanza un factor de seguridad de 1,43. Este factor de seguridad podría aumentarse ejecutando una berma entre las dos formaciones (roca-superior y suelo-inferior), cuyo contacto se encuentra a mitad de la altura del talud, y protegiendo el exterior de los limos por un encachado de piedra que los preserve de los cambios de humedad aumentando su cohesión, y evite además su erosión ante los fenómenos atmosféricos. Sin embargo como se pretende minimizar las afecciones al MUP Nº 659 no se ha diseñado la berma mencionada.



DESMONTE ARTIFICIAL A-1 FRENTE AL ÁREA DE SERVICIO

TALUD DE LADERA NATURAL Y NUEVO DESMONTE 1H/1V EN ZONA DEL ÁREA DE SERVICIO

Imagen. Corte transversal incluyendo ambas márgenes de la A-1

6.3.- PARÁMETROS DE CÁLCULO

Una vez recopilada toda la información de la que se dispone (ensayos in situ y de laboratorio, bibliografía existente y observaciones en la zona), los valores de los parámetros geotécnicos obtenidos se pueden resumir de la siguiente manera:

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO				
MATERIAL	γ (T/m3)	LARGO PLAZO		E (kg/cm ²)
		C' (Kg/cm2)	φ' (°)	
(12) Depósitos de Fondo de Valle. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas	1,9	0,20	18	100
(5) Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos	1,9	0,35	20	300
(4) Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos	Margas: 2,0 Calizas: 2,2	Margas: 0,5	23	Margas: 450 Calizas: 1*10 ⁵

Siendo:

γ : densidad natural

C': cohesión efectiva

φ': ángulo de rozamiento efectivo

Se observa que, del lado de la seguridad, se atribuyen a la litología (4) para el análisis de estabilidad los valores asociados a las margas, y no a las calizas, aunque solo supongan una intercalación mientras que sea la roca la componente mayoritaria en esta litología.

En el caso de que existiera un nivel freático temporal, el factor de seguridad será de 1,30, valor que se considera admisible.

Si se repite el análisis de estabilidad para los valores de resistencia al corte efectiva más desfavorables obtenidos en laboratorio para los limos arcillosos, el factor de seguridad es de 1,40 en situación permanente y de 1,27.

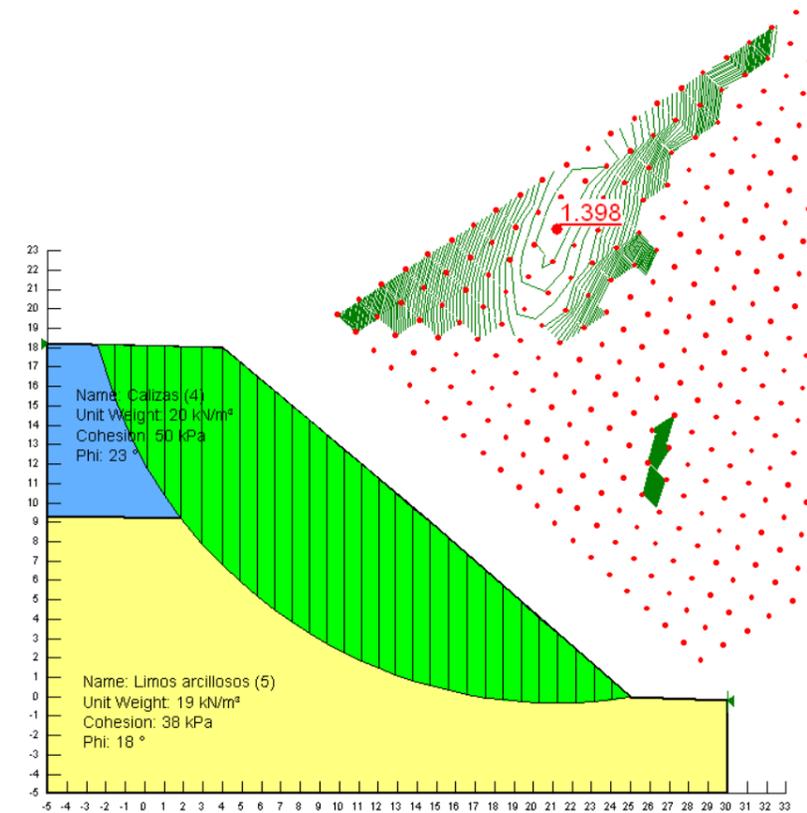
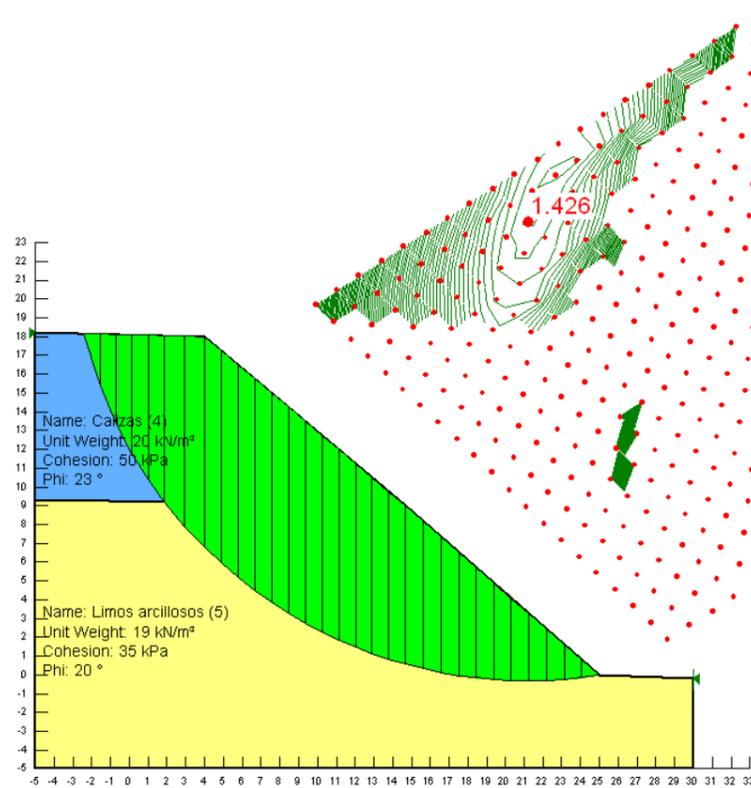


Imagen. Análisis de estabilidad en el desmote de 18m con los valores pésimos obtenidos en laboratorio

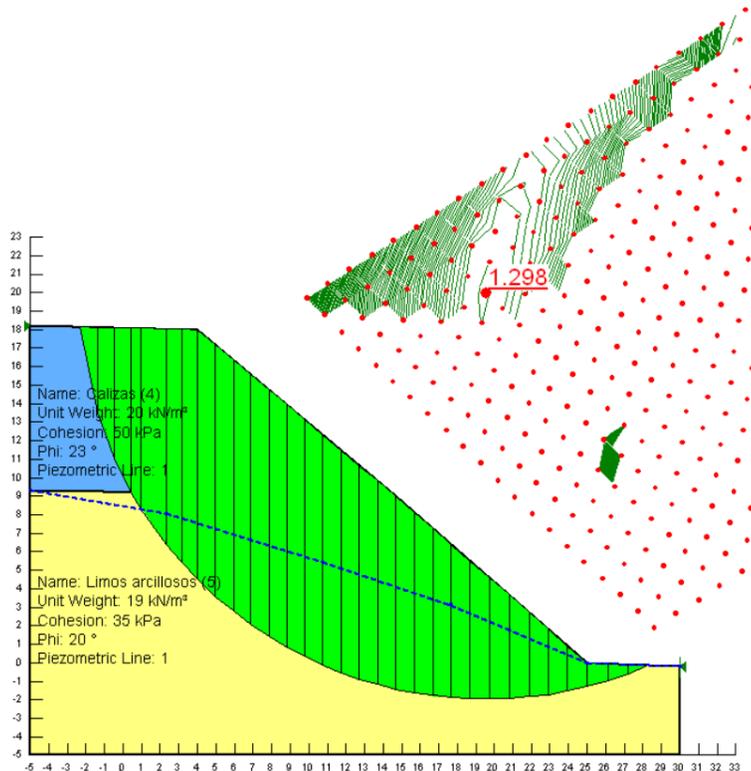


Imagen. Análisis de estabilidad en el desmote de 18m con parámetros generales

7.- EXCAVABILIDAD

Las condiciones de excavación previstas para la creación de la plataforma se han estudiado a partir de la excavación de las calicatas con retroexcavadora, proporcionando un dato objetivo de las posibilidades de excavación con una máquina de la potencia empleada y permitiendo una extrapolación subjetiva de lo que podría realizarse con maquinaria más potente.

La maquinaria empleada en la ejecución de las calicatas ha sido la de marca JCB de 90CV. Con esta maquinaria la excavabilidad del material se ha considerado en 3 niveles de excavabilidad: buena, media y baja.

EXCAVABILIDAD SEGÚN DATOS DE CALICATAS			
DENOMINACIÓN	LITOLÓGÍA	PROFUNDIDAD (m)	EXCAVABILIDAD
C-1	Limos arcillosos con concreciones, arcillas rojas y limos arenosos (5)	2,90	Buena Fondo excavable

EXCAVABILIDAD SEGÚN DATOS DE CALICATAS			
DENOMINACIÓN	LITOLÓGIA	PROFUNDIDAD (m)	EXCAVABILIDAD
C-2	Calizas, margocalizas y calcretas (4)	1,00	Media-Difícil Fondo no excavable
C-3	Calizas, margocalizas y calcretas (4)	1,00	Media-Difícil Fondo no excavable
C-4	Limos arcillosos con concreciones, arcillas rojas y limos arenosos (5)	2,80	Buena Fondo excavable

Se observa que las catas excavadas en los Limos arcillosos (5) han llegado casi hasta los 3m de profundidad, con una excavabilidad buena. El fondo es también excavable con medios mecánicos convencionales aunque precisa de una maquinaria con mayor potencia.

Sin embargo, las catas realizadas en las calizas apenas han llegado hasta 1m de profundidad por su gran dificultad, concluyéndose que la excavación del fondo no puede realizarse con medios mecánicos convencionales. En el sondeo se observa que hasta una profundidad de 4,2m el terreno podría ser ripable (RQD $\leq 20\%$) pero a partir de esta profundidad y hasta el fin del nivel de calizas a 9,3m sería preciso emplear voladura, dado el elevado índice RQD ($\geq 80\%$) y el pequeño grado de meteorización (G.M.II) de los testigos de roca obtenidos.

TESTIFICACIÓN DEL SONDEO S-1				
PROFUNDIDAD	GRADO DE METEORIZACIÓN	RQD	Nspt	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
0,00 – 0,20	-	-	-	Terreno vegetal
0,20 – 1,00	II	0	-	Caliza margosa blanquecina
1,00 – 3,00	-	-	2,85: Rechazo	Margas arcillosas anaranjadas, muy firmes, plasticidad media-baja, poco húmedas
3,00 – 9,30	II	3,00 – 4,20: 20% 4,20 – 5,90: 100% 5,90 – 9,30: 80 – 90%	-	Calizas micríticas grises
9,30 - 13,50	-	-	12,60: Rechazo	Limos arcillosos carbonatados, con niveles endurecidos
13,50 – 16,00	-	-	14,00: 39	Arcillas limosas marrones con indicios de pátinas de carbonatos y algún nódulo milimétrico carbonatado. Muy firmes.
16,00 – 17,55	-	-	17,50: Rechazo	Limos arcillosos carbonatados con algunas intercalaciones centimétricas de margocalizas y calizas margosas. Muy firmes.

Según el PG3 (artículo 320.2) a efectos de excavabilidad se definen tres tipos de materiales:

-Excavación en roca. Comprenderá la correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y la de todos aquellos materiales que presenten características de roca maciza, cementados tan sólidamente que únicamente pueden ser excavados utilizando explosivos.

-Excavación en terreno de tránsito. Comprenderá la correspondiente a los materiales formados por rocas descompuestas, tierras muy compactas y todos aquellos que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos y sea precisa la utilización de escarificadores profundos pesados.

-Excavación en tierra. Correspondiente a todos los materiales no incluidos en los apartados anteriores.

De esta manera, la excavabilidad de las litologías presentes en este trabajo se clasifica de la siguiente manera:

EXCAVABILIDAD	
LITOLÓGIA	EXCAVABILIDAD
Depósitos de Fondo de Valle. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas (12)	Tierra
Limos arcillosos con concreciones, arcillas rojas y limos arenosos (5)	Tierra
Calizas, margocalizas y calcretas (4)	Roca: Tránsito en los primeros 4m A partir de 4m: Voladura

8.- APROVECHAMIENTO DE MATERIALES

Los materiales que se encuentran en la traza y son susceptibles de ser reutilizados son los siguientes:

➤ Tierra vegetal

Para determinar el espesor de la tierra vegetal a lo largo de la traza se dispone de la información obtenida de las calicatas y el sondeo. Sobre la litología rocosa de calizas el espesor de terreno vegetal es menor, con un máximo de 40cm y media de 20cm. Sobre las litologías tipo suelo este espesor aumenta hasta 50cm. Cabe señalar que en esta zona existen áreas de cultivo en la actualidad.

La tierra vegetal deberá ser debidamente retirada y acopiada para su posterior vertido y reposición sobre los taludes u otras zonas a revegetar.

➤ **Clasificación del material**

Los materiales que se van a extraer mayoritariamente a lo largo de la traza son: limos y arcillas (5) y calizas (4). En función de los resultados obtenidos, se puede clasificar este suelo como Marginal debido a que excede el 1% en contenido de sales solubles. Sin embargo la roca caliza puede ser considerada como material Adecuado y Seleccionado en función de su granulometría, siempre que sean limpiados los finos que pudieran contener también sales solubles. Con estos materiales se conseguirá al menos un valor del CBR de 20 al 100%PM, mejorable.

9.- CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones geotécnicas asociadas al Anteproyecto de Área de Servicio en la autovía A-1, PK 174, en el Término Municipal de Gumiel de Izán (Burgos).

-Los materiales existentes en la zona de proyecto son los siguientes, de edad geológica más reciente a más antigua:

LITOLOGÍAS					
	SÍMBOLO	LITOLOGÍA / MATERIAL	CLASIFICACIÓN PG3	REUTILIZACIÓN	EXCAVABILIDAD PG3
CUATERNARIO	R	Rellenos antrópicos	-	NO, a vertedero	Tierra
	TV	Terreno vegetal	-	Si, en revegetaciones	Tierra
	12	Depósitos de Fondo de Valle. Arcillas, limos grises y/o gravas carbonatadas y tobas calizo-arcillosas	Marginal	NO, a vertedero	Tierra, medios convencionales
TERCIARIO	5	Limos arcillosos con concreciones carbonatadas y calcretas, arcillas rojas y limos arenosos	Marginal	NO, a vertedero	Tierra, medios convencionales
	4	Calizas del Páramo inferior. Calizas, margocalizas y calcretas o calcimorfos	Adecuado a Seleccionado	SI	Tránsito en los primeros 4m A partir de 4m Roca- Voladura

De acuerdo con el PG3, las litologías de Fondo de valle (12) y Limos arcillosos (5) se clasifican como Marginales a Tolerables, en función de si los valores registrados en el contenido en sales solubles exceden o no el 1%. El índice CBR apenas alcanza el 3% y el Hinchamiento CBR se acerca al 1%, por lo que no se recomienda reutilizar este material. Estos materiales no son agresivos al hormigón, de acuerdo con los ensayos de agresividad y acidez Baumann-Gully realizados.

Por otra parte, la litología de Calizas (4) sí presenta buenas cualidades para su reutilización, pudiendo dar suelos Adecuados a Seleccionados previa limpieza del contenido en finos, inferior en todos los casos al 35%. El índice CBR al 100% del Proctor Modificado es de 20, valor que puede ser mejorable.

-El espesor de terreno vegetal varía en función de la litología: sobre la litología rocosa de calizas el espesor de terreno vegetal es menor, con un máximo de 40cm y media de 20cm; sobre las litologías tipo suelo este espesor aumenta hasta 50cm. Cabe señalar que en esta zona existen áreas de cultivo en la actualidad. La tierra vegetal deberá ser debidamente retirada y acopiada para su posterior vertido y reposición sobre los taludes u otras zonas a revegetar.

-La excavabilidad será directa para los materiales tipo suelo, retirándose material tipo Tierra según el PG3, con maquinaria convencional de movimiento de tierras. En la litología rocosa de calizas, podría emplearse maquinaria tipo ripper-martillo rompedor en los 4 primeros metros, para después tener que emplear voladura, ya que se han obtenido índices RQD iguales o superiores al 80%, con un grado de meteorización en la roca de II (prácticamente roca sana).

-Los terraplenes serán estables con una pendiente de 3H/2V, debiéndose sanear todos aquellos rellenos de vertido existentes en la zona de influencia de los terraplenes, así como el terreno vegetal y todo aquel material de capacidad portante insuficiente. En general se considera que el espesor de este saneo deberá ser de 0,20m en roca y 0,50m en suelo, colocándose en la zona un geotextil anticontaminante y antipunzonamiento, sobre el cual se pondrán en obra 1 o 2 tongadas de material adecuado respectivamente, convenientemente compactado al 95% del Proctor de referencia, como cimiento del terraplén.

-Los desmontes son estables con una pendiente de 1H/1V, y serán excavados en sus primeros 9m sobre roca caliza con alguna intercalación de margas arcillosas, quedando por debajo limos arcillosos. De esta manera, todo desmonte de altura igual o inferior a 9m se ejecutará en roca, mientras que todo el que exceda los 9m será excavado parte en roca y parte en suelo. Será necesario proteger superficialmente el desmonte en suelo con un encachado de roca (que puede proceder de la misma excavación en calizas), para limitar sus cambios de humedad, aumentar su cohesión y evitar su erosión, persiguiendo que no se llegue a descalzar la roca superior.

-Los materiales aparecidos pueden considerarse impermeables a semipermeables, con un drenaje aceptable o favorable por escorrentía y percolación, excepto en sectores muy llanos donde puede ser deficiente, lo cual es necesario tener en cuenta, dotando a las instalaciones de su pertinente pendiente, impermeabilización superficial y elementos de recogida y evacuación de aguas.

-Se recurre a la cimentación directa para las estructuras de los edificios.

APÉNDICE 1: PLANTA GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA CON
SITUACIÓN DE RECONOCIMIENTOS

APÉNDICE 2: ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

GEOTECNIA AREA DE SERVICIO A-1

AUTOR	CLIENTE
 Geotecnia, Hidrogeología Medioambiente	
Geotecnia, Hidrogeología y Medioambiente Consultores, S.L. Pº de la Castellana 210, 28046 Madrid ☎ 91 359 17 24 📠 91 359 72 96	Incoydesa – Ingennya Av. Córdoba, 15, 2ºB Tel 914 344 472 Fax 915 511 596

11 de 2015

ÍNDICE:

1 Introducción.

2 Trabajos realizados

2.1 Trabajos de campo

2.1.1 Calicatas

2.1.2 Sondeos

2.2 Trabajos de laboratorio

ANEJOS

Anejo 1. Situación de trabajos de campo

Anejo 2. Descripción litológica de las calicatas

Reportaje Fotográfico

Anejo 3. Registro de los sondeos

Reportaje Fotográfico

Anejo 4. Ensayos de laboratorio

1 Introducción

A petición de la empresa **INCOYDESA INGENNYA**, GHM Consultores ha realizado en noviembre de 2015 una campaña geotécnica de campo y de laboratorio para el *Estudio Informativo de Viabilidad y Anteproyecto de áreas de servicio de la Autovía A-1. Autovía del Norte. Tramo: L.P. Madrid – Burgos. P.K. 95,8 al 236*. En concreto, la zona de estudio se ha centrado en el margen derecho sentido Madrid de la autovía A-1, a la altura del p.k. 175, entre las localidades de Gumiel de Izán y Oquillas, en la provincia de Burgos.

Los trabajos han consistido en la realización de un sondeo mecánico a rotación con recuperación continua de testigo, con toma de muestras y realización de ensayos de penetración dinámica tipo SPT en su interior, y la apertura de cuatro calicatas con retroexcavadora mixta. Adicionalmente, sobre las muestras obtenidas en las calicatas y en el sondeo, se han realizado una batería de ensayos de laboratorio, para la determinación de las características geotécnicas de los materiales ensayados.

Tanto la campaña de campo, número y tipo de investigaciones a realizar y emplazamiento de las mismas, así como la batería de ensayos de laboratorio a realizar en las muestras, han sido propuestos por el Peticionario.

Todos y cada uno de los trabajos realizados, han sido dirigidos y supervidados por técnico experto en geotecnia.

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de los apartados que más adelante se verán desarrollados.

En el apartado 2 se indican el número y tipo de investigaciones efectuadas, tanto de campo como de laboratorio.

Al final de este informe se adjuntan una serie de Anejos donde se recoge el plano de situación y la planta con la situación de las investigaciones realizadas; los cortes con los levantamientos de la calicatas y las fotografías del fondo, paredes y material extraído en cada una de ellas; el corte con el levantamiento del sondeo y las fotografías del

emplazamiento y de las cajas con los testigos extraídos en la perforación y finalmente, los ensayos de laboratorio realizados en las muestras obtenidas.

2 Trabajos realizados

Para la realización del presente estudio, se han realizado diferentes trabajos encaminados a la obtención de las características geológico-geotécnicas del sustrato. Para ello se ha realizado una campaña de campo con la obtención de parámetros in situ y recogida de material para su análisis en laboratorio.

A continuación se detallan cada uno de los diferentes trabajos realizados.

2.1 Trabajos de campo

En la zona objeto de estudio se han efectuado un total de 1 sondeo mecánico a rotación y 4 calicatas mecánicas con retroexcavadora mixta. Los criterios seguidos a la hora de definir tanto el tipo y número de investigaciones a realizar así como su emplazamiento, han sido indicados por el Peticionario.

Todas las investigaciones efectuadas han sido supervisadas por Técnico Especialista en Geotecnia.

