

ANEJO Nº 3.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	1
APÉNDICE Nº 1: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA PRESA DEL TENEBROSO – DEPÓSITO DE LA CORTA (MAYO 2018)	3

1. ANTECEDENTES

Previo a la redacción del presente proyecto, el 21 de mayo de 2018, la UTE CONURMA INGENIEROS CONSULTORIOS / GEOPROVI GEOTECNIA Y SONDEOS, por encargo de Canal de Isabel II, redactó ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA. PRESA DEL TENEBROSO”

El objeto del presente estudio define someramente el alcance de la actuación proyectada especificando los aspectos geotécnicos a definir en base a esa definición, igualmente se describe el marco geológico – geotécnico en el que se sitúa, para a definir la campaña de investigación geotécnica. Con toda esta información se lleva a cabo una caracterización geotécnica para cada una de las unidades geológico-geotécnicas existentes, para concluir con las consideraciones geotécnicas con la definición del proyecto y establecimiento de las bases de diseño.

En el apéndice nº1 presente documento se incluye el documento, el cual ha sido facilitado por Canal de Isabel II.

**APÉNDICE Nº 1: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA
CONDUCCIÓN DE LA JARA PRESA DEL TENEBROSO – DEPÓSITO DE LA CORTA (MAYO 2018)**

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE RENOVACION DE LA CONDUCCION DE LA JARA. PRESA DEL TENEBROSO-DEPÓSITO DE LA CORTA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	2
2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, ASPECTOS GEOTÉCNICOS A DEFINIR.....	2
3	MARCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO.....	10
4	CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	18
5	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	21
6	CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS PARA EL PROYECTO.....	33

ANEJOS:

- ANEJO-1: REGISTRO DE CALICATAS.
- ANEJO-2: ENSAYOS DE LABORATORIO.
- ANEJO-3: REGISTRO TESTIGO HILTI.
- ANEJO-4: REGISTRO ESTACIONES GEOMECAÑICAS
- ANEJO-5: ESTUDIO GEOFÍSICO
- ANEJO-6: REGISTRO DE SONDEOS.
- ANEJO-7: REGISTRO ENSAYO PENETRACIÓN DPSH
- ANEJO-8: DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO DE LIQUIDACIÓN DE LAS OBRAS DEL MURO (1.935).
- ANEJO-9: PLANO DE TRAMIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CONDUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

La UTE Conurma-Geoprovi ha sido adjudicataria del contrato de servicios de asistencia técnica para la ejecución de trabajos geotécnicos necesarios en la redacción de proyectos y ejecución de obras de infraestructuras hidráulicas del Canal de Isabel II, S.A.

En este contrato marco se le ha solicitado intervenir en el Proyecto de renovación de la conducción de la Jara entre la presa del Tenebroso y el depósito de La Corta, en el término municipal de Puentes Viejas (Madrid).

En este informe se define someramente el alcance de la actuación proyectada especificando los aspectos geotécnicos a definir en base a esa definición, igualmente se describe el marco geológico-geotécnico en el que se sitúa, para pasar a definir la campaña de investigación geotécnica. Con toda esta información se lleva a cabo una caracterización geotécnica para cada una de las unidades geológico-geotécnicas existentes, para concluir con las consideraciones geotécnicas relacionadas con la definición del proyecto y el establecimiento de las bases de diseño.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, ASPECTOS GEOTÉCNICOS A DEFINIR

El proyecto contempla la ejecución de una nueva conducción de abastecimiento de agua entre el azud del Tenebroso y el depósito de La Corta. Dicha conducción se realiza mediante tubería de fundición dúctil de 300 mm de diámetro, presentando una longitud de unos 2 km. Irá enterrada en zanja a una profundidad media de 1,5 m, salvo en la zona del azud, donde se proyectarán 2 pasarelas.

En el siguiente plano (imagen-1) se muestra una planta general donde puede apreciarse el recorrido de la conducción, cuyo encaje es subparalelo a la conducción existente, que es de color azul dicho plano.

En el inicio del trazado, coincidiendo con su encaje en la zona del azud, se proyectan dos pasarelas que permitan el paso peatonal a la vez que sirven de guía a la conducción. En la imagen-2 puede apreciarse la disposición en planta de dichas pasarelas. La primera de ellas se diseña próxima al inicio de la renovación y hasta el propio cuerpo del azud (canal de descarga), mientras que la segunda salva la distancia que actualmente existe entre el cuerpo del azud situado al este y el cuerpo del oeste, ya que en 1.996 dicho cuerpo fue abierto en su zona central para permitir el paso del agua (escotadura).

En las imágenes 3 y 4 se muestran las fotografías correspondientes a cada una de las pasarelas proyectadas, que han sido marcadas mediante trazos de color rojo.

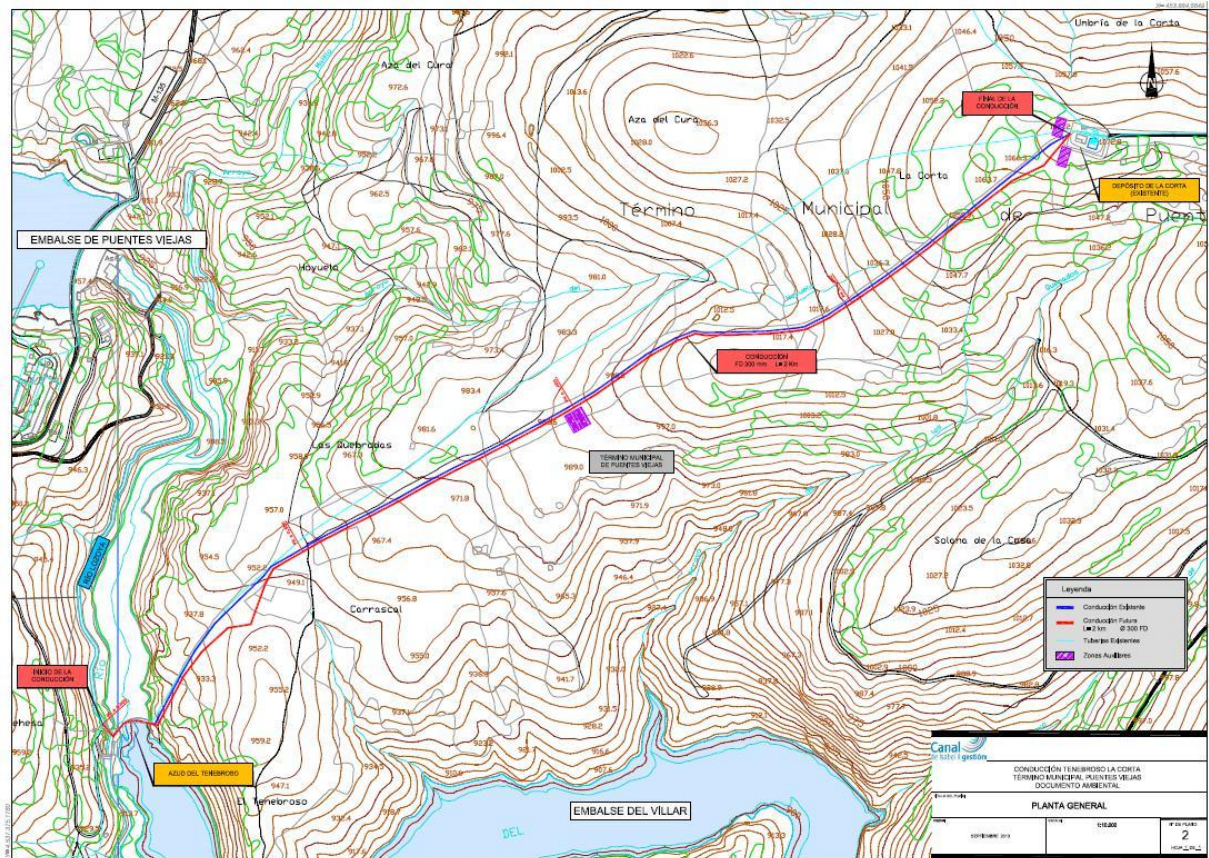


Imagen-1: Plano de planta general

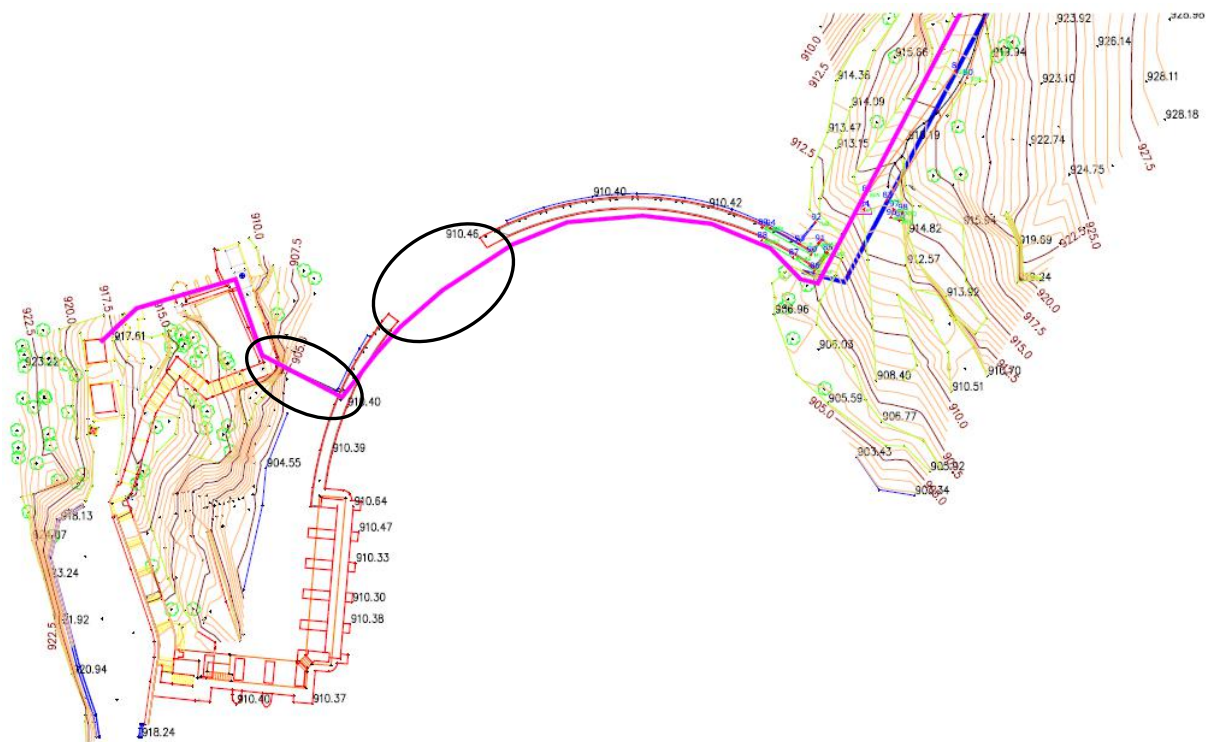


Imagen-2: Plano de planta de la zona del azud. Las elipses marcan las pasarelas a proyectar.