Se toma como cota de emboquillaje para cada una de las investigaciones, la cota actual del terreno a fecha de realización de las mismas, reflejadas en el plano de situación de investigaciones adjunto al final del informe y referenciadas al levantamiento topográfico de detalle realizado por el Peticionario para este Proyecto.

La localización de las investigaciones realizadas, se presenta en un plano adjunto en el Anejo 1 (“Planta de situación de investigaciones”).

A continuación en la Tabla 1, se reflejan las coordenadas de cada una de las investigaciones realizadas en la zona de estudio obtenidas por replanteo topográfico.

INVESTIGACIÓN	X	Y	Z
S-1	441.731,0666	4.628.313,5246	917,5
C-1	441.817,4370	4.628.410,0683	901,5
C-2	441.743,6163	4.628.321,2889	918,0
C-3	441.722,7515	4.628.199,0095	905,5
C-4	441.788,8076	4.628.022,1955	892,0

Tabla 1. Coordenadas XYZ de las investigaciones realizadas.

2.1.1 Calicatas

Se han abierto un total de 4 calicatas con retroexcavadora mixta.

Las calicatas son un método de reconocimiento del terreno que nos permite obtener información bastante completa en cuanto al tipo de material presente en la zona, la profundidad de aparición de suelo firme, presencia o no de agua, excavabilidad de los materiales atravesados, estabilidad de los mismos frente a la excavación y sobre todo, permite obtener muestras *in situ* lo suficientemente representativas como para llevar a cabo los ensayos de laboratorio necesarios para realizar la caracterización geotécnica de los materiales presentes.

A pesar de la limitación que presentan este tipo de investigaciones en cuanto a que la profundidad de reconocimiento (3-4 m) viene condicionada por las características de la máquina retroexcavadora (con medios excepcionales pueden alcanzar profundidades mayores), son un método de investigación bastante adecuado, ya que permiten tomar contacto con un punto real sobre el que se asentará la obra.

En el caso concreto de los materiales presentes en la zona, la ejecución de las calicatas nos ha permitido determinar los espesores de los diferentes materiales atravesados y obtener datos acerca de su excavabilidad.

Todas y cada una de las calicatas realizadas en la zona de estudio, se han numerado correlativamente de la C-1 a la C-4. A continuación en la Tabla 2 se hace un pequeño resumen de las características más relevantes observadas en las calicatas.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	MATERIALES ATRAVESADOS
C-1	2,90	Arcillas limosas carbonatadas
C-2	1,00	Calizas
C-3	1,00	Calizas
C-4	2,80	Arcillas limosas carbonatadas

Tabla 2. Profundidad de alcance de las calicatas y materiales atravesados.

Las calicatas se han realizado con una máquina retroexcavadora mixta, marca JCB modelo CX de 90 CV. Se llevaron a cabo para la obtención de datos y toma de muestras.

En las calicatas se recogió información de tipo geológico: espesor, geometría y disposición de los diferentes materiales del subsuelo, granulometría, así como información de tipo geotécnico como la excavabilidad y su rendimiento, estabilidad de las paredes de excavación, presencia de agua y profundidad máxima de avance.

Las calicatas quedaron abiertas durante un lapso de tiempo suficiente para observar su evolución en lo referente a desplomes, caída de detritus, afloramientos de agua y deslizamientos. En este sentido, no se ha detectado la existencia de agua en ninguna de las calicatas, al menos durante el tiempo que permanecieron abiertas y no se han observado en ninguna de ellas fenómenos de inestabilidad en las paredes.

En todas las calicatas se obtuvo muestra tipo alterada (M.A.) para su posterior ensayo en laboratorio.

Todas las calicatas fueron supervisadas por un geólogo en campo durante su desarrollo, que asimismo tomó registro escrito de la información de la calicata.

Se podrá consultar la descripción litológica de las calicatas en el Anejo 2 de este informe.

2.1.2 Sondeos

Se ha realizado un sondeo mecánico a rotación con recuperación continua de testigo con una máquina TP-50 montada sobre camión, alcanzándose una profundidad máxima de 17,55 m.

El sondeo, denominado como S-1, ha sido situado en la zona indicada por el Peticionario.

Los sondeos son un método de reconocimiento que nos permite tomar contacto con un punto real sobre el que se asentará la obra obteniendo información bastante completa en cuanto al tipo de material presente en la zona, espesor de relleno, profundidad de aparición de suelo firme, presencia o no de agua, y sobre todo permite la toma de muestras *in situ* lo suficientemente representativas como para llevar a cabo los ensayos de laboratorio que permitan la caracterización geotécnica de los materiales atravesados.

En los registros de los sondeos vienen reflejados datos acerca de la descripción de los materiales perforados, espesores; tipo y profundidad de los ensayos realizados; porcentaje de recuperación; diámetro y tipo de la batería empleada; posibles pérdidas o presencia de agua.

En cada sondeo se ha hecho una descripción geológica, con levantamiento de la columna litológica de los materiales atravesados, ensayos de penetración dinámica con toma de muestras inalteradas y fotos a color del emplazamiento y de las cajas con los testigos obtenidos.

La toma de muestras inalteradas se ha realizado mediante cuchara abierta de diámetro superior a 70 mm, hincada 60 cm mediante golpeo, anotándose el número de golpes necesario para introducirlo en el terreno cada uno de los cuatro tramos consecutivos de 15 cm. En caso de imposibilidad de toma de muestras de calidad por este procedimiento (el grado de compacidad del terreno ha sido tan alto que no se ha podido hincar en el terreno el total del toma muestras o una porción representativa del mismo) se ha procedido a la obtención de muestras del tipo de testigos parafinados, que consiste en la toma de una porción del testigo de la perforación a la cota deseada, al que se protege de la alteración mediante la técnica del parafinado. Las muestras inalteradas se protegen mecánicamente

con un envase rígido y se registran con detalle, se hacen estancas a la humedad por medio de parafina o método similar. Se aplicará la Norma ASTM D1587/00. Cada una de las muestras se etiquetan de tal forma que se indique el sondeo al que pertenecen, la profundidad a la que se encuentran el golpeo obtenido para su hincada y la fecha de toma.

Los ensayos de penetración estándar (SPT) se realizan usando tomamuestras de cuchara partida de 5,1 cm de diámetro exterior y 3,5 cm de diámetro interior, provistos de válvula anti-retorno en su parte superior, según Norma UNE 103800/62. El peso de la maza a utilizada ha sido de 63,5 kg y la altura de caída libre de 76 cm. La velocidad de golpeo de la maza no excede de 30 golpes por minuto. El tomamuestras se hincada 60 cm mediante golpeo, anotándose el número de golpes necesario para introducirlo en el terreno cada uno de los cuatro tramos consecutivos de 15 cm. Se tomará como valor de la resistencia a la penetración la suma de los golpes de los dos tramos intermedios. El número de golpes para hincar los dos tramos centrales del tomamuestras se denomina N_{20} o N_{SPT} . Se considerará “rechazo” cuando no se consigue la hincada en el terreno de uno de los tramos de 15 cm, con 50 golpes, registrándose en el levantamiento la penetración obtenida hasta los 50 golpes.

El objeto de la toma de muestras en los sondeos no es otro que el de realizar en ellas posteriores ensayos de laboratorio que permitan efectuar una caracterización geotécnica de los materiales encontrados.

Los ensayos de penetración dinámica en los sondeos nos permiten obtener un valor estimativo de la resistencia a la penetración en punta de los materiales atravesados. Este valor obtenido es correlacionable con el que resulta de los ensayos de penetración dinámica tipo Borro.

El número y distribución de Muestras Inalteradas (MI), Testigos Parafinados (TP), Testigos en Roca (TR) y S.P.T. y la relación de golpes obtenidos en la realización de cada uno de estos ensayos vienen reflejados en la Tabla 3.

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	GOLPEO	N ₃₀
S-1	MI-1	2,40-2,85	6-10-50/R	Rechazo
	SPT-1	2,85-3,05	40-50/R	Rechazo
	TR-1	4,90-5,15	-	
	TR-2	8,00-8,30	-	
	TP-1	10,90-11,30	-	
	SPT-2	12,60-12,70	50/R	Rechazo
	SPT-3	14,00-14,60	12-16-23-34	39
	TP-2	15,00-15,40	-	
	TP-3	16,00-16,40	-	
	SPT-4	17,50-17,55	50/R	Rechazo

Tabla 3. Profundidades de los ensayos realizados en los sondeos.

No se ha detectado la presencia de agua en ninguno de los sondeos realizados, ni durante ni posteriormente a su ejecución, no obstante se ha instalado tubería piezométrica para poder efectuar medidas posteriores si fuese necesario.

Se han tomado fotografías a color de los emplazamientos de la máquina perforadora, y de las cajas con los testigos extraídos en las perforaciones.

En el Anejo 3 (“Registros de Sondeos”) se representan las descripciones con los cortes litológicos de los materiales atravesados y el reportaje fotográfico.

2.2 Trabajos de laboratorio

Todos los ensayos se han realizado en laboratorio acreditado y mediante procedimientos normalizados de acuerdo a normas UNE y NLT. De igual forma se toma en cuenta la Norma de Hormigones EHE para la obtención de parámetros encaminados a determinar si los hormigones de la obra serán susceptibles de ataques químicos y por tanto prever la utilización de tipos sulforresistentes.

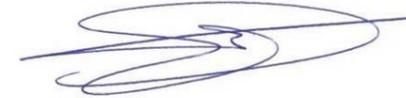
Con las muestras extraídas en el sondeo y en las calicatas se han realizado los siguientes ensayos de laboratorio:

- 8 Análisis granulométricos.
- 8 Límites de Atterberg.
- 2 Ensayos de Compresión Simple.
- 2 Ensayos de Corte Directo consolidado y drenado.
- 2 Ensayos Proctor Normal.
- 1 Ensayo Proctor Modificado.
- 3 Determinaciones del Índice CBR.
- 2 Determinaciones del contenido en Sales Solubles.
- 2 Determinaciones del Índice de Colapso.
- 2 Determinaciones del Hinchamiento Libre.
- 2 Determinaciones de la Agresividad EHE.

En el Anejo 4 se muestran los informes de los resultados de los ensayos de laboratorio.

Profundidad (m)	Tipo	# 10	# 40	# 200	LL	LP	IP	q _c (kp/cm ²)	c (kp/cm ²)	φ (°)	γ _{PM} (t/m ³)	W _{PM} (%)	γ _{PN} (t/m ³)	W _{PN} (%)	CBR	SS (%)	Colapso	Hinch. libre (%)	Baumann Gully (ml/kg)	SO ₄ ²⁻ (mg/kg)
C-1	1,00-1,50	MS	65,5	54,1	40,0	28,1	19,2	8,9					1,806	12,8	3,93	1,539	-0,03	0,04	2	125
C-2	0,50-1,00	MS	48,9	36,7	31,0	29,9	21,3	8,6			1,932	10,1			20,16					
C-3	0,50-1,00	MS	26,9	21,9	16,4	30,0	23,2	6,8												
C-4	1,00-1,50	MS	87,0	77,0	58,8	31,8	22,2	9,6					1,717	15,2	4,57	1,737	0,01	0,02	2	625
S-1	2,40-2,85	MI-1	90,3	75,9	65,8	33,2	20,0	13,2	1,4											
S-1	10,90-11,30	TP-1	84,2	72,7	65,8	31,8	19,6	12,2	0,34	23,02										
S-1	15,00-15,40	TP-2	97,2	86,6	83,1	57,3	31,5	25,8	4,9											
S-1	16,00-16,40	TP-3	96,8	86,3	81,4	56,5	30,0	26,5	0,38	17,66										

Tabla 4. Resumen de todos los ensayos de laboratorio realizados.



Rubén Alonso Criado
Geólogo
Colegiado nº 3.747



Guillermo Galán Martínez
Geólogo. Master en Hidrología General y Aplicada
Colegiado nº 4.635

Los trabajos efectuados para caracterizar desde el punto de vista geotécnico la zona de estudio, son reconocimientos puntuales. La extrapolación de datos entre estos puntos para cubrir las zonas intermedias sin investigación plantea un cierto grado de extrapolación, válido si durante la ejecución de las obras, se confirma que se mantienen las características descritas, sobre las que se han basado los cálculos.

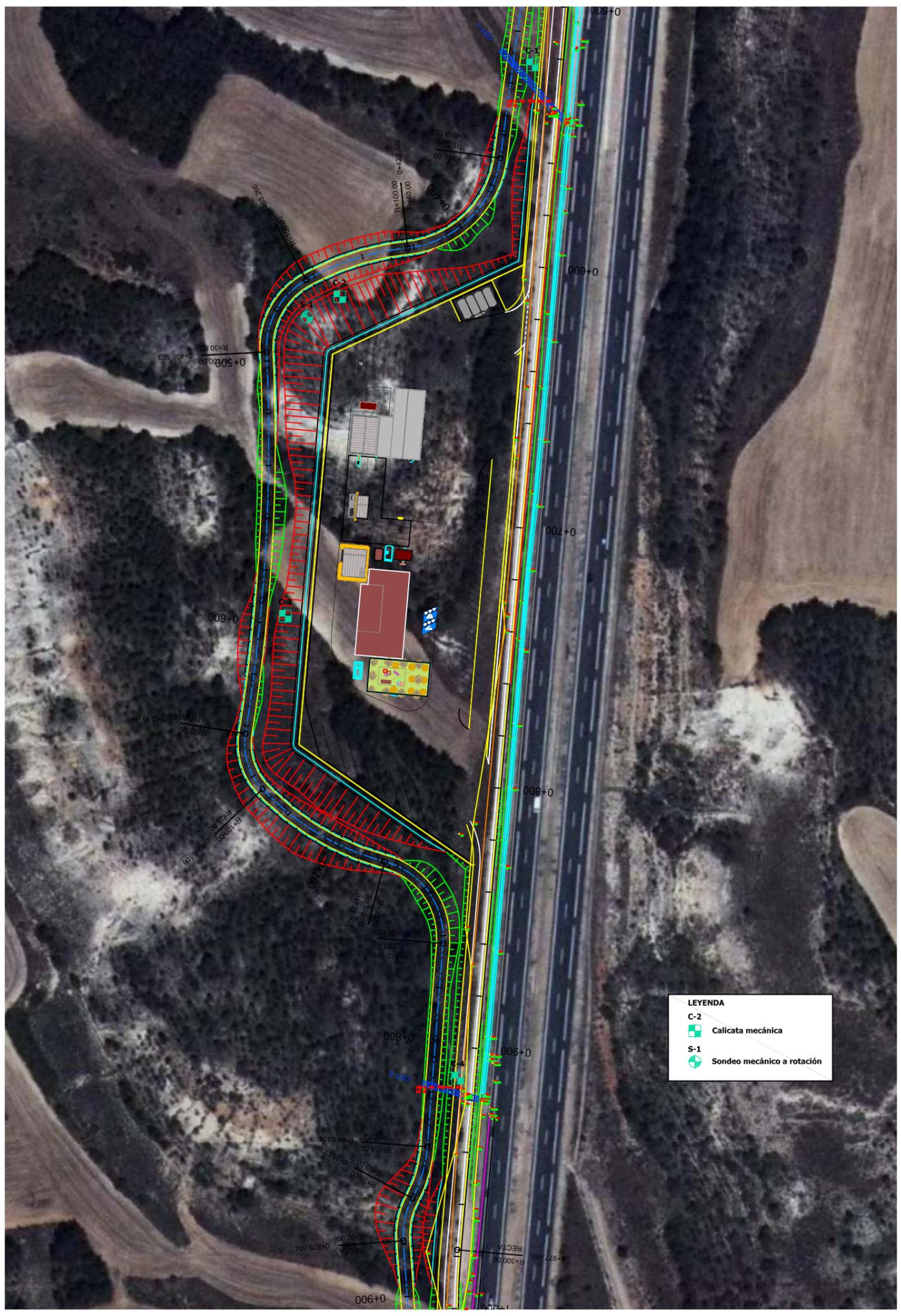
Las investigaciones estudian una franja de terreno delimitada entre la cota de emboquillaje y la de fin del ensayo.

El presente informe consta de 14 páginas numeradas y selladas, además de cuatro Anejos, dicho informe contiene la exposición de los resultados obtenidos tanto en las investigaciones de campo como en los ensayos de laboratorio.

Madrid, 27 de Noviembre de 2.015

Anejos

Anejo 1 SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO



Anejo 2

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE LAS CALICATAS

PROYECTO :	ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL TERRENO PARA ESTACIÓN DE SERVICIO EN LA AUTOVÍA A-1, P.K. 175 MARGEN IZQUIERDO. GUMIEL DE IZÁN. BURGOS.	LOCALIZACIÓN :	VER PLANO	COORDENADAS	X = 441817,437
CALICATA :	FECHA :	SUPERVISOR :	MAQUINA :	COORDENADAS	Y = 4628410,068
C-1	10-nov-15	R.A.C.	JCB		
			POTENCIA:		
			90 CV		

PROYECTO :	ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL TERRENO PARA ESTACIÓN DE SERVICIO EN LA AUTOVÍA A-1, P.K. 175 MARGEN IZQUIERDO. GUMIEL DE IZÁN. BURGOS.	LOCALIZACIÓN :	VER PLANO	COORDENADAS	X = 441743,6163
CALICATA :	FECHA :	SUPERVISOR :	MAQUINA :	COORDENADAS	Y = 4628321,289
C-2	10-nov-15	R.A.C.	JCB		
			POTENCIA:		
			90 CV		

PROFUNDIDAD	AGUA	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	TIPO MUESTRA Y PROFUNDIDAD	CLASIFICACIÓN USCS	(%) QUE PASA			LÍMITES ATTERBERG			COLAPSO	HINCH. LIBRE (%)	SULFATOS (mg/kg)	SALES SOLUBLES (%)	PROCTOR			UNIDAD/ G.M.
						UNE 2	UNE 0.40	UNE 0.08	HUMEDAD NATURAL (%)							HUM. OPTIM	DENSIDAD	C.B.R.	
									LL	LP	W								

PROFUNDIDAD	AGUA	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	TIPO MUESTRA Y PROFUNDIDAD	CLASIFICACIÓN USCS	(%) QUE PASA			LÍMITES ATTERBERG			COLAPSO	HINCH. LIBRE (%)	SULFATOS (mg/kg)	SALES SOLUBLES (%)	PROCTOR			UNIDAD/ G.M.
						UNE 2	UNE 0.40	UNE 0.08	HUMEDAD NATURAL (%)							HUM. OPTIM	DENSIDAD	C.B.R.	
									LL	LP	W								

0			Suelo vegetal limoarcilloso marrón, algo arenoso, con algún canto calcáreo disperso.																		
0.50			Arcillas limosas carbonatadas de tonos marrón claro. Firmes a muy firmes. Plasticidad media. Poco húmedas.																		
1						65,5	54,1	40,0	28,1	19,2	-0,03	0,04	125	12,8	1,8	3,9	5				
2																					
3			FINAL CALICATA 2,90 m. FONDO DURO EXCAVABLE. PAREDES ESTABLES.																		
4																					
5																					

MUESTRAS:

	MB Muestra en bolsa	G.M.	Grado de meteorización
	MS Muestra en saco	E/M	Relación Esqueleto/Matriz
	B Bloque		Nivel Freático

0			Suelo vegetal limoarenoso marrón.																		
0.20			Calizas, calizas margosas blanquecinas algo alteradas en superficie.																		
0.50						48,9	36,7	31,0	29,9	21,3											
1																					
1			FINAL CALICATA 1,00 m. FONDO NO EXCAVABLE. PAREDES ESTABLES.																		
2																					
3																					
4																					
5																					

MUESTRAS:

	MB Muestra en bolsa	G.M.	Grado de meteorización
	MS Muestra en saco	E/M	Relación Esqueleto/Matriz
	B Bloque		Nivel Freático

PROYECTO :	ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL TERRENO PARA ESTACIÓN DE SERVICIO EN LA AUTOVÍA A-1, P.K. 175 MARGEN IZQUIERDO. GUMIEL DE IZÁN. BURGOS.		LOCALIZACIÓN :	VER PLANO	COORDENADAS	X =	441722,7515
CALICATA :	FECHA :	SUPERVISOR :	MAQUINA :	JCB	COORDENADAS	Y =	4628199,01
C-3	10-nov-15	R.A.C.	POTENCIA:	90 CV	COORDENADAS	Z =	905,5

PROYECTO :	ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL TERRENO PARA ESTACIÓN DE SERVICIO EN LA AUTOVÍA A-1, P.K. 175 MARGEN IZQUIERDO. GUMIEL DE IZÁN. BURGOS.		LOCALIZACIÓN :	VER PLANO	COORDENADAS	X =	441788,8076
CALICATA :	FECHA :	SUPERVISOR :	MAQUINA :	JCB	COORDENADAS	Y =	4628022,196
C-4	10-nov-15	R.A.C.	POTENCIA:	90 CV	COORDENADAS	Z =	892,0

PROFUNDIDAD	AGUA	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	TIPO MUESTRA Y PROFUNDIDAD	CLASIFICACIÓN USCS	(%) QUE PASA			LÍMITES ATTERBERG			COLAPSO	HINCH. LIBRE (%)	SULFATOS (mg/kg)	SALES SOLUBLES (%)	PROCTOR			UNIDAD/ G.M.
						UNE 2	UNE 0.40	UNE 0.08	HUMEDAD NATURAL (%)							HUM. OPTIM	DENSIDAD	C.B.R.	
									LL	LP	W								
0			Suelo vegetal arcilloso marrón con cantos calcáreos dispersos.																
0.40			Calizas, calizas margosas blanquecinas algo alteradas en superficie.																
0.50																			4
1			FINAL CALICATA 1,00 m. FONDO NO EXCAVABLE. PAREDES ESTABLES.																
2																			
3																			
4																			
5																			

MUESTRAS:

	MB Muestra en bolsa	G.M.	Grado de meteorización
	MS Muestra en saco	E/M	Relación Esqueleto/Matriz
	B Bloque		Nivel Freático

C-3

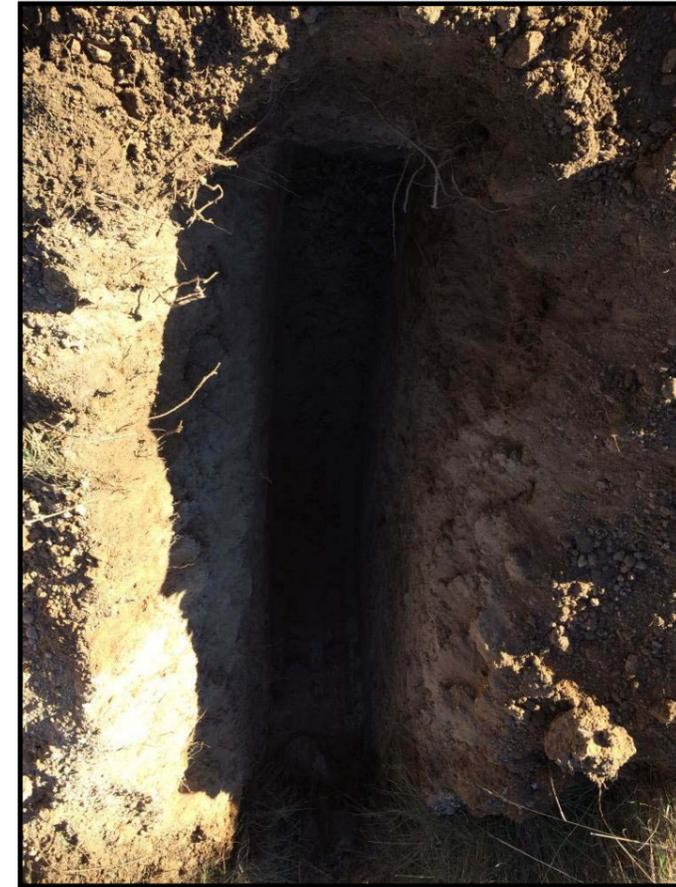
PROFUNDIDAD	AGUA	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	TIPO MUESTRA Y PROFUNDIDAD	CLASIFICACIÓN USCS	(%) QUE PASA			LÍMITES ATTERBERG			COLAPSO	HINCH. LIBRE (%)	SULFATOS (mg/kg)	SALES SOLUBLES (%)	PROCTOR			UNIDAD/ G.M.
						UNE 2	UNE 0.40	UNE 0.08	HUMEDAD NATURAL (%)							HUM. OPTIM	DENSIDAD	C.B.R.	
									LL	LP	W								
0			Suelo vegetal limoarcilloso marrón, algo arenoso, con algún canto calcáreo disperso.																
0.40			Arcillas limosas carbonatadas de tonos marrón claro. Firmes a muy firmes. Plasticidad media. Poco húmedas.																
1						87,0	77,0	58,8	31,8	22,2		0,01	0,02	625	1,7	15,2	1,7	4,6	5
1.00																			
1.50																			
2																			
3			FINAL CALICATA 2,80 m. FONDO DURO EXCAVABLE. PAREDES ESTABLES.																
4																			
5																			

MUESTRAS:

	MB Muestra en bolsa	G.M.	Grado de meteorización
	MS Muestra en saco	E/M	Relación Esqueleto/Matriz
	B Bloque		Nivel Freático

C-4

REPORTAJE FOTOGRÁFICO CALICATAS



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. FONDO CALICATA C-1



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. PARED CALICATA C-1



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. MATERIAL EXTRAIDO CALICATA C-1



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. FONDO CALICATA C-2



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. PARED CALICATA C-2



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. MATERIAL EXTRAIDO CALICATA C-2



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. FONDO CALICATA C-3



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. PARED CALICATA C-3



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. MATERIAL EXTRAIDO CALICATA C-3



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. FONDO CALICATA C-4



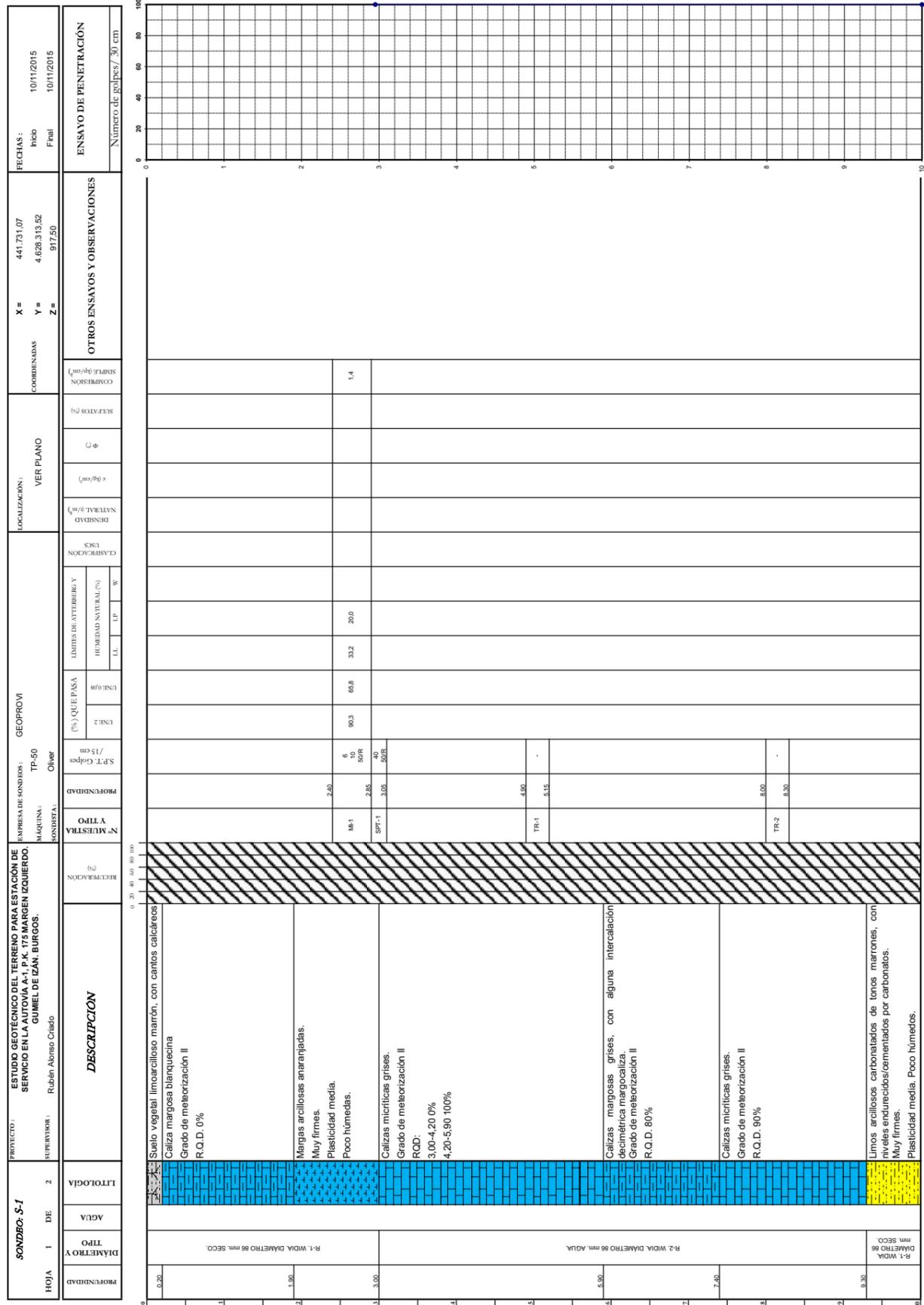
ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. PARED CALICATA C-4



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. MATERIAL EXTRAIDO CALICATA C-4

Anejo 3

REGISTRO DE SONDEO

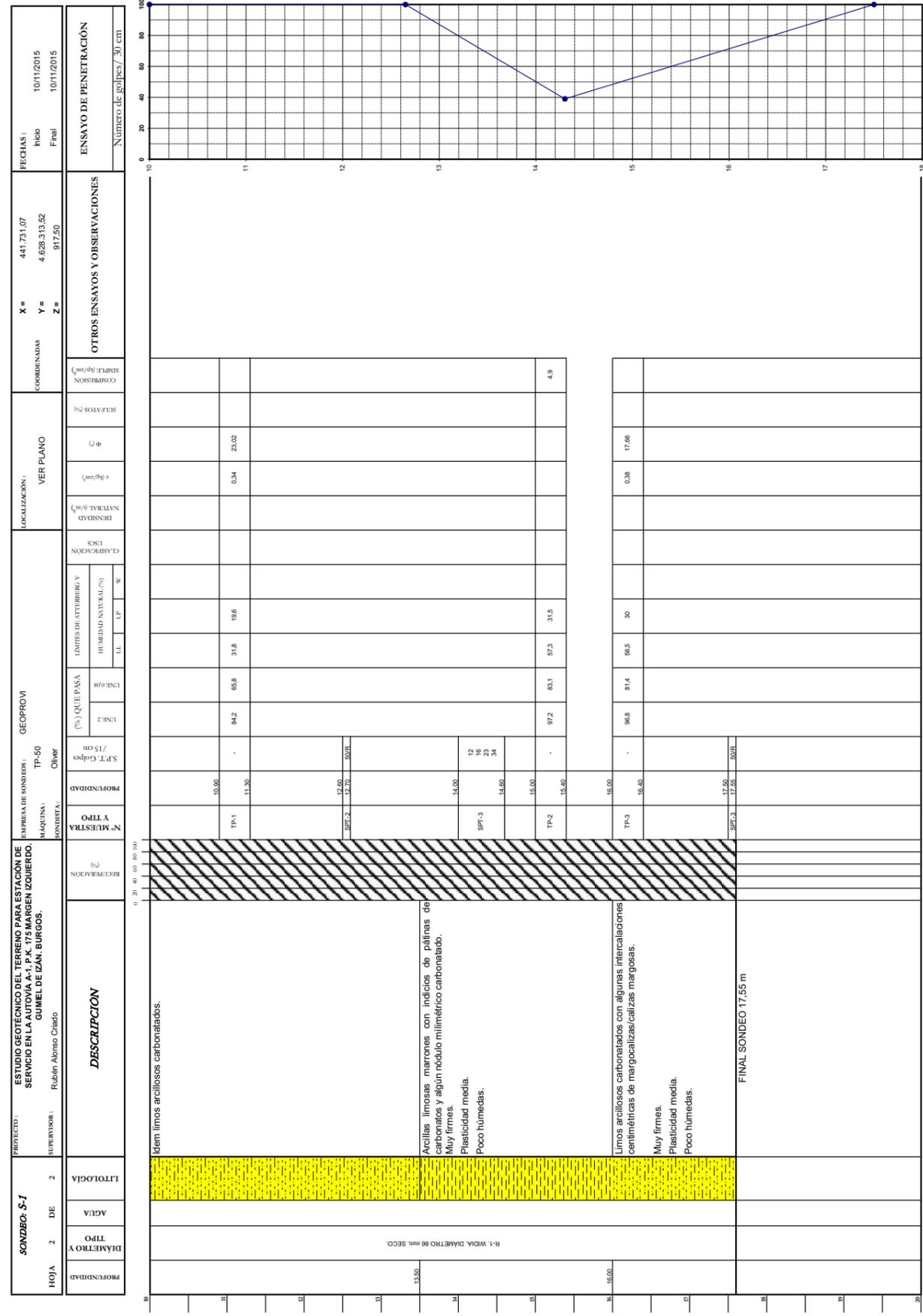


Perforación:
D: Diamante
W: Wisa
φ: Diámetro

Tipo de muestra
M: Muestra naterada
TP: Testigo parafinado
TR: Testigo en roca

Localización: TV: Vane Test Manual
P.M.: Penetrometro Manual

Coordenadas: E/M: Relación Esqueleto -Maiz



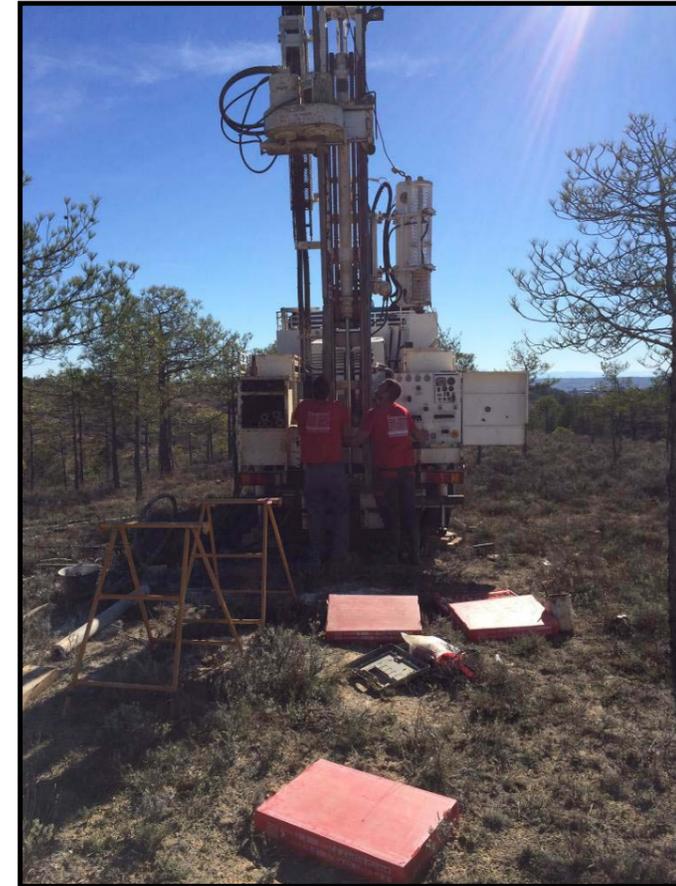
Perforación:
D: Diamante
W: Wisa
φ: Diámetro

Tipo de muestra
M: Muestra naterada
TP: Testigo parafinado
TR: Testigo en roca

Localización: TV: Vane Test Manual
P.M.: Penetrometro Manual

Coordenadas: E/M: Relación Esqueleto -Maiz

REPORTAJE FOTOGRÁFICO SONDEO



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. EMPLAZAMIENTO SONDEO S-1



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. SONDEO S-1. CAJA 1



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. SONDEO S-1. CAJA 2



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. SONDEO S-1. CAJA 4



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. SONDEO S-1. CAJA 3



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. SONDEO S-1. CAJA 5



ESTACIÓN DE SERVICIO A-1, P.K. 175. SONDEO S-1. CAJA 6

Anejo 4

ENSAYOS DE LABORATORIO



RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CLIENTE: **GHM Consultores, S.L.P.**

OBRA: **Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175
margen derecho sentido Madrid. Gumiel de Izán. Burgos.**

Nº OBRA: **2015277**

FECHA INFORME: 26 de noviembre de 2015

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

Área de ensayos de laboratorio de geotecnia (GTL) Nº 03267GTL08:

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

*Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo establecidos en la norma de calidad
UNE-EN ISO/IEC 17025:2005*



GHM Consultores, S.L.P.

Paseo de la Castellana, nº 210 - 8º 2
28046-MADRID

Nº OBRA: 2015277

OBRA: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de Izán.
Burgos.

1. ANTECEDENTES

El día 17 de noviembre de 2015 se recibe en el laboratorio Tecnología del suelo y materiales, S.L. la petición de ensayos de la citada obra, que se compone de cuatro muestras alteradas de suelo en saco, una muestra inalterada de suelo y tres testigos plastificados de suelo.

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

2. ENSAYOS SOLICITADOS

- 2.1. Análisis granulométrico de suelos por tamizado, según norma UNE 103-101:95
- 2.2. Determinación de los límites de Atterberg, según normas UNE 103-103:94 y UNE 103-104:93
- 2.3. Ensayo de rotura a compresión simple, según norma UNE 103-400:93
- 2.4. Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo: ensayo consolidado y drenado (CD), según norma UNE 103401:98
- 2.5. Hinchamiento libre de un suelo en edómetro, según norma UNE 103601:96
- 2.6. Ensayo de colapsabilidad de un suelo en edómetro, según norma NLT 254:99
- 2.7. Ensayo de compactación. Próctor normal, según normas UNE 103500:94
- 2.8. Ensayo de compactación. Próctor modificado, según normas UNE 103501:94
- 2.9. Determinación en laboratorio del Índice C.B.R. de un suelo, según norma UNE 103502:95
- 2.10. Determinación cuantitativa de sulfatos en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83963:2008
- 2.11. Determinación la Acidez Baumann – Gully en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83962:2008
- 2.12. Determinación del contenido en sales solubles en suelos, según norma NLT - 114/99

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de I

Muestra: C-1 1.00-1.5 MA

Fecha: 20 de noviembre de 2015



Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

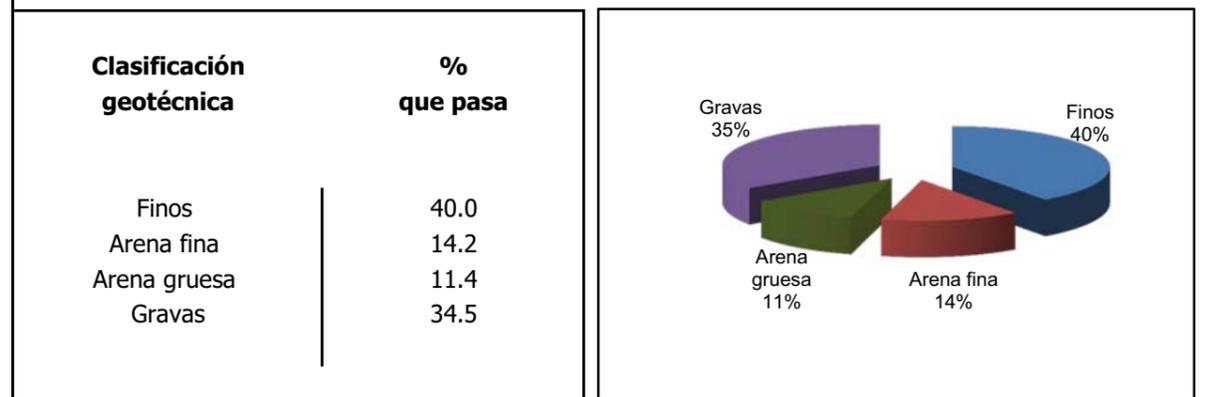
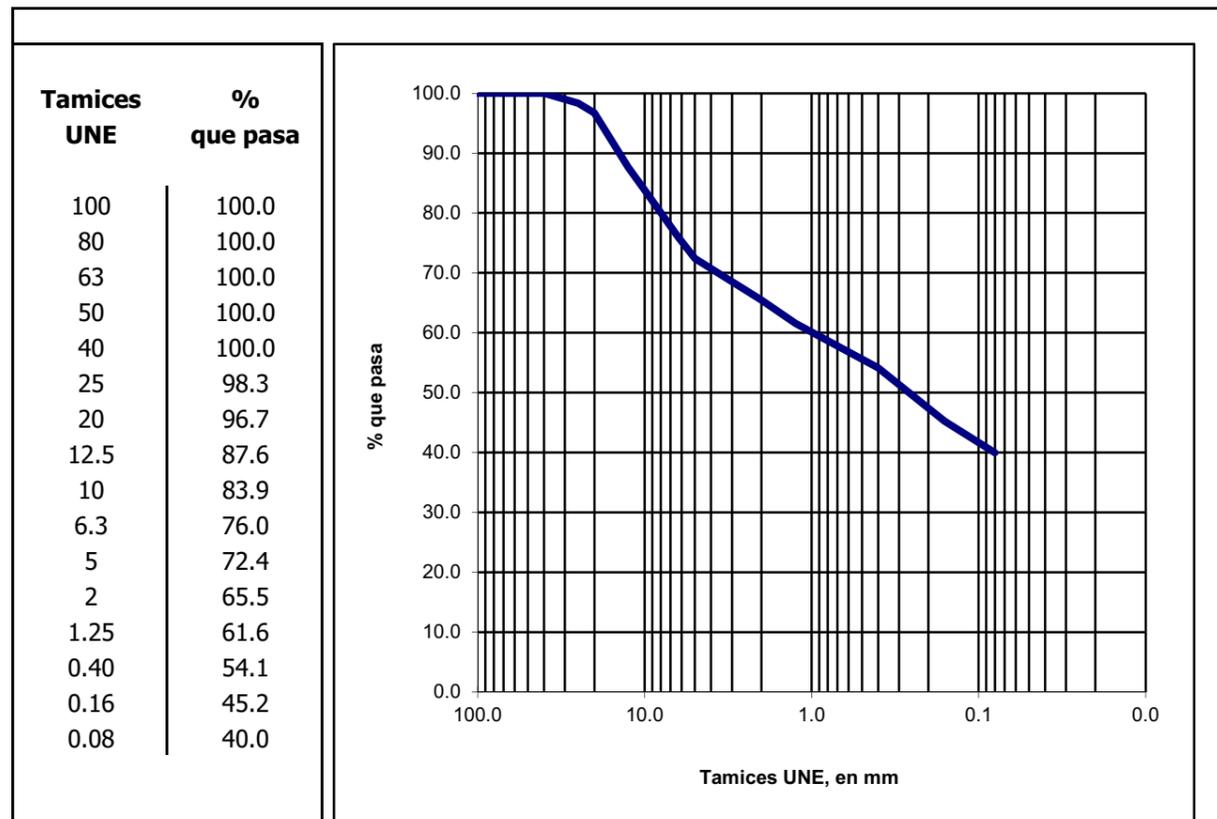
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de I