Imagen-3: Pasarela-1: canal de descarga.



Imagen-4: Pasarela-2: escotadura.

La primera pasarela (canal de descarga) presentará una longitud de unos 12 m, quedando apoyada primeramente sobre el sustrato rocoso natural y, en segundo término, en el propio muro del azud. En la segunda pasarela (escotadura), de unos 16 m de longitud, los dos apoyos se realizan sobre el propio cuerpo del azud, en los extremos que quedaron al ser cortado para permitir el paso del agua.

Para la construcción de estas pasarelas y de la propia conducción en esta zona del azud, se maneja la posibilidad de facilitar su construcción mediante el empleo de una grúa móvil de alto tonelaje, como la que se muestra en la imagen-5.

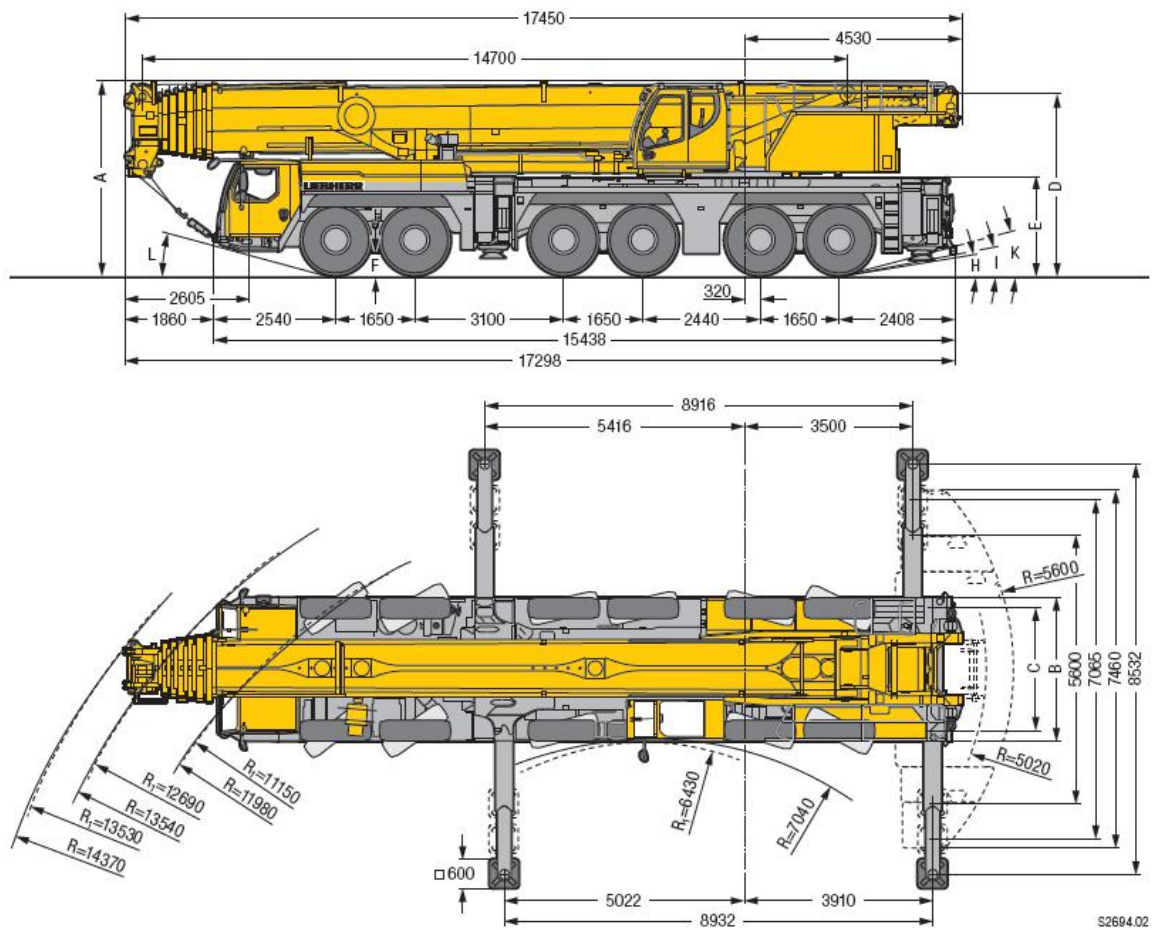


Imagen-5: Dimensiones de la “grúa tipo” que se estima necesario utilizar.

En la imagen-6 se muestra un plano de planta de la zona de la plataforma desde donde debería trabajar la grúa, quedando reflejado de manera aproximada y esquemática el encaje geométrico de su posicionamiento dentro de ésta.

La plataforma queda limitada por un talud rocoso de ortogneises en su margen oeste y un muro de contención de tierras en su margen este, al estar encajada topográficamente a media ladera.

En la imagen-7 se presentan dos fotografías de la plataforma y el muro. En la primera (izquierda) puede apreciarse el arranque del muro en primer término y el talud de roca en el segundo. Al fondo, el camino de acceso a la plataforma. En la fotografía de la derecha se aprecia el muro desde una perspectiva relativamente lejana.

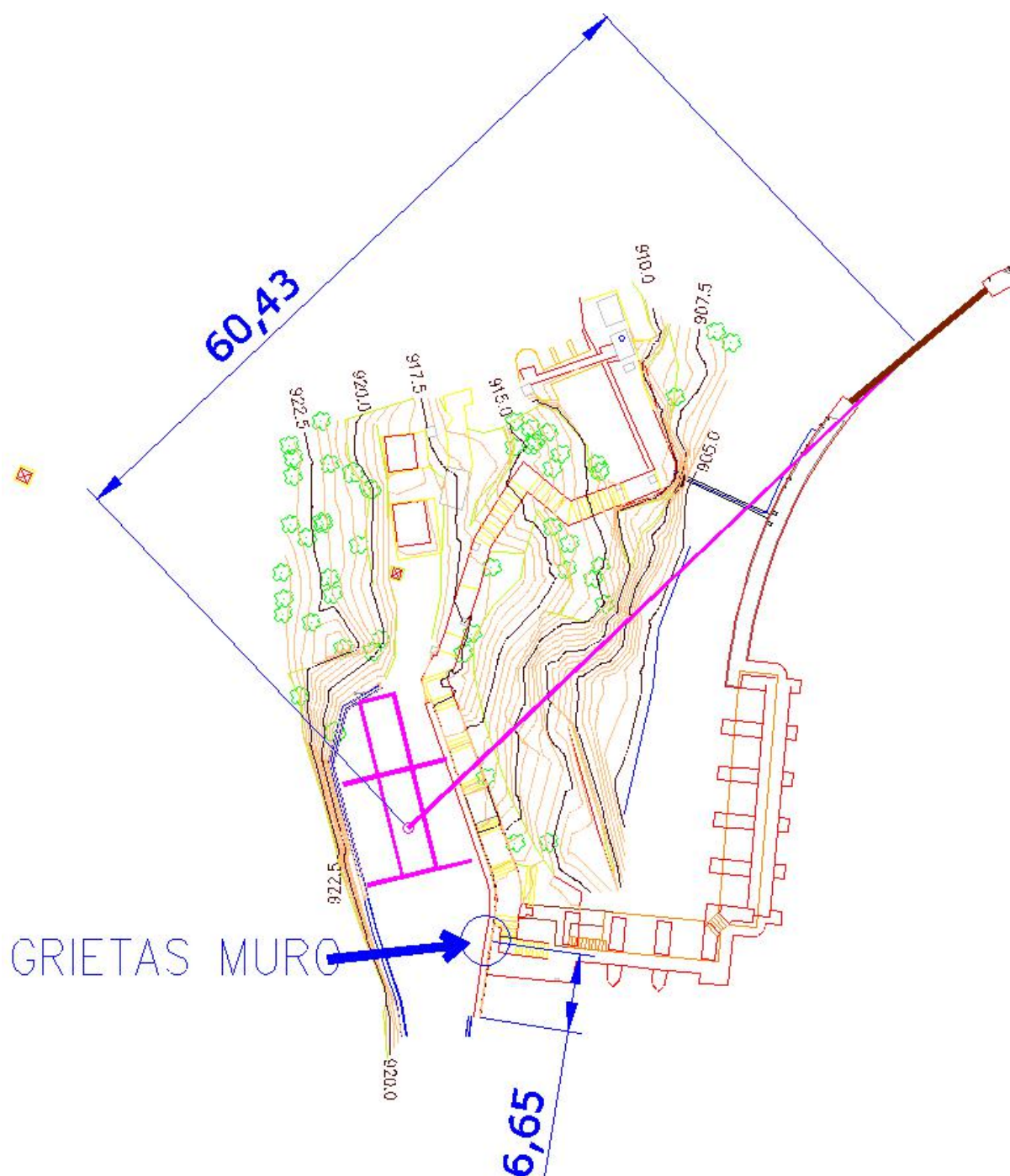


Imagen-6: Plano de planta de la zona del azud. Se identifica la plataforma y se muestra esquemáticamente el posicionamiento de la grúa en ella, junto con el alcance del brazo. También se indica la existencia de una grieta en el muro de contención de la plataforma, acotando su localización desde el inicio de éste.