Muestra: C-2 0.50-1.00 MA

Fecha: 20 de noviembre de 2015



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



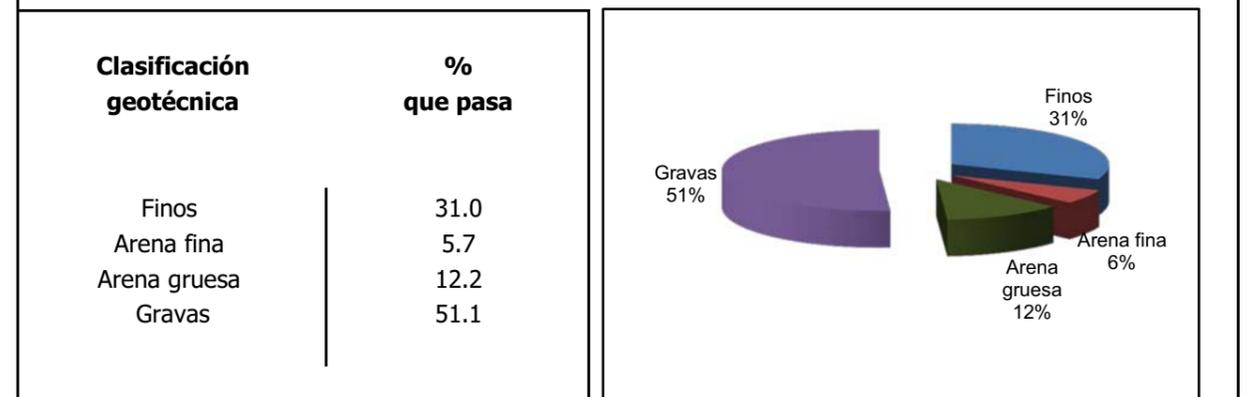
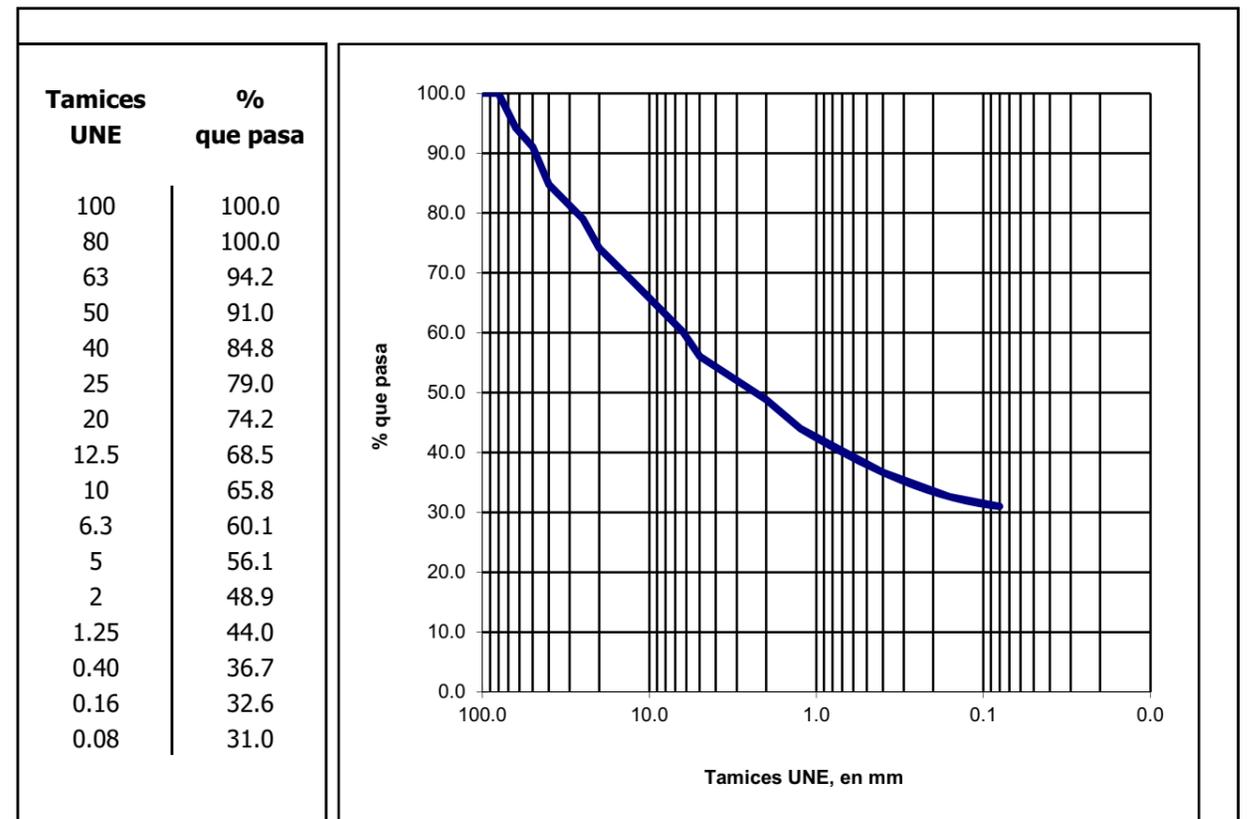
Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de I

Muestra: C-3 0.50-1.00 MA

Fecha: 20 de noviembre de 2015



Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

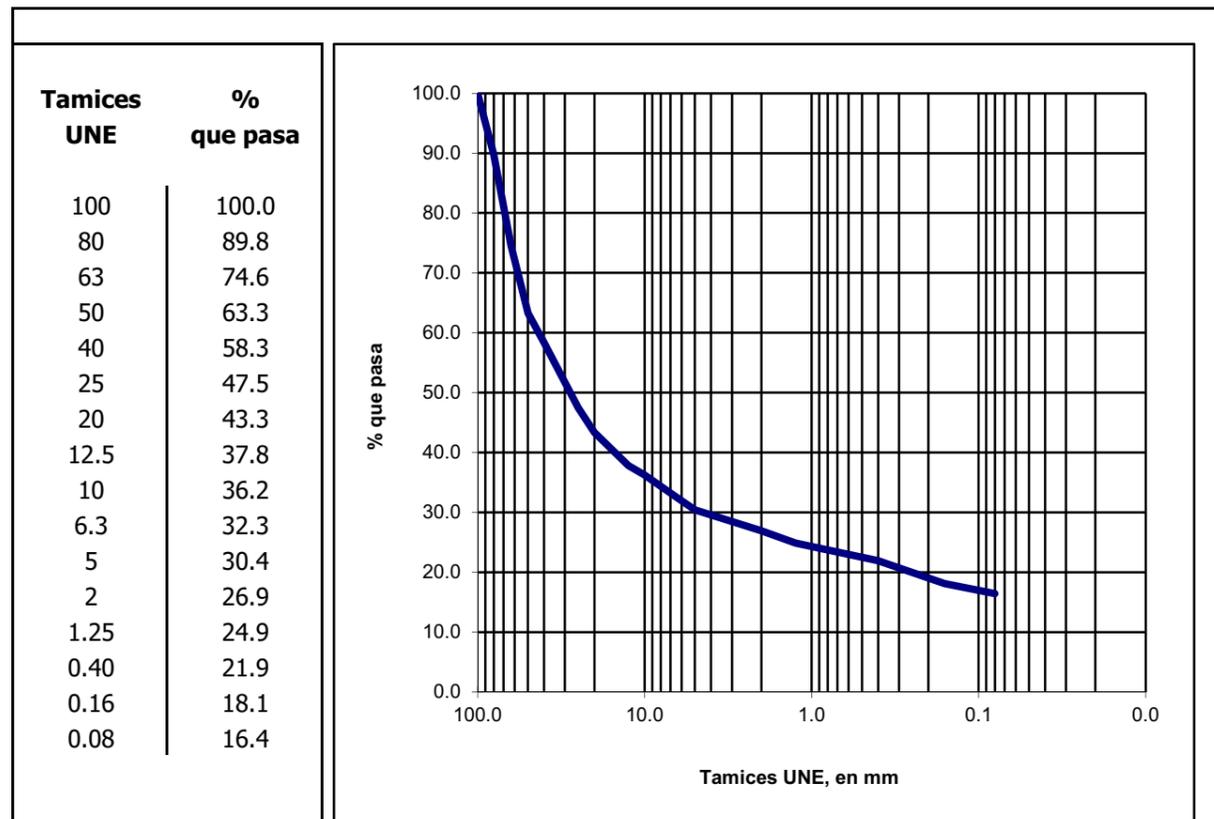
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de I

Muestra: C-4 1.00-1.50 MA

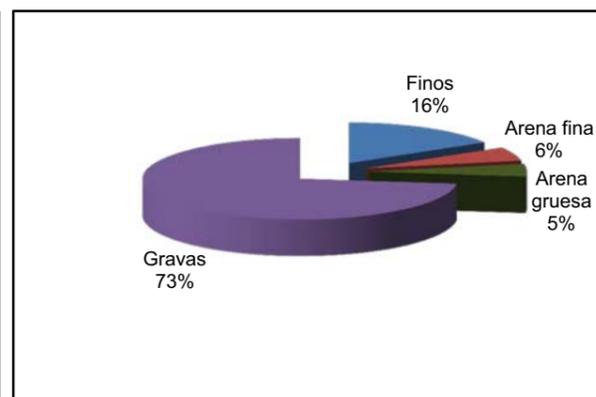
Fecha: 20 de noviembre de 2015



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	16.4
Arena fina	5.5
Arena gruesa	5.0
Gravas	73.1



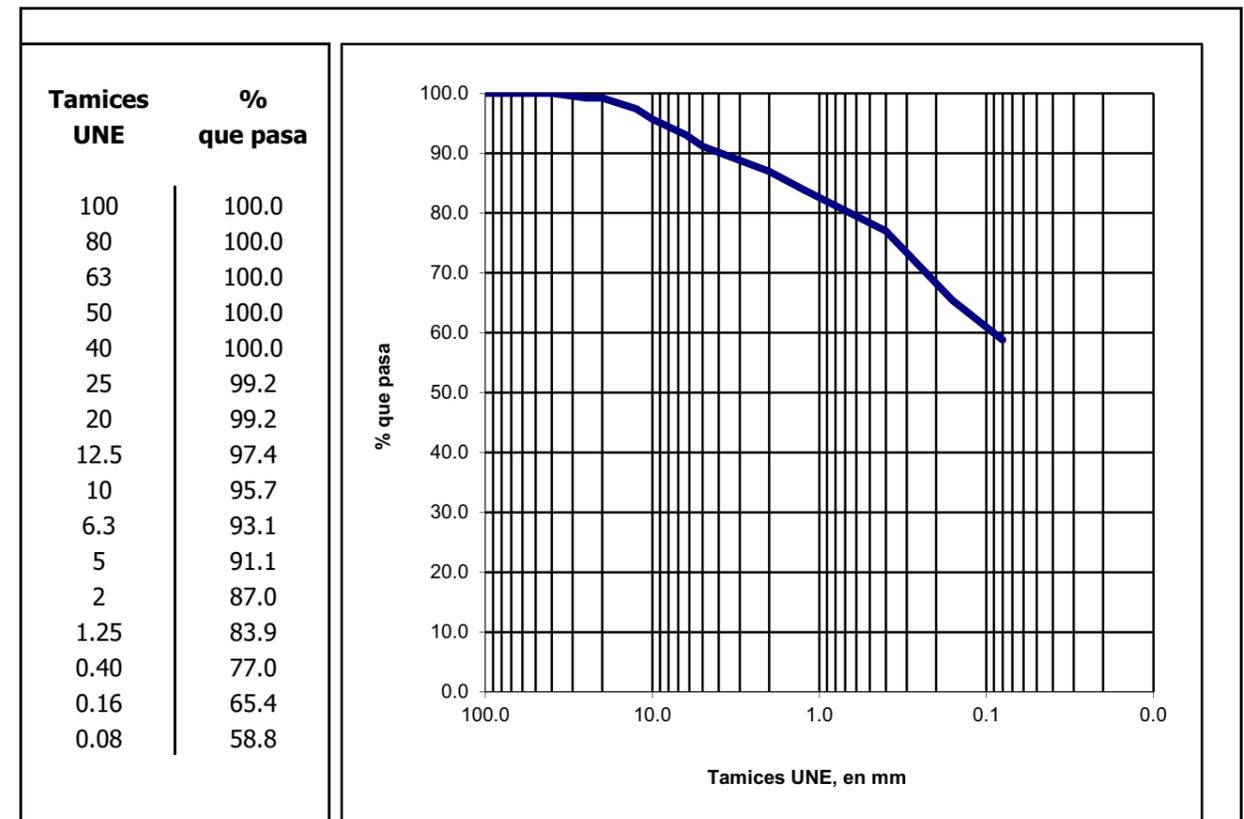
Observaciones: -

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

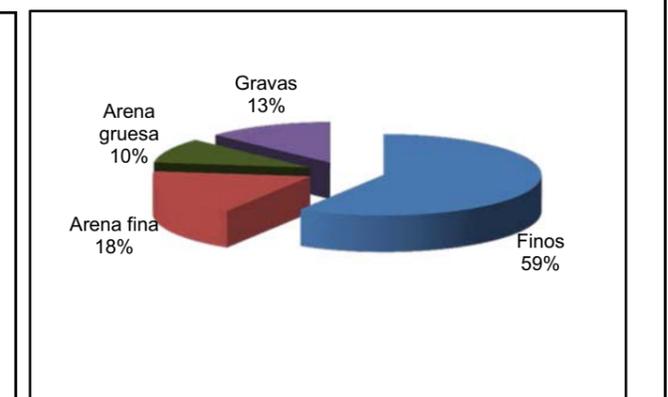
Formato GGT-02/02

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	58.8
Arena fina	18.2
Arena gruesa	9.9
Gravas	13.0



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de I

Muestra: S-1 2.40-2.85 MI-1

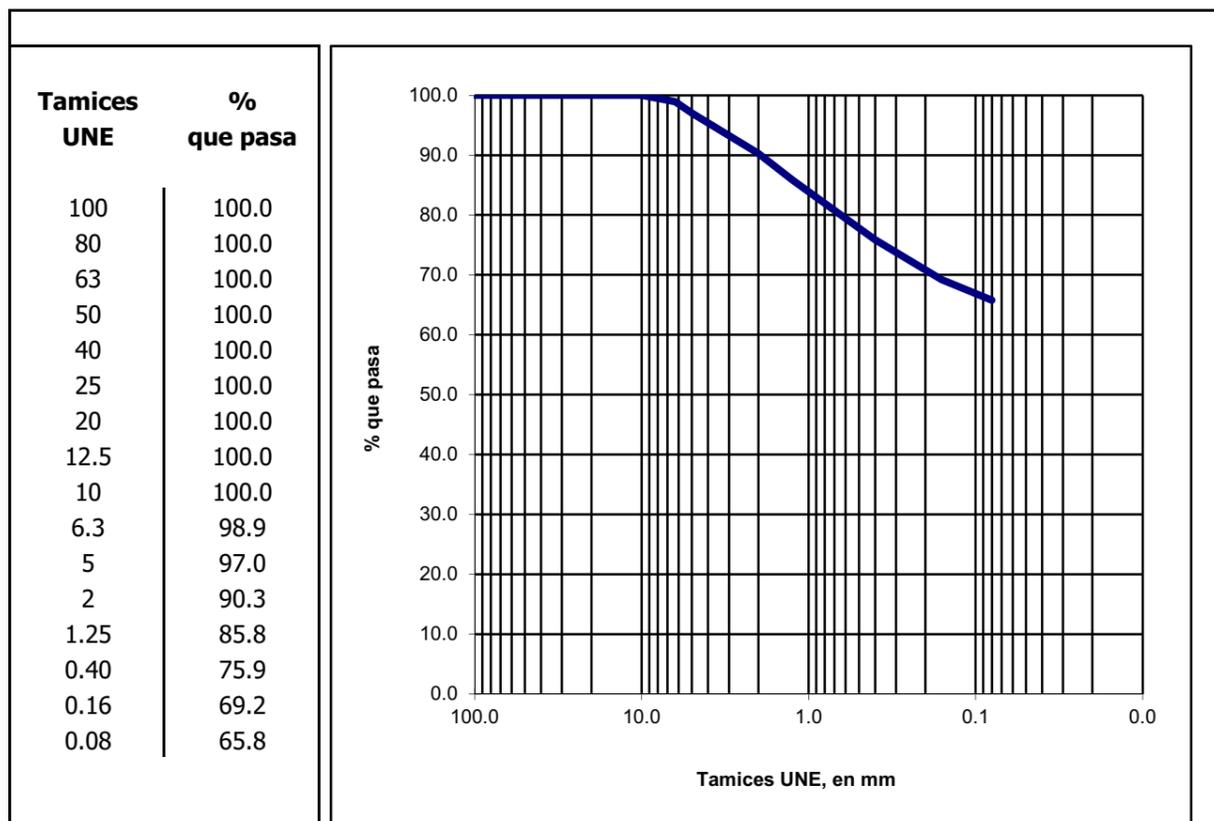
Fecha: 24 de noviembre de 2015



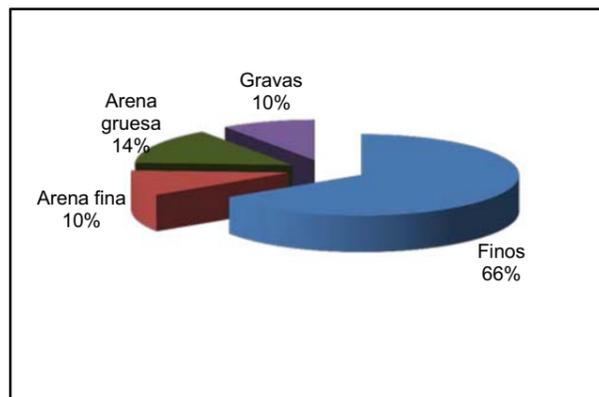
C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	65.8
Arena fina	10.1
Arena gruesa	14.4
Gravas	9.7



Observaciones: -

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de I

Muestra: S-1 10.90-11.30 TP-1

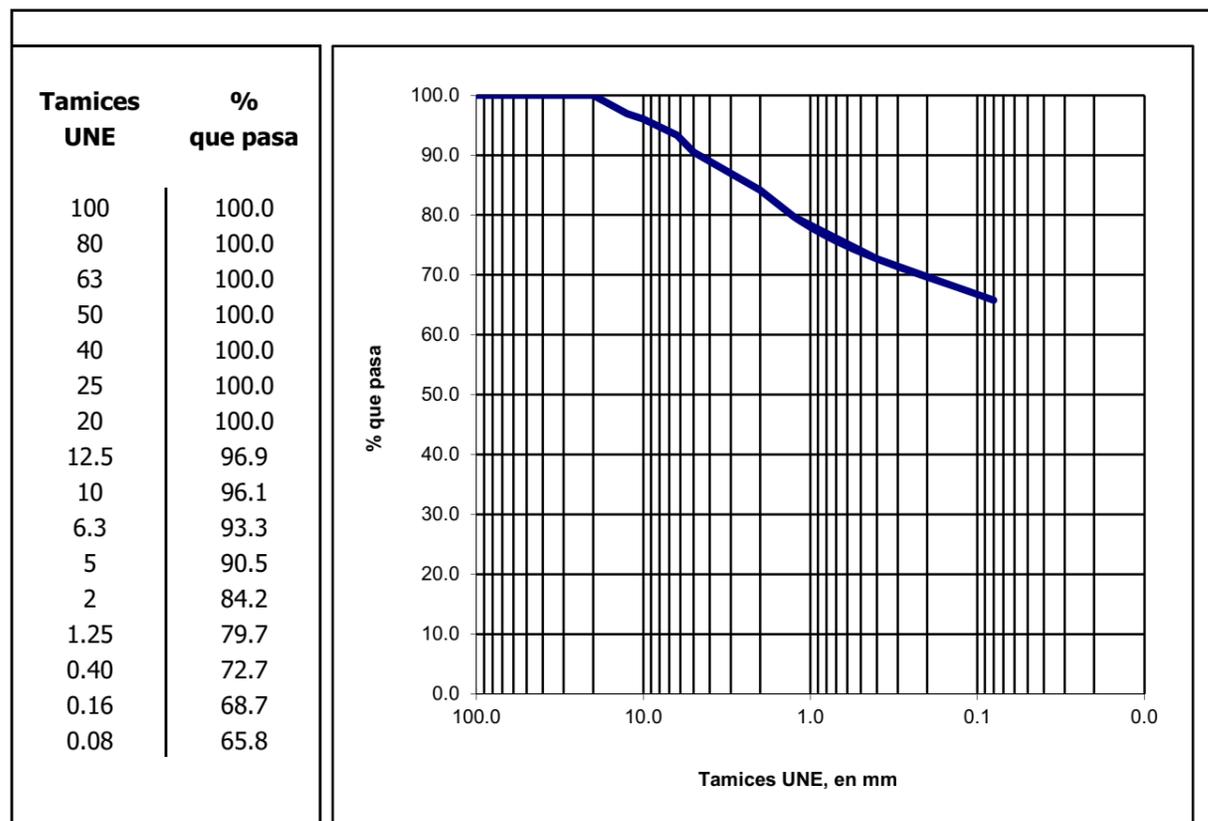
Fecha: 24 de noviembre de 2015



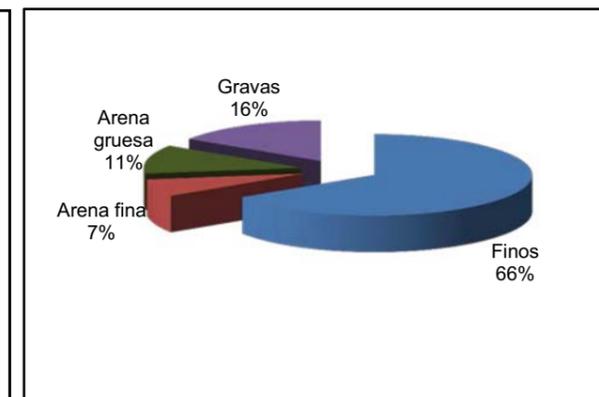
C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	65.8
Arena fina	6.9
Arena gruesa	11.5
Gravas	15.8