Imagen-7: Izquierda: Fotografía de la plataforma de posicionamiento de la grúa, con arranque del muro en primer término y talud rocoso en el segundo. Derecha: Fotografía desde el azud.

El citado muro es de mampostería con juntas recebadas de mortero. Geométricamente va ganando altura desde el extremo Norte, donde la altura es mínima, hacia el extremo Sur, donde supera los 6 m. En cabeza está rematado con un pretil de sillería.

Aunque su estado general es bueno, se han apreciado un par de grietas que se abren en cabeza y se propagan verticalmente hacia el pie. Una de ellas tiene una significativa apertura y registra un desplazamiento relativo en cabeza a tener muy presente (ver imágenes 8 y 9), máxime si se van a generar sobrecargas en la plataforma que puedan inducir empujes inadmisibles en el muro, además de potenciales problemas de estabilidad global.

El desplazamiento relativo tiene componente tanto perpendicular al muro (hacia el intradós), como longitudinal, es decir, con una resultante hacia el sureste. Dicha afirmación se ilustra en la imagen-10, donde se recoge una fotografía de la cabeza del muro y puede apreciarse el desplazamiento relativo señalado. Además, aparece un testigo de mortero que fue colocado en julio del 2008, que nos informa que la grieta es lógicamente anterior a dicho testigo, pero que su desarrollo se ha seguido produciendo pues el testigo ha sido fracturado y ligeramente desplazado. La grieta va perdiendo apertura hacia el pie.

En base a esto, el proyecto también debe definir las medidas que se toman para garantizar la estabilidad de dicho muro y, por ende, la correcta operativa de la grúa. Por ello, el estudio geotécnico debe atender este aspecto, dentro de lo que es la propia conducción y sus pasarelas.



Imagen-8: Muro de contención donde se muestra la grieta vertical definida.



Imagen-9: Cabeza del muro donde se aprecia la grieta principal que progresa en el terreno trasdosado.



Imagen-10: Detalle de la cabeza del muro donde se aprecia la apertura de la grieta y el testigo de mortero colocado en fecha 15-07-2008.

Conforme a la definición del proyecto, los aspectos más relevantes que debe tener en cuenta el estudio geotécnico son:

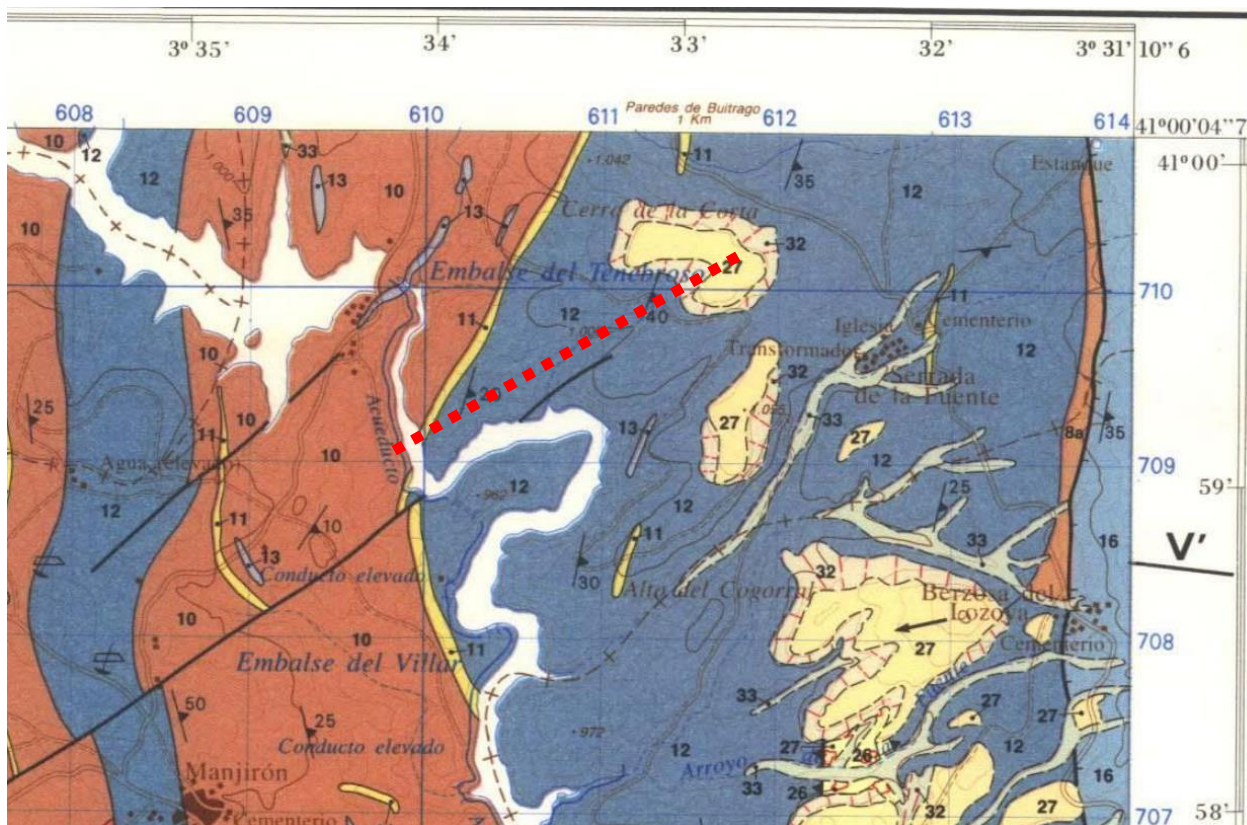
- ✓ Para la **conducción**:
 - **excavabilidad**, aunque las profundidades a excavar son modestas (en torno a 1,5 m),
 - posibilidad de que se genere **sobreexcavación**,
 - **estabilidad** de los taludes que se generan, aunque éste no represente un aspecto muy relevante dada la escasa profundidad alcanzada con las excavaciones,
 - la presencia de **nivel freático** que condicione las excavaciones,
 - **aprovechamiento** de los materiales excavados
 - otros aspectos como la **agresividad, expansividad,...**

- ✓ Para las **pasarelas**:
 - **condiciones de cimentación**
 - **estabilidad global**, especialmente para el primer apoyo de la pasarela-1

- ✓ Para el **muro**:
 - **Geometría y características** del muro
 - **Patologías** que presenta
 - **Caracterización geométrica y geotécnica** del material trasdosado y del cimiento

3 MARCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Se ha consultado el mapa geológico de la serie MAGNA 1:50.000 del IGME de la zona de proyecto, que corresponde con el nº484 de Buitrago del Lozoya, y que concretamente se localiza en su extremo noreste, habiéndose extractado dicho sector, que se muestra en la imagen-11. Además, se acompaña con los extractos de leyenda de los materiales que se presentan en dicho sector. Se ha marcado el trazado de la conducción de manera aproximada sobre el mapa geológico (color rojo).



CIARIO	NEOGENO	MIOCENO	ARAGONIENSE	CUATERN.			
				PLEISTOCENO	HOLOCENO		
				VALLESIENSE	SUPERIOR		
					INFERIOR		
						33	33 Arenas, limos y cantos (aluviales fondos de valle).
						32	32 Cantos y arenas (coluviones).
						31	31 Cantos y arenas (terrazas).
						28	30 Arenas, limos y cantos (Glacis).
						27	29 Bloques, cantos y arenas (conos de deyección).
						26	28 Bloques y cantos (conos de deyección).
						25	27 Bloques y cantos de cuarcitas y pizarras.
						24	26 Bloques y cantos de neises y granitos.

DOMINIO DEL GUADARRAMA OCCIDENTAL

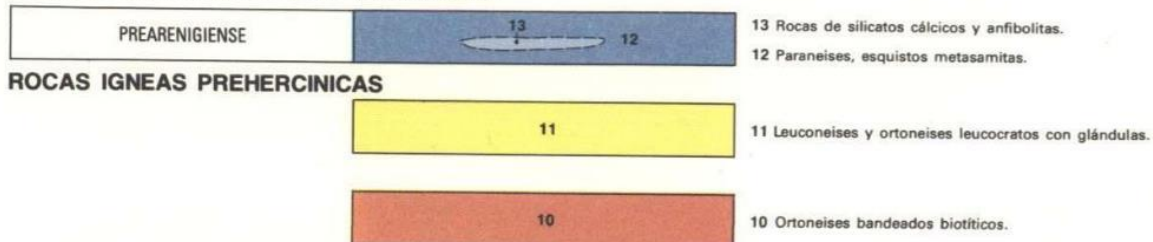


Imagen-11: Sector NE del Mapa Geológico nº484 y su leyenda litológica (se marca en trazo rojo discontinuo la conducción proyectada sobre el mapa).

Nos situamos en la vertiente sur del Sistema Central, **geológicamente** en el denominado complejo de Guadarrama, que se caracteriza fundamentalmente por la presencia de rocas metamórficas de alto grado (gneises) preordovícicas. Si bien, la zona de estudio se localiza en el extremo oriental de este dominio, ya que al este de la falla de La Berzosa se presentan pizarras y cuarcitas ordovícicas, que corresponden con el denominado sector oriental del Sistema Central (Dominio de Somosierra-Ayllón).

En cualquier caso, los **materiales** que se presentan en la zona de estudio corresponden con rocas gneísicas, en el inicio afloran ortogneises bandeados biotíticos (10), y ya al otro lado del azud se muestran paragneises y esquistos (12). Este aspecto ha podido comprobarse claramente en las inspecciones de campo llevadas a cabo, donde también se han constatado buzamientos de la foliación suaves hacia el este.

En los **ortogneises** la foliación es más grosera al tratarse de una roca más glandular con bandeado biotítico menos marcado. En cambio, en los **paragneises y esquistos** la foliación es más clara, marcando una fuerte anisotropía a la roca, y diferenciándose del aspecto más masivo que presentan los ortogneises. Este hecho tiene su traducción geotécnica, no solamente desde el punto de vista estructural, sino resistente, siendo los ortogneises rocas claramente más resistentes que los paragneises y esquistos.

En las siguientes fotografías puede apreciarse la diferencia entre ambos macizos rocosos (imagen-12 y 13; ortogneis y paragneis-esquisto respectivamente).



Imagen-12: Ortogneises al oeste del Azud, en afloramiento (izquierda), en detalle (derecha).



Imagen-13: Paragneises y Esquistos al este del Azud.

Un parámetro esencial de caracterización de un macizo rocoso es su **grado de meteorización**, de gran significación en el proyecto de la conducción que nos ocupa, de cara a valorar la excavabilidad.

Para asignar el grado de meteorización de un macizo rocoso en un entorno, suele recurrirse al perfil de meteorización de Deere y Patton (1971), que se presenta en la siguiente figura (imagen-14). Los paragneises y esquistos se asemejarían más al modelo de rocas metamórficas (izquierda de la imagen), mientras que los ortogneises correspondería a un modelo intermedio entre el se refleja para rocas metamórficas e ígneas (derecha). Deere y Patton proponían 6 grados de meteorización, tanto mayor cuanto mayor es el número asignado.

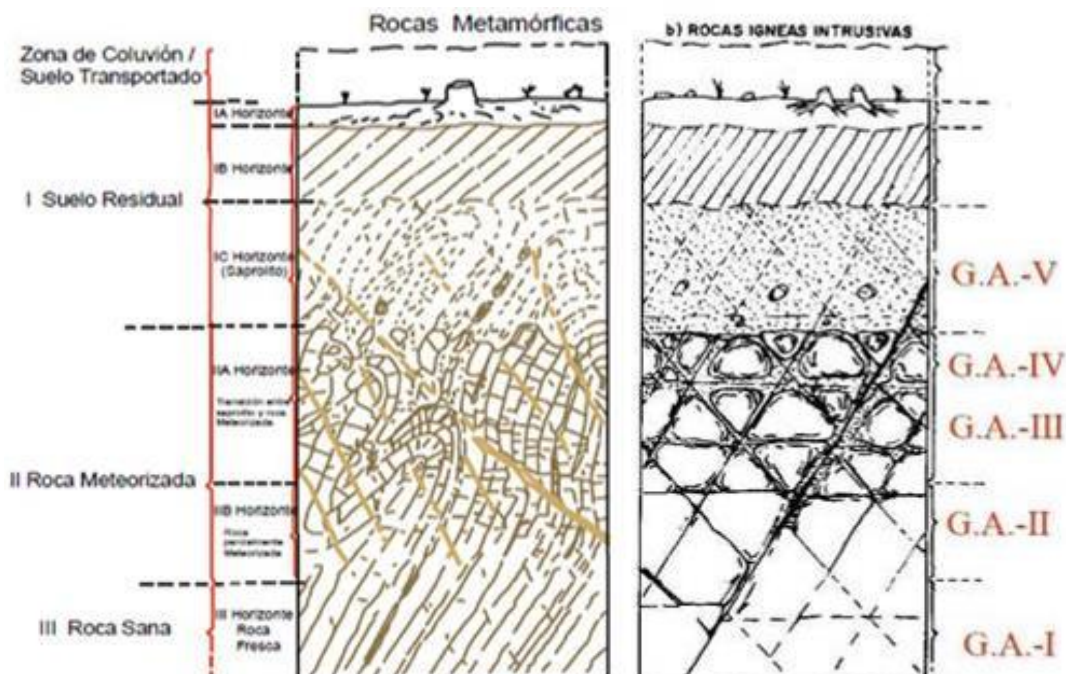


Imagen-14: Perfiles de meteorización de Deere y Patton (1971).

En lo que sigue, se denominará indistintamente grado de alteración (G.A.) y de meteorización (W), así como el empleo de números romanos u ordinarios (I=1; II=2; III=3,..)

En dicho perfil de meteorización se distinguen, de arriba a abajo: suelo vegetal y el suelo residual (W-6 y W-5), la roca meteorizada (W-4 y W-3) y, por último, la roca fresca, relativamente no meteorizada (W-2 y W-1). A su vez, el suelo residual (W-6 y W-5) se subdivide en tres zonas en profundidad creciente, denominadas A, B y C, con las siguientes características:

- ✓ Horizonte A.- Es el más superficial, y se define como la zona de eluviación que ha sido empobrecida por la infiltración del agua, la cual transporta, pendiente abajo, materiales en suspensión o solución. En este horizonte a menudo se desarrollan texturas arenosas. Generalmente, su parte superior es rica en materia orgánica.
- ✓ Horizonte B.- Es la zona de eluviación o zona de deposición de los materiales sólidos que han sido transportados del horizonte A. El horizonte B es generalmente oscuro, rico en minerales con tamaños de grano dentro del margen de las arcillas y ha sido despojado de sus constituyentes solubles originales por lixiviación. Este horizonte está alterado hasta un grado tal, que existe poca indicación del material materno y ninguna de la estructura original de la masa rocosa.
- ✓ Horizonte C.- (W-5) Éste se reconoce por las texturas originales de la roca, pero el material se tipifica más como un suelo que como una roca dura. El material, con la apariencia de una roca dura, posee la consistencia de un suelo y se comporta en muchos aspectos como tal. No obstante, los planos de debilidad de la roca madre se manifiestan plenamente en este horizonte, siendo incluso mucho más numerosos y continuos que lo común en suelos transportados. Saprolito es el término que comúnmente se aplica a esta zona de material calificado como suelo, el cual mantiene la estructura heredada de la roca.

La roca meteorizada (W-4 y W-3) se divide a su vez en dos capas: una zona superior, la transición del saprolito a la roca meteorizada; y una zona inferior, constituida por la roca parcialmente meteorizada.

La zona superior (transición saprolito-roca, W-4) se caracteriza por los amplios límites de las propiedades físicas de sus componentes. Éstos varían desde materiales clasificados como suelos muy compactos, hasta alternancias con núcleos de roca. El suelo que rodea a los núcleos de roca es una arena de grano medio, relativamente limpia con un contenido limoso moderado.

La zona inferior (roca parcialmente alterada, W-3) presenta una notable decoloración y algo de alteración a lo largo de las diaclasas. Además, la alteración de los feldespatos ya ha comenzado, en algunos casos, de forma muy acusada. Sin embargo, conserva perfectamente la estructura discontinua de bloques de roca sana.

Por último, y en lo que se refiere a la roca poco meteorizada (W-2), cabe señalar que los feldespatos y las micas se presentan inalteradas y las diaclasas exhiben muy poca o ninguna oxidación que pudiera ser atribuida a procesos de meteorización. El lecho de roca no meteorizada o fresca (W-1) puede ser, sin embargo, una masa de roca intensamente diaclasada, o en casos especiales, hidrotermalmente alterada.

Por su interés, y a modo de resumen, la siguiente tabla muestra los 6 grados de meteorización de rocas propuesto por la Sociedad Internacional de Mecánicas de Rocas y es prácticamente coincidente con la propuesta de Deere y Patton.

Grado	Denominación	Criterio de reconocimiento
I	Roca sana o fresca	La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. La roca puede estar decolorada en la pared de las juntas pero no es notorio que la pared sea más débil que la roca sana
III	Roca moderadamente meteorizada	La roca está decolorada en la pared. La meteorización empieza a penetrar hacia el interior de la roca desde las discontinuidades. El material es notablemente más débil en la pared que en la roca sana. Material débil <50% del total
IV	Roca meteorizada o muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta
VI	Suelo residual	La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocerse ni la textura ni la estructura original. El material permanece "in situ" y existe un cambio de volumen importante

Hacia el final del trazado se entra en unos materiales detríticos muy característicos que geológicamente se les conoce como "**raña**", y que corresponde con bloques y cantos (bolos y grava) de cuarcita en matriz arenoarcillosa de tonalidad rojiza (litología nº-27 del Magna 484). En la siguiente fotografía (imagen-15) puede apreciarse el material descrito.



Imagen-15: "Raña": Bloques y cantos de cuarcita y pizarras en matriz arenoarcillosa rojiza. Localizados en el sector final del trazado.

Estos materiales son de edad relativamente reciente comparados con las rocas descritas anteriormente. Datan del final del Terciario (Plioceno), y encuentran su significado como materiales groseros depositados sobre superficies de arrasamiento de los relieves existentes; por ello, se localizan en la cima de los cerros, habiendo quedado erosionados y desmantelados por completo en el resto.

Estos materiales se disponen de manera subhorizontal, aunque con ligera pendiente hacia el SO. Se llegan a registrar espesores de hasta 60 m, si bien, en la zona del trazado difícilmente superen los 55 m, pues se ha reconocido su presencia, tanto mediante la interpretación de fotografía aérea como en las propias visitas de inspección técnica realizadas a la zona, así como con los reconocimientos efectuados, hasta la cota 1.015 m, siendo deducible su espesor si lo relacionamos con la cota a la que se encuentra el depósito (1.070 m).

Es cierto que el perímetro de afloramiento de estos materiales es un poco difuso, pues se reconocen estos mismo materiales pero que han sido movilizados y acumulados en el pie (coluviones), correspondiendo con la litología 32 del Magna. Aunque el desarrollo de estos suelos es muy escaso, especialmente en la vertical.

Tanto la raña como los suelos coluviales que se sitúan a su pie, deben ser tratados geotécnicamente como suelos granulares gruesos, en estado denso a muy denso para el caso de la raña, y probablemente medianamente denso a flojo los coluviales.