Observaciones: -

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de I

Muestra: S-1 15.00-15.40 TP-2

Fecha: 24 de noviembre de 2015



Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

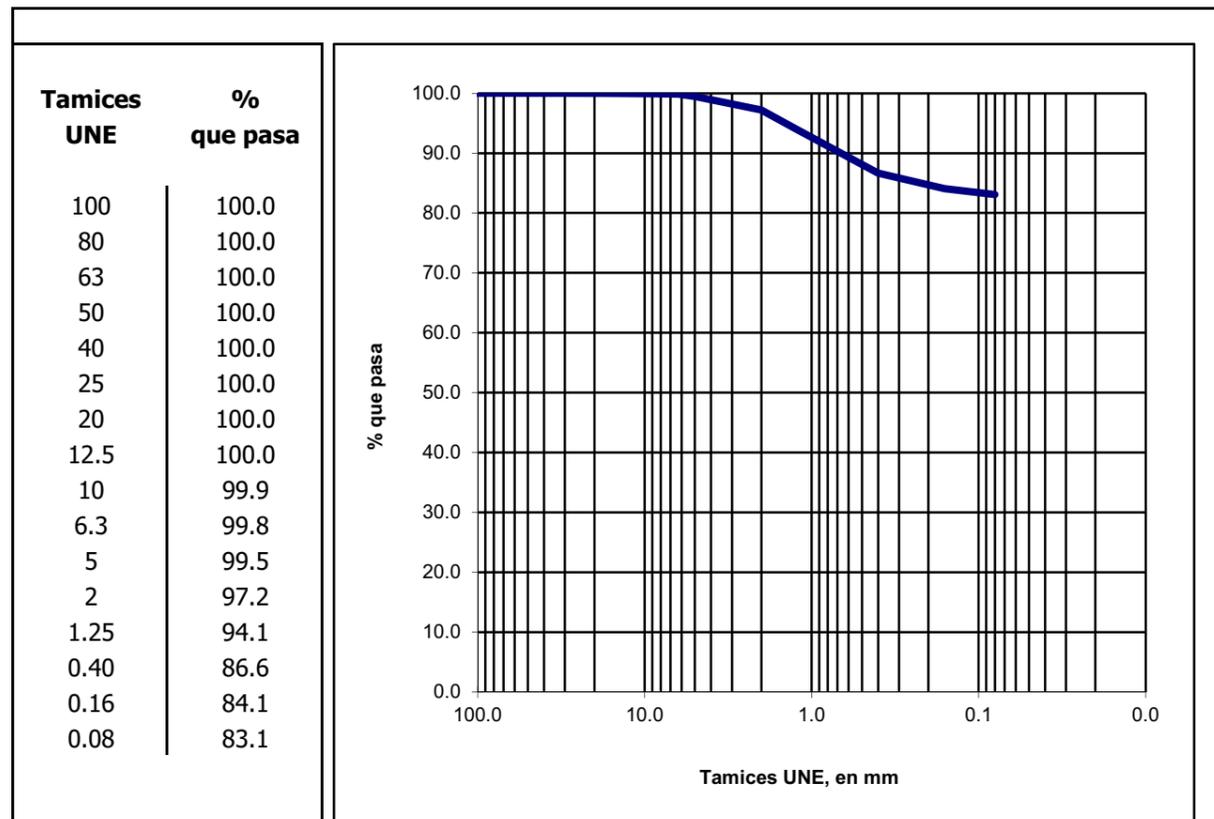
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de I

Muestra: S-1 16.00-16.40 TP-3

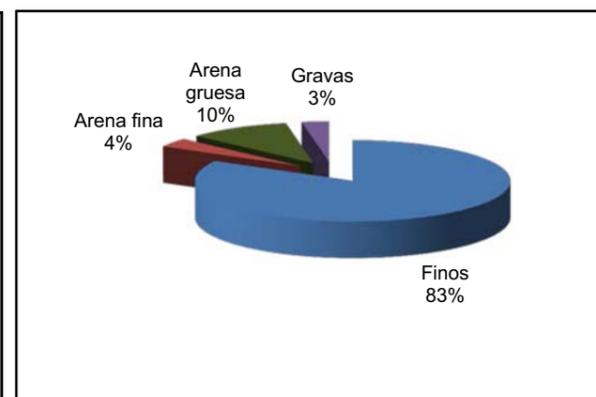
Fecha: 24 de noviembre de 2015



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	83.1
Arena fina	3.6
Arena gruesa	10.5
Gravas	2.8



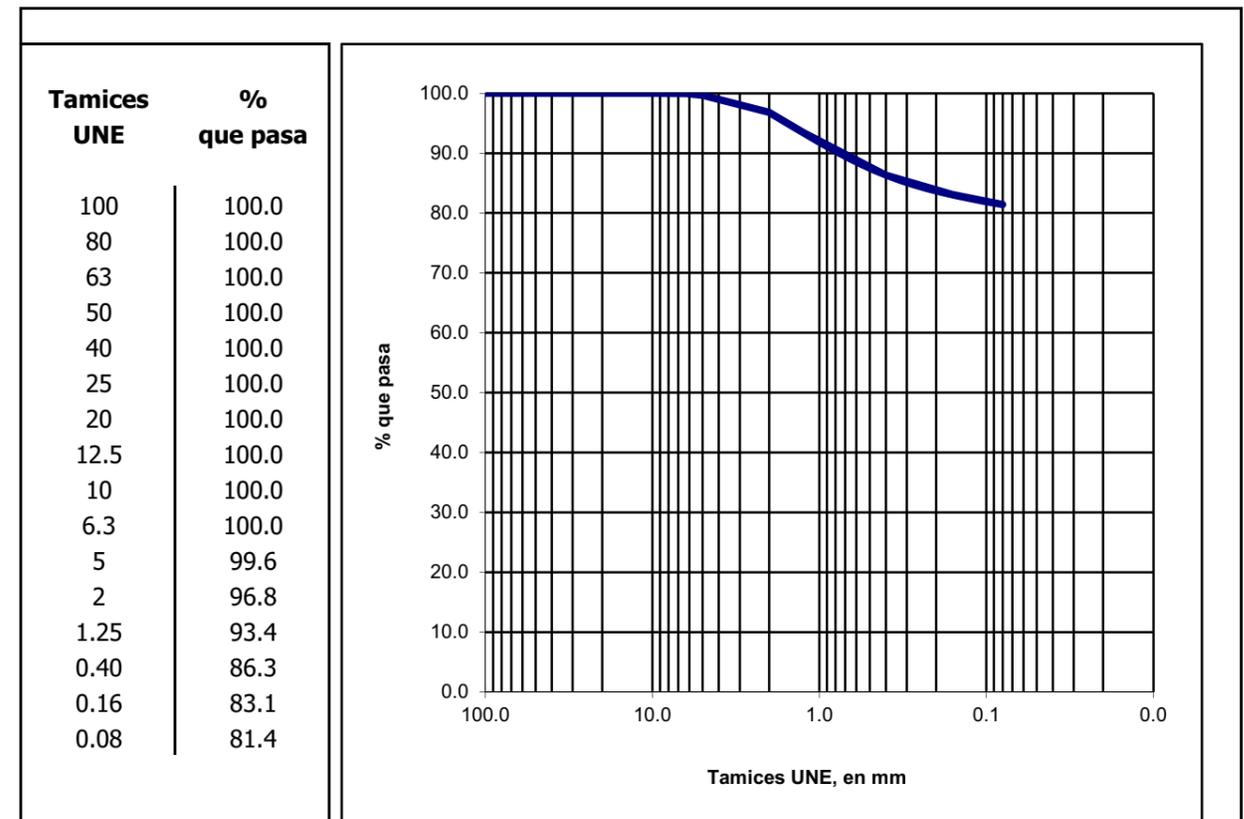
Observaciones: -

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

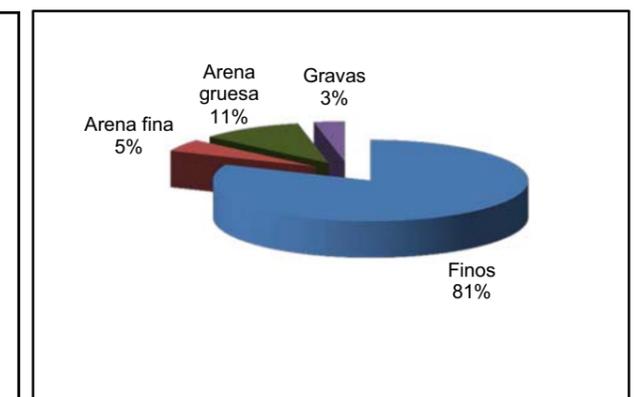
Formato GGT-02/02

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	81.4
Arena fina	4.9
Arena gruesa	10.5
Gravas	3.2



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

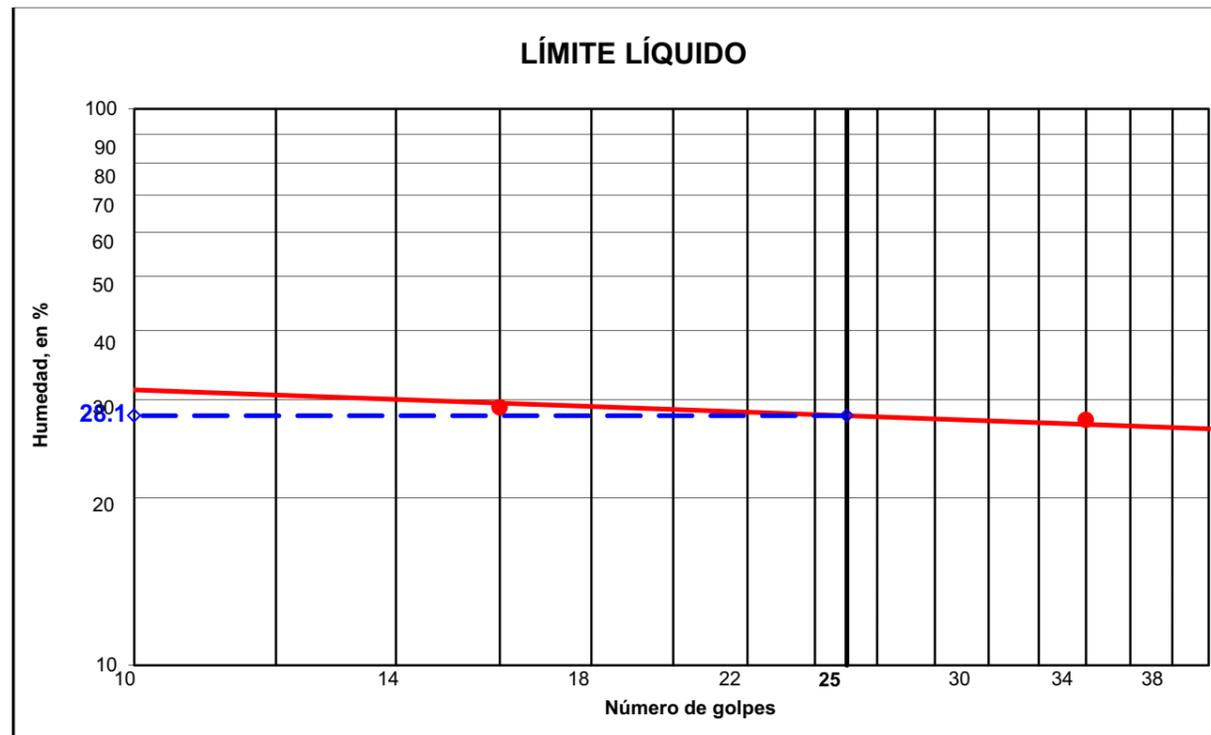
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de

Muestra: C-1 1.00-1.50 MA

Fecha: 25 de noviembre de 2015



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



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

Número de golpes:	16	34
Humedad, en %:	29.1	27.6

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

Humedad, en %: 19.2

RESULTADOS:

Límite líquido:	28.1
Límite plástico:	19.2
Índice de plasticidad	8.9

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

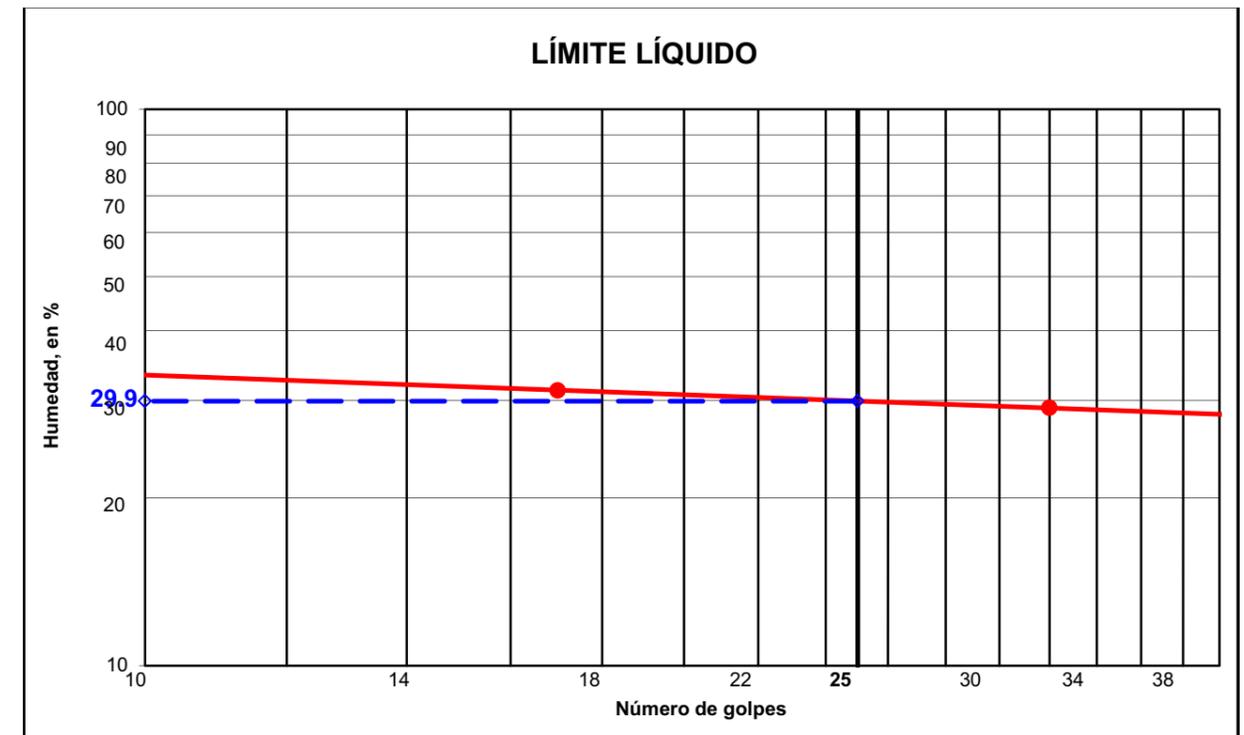
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de

Muestra: C-2 0.50-1.00 MA

Fecha: 24 de noviembre de 2015



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



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

Número de golpes:	17	32
Humedad, en %:	31.2	29.1

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

Humedad, en %: 21.3

RESULTADOS:

Límite líquido:	29.9
Límite plástico:	21.3
Índice de plasticidad	8.6

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

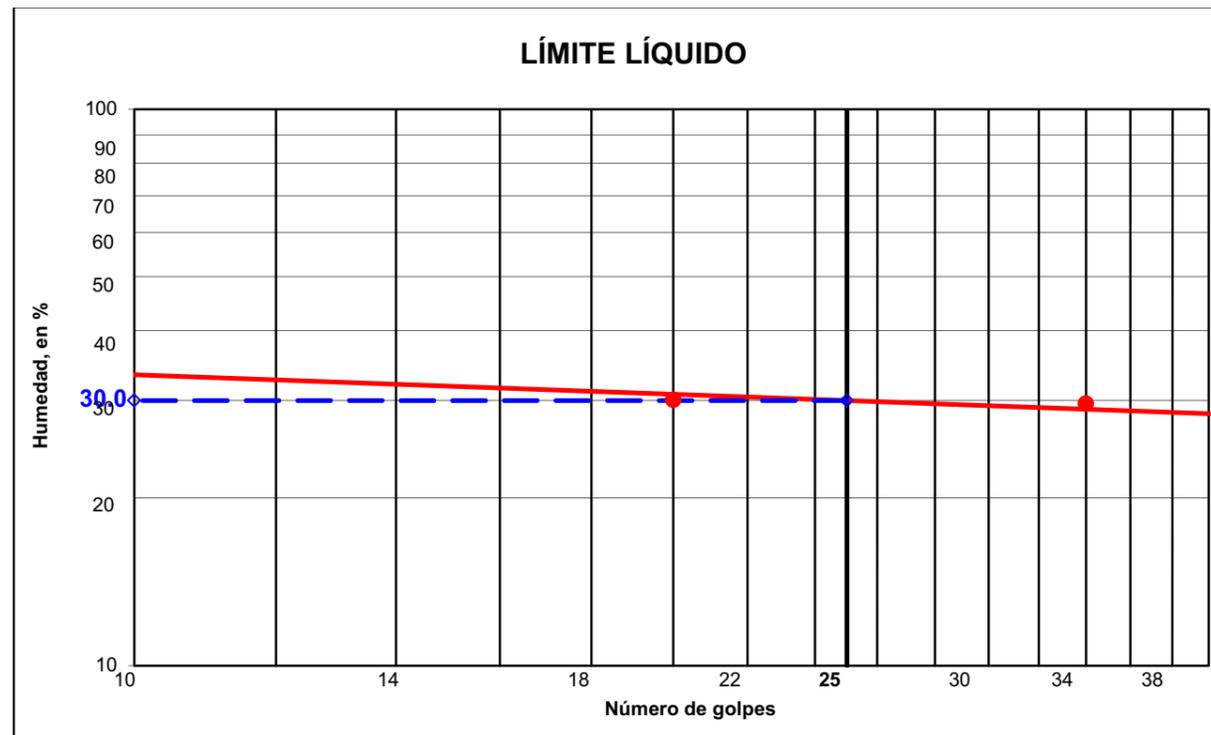
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de

Muestra: C-3 0.50-1.00 MA

Fecha: 24 de noviembre de 2015



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



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

Número de golpes:	20	34
Humedad, en %:	30.1	29.6

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

Humedad, en %:	23.2
----------------	------

RESULTADOS:

Límite líquido:	30.0
Límite plástico:	23.2
Índice de plasticidad	6.8

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

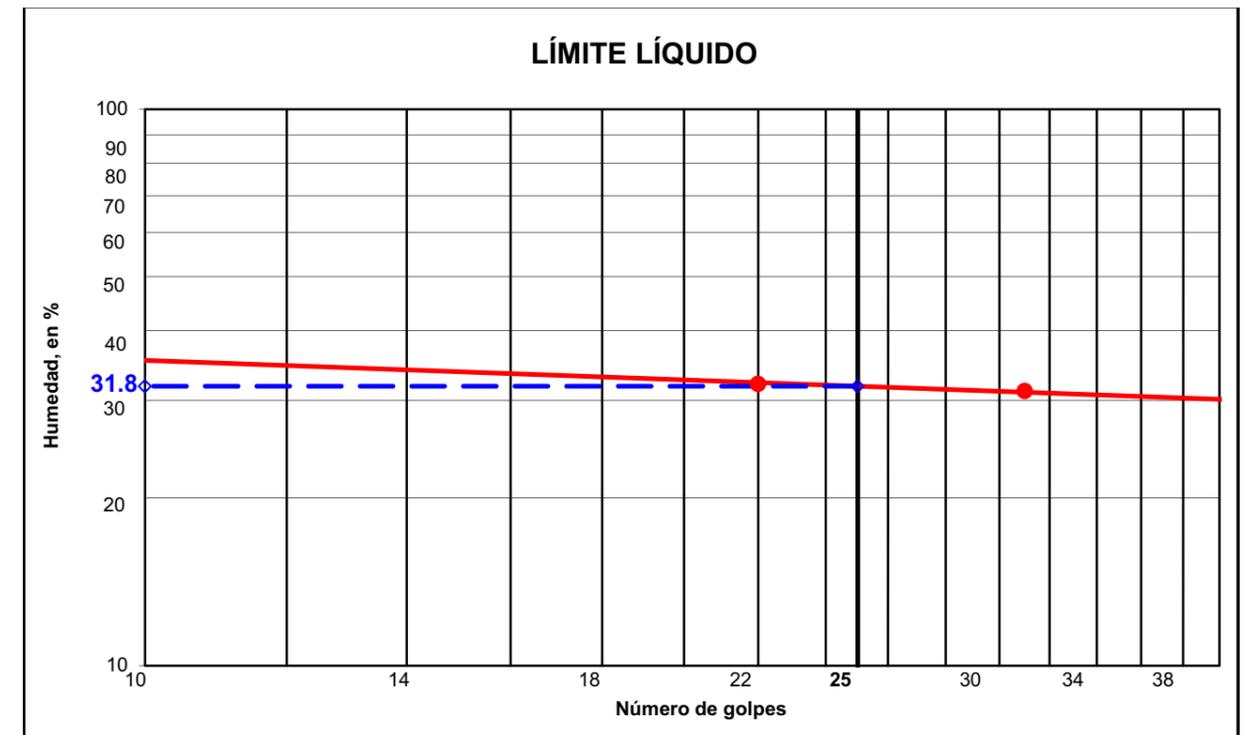
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de

Muestra: C-4 1.00-1.50 MA

Fecha: 24 de noviembre de 2015



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



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

Número de golpes:	22	31
Humedad, en %:	32.1	31.2

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

Humedad, en %:	22.2
----------------	------

RESULTADOS:

Límite líquido:	31.8
Límite plástico:	22.2
Índice de plasticidad	9.6

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

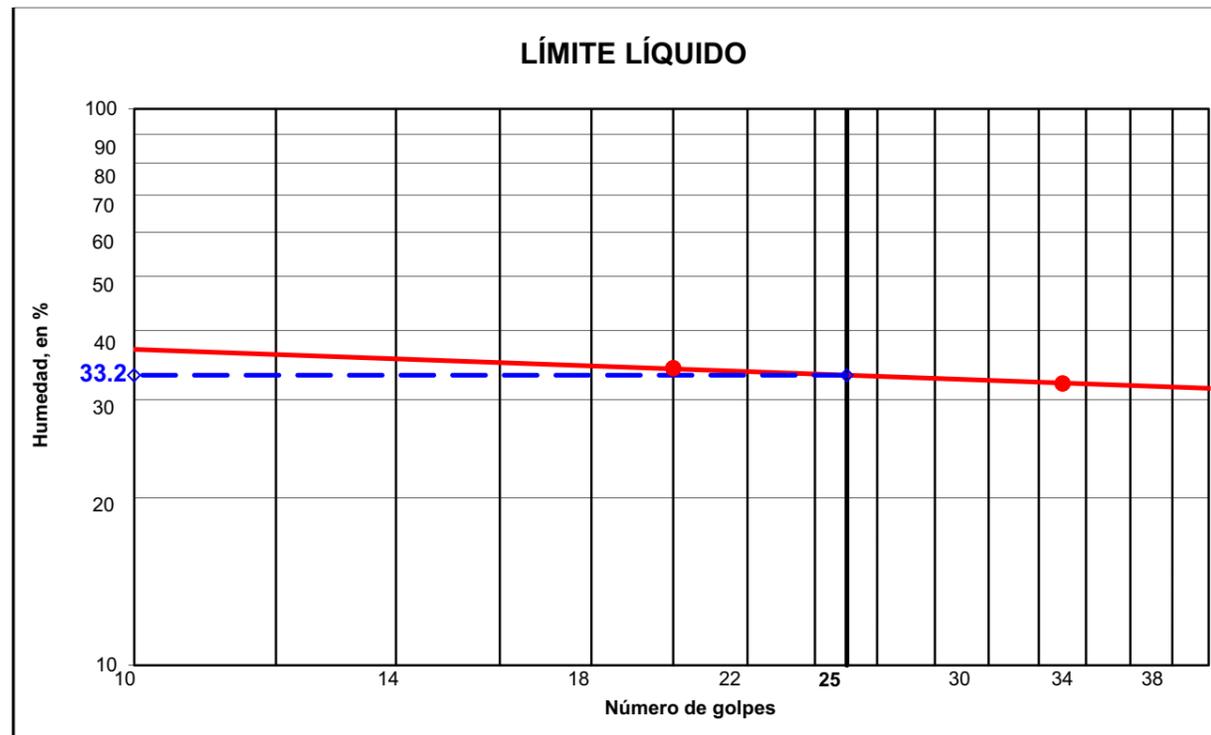
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de

Muestra: S-1 2.40-2.85 MI-1

Fecha: 25 de noviembre de 2015



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



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

Número de golpes:	20	33
Humedad, en %:	34.2	32.1

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

Humedad, en %: 20.0

RESULTADOS:

Límite líquido:	33.2
Límite plástico:	20.0
Índice de plasticidad	13.2

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

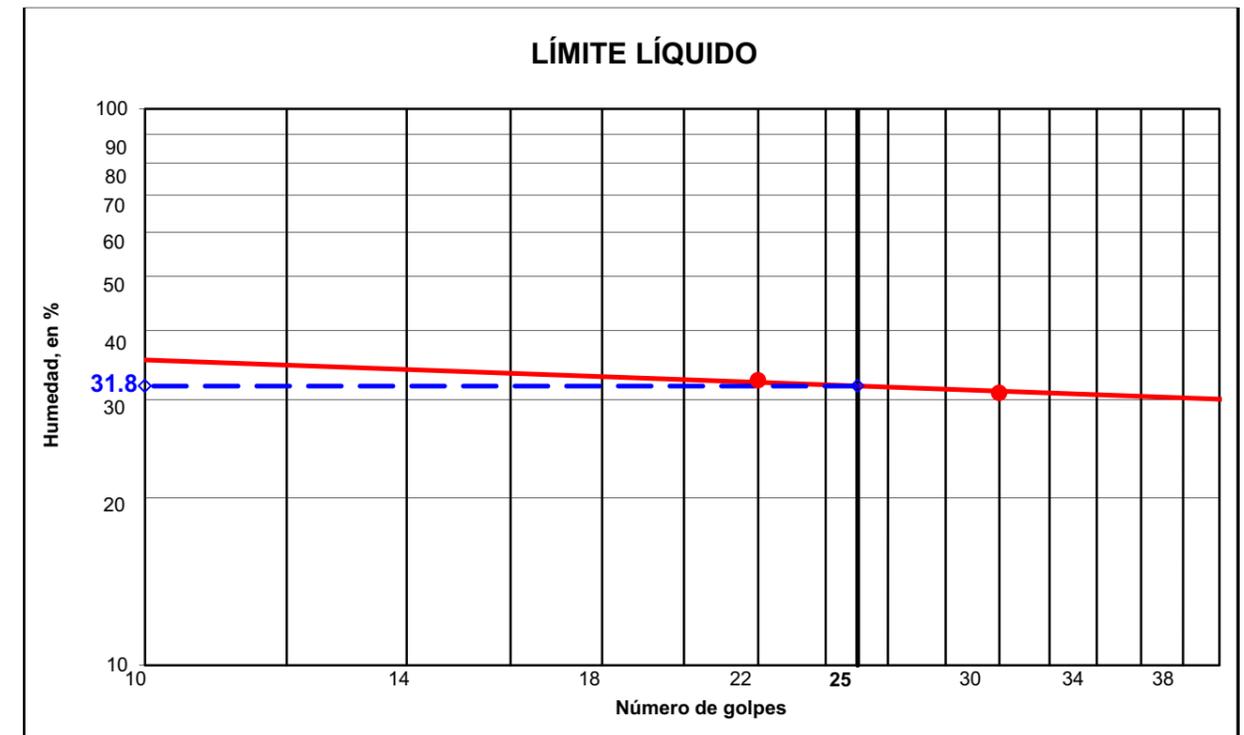
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de

Muestra: S-1 10.90-11.30 TP-1

Fecha: 25 de noviembre de 2015



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



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

Número de golpes:	22	30
Humedad, en %:	32.5	30.9

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

Humedad, en %: 19.6

RESULTADOS:

Límite líquido:	31.8
Límite plástico:	19.6
Índice de plasticidad	12.2

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

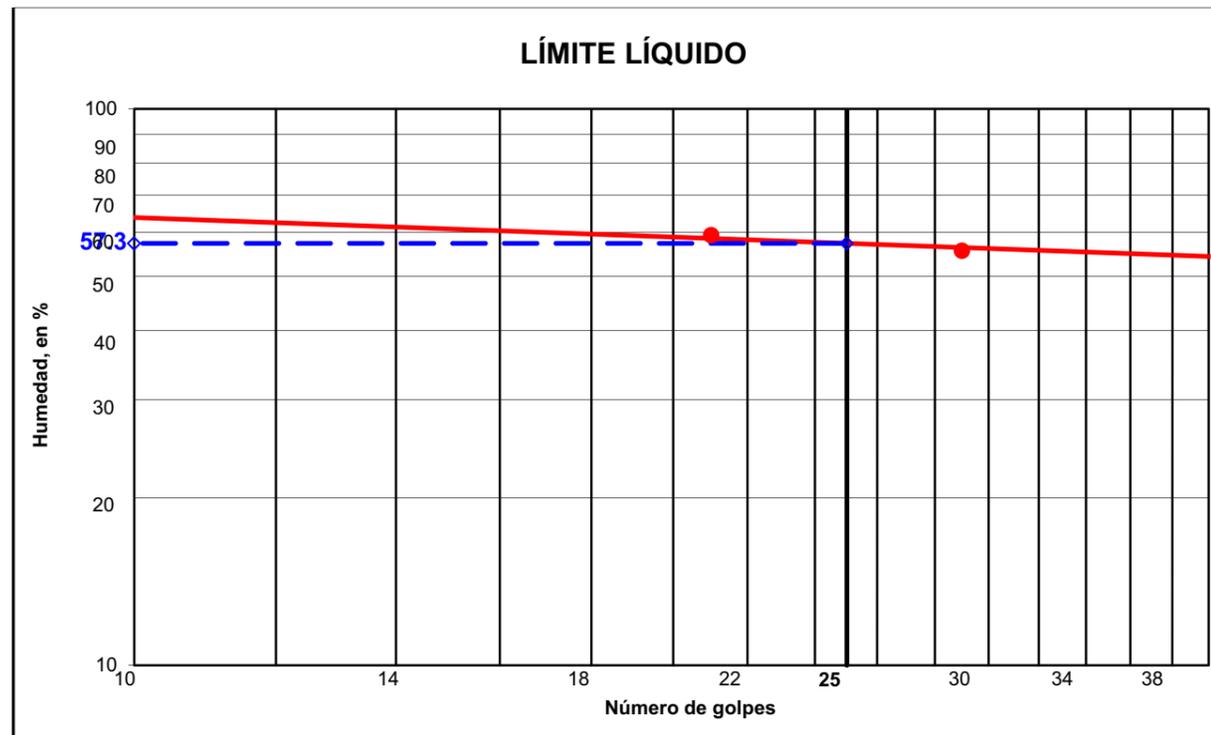
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de

Muestra: S-1 15.00-15.40 TP-2

Fecha: 25 de noviembre de 2015



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



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

Número de golpes:	21	29
Humedad, en %:	59.3	55.6

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

Humedad, en %: 31.5

RESULTADOS:

Límite líquido:	57.3
Límite plástico:	31.5
Índice de plasticidad	25.8

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

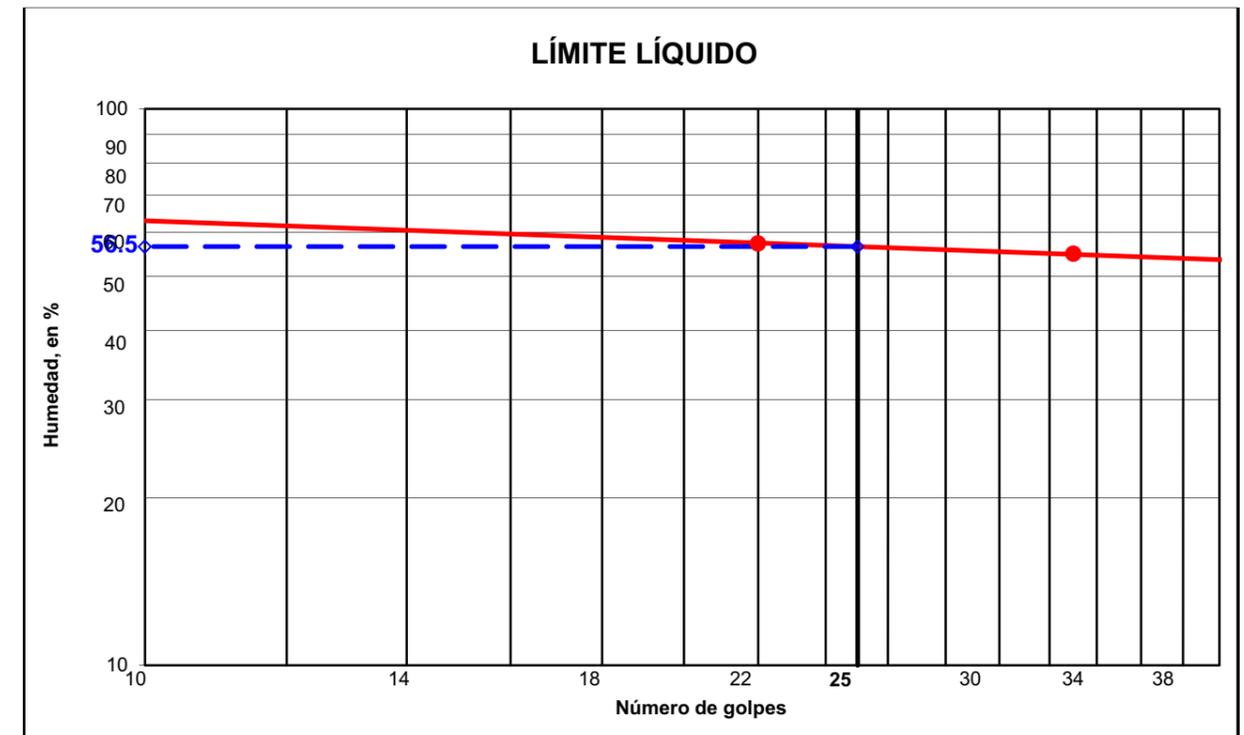
Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de

Muestra: S-1 16.00-16.40 TP-3

Fecha: 25 de noviembre de 2015



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



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

Número de golpes:	22	33
Humedad, en %:	57.3	54.9

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

Humedad, en %: 30.0

RESULTADOS:

Límite líquido:	56.5
Límite plástico:	30.0
Índice de plasticidad	26.5

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumie

Muestra: S-1 2.40-2.85 MI-1

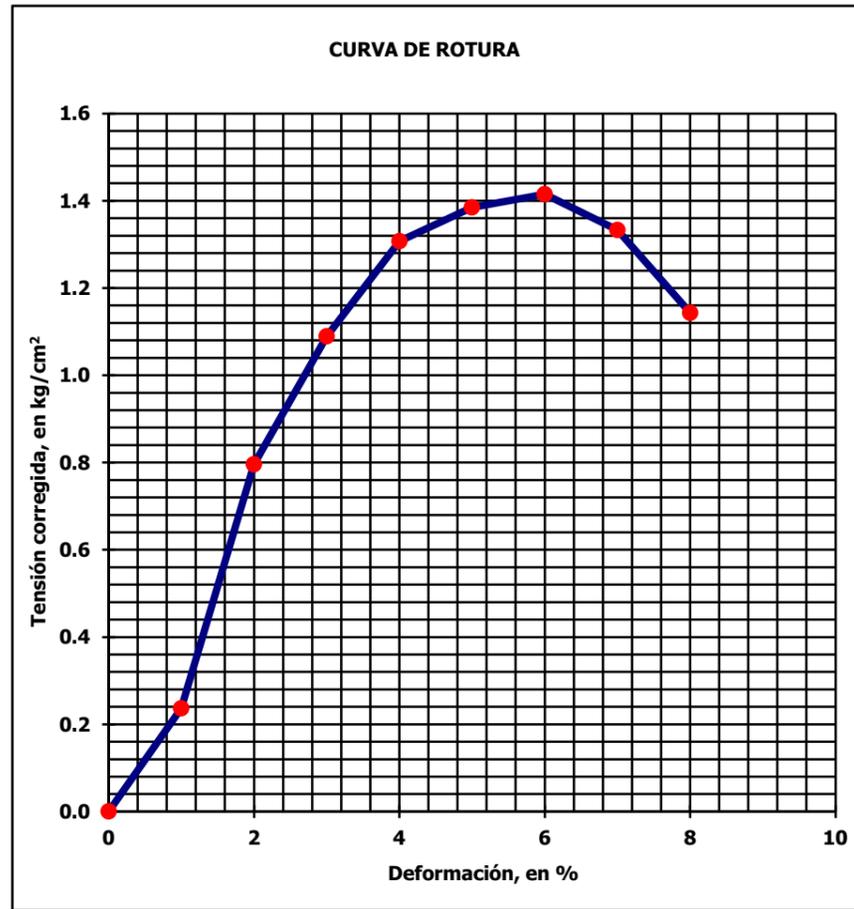
Fecha: 20 de noviembre de 2015



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

Tipo de probeta	Diámetro, en cm	Altura, en cm	Humedad, en %	Densidad seca, en g/cm ³	Resistencia, en kg/cm ²
Inalterada	7.3	14.6	20.8	1.485	1.4
			Factor esbeltez	Deformación, en %	Resistencia, en kPa
			1.000	6.0	139

Deformación en %	Tensión corregida en kg/cm ²
0	0.0
1	0.2
2	0.8
3	1.1
4	1.3
5	1.4
6	1.4
7	1.3
8	1.1



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

Forma de rotura: Inalterada Remoldeada

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumie

Muestra: S-1 15.00-15.40 TP-2

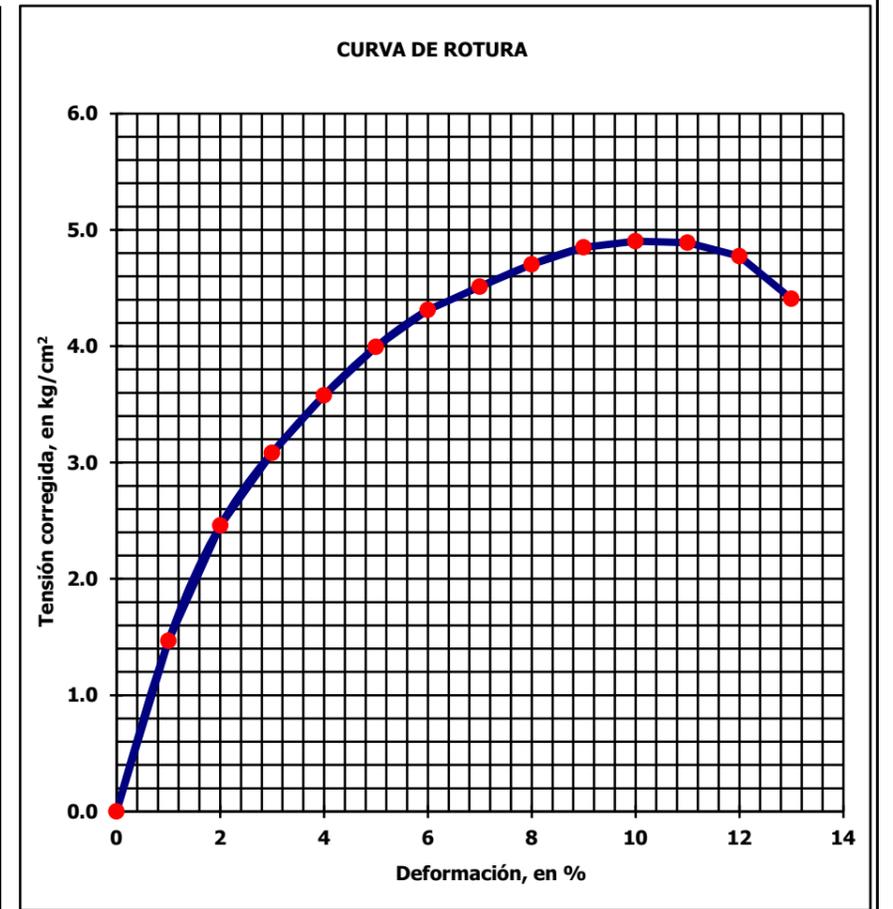
Fecha: 20 de noviembre de 2015



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

Tipo de probeta	Diámetro, en cm	Altura, en cm	Humedad, en %	Densidad seca, en g/cm ³	Resistencia, en kg/cm ²
Inalterada	7.3	14.6	19.5	1.801	4.9
			Factor esbeltez	Deformación, en %	Resistencia, en kPa
			1.000	11.0	481

Deformación en %	Tensión corregida en kg/cm ²
0	0.0
1	1.5
2	2.5
3	3.1
4	3.6
5	4.0
6	4.3
7	4.5
8	4.7
9	4.8
10	4.9
11	4.9
12	4.8
13	4.4



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

Forma de rotura: Inalterada Remoldeada

Observaciones: -

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel

Muestra: S-1 10.90-11.30 TP-1

Fecha: 25 de noviembre de 2015



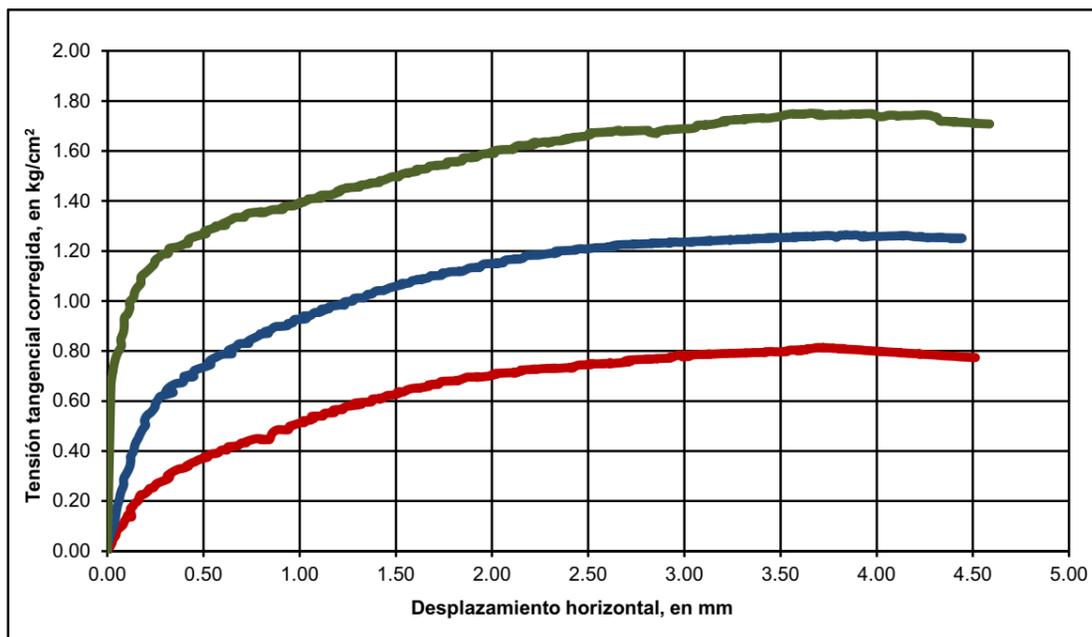
C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

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

Tipo de muestra: Inalterada Velocidad de rotura, en mm/min: 0.050
Tipo de ensayo: Ensayo consolidado y drenado (CD)

	I	II	III
Número de probeta			
Cargas verticales, en kg/cm ²	1.00	2.00	3.00
Humedad inicial, en %	22.1	22.4	22.1
Humedad final, en %	24.5	22.3	18.6
Densidad húmeda, en g/cm ³	2.039	1.999	2.001
Densidad seca, en g/cm ³	1.638	1.635	1.687
Sección, en cm ²	19.48	19.48	19.48
Volumen, en cm ³	34.87	34.87	34.87
Deformación horizontal en la rotura, en mm	3.69	3.84	3.65
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.10	2.22	3.31
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	0.81	1.27	1.75
Tensiones normales corregidas, en kPa	108	217	324
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	80	124	172
Ángulo de rozamiento interno, en °	23.02		
Cohesión, en kg/cm²	0.34		