A este respecto, resulta geotécnicamente importante poder diferenciar entre zonas donde el sustrato rocoso aflora de manera más o menos “sana”, respecto donde se presenta un cierto desarrollo del perfil de meteorización, pues en estas áreas pueden llegar a presentarse suelos de alteración del sustrato rocoso en variable estado de densidad, como ya se ha señalado anteriormente.

Este hecho es muy relevante desde el punto de vista de la excavabilidad a lo largo de la traza. Es por ello, que en el plano general de planta que se adjunta (imagen-16) se han diferenciado las siguientes zonas, a modo de cartografía geológico-geotécnica (también se puede observar la tramificación geotécnica de detalle en el plano del anejo-9):

- ✓ **A- Roca aflorante**, donde los paragneises y esquistos presentan un perfil de meteorización muy reducido, o la roca grado III se presenta en superficie.
- ✓ **B- Suelos de alteración** del sustrato rocoso, donde el perfil de meteorización supera claramente los 1,5 m que van a ser excavados para la ejecución de la conducción. Correspondería, conforme a la descripción anteriormente expuesta, con grados de alteración IV, V y VI (ISRM, 1981).
- ✓ **C- “Raña”**, entendidos como suelos granulares gruesos de bolos y grava con matriz arenoarcillosa en estado fundamentalmente denso.

También se presentan **rellenos** localizados, habiéndose identificado:

- ✓ los rellenos que se sitúan junto a la conducción existente, como material vertido como consecuencia del excedente que se produjo con la excavación de la propia conducción. No suelen presentar espesores superiores a los 2 m, quedando localizados a modo de cordones paralelos a la conducción. Estos rellenos son más importantes en la zona donde se excavó roca (A), siendo muy reducidos e incluso inapreciables en las zonas de suelos, tanto de alteración (B), como los correspondientes a la raña (C). En la imagen-17 pueden apreciarse estos rellenos.

- ✓ Los rellenos trasdosados en el muro de la plataforma que en epígrafes posteriores se describen y caracterizan por su significación.

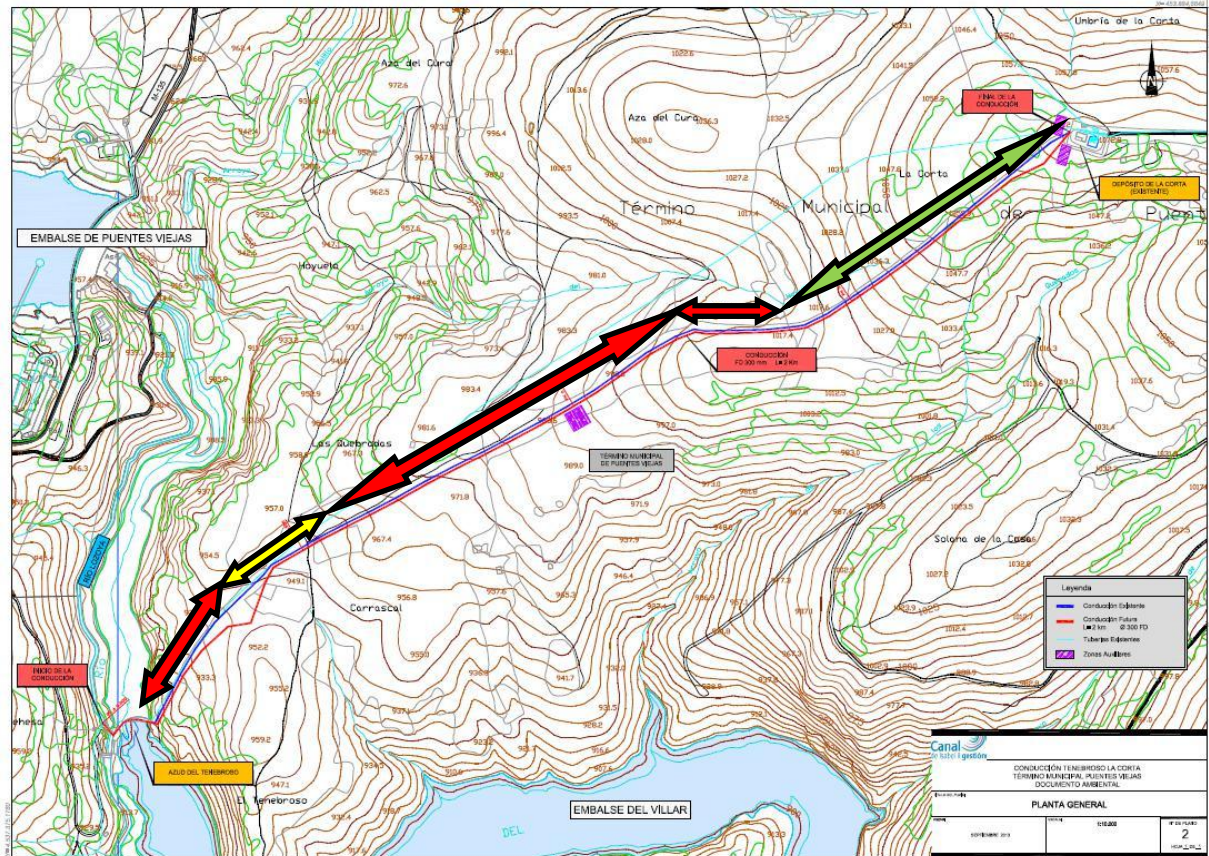


Imagen-16: Plano de planta general donde se refleja el trazado de la conducción, tanto la proyectada (rosa-magenta) como la existente (azul), cartografiando mediante flechas de color el tipo de material o litologías (A-B-C) que se presentan a lo largo del trazado.



Imagen-17: Rellenos localizados a modo de cordón a lo largo de la conducción existente.

Geomorfológicamente la zona de estudio discurre sobre zonas de monte bajo, con pendientes de moderadas a algo fuertes, que se acentúan con el encajamiento de la red hidrográfica. Este aspecto queda puesto de manifiesto en el curvado topográfico que se presenta en la imagen-16, y en cierto modo en la fotografía que a continuación se adjunta (imagen-18).



Imagen-18: Panorámica desde la zona de la conducción con visual hacia la presa de Puentes Viejas.

También es destacado desde el punto de vista geomorfológico, los surcos erosivos sobre el material de raña, que de manera incipiente tiende a morfologías acarcavadas. En la siguiente fotografía se muestra un ejemplo de ello (imagen-19).



Imagen-19: Surcos erosivos a modo de incipientes cárcavas desarrollados sobre el material de raña.

Hidrogeológicamente hay que destacar la prácticamente nula permeabilidad del sustrato rocoso, al que únicamente se le puede asignar cierta permeabilidad por fracturación, si bien los suelos eluviales que se generan por meteorización del sustrato rocoso sí presentan cierta permeabilidad, especialmente los horizontes superficiales más meteorizados. Debido a este fuerte contraste de permeabilidades entre el sustrato más sano y el más alterado, se puede llegar a presentar algún delgado nivel saturado subsuperficial en dicho contacto, cuya significación está muy vinculada al régimen de precipitaciones, llegando a no presentarse en época de estiaje. Precisamente esto es lo que se produce en los suelos de alteración identificados con la letra “B” en la cartografía litológica presentada en la imagen-16.

La raña (unidad litológica identificada como “C” en la imagen-16) es un material con una cierta permeabilidad, quizá comprendida entre 10^{-3} y 10^{-4} cm/s, lo que le confiere cierta capacidad acuífera. Así, el agua puede llegar a penetrar, migrando tanto horizontalmente como verticalmente, y puede alcanzar la saturación en los niveles inferiores antes de alcanzar el sustrato rocoso impermeable o, con más precisión, muy poco permeable.

Por último, en alusión al aspecto **sísmico**, según la Norma Sísmica NCSE-02, la zona de estudio se sitúa dentro del rango de aceleración sísmica básica inferior a 0,04g. Por tanto, la acción del sismo no es necesaria considerarla.

4 CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

La campaña geotécnica fue descrita, justificada y aprobada tras la presentación de los Informes Previos, habiéndose ejecutado básicamente lo que en esos documentos se recogía, y que a continuación se puntualiza para los diferentes ámbitos del proyecto.

Para el caso de la **conducción**, además de un detallado recorrido de **inspección geológico-geotécnico**, que ha permitido cartografiar o definir los dominios litológicos a lo largo del trazado, se han realizado **4 calicatas** mecánicas con retroexcavadora, cuyos registros se muestran en el anejo-1 de este documento.

En todas ellas se ha **tomado muestra**, tanto en saco, como en bolsa para mantener la humedad, y se han realizado los siguientes **ensayos de laboratorio**, que básicamente son de identificación, químicos y de compactabilidad, con objeto de clasificar los materiales para su reutilización y puesta en obra:

- ✓ 4 análisis granulométricos
- ✓ 4 determinaciones de los Límites de Atterberg
- ✓ 3 Determinaciones de la humedad natural
- ✓ 4 ensayos de compactación proctor modificado
- ✓ 4 determinaciones del contenido en sales solubles
- ✓ 2 determinaciones del contenido en materia orgánica
- ✓ 2 determinaciones del contenido en yesos
- ✓ 1 ensayo de hinchamiento libre
- ✓ 1 determinación del índice de colapso

Las actas de ensayo, como su resumen de resultados, quedan recogidas y expuestas en el anejo-2 de este documento.

Por último, las 4 calicatas quedan localizadas en el plano de planta general que a continuación se presenta (imagen-20; aunque también quedan recogidas en el plano de tramificación geotécnica que se presenta en el anejo-9).

Para la cimentación de las **pasarelas**, se ha realizado una **inspección** de los muros del azud y se ha realizado una **perforación mediante máquina Hilti** en la zona próxima a las compuertas. En la siguiente figura (imagen-21) se muestra la localización; asimismo, en el anejo-3 puede apreciarse el reportaje fotográfico, con la descripción del testigo obtenido y el valor del **ensayo de carbonatación** llevado a cabo sobre el mortero que liga los sillares y mampuestos del cuerpo del azud (su acta de ensayo se recoge en el anejo-2).