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

Observaciones: -

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel

Muestra: S-1 10.90-11.30 TP-1

Fecha: 25 de noviembre de 2015

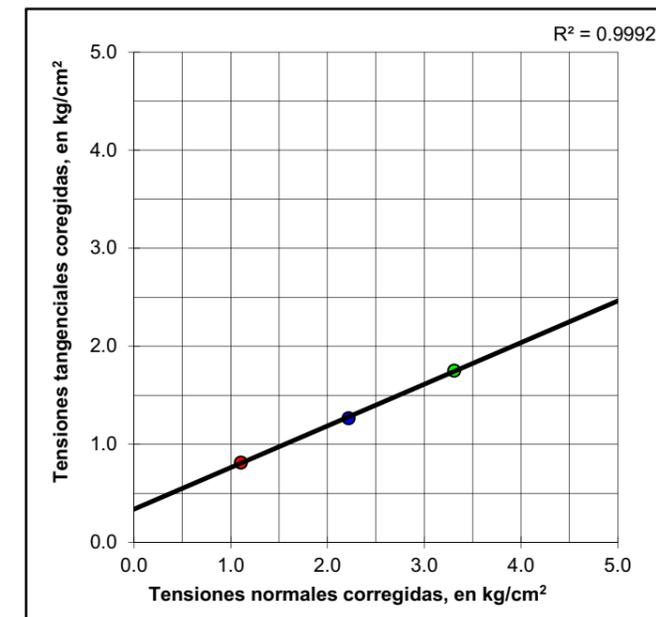
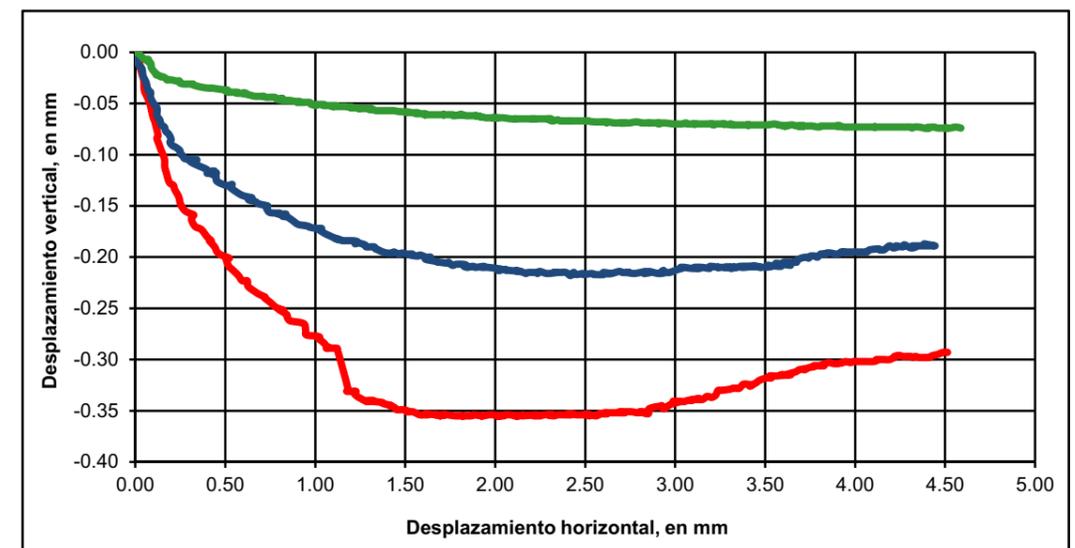


C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

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

REPRESENTACIONES GRÁFICAS



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

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

Observaciones: -

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel

Muestra: S-1 16.00-16.40 TP-3

Fecha: 26 de noviembre de 2015



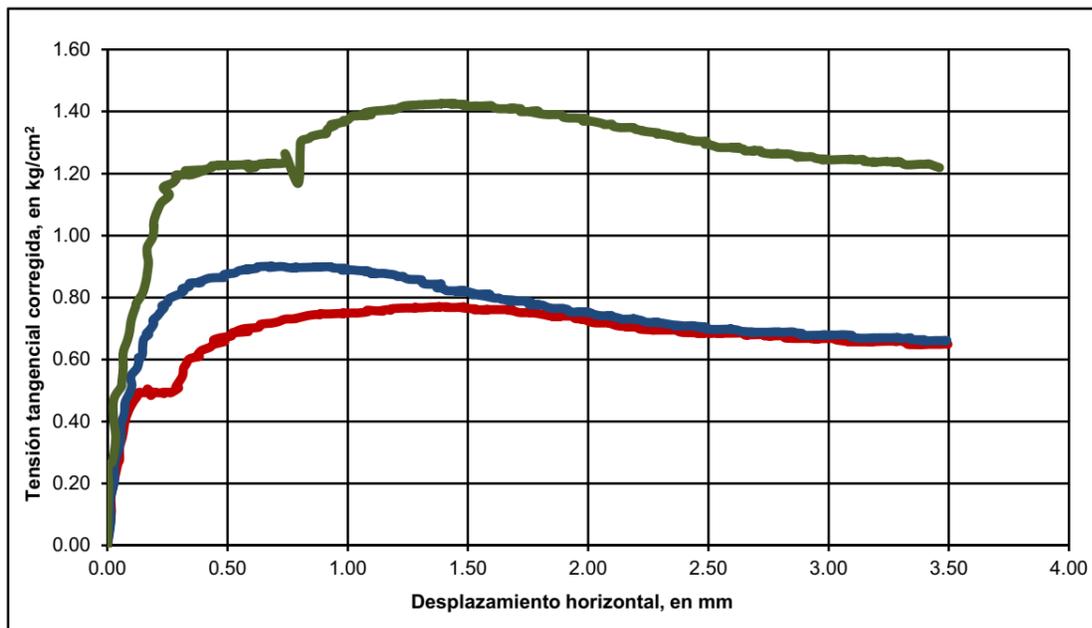
C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

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

Tipo de muestra: Inalterada Velocidad de rotura, en mm/min: 0.050
Tipo de ensayo: Ensayo consolidado y drenado (CD)

	I	II	III
Número de probeta			
Cargas verticales, en kg/cm ²	1.00	2.00	3.00
Humedad inicial, en %	20.7	21.4	21.6
Humedad final, en %	24.0	23.7	22.0
Densidad húmeda, en g/cm ³	2.081	2.078	2.044
Densidad seca, en g/cm ³	1.678	1.679	1.674
Sección, en cm ²	19.48	19.48	19.48
Volumen, en cm ³	34.87	34.87	34.87
Deformación horizontal en la rotura, en mm	1.38	0.69	1.41
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.04	2.04	3.11
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	0.77	0.90	1.43
Tensiones normales corregidas, en kPa	102	200	305
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	76	88	140
Ángulo de rozamiento interno, en °	17.66		
Cohesión, en kg/cm²	0.38		



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

Observaciones: -

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel

Muestra: S-1 16.00-16.40 TP-3

Fecha: 26 de noviembre de 2015

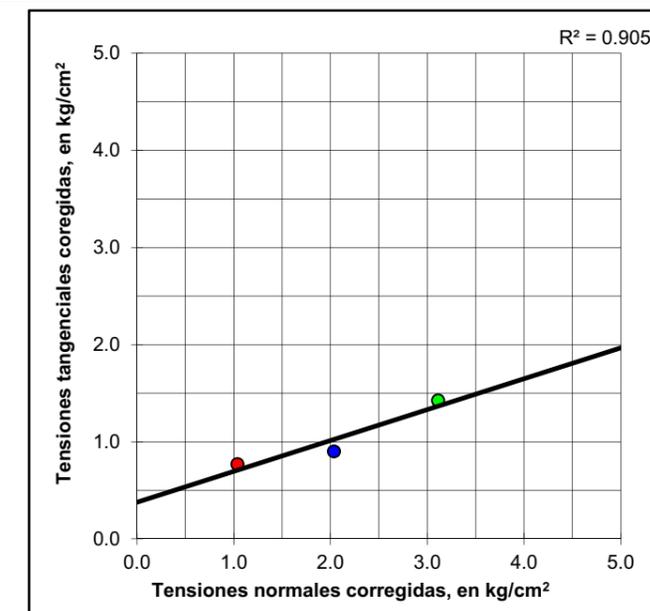
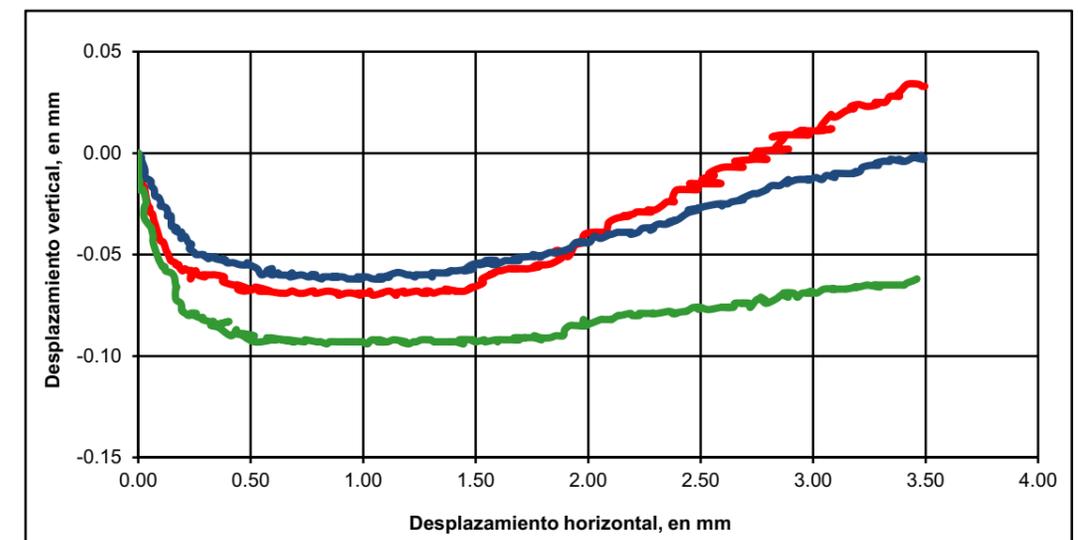


C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

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

REPRESENTACIONES GRÁFICAS



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

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

Observaciones: -

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid.

Muestra: C-1 1.00-1.50 MA

Fecha: 24 de noviembre de 2015



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

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

ENSAYO DE HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO UNE 103601:96

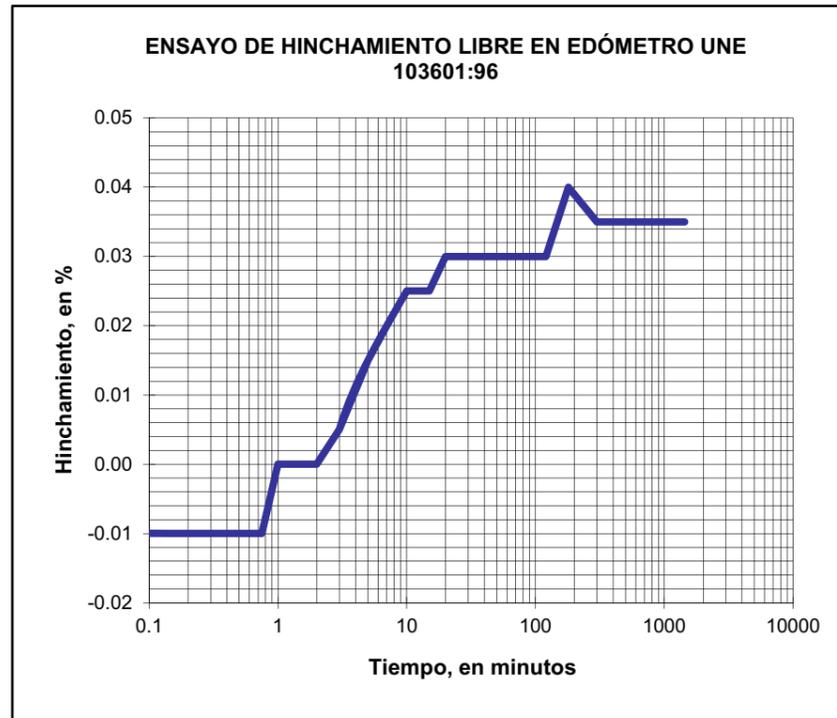
DATOS DEL ENSAYO

Humedad inicial, en %	12.8	Presión ejercida, en kPa	10
Humedad final, en %	18.0	Altura inicial de la probeta, en mm	20.00
Densidad seca, en g/cm ³	1.806	Altura final de la probeta, en mm	20.01

RESULTADOS DEL ENSAYO

Hinchamiento libre, en mm	0.01
Hinchamiento libre, en %	0.04

Tiempo en min	Hinchamiento en %
0.00	0.00
0.15	-0.01
0.25	-0.01
0.50	-0.01
0.75	-0.01
1	0.00
2	0.00
3	0.01
5	0.02
7	0.02
10	0.02
15	0.02
20	0.03
30	0.03
45	0.03
60	0.03
120	0.03
180	0.04
300	0.04
420	0.04
1440	0.04



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

Observaciones: Probeta remoldeada a la humedad y a la densidad seca del próctor normal.

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid.

Muestra: C-4 1.00-1.50 MA

Fecha: 24 de noviembre de 2015



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

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

ENSAYO DE HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO UNE 103601:96

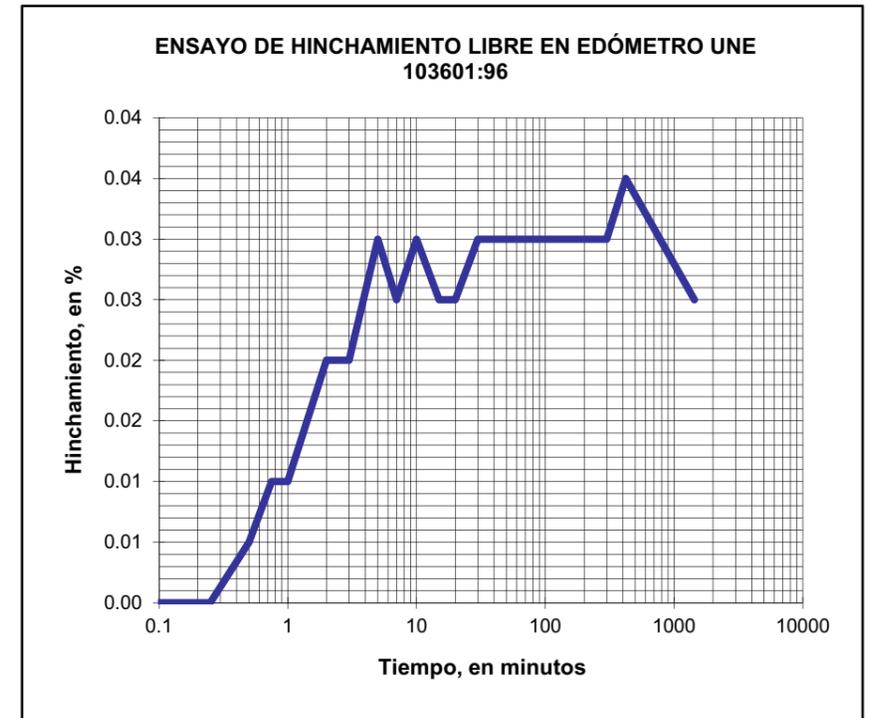
DATOS DEL ENSAYO

Humedad inicial, en %	15.2	Presión ejercida, en kPa	10
Humedad final, en %	19.6	Altura inicial de la probeta, en mm	20.00
Densidad seca, en g/cm ³	1.717	Altura final de la probeta, en mm	20.01

RESULTADOS DEL ENSAYO

Hinchamiento libre, en mm	0.00
Hinchamiento libre, en %	0.02

Tiempo en min	Hinchamiento en %
0.00	0.00
0.15	0.00
0.25	0.00
0.50	0.01
0.75	0.01
1	0.01
2	0.02
3	0.02
5	0.03
7	0.02
10	0.03
15	0.02
20	0.02
30	0.03
45	0.03
60	0.03
120	0.03
180	0.03
300	0.03
420	0.04
1440	0.02



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

Observaciones: Probeta remoldeada a la humedad y a la densidad seca del próctor normal.

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid

Muestra: C-1 1.00-1.50 MA

Fecha: 24 de noviembre de 2015



ENSAYO DE COLAPSO NLT-254:99

DATOS DEL ENSAYO			
Humedad inicial, en %	12.8	Presión ejercida, en kg/cm ²	2.0
Humedad final, en %	16.3	Altura inicial de la probeta, en mm	20.0
Densidad seca, en g/cm ³	1.806	Diámetro de la probeta, en mm	50.5
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Altura de la probeta consolidada antes de la inundación, en mm	19.508		
Altura de la probeta consolidada después de la inundación a las 24 horas, en mm	19.513		
Índice de colapso I, en %	-0.03		

Tiempo en min	Asiento en mm
0	19.508
0.15	19.508
0.25	19.510
0.50	19.510
0.75	19.511
1	19.512
2	19.515
3	19.514
5	19.515
7	19.515
10	19.516
15	19.515
30	19.515
45	19.518
60	19.515
120	19.515
180	19.517
300	19.514
420	19.516
1440	19.513

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

Observaciones: Probeta remoldeada a la humedad y a la densidad seca del próctor normal.

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid

Muestra: C-4 1.00-1.50 MA

Fecha: 24 de noviembre de 2015



ENSAYO DE COLAPSO NLT-254:99

DATOS DEL ENSAYO			
Humedad inicial, en %	15.2	Presión ejercida, en kg/cm ²	2.0
Humedad final, en %	18.7	Altura inicial de la probeta, en mm	20.0
Densidad seca, en g/cm ³	1.717	Diámetro de la probeta, en mm	50.5
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Altura de la probeta consolidada antes de la inundación, en mm	19.228		
Altura de la probeta consolidada después de la inundación a las 24 horas, en mm	19.226		
Índice de colapso I, en %	0.01		

Tiempo en min	Asiento en mm
0	19.228
0.15	19.231
0.25	19.228
0.50	19.229
0.75	19.231
1	19.231
2	19.233
3	19.234
5	19.234
7	19.235
10	19.234
15	19.235
30	19.234
45	19.232
60	19.231
120	19.229
180	19.228
300	19.226
420	19.225
1440	19.226

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

Observaciones: Probeta remoldeada a la humedad y a la densidad seca del próctor normal.

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. (

Muestra: C-1 1.00-1.50 MA

Fecha: 20 de noviembre de 2015



Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid.

Muestra: C-2 0.50-1.00 MA

Fecha: 20 de noviembre de 2015



ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR NORMAL UNE 103500:94

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

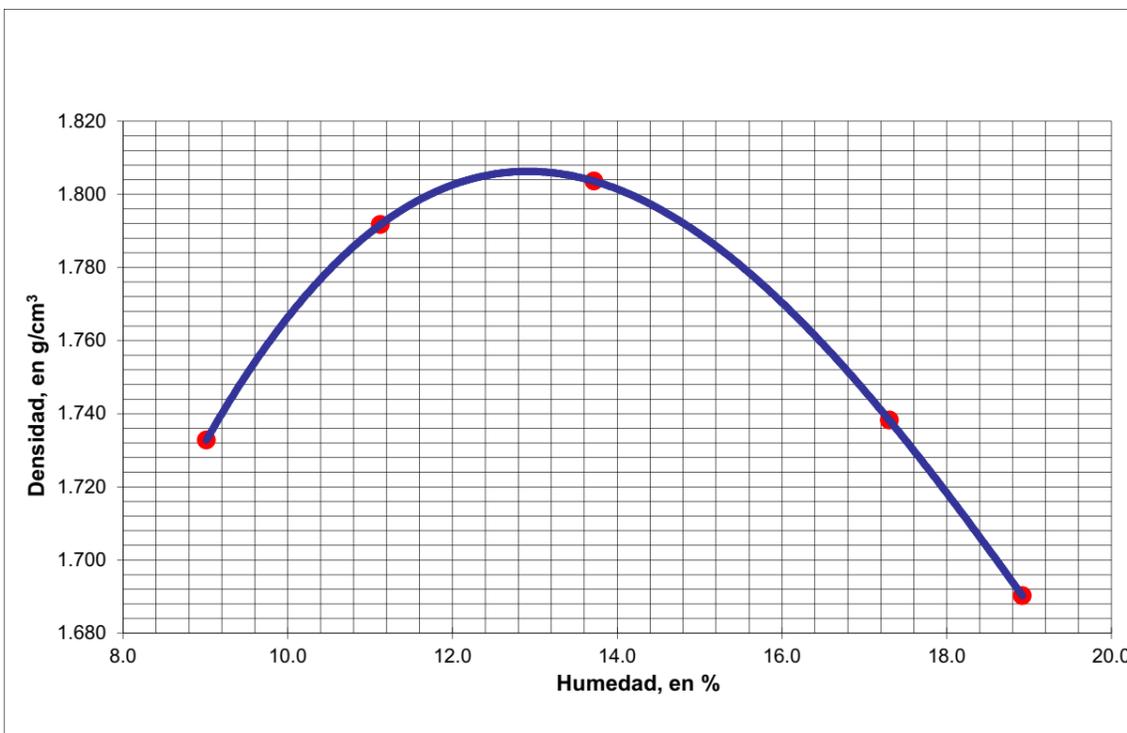
Volumen del molde, en cm ³ :	1000	Número de capas:	3
Peso de la maza, en kg:	2.50	Número de golpes por capa:	26
Altura de caída, en cm:	30.50	% material retenido por 20 mm*:	-

DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	9.0	11.1	13.7	17.3	18.9
Densidad, en g/cm ³	1.733	1.792	1.804	1.738	1.690

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Densidad Máxima, en g/cm³:	1.806	Humedad Óptima, en %:	12.8
Densidad corregida, en g/cm³:	-	Humedad corregida, en %:	-



Observacione *El ensayo se realiza sin sustitución de material.