Hay que señalar que existe documentación gráfica de la obra llevada a cabo en el año 1.996, donde se demolió un sector del azud para permitir el paso de agua (dicha documentación está en posesión del Canal de Isabel II). Igualmente se cuenta con el proyecto del propio azud. Sin duda, el análisis de esta documentación resulta de gran ayuda para la cimentación de las pasarelas sobre el cuerpo del azud.

También se ha llevado a cabo una **estación geomecánica** sobre el macizo rocoso que constituye el sustrato donde se proyecta el primer apoyo de la pasarela-1, mediante la medida y estudio de las discontinuidades rocosas, para poder comprobar la estabilidad global de dicho apoyo. Su localización se muestra en la imagen-21, y su registro queda recogido en el anejo-4.

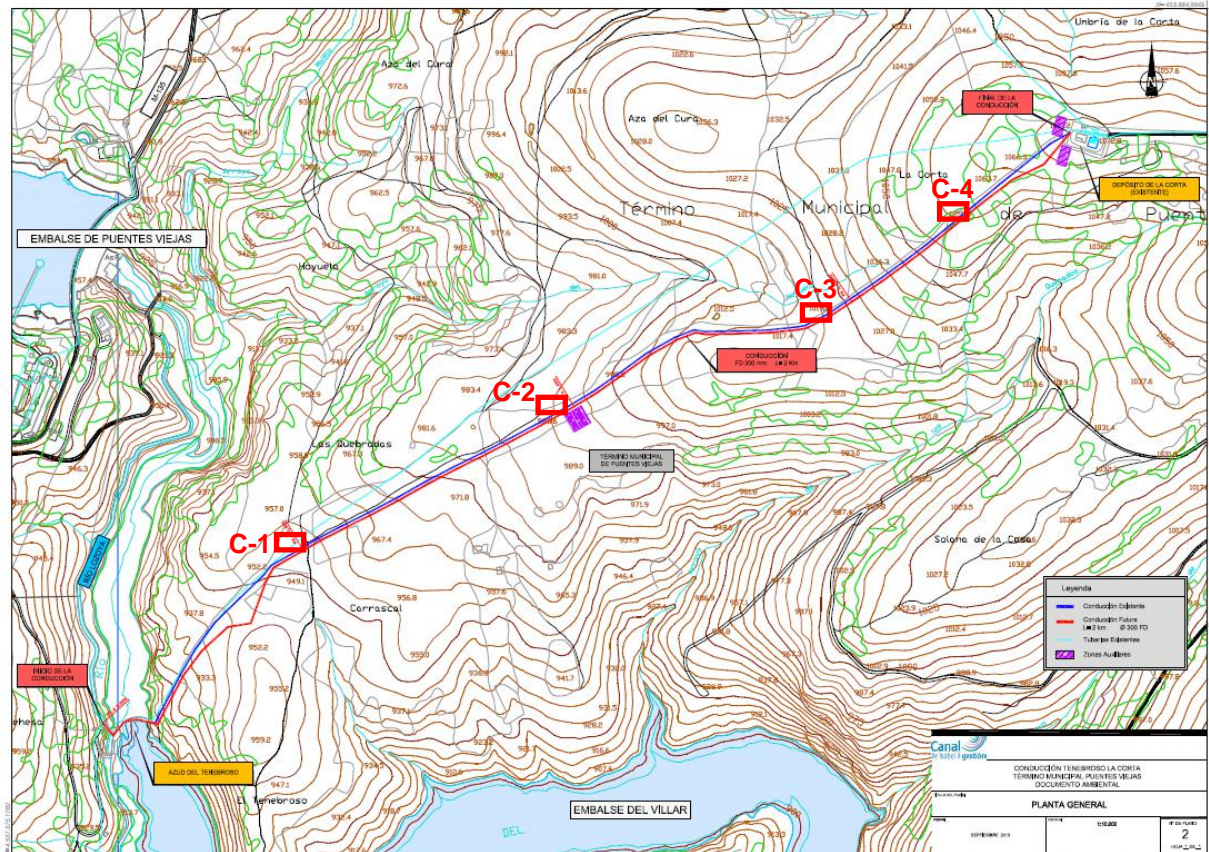


Imagen-20: Plano de planta general donde se localizan las 4 calicatas realizadas a lo largo del trazado de la conducción.



Imagen-21: Localización de la perforación Hilti (flecha azul) y de la estación geomecánica (flecha roja)

En la plataforma que genera el **muro**, más allá de la correspondiente **inspección**, se han llevado a cabo dos **sondeos geotécnicos** de 8m de profundidad cada uno, complementados con un **ensayo de penetración dinámica continua tipo DPSH**, localizado junto a la grieta de mayor tamaño del muro, y que alcanzó el rechazo a 1,80 m de profundidad.

También se ha llevado a cabo una **campana geofísica** consistente en la ejecución de cinco **perfiles de sísmica de refracción**, dos de ellos longitudinales al muro, el primero separado unos 2 m de éste y el segundo a unos 5 m. Con unas longitudes de 43,5 m cada uno y con geófonos espaciados cada 1,5 m. Se complementó con 3 perfiles transversales de unos 10 m de longitud cada uno, con geófonos espaciados cada 0,5 m. Además, se procedió a la detección del trazado de una tubería de fundición dúctil de 250 mm de diámetro dentro de la plataforma, mediante **perfiles de georadar y detector de radiofrecuencia**. El informe geofísico completo se presenta en el anejo-5. En dicho informe se recoge un plano con la localización de todos los perfiles de sísmica y el trazado de la tubería, así como la ubicación de los dos sondeos, pese a ello, a continuación (imagen-22) se presenta la posición de los dos sondeos así como del ensayo DPSH..

En el anejo-6 se presenta el registro de los sondeos así como su correspondiente reportaje fotográfico, mientras que en el anejo-7 se muestra el registro del ensayo de penetración dinámica tipo DPSH.

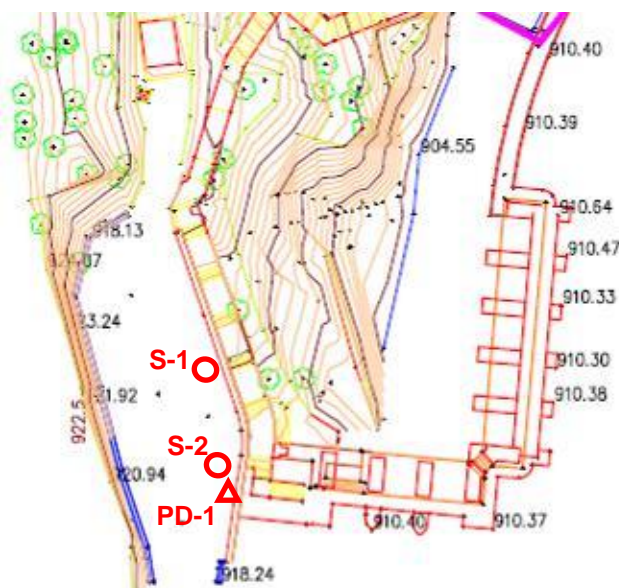


Imagen-22: Localización de los dos sondeos y el ensayo de penetración DPSH

También se han realizado **ensayos de laboratorio** sobre los testigos, tanto de roca como de suelo, obtenidos en los sondeos. Habiendo correspondido básicamente con ensayos de identificación para los suelos trasdosados al muro, y de compresión simple en el sustrato rocoso donde se apoya éste. Los resultados se muestran en el anejo-2.

5 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Dados los distintos ámbitos del proyecto, de naturaleza y localización muy diferente, se va a caracterizar geotécnicamente el terreno en función de los citados ámbitos de proyecto.

Para la **conducción**, ya se habían definido y cartografiado tres litologías bien diferenciadas:

- ✓ **A- Roca aflorante**, donde los paragneises y esquistos presentan un perfil de meteorización muy reducido, básicamente en su totalidad en grado IV, o directamente la roca grado III se presenta en superficie.
- ✓ **B- Suelos de alteración** del sustrato rocoso, donde el perfil de meteorización supera claramente los 1,5 m que van a ser excavados para la ejecución de la conducción. Correspondería con grados de alteración IV, V y VI (ISRM, 1981).
- ✓ **C- "Raña"**, entendidos como suelos granulares gruesos de bolos, cantos y grava con matriz arenarcillosa en estado fundamentalmente denso.

El **sustrato rocoso** que aparece a lo largo de la conducción corresponde con **esquistos y paragneises**. Se trata de rocas de resistencia media a dura según la ISRM (1981), con valores de resistencia a compresión simple de la matriz rocosa "sana" en torno a los 50 MPa, si bien se trata de rocas con una fábrica muy marcada, representada por una foliación muy penetrativa y poco espaciada, que penaliza de manera muy significativa la resistencia del macizo rocoso en su conjunto. En general, esta discontinuidad principal presenta buzamientos suaves en torno a los 15°-20° hacia el este, apareciendo muy replegados y reconociéndose incluso estructuras de crenulación. Esta disposición estructural tiene significación en la estabilidad de los taludes de las zanjas y en la potencial sobreexcavación.

También se presentan otras discontinuidades, básicamente diaclasas, si bien, su espaciado y continuidad no es tan persistente como la foliación anteriormente descrita. A continuación se muestra un afloramiento de estas rocas a lo largo de la traza de la conducción (imagen-23).



Imagen-23: Afloramiento del macizo esquistoso y de paragneis

No se cuenta con ensayos de laboratorio de estas rocas, pues su mayor incidencia geotécnica reside en la excavabilidad, y dado que la conducción se proyecta en torno a 1,5 m de profundidad, la prueba más directa a este respecto la aporta el propio ejercicio de excavación mecánica con una retroexcavadora, realizado para la ejecución de las calicatas, en lo que juega un papel muy importante el desarrollo del perfil de meteorización.

La importante anisotropía planar de estas rocas tiene su reflejo en los elementos rocosos extraídos producto de su excavación. Este hecho debe tenerse en cuenta a la hora de utilizarse como relleno, donde habría que clasificarlo según el PG-3 como pedraplén, si bien, y aunque se trata de un material estable, resulta probable que no cumpliera con la denominada “forma de las partículas”. De igual modo sucede si el material se clasificara granulométricamente como “todo-uno”. Este hecho debe tenerse presente para su empleo como relleno en la zanja de la conducción.

Donde se desarrolla el **grado IV**, se identifican como suelos granulares con pocos finos (<10%), presencia significativa de gruesos (>40%), que puede ser aún más notable cuando aparecen núcleos de roca alterada aunque no disgregada (SW-GW). Se trata de suelos no plásticos, sin capacidad de cambio volumétrico, ni de hinchamiento ni de colapso. No son suelos evolutivos, pues presentan un contenido de sales solubles muy marginal (<0,2%), sin materia orgánica, salvo en los niveles edáficos superiores que suelen estar poco desarrollados (<15-20 cm).

Estos suelos grado IV podrían clasificarse según el PG-3 como suelos adecuados e incluso seleccionados, si bien, presenta la particularidad de que los elementos gruesos adoptan una morfología planar muy marcada, aunque, con este grado de alteración, es previsible que estos elementos sean de fácil disgregación en el proceso de compactación, obteniéndose densidades máximas (PM) superiores a 2,00 t/m³, con humedades óptimas del orden del 7-8%. A continuación se muestra una imagen de estos materiales cuando son excavados (imagen-24).



Imagen-24: Material excavado en calicata C-2 correspondiente a esquistos y paragneises con grado de alteración IV

Como se ha identificado en el capítulo geológico, existe un sector (ver zonificación litológica cartografiada en imagen-16) donde el desarrollo de alteración es notablemente mayor, presentándose los **horizontes V y VI**. Estos suelos se identifican como arenas gruesas y medias con escasos finos (<10%) y con un contenido de gruesos significativo, en torno al 20% (SW). Son suelos no plásticos, no evolutivos, con contenido en sales solubles inferiores al 0,2%, sin yesos y con escasa materia orgánica (<0,2%), salvo los niveles superiores edáficos, que en este caso sí llegan a estar desarrollados, superando los 50 cm y alcanzando máximos de hasta 80 cm.

Presenta índices de colapsabilidad muy reducidos, muy inferiores al 1%, con humedades naturales del orden del 8%, sin bien ésta se ha obtenido en muestras tomadas tras una temporada de importantes precipitaciones, con suelos muy próximos a su saturación.

En cuanto a las condiciones de compactabilidad, se ha obtenido una densidad máxima (PM) ligeramente superior a 2,00 t/m³, con humedades óptimas sensiblemente inferiores al 7%, lo que conlleva cierta aireación del material antes de su puesta en obra, especialmente si la obra se lleva a cabo en temporada de lluvias.

Como anteriormente, a continuación se muestra una imagen de estos materiales cuando son excavados (imagen-25).



Imagen-25: Material excavado en calicata C-1 correspondiente a esquistos y paragneises con grado de alteración V-VI.

Finalmente, en el último sector de la conducción, se presentan los suelos denominados como “**raña**”. Se trata de suelos muy característicos, donde lo primero que destaca es su coloración rojiza, producto de la oxidación de los minerales de hierro contenidos en los macizos pizarrosos y cuarcíticos de los que procede, que son dominantes en el dominio de Somosierra del Sistema Central.

Corresponden con suelos arenoarcillosos con bastante grava, que alcanza tamaños grandes tipo cantos y bolos centimétricos que ocasionalmente llegan a decimétricos. Son de naturaleza fundamentalmente cuarcítica, aunque también de pizarras, filitas y esquistos. Su morfología es muy variada en función de su origen, en el caso de las cuarcitas se presentan con morfologías poliédricas tipo cubos, prismas; mientras que en el caso de las rocas foliadas se presentan morfologías planares.

Estos suelos se podrían clasificar según la nomenclatura geotécnica como GC, pues presenta un contenido de gruesos importante, en ocasiones mayoritario, siendo variable la proporción arena-arcilla, dominando en ocasiones la primera, mientras que en algunos niveles se llega a presentar un contenido arcilloso próximo al 50%. Son justamente estos niveles los que registran algo de plasticidad, con límites líquidos próximos a 40 y con índices de plasticidad del orden de 12-13, aunque en los niveles más granulares y con menos finos llegan a ser clasificados como no plásticos.

Su capacidad de cambio volumétrico es muy reducido, pudiendo llegar a presentar un hinchamiento de hasta el 1% para los niveles más finos, si bien, este valor debe reducirse notablemente si se tiene en consideración el suelo en su conjunto, donde la presencia de elementos gruesos es muy significativa. Por este mismo motivo, unido a una densidad relativa significativamente elevada, su capacidad de colapso es muy baja.

Se ha registrado un contenido en materia orgánica muy reducido (0,16%), siendo su contenido en yeso (0,06%) y en sales solubles (0,1%) también muy bajo, con lo que los suelos pueden ser clasificados según el PG-3 al menos como “Tolerables”, incluso “Adecuados”, si bien, en ocasiones se supera el 35% en el contenido en finos.

Con respecto a su compactación se registran densidades máximas del orden 2,1 t/m³ con humedades óptimas del 7,5%, que pueden superar ligeramente el 8% en niveles donde la presencia de finos sea marcada.

Al igual que en las unidades lito-geotécnicas anteriormente descritas, a continuación se muestra una imagen de estos materiales cuando son excavados (imagen-26).



Imagen-26: Material excavado en calicata C-4 correspondiente a los suelos denominados “raña”

Para el caso de las **pasarelas** habría que caracterizar el propio muro del azud, pues será sobre él donde se proyectan los apoyos, y si bien, no se trata de una caracterización geotécnica convencional pues se identifica como un elemento estructural existente, se intentará definir de la manera más apropiada y con cierta perspectiva geotécnica. En cambio, sí debe caracterizarse geomecánicamente el macizo rocoso donde se pretende realizar el apoyo-1 de la pasarela-1.

En el primer caso, el **cuerpo del azud** puede definirse como un muro de mampostería y sillería de piezas de unos 20-40 cm de diámetro equivalente en los paramentos exteriores, aunque se sospecha que serían notablemente menores, quizá del orden de 10-20 cm, en el interior del propio cuerpo del muro del azud.

La morfología de los mampuestos suele ser generalmente prismática, aunque también se presentan elementos cúbicos, siendo más regulares (a modo de sillares) en los paramentos externos, y más irregulares en los que forman el propio cuerpo.

La naturaleza litológica de los mampuestos corresponde con los ortogneises que afloran en el entorno del azud. Se presenta con coloraciones oscuras, pero se trata de una tonalidad adquirida al quedar expuesta, pues su coloración natural es básicamente blanquecina. Este aspecto de coloración, junto a otros, puede apreciarse en las fotografías que a continuación se adjuntan (imágenes 27 y 28).



Imagen-27: Detalle de un sector del muro del azud en su paramento vertical aguas arriba



Imagen-28: Testigo extraído sobre la coronación del muro del azud, próximo a las compuertas

Otro aspecto muy importante en la definición geotécnica y estructural del muro es que todos los elementos están ligados con mortero. Este mortero puede apreciarse en cada una de las uniones entre bloques en los propios paramentos del muro, pero también en su interior, como se puede deducir con los testigos extraídos con la perforación realizada (imagen-28). Para dicha perforación es necesario el empleo de agua, teniendo capacidad de diluir el

mortero si su grado de carbonatación no es muy elevado. Esto a penas se ha producido, por lo que empíricamente puede afirmarse que el mortero se encuentra en buenas condiciones (también se solicitó un ensayo de carbonatación sobre el mortero en laboratorio que se muestra en anejo-2). Es razonable esperar un buen recebo entre bloques, pues la propia finalidad del azud obliga a conseguir cierta impermeabilidad, aunque se ha podido reconocer porosidad en algunos tramos del mortero extraído.

Sin duda, la continuidad y calidad del mortero es muy importante a la hora de asignar unas características resistentes y deformacionales al conjunto. Todo ello unido a la calidad de los propios bloques de ortogneis.

El ortogneis es una roca metamórfica de alto grado de protolito ígneo (granitos), que presenta una foliación grosera como corresponde a una roca glandular con bandeado biotítico difuso. Esto hace que la anisotropía no sea tan marcada como en otras rocas metamórficas y presente un aspecto más masivo. Se trata de rocas estables, no evolutivas, con resistencias a compresión simple por encima de los 25 MPa, lo que se catalogaría como roca moderadamente dura según la ISRM, 1981; aunque es esperable que los bloques que se han extraído del macizo “sano” (grados de alteración II y I, ISRM) superen claramente los 50 MPa, clasificándose entonces como una roca dura.

Así pues, el conjunto del muro que conforma el azud está compuesto por bloques de roca estable y dura con recebo básicamente homogéneo y continuo de mortero que se encuentra en condiciones de carbonatación aceptables, por lo que se podría deducir unas buenas características resistentes y deformacionales del conjunto, máxime cuando las sollicitaciones que se proyectan para el apoyo de las pasarelas sobre el azud no son muy elevadas (inferiores a 2 Kp/cm²). Así que podría ser suficiente con esta caracterización cualitativa, que puede ser complementada con la observación de la documentación que el Canal tiene de la obra de apertura parcial del azud (escotadura) que se llevó a cabo en el año 1.996 (ver imagen-29), sin entrar en concretar valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno que nos conduzca a la obtención de cargas de hundimiento mediante métodos analíticos, ni a la concreción de módulos de deformación para la estimación de asentos.



Imagen-29: Escotadura en el azud del Tenebroso

Como ya se ha señalado, resulta necesario caracterizar geomecánicamente el **macizo rocoso** donde se pretende realizar el apoyo-1 de la pasarela-1. Dicho macizo se presenta gráficamente en la siguiente fotografía (imagen-30).