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

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

ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR MODIFICADO UNE 103501:94

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

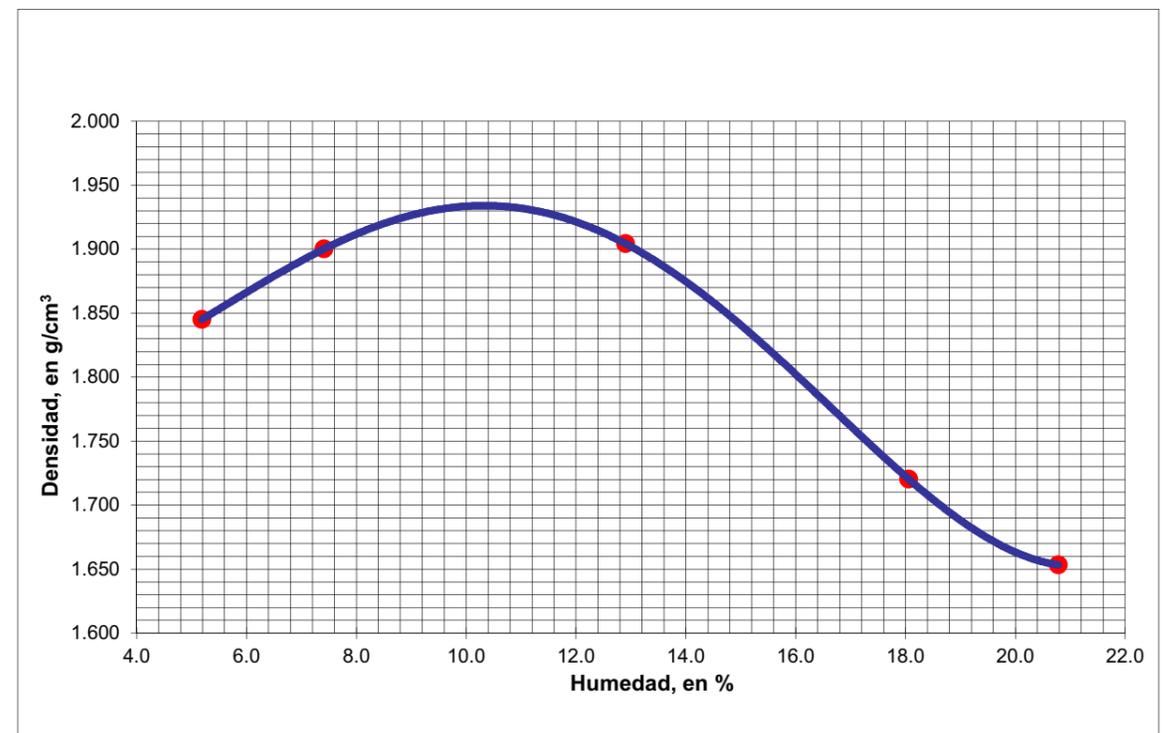
Volumen del molde, en cm ³ :	2 320	Número de capas:	5
Peso de la maza, en kg:	4 535	Número de golpes por capa:	60
Altura de caída, en cm:	457	% material retenido por 20 mm*:	-

DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	5.2	7.4	12.9	18.1	20.8
Densidad, en g/cm ³	1.845	1.900	1.904	1.720	1.653

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Densidad Máxima, en g/cm³:	1.932	Humedad Óptima, en %:	10.1
Densidad corregida, en g/cm³:	-	Humedad corregida, en %:	-



Observacione *El ensayo se realiza sin sustitución de material.

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

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

Nº Obra: **2015277**

Ciente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. (

Muestra: C-4 1.00-1.50 MA

Fecha: 20 de noviembre de 2015



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

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

ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR NORMAL UNE 103500:94

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

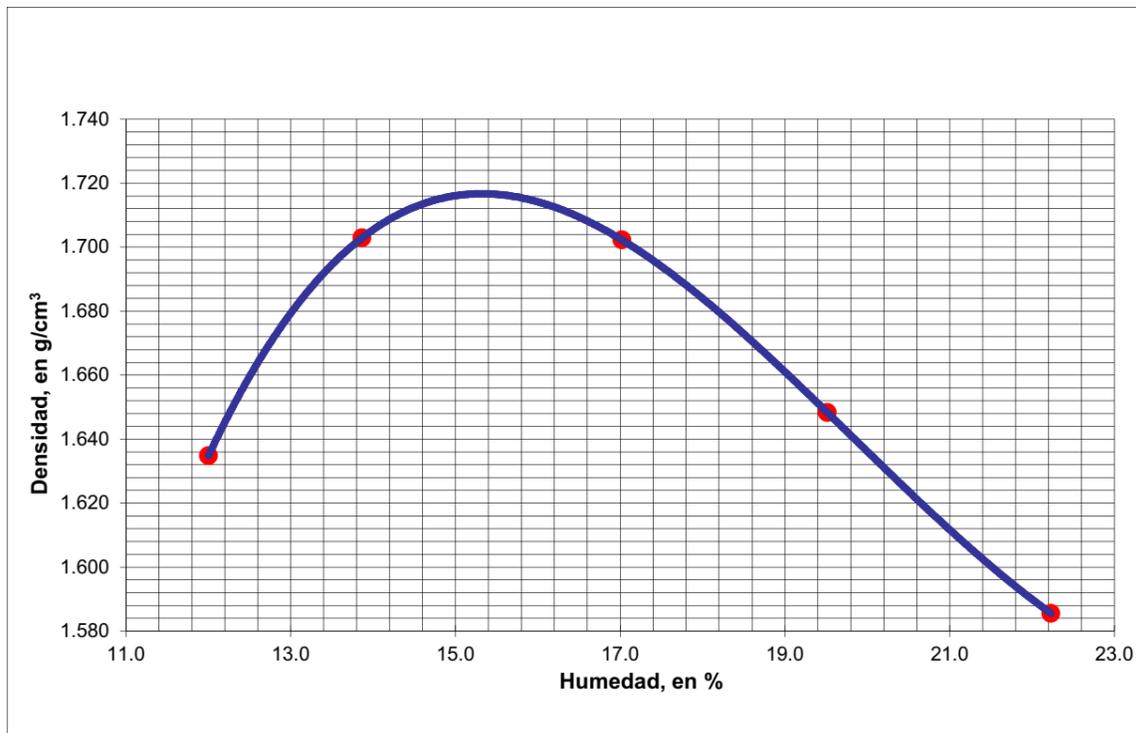
Volumen del molde, en cm ³ :	1000	Número de capas:	3
Peso de la maza, en kg:	2.50	Número de golpes por capa:	26
Altura de caída, en cm:	30.50	% material retenido por 20 mm*:	-

DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	12.0	13.9	17.0	19.5	22.2
Densidad, en g/cm ³	1.635	1.703	1.702	1.648	1.586

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Densidad Máxima, en g/cm³:	1.717	Humedad Óptima, en %:	15.2
Densidad corregida, en g/cm³:	-	Humedad corregida, en %:	-



Observacione *El ensayo se realiza sin sustitución de material.

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

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

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

Nº Obra: **2015277**

Ciente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel d

Muestra: C-1 1.00-1.50 MA

Fecha: 25 de noviembre de 2015



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

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

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

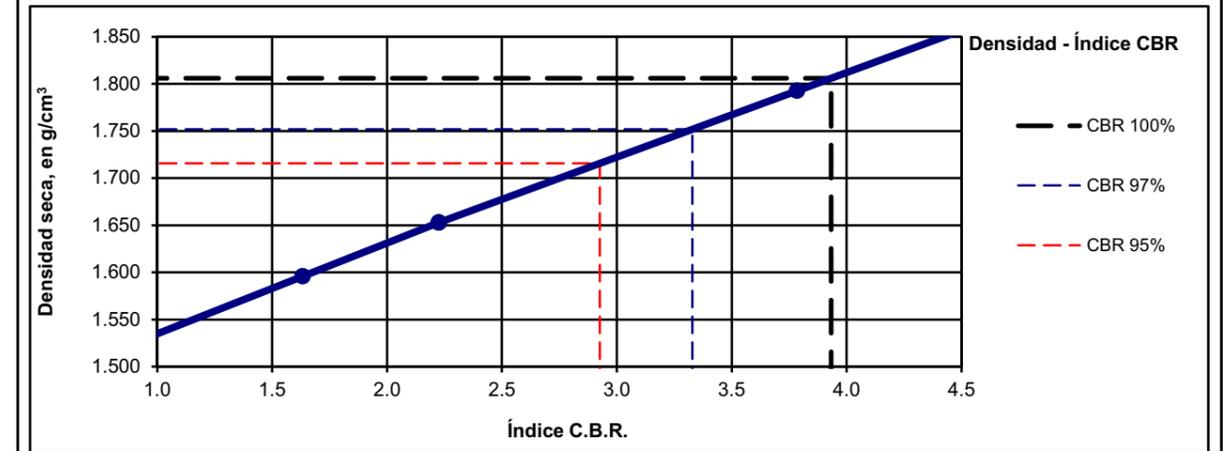
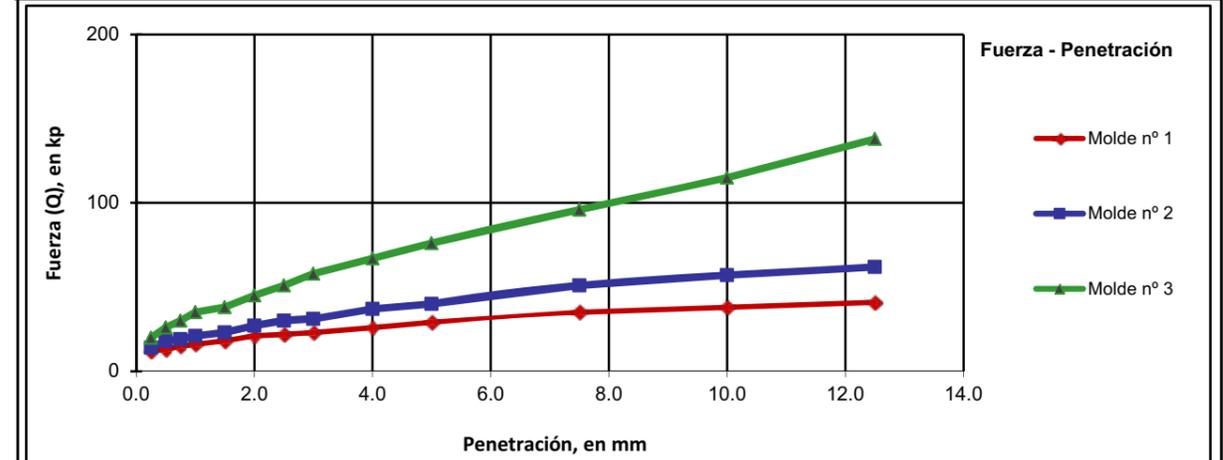
DATOS INICIALES DEL ENSAYO

Muestra	Compactada	Humedad óptima, en %	12.8	Sobrecarga utilizada	4.50 kg
Próctor	Normal	Densidad máx, en g/cm ³	1.806	Material sustituido	0.00%

RESULTADOS DEL ENSAYO

	Molde nº 1	Molde nº 2	Molde nº 3
	15 golpes	30 golpes	60 golpes
Humedad de compactación, en %	12.8	12.8	12.8
Agua absorbida, en %	9.4	7.6	5.6
Hinchamiento, en %	0.53	0.98	0.80
Densidad seca, en g/cm ³	1.596	1.653	1.793
Índice C.B.R.	1.63	2.23	3.78

C.B.R. 95 %	2.93	Índice C.B.R. 97 %	3.33	Índice C.B.R. 100 %	3.93
--------------------	-------------	---------------------------	-------------	----------------------------	-------------



Observaciones:

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

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

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

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

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel d

Muestra: C-2 0.50-1.00 MA

Fecha: 25 de noviembre de 2015



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

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

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

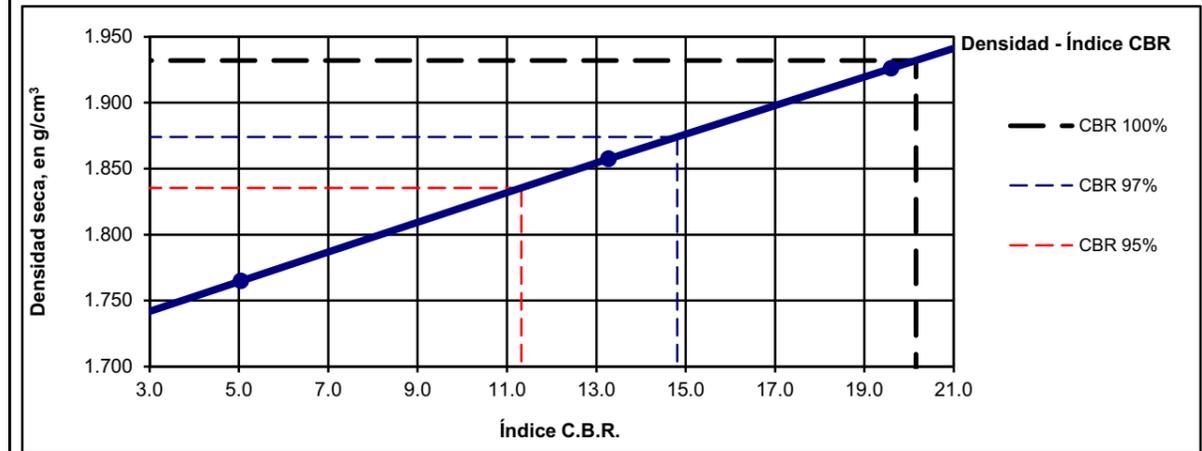
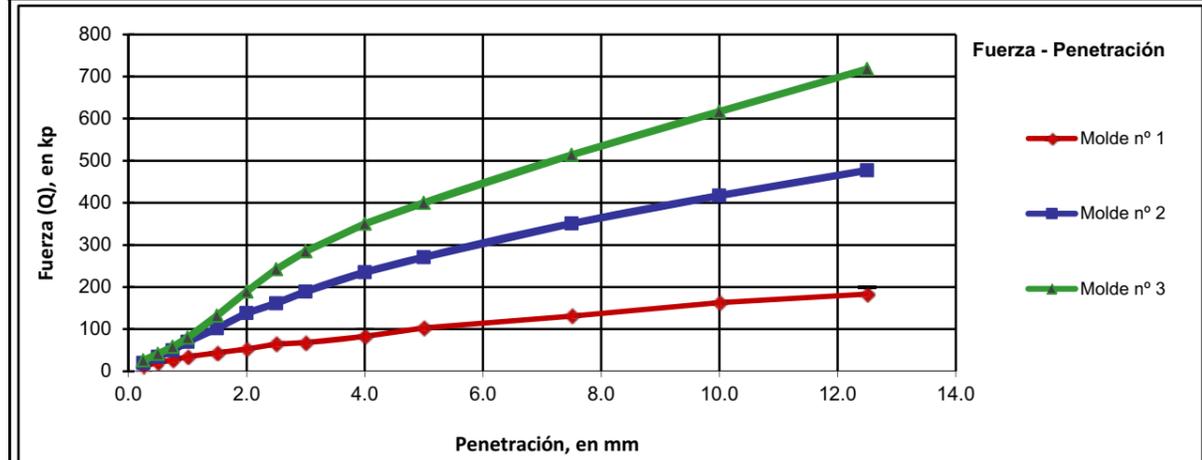
DATOS INICIALES DEL ENSAYO

Muestra	Compactada	Humedad óptima, en %	10.1	Sobrecarga utilizada	4.50 kg
Próctor	Modificado	Densidad máx, en g/cm ³	1.932	Material sustituido	0.00%

RESULTADOS DEL ENSAYO

	Molde nº 1	Molde nº 2	Molde nº 3
	15 golpes	30 golpes	60 golpes
Humedad de compactación, en %	10.1	10.1	10.1
Agua absorbida, en %	8.4	6.9	6.4
Hinchamiento, en %	0.98	1.09	1.15
Densidad seca, en g/cm ³	1.765	1.857	1.926
Índice C.B.R.	5.05	13.28	19.60

C.B.R. 95 %	11.32	Índice C.B.R. 97 %	14.81	Índice C.B.R. 100 %	20.16
--------------------	--------------	---------------------------	--------------	----------------------------	--------------



Observaciones:

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

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

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

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

Tecnología del suelo y materiales, S. L.

Página 35 de 40
Laboratorio acreditado en geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel d

Muestra: C-4 1.00-1.50 MA

Fecha: 25 de noviembre de 2015



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

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

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

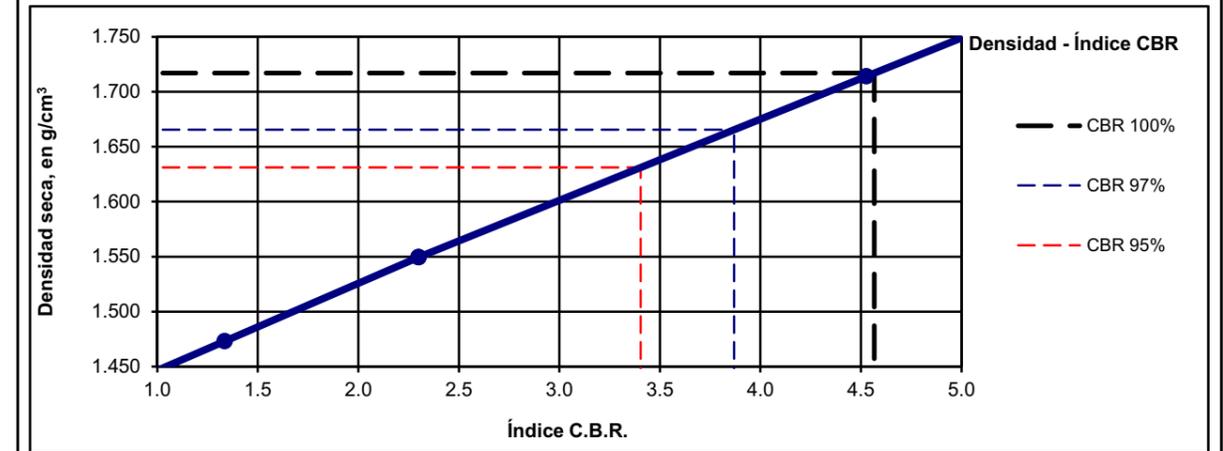
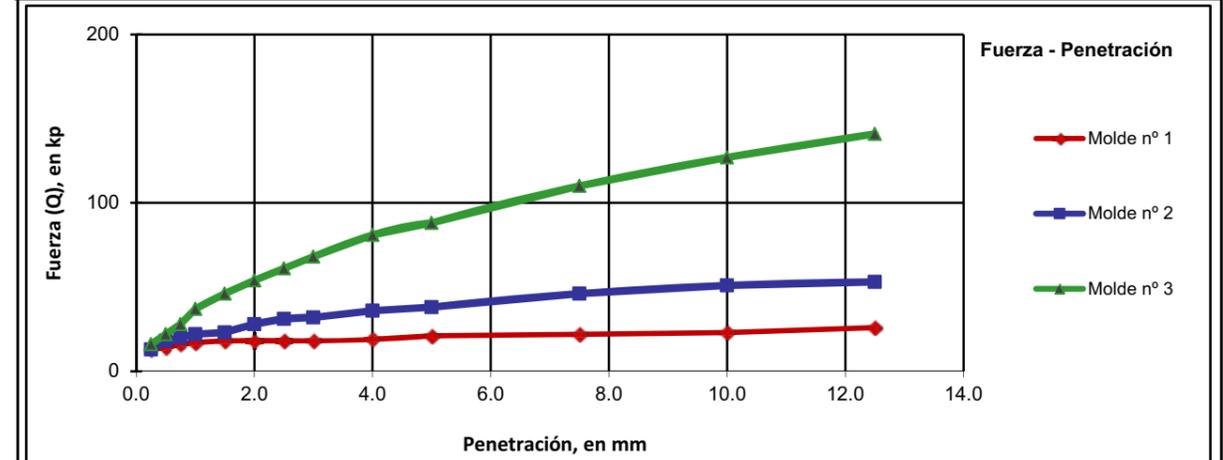
DATOS INICIALES DEL ENSAYO

Muestra	Compactada	Humedad óptima, en %	15.2	Sobrecarga utilizada	4.50 kg
Próctor	Normal	Densidad máx, en g/cm ³	1.717	Material sustituido	0.00%

RESULTADOS DEL ENSAYO

	Molde nº 1	Molde nº 2	Molde nº 3
	15 golpes	30 golpes	60 golpes
Humedad de compactación, en %	15.2	15.2	15.2
Agua absorbida, en %	11.5	8.8	5.4
Hinchamiento, en %	1.06	0.88	1.08
Densidad seca, en g/cm ³	1.473	1.550	1.714
Índice C.B.R.	1.34	2.30	4.53

C.B.R. 95 %	3.40	Índice C.B.R. 97 %	3.87	Índice C.B.R. 100 %	4.57
--------------------	-------------	---------------------------	-------------	----------------------------	-------------



Observaciones:

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

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

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

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

Tecnología del suelo y materiales, S. L.

Página 36 de 40
Laboratorio acreditado en geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de Izán. Burgos.

Fecha: 20 de noviembre de 2015



Nº Obra: **2015277**

Cliente: **GHM Consultores, S.L.P.**

Obra: Estación de Servicio Autovía A-1, p.k. 175 margen derecho sentido Madrid. Gumiel de Izán. Burgos.

Fecha: 19 de noviembre de 2015



**Durabilidad del hormigón. Suelos Agresivos.
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO EN IÓN SULFATO
Según la instrucción EHE 2008 y la norma UNE 83963:2008**

MUESTRA	Sulfatos (SO ₄ ²⁻), en mg/kg
C-1 1.00-1.50 MA	125
C-4 1.00-1.50 MA	625

Grado de agresividad en suelos, según la instrucción EHE 2008*			
Sulfatos (SO ₄ ²⁻), en mg/kg	Débil	Medio	Fuerte
		2000-3000	3000-12000

*Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química

Observaciones: -

**Durabilidad del hormigón. Suelos Agresivos.
DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY
Según la instrucción EHE 2008 y la norma UNE 83962:2008**

MUESTRA	Acidez Baumann-Gully, en ml/kg
C-1 1.00-1.50 MA	2
C-4 1.00-1.50 MA	2

Grado de agresividad en suelos, según la instrucción EHE 2008*			
Acidez Baumann-Gully, en ml/kg	Débil	Medio	Fuerte
		> 200	

*Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química

Observaciones: -