Imagen-30: Vista del macizo rocoso sobre el que se proyecta el apoyo-1 de la pasarela-1: estribo 1.B de la pasarela metálica sobre el canal de descarga.

Se trata de los ortogneises ya descritos, como roca no evolutiva a la que se le puede atribuir una resistencia moderadamente dura a dura según la ISRM, 1981. Y más allá de la resistencia de la matriz rocosa y de la penalización en la calidad del macizo rocoso por la significativa presencia de discontinuidades, e incluso de la existencia de un grado de alteración III, no es necesario ahondar en su caracterización para el diseño de la cimentación, pues las cargas van a ser relativamente reducidas ($2,558 \text{ Kp/cm}^2$) teniendo en cuenta que al macizo se le pueden asignar cargas admisibles muy por encima de las tensiones que transmitirá la pasarela. Pero sí puede quedar comprometida su estabilidad global por la eventual caída de bloques o cuñas, al ejecutarse el apoyo en la coronación de un pronunciado talud.

Es por ello que se ha realizado una estación geomecánica cuyos datos quedan reflejados en el anejo-4.

El talud presenta una morfología bastante irregular, con zonas muy verticalizadas e incluso con áreas en voladizo, aunque se le puede asignar una pendiente media de unos 80° hacia los 120° .

Como se puede apreciar en el anejo-4, se registra un importante y variado número de discontinuidades, que han sido tratadas con el software Dips de la casa Rocscience, cuyos resultados se muestran a continuación (imagen-31).

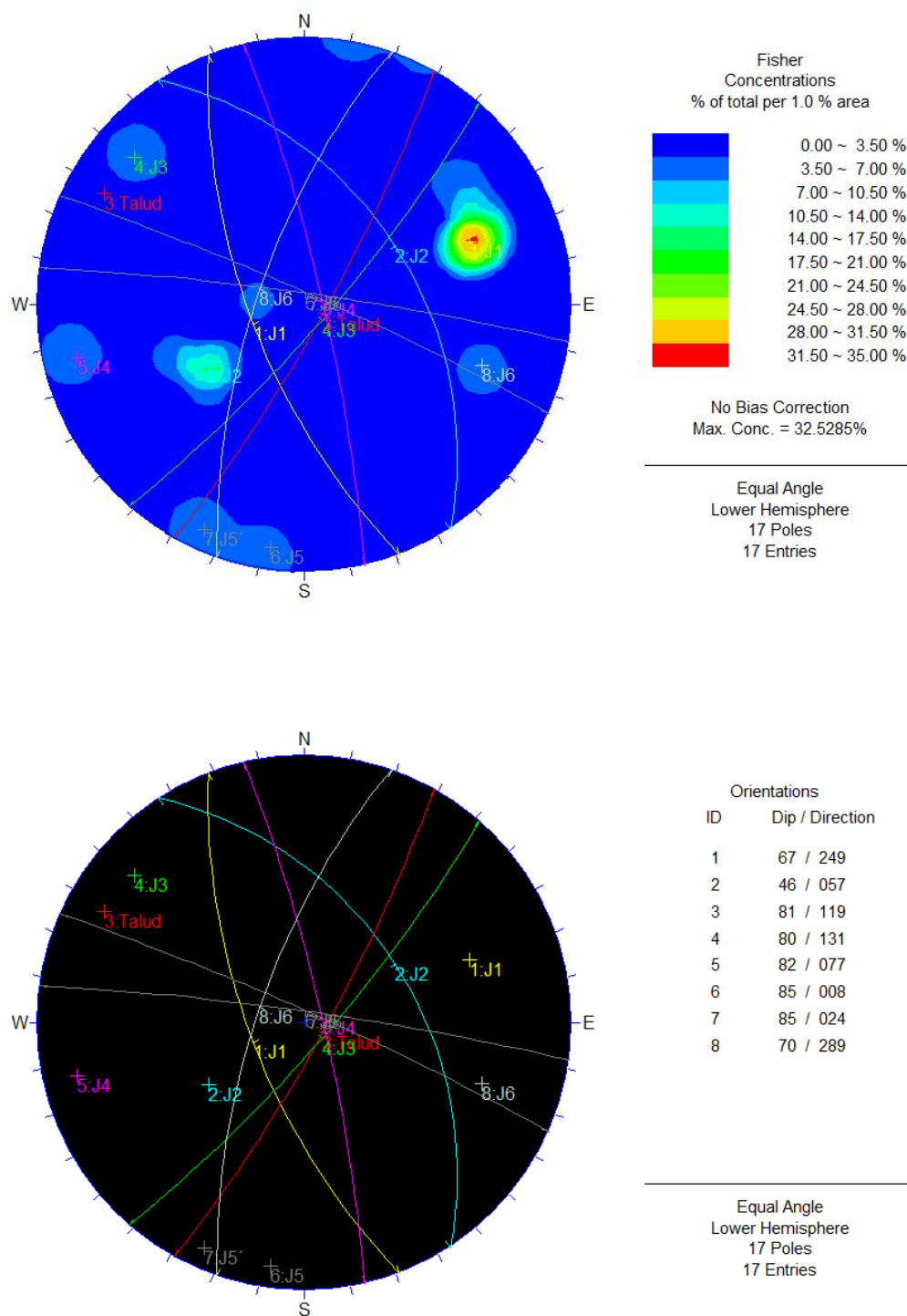


Imagen-31: Salidas estereográficas del Software Dips que representa la distribución estructural de las juntas del macizo rocoso donde se proyecta el apoyo-1 de la pasarela-1.

En la siguiente tabla (imagen-32) se reflejan las direcciones, buzamientos y sentidos de buzamiento medios obtenidos de las juntas que gobiernan la estructura del macizo.

Junta	Dirección (°)	Buzamiento (°)	Sentido Buzamiento (°)
J1	160 - 340	67	250
J2	147 - 327	46	057
J3	041 - 221	80	131
J4	107 - 287	86	017
Talud	030 - 210	80	120

Imagen-32: Orientación y buzamiento de las juntas. También se incluye la orientación media del talud

Lo primero que hay que apuntar es que se ha dado una orientación y una pendiente de talud que representa una estimación media, pero la realidad nos muestra una gran irregularidad en lo que sería el contorno de ese talud, tanto en la dirección como en el buzamiento, registrándose importantes sectores, que aprovechando la disposición la junta J1, se queda en voladizo (ver imagen-30).

Precisamente la junta J1 es la que parece presentar una mayor continuidad, y aunque tiene una dirección oblicua al talud con buzamiento hacia su interior, en numerosas ocasiones el talud queda dibujado por esta junta, y si bien, su disposición es cinemáticamente favorable, habrá que comprobar si tiene capacidad de fallo por vuelco.

En la estación geomecánica correspondiente que se presenta en el anejo-4 quedan caracterizadas las discontinuidades, siendo frecuente que se presenten óxidos de hierro, la presencia de agua no parece muy relevante, presentándose secas o a lo sumo húmedas. Con aperturas en el rango de parcialmente abiertas (0,25-0,5 mm) y abiertas (0,5-2,5 mm), probablemente debido al sistema en fueron excavadas, y con rugosidades planas-rugosas, que pueden traducirse en un JRC del orden de 6-10. Los espaciados suelen estar entre moderadamente juntas (200-600 mm) y separadas (600-2.000 mm), situándose las continuidades en el rango de los 3-10 m, en alguna junta se puede superar ligeramente este umbral entrando en el rango 10-20, y por el contrario, en la discontinuidades menos presentes hablaríamos de rangos de persistencia de 1-3 m.

En el ámbito del **muro** de contención de tierras existente en la plataforma de acceso al azud del Tenebroso, se pueden distinguir los siguientes materiales conforme a las prospecciones realizadas:

- sustrato rocoso de ortogneises
- suelos de alteración del sustrato rocoso (grados IV-V)
- rellenos trasdosados

Obviamente también hay que contar con el propio muro como elemento estructural, cuya naturaleza no difiere mucho de la descrita para el azud (aunque no se aprecian sillares y en general los mampuestos son más pequeños), pudiendo apreciarse su aspecto en la fotografía que se adjunta (imagen-33).



*Imagen-33: Paramento exterior del muro de contención
de la plataforma de acceso al azud del Tenebroso.*

En el anejo-6 puede consultarse el levantamiento geotécnico de los sondeos, donde también se recogen los resultados de los ensayos de laboratorio. De su análisis se puede deducir el siguiente perfil de terreno:

- 0,00-3,00 m: Rellenos de bloques, cantos y grava de naturaleza ortogneísica y morfologías irregulares y angulosas, con tamaños máximos de hasta 6 cm. Tiene una matriz arenosa (25-30%) con escasos finos (<10%), que en su conjunto representa algo menos de la mitad que la fracción gruesa. Se muestra en un estado de compacidad de flojo a medianamente denso, y relativamente húmedo. Lógicamente se trata de suelos no plásticos y sin presencia de sulfatos. En el sondeo S-2, a partir de 1,30 m se perforan bloques de roca de ortogneis que aportan longitudes de testigo entre 10 y 20 cm que parece coincidir con la posición de un muro previo al actual, habiéndose detectado mortero en buen estado que une bloques a unos 2,75 m.
- 3,00-5,00 m (5,50 m en el S-1 y 4,25 m en el S-2): Suelos producto de la alteración del macizo gneísico en grado V-IV. En la primera mitad suelen presentarse en grado V, identificándose como arena media y gruesa cuarzofeldespática con significativa presencia de mica, con bastantes fragmentos de roca gneísica tamaño gravilla y grava (<5 cm) y morfología angulosa. Con algo de fracción fina limoarcillosa. Se presenta en un estado medianamente denso a denso, con humedad reconocible (incluso mojado). Mientras en la mitad inferior, se identifica más con un grado IV, siendo más patentes los pedazos de roca de ortogneis alterados, tamaño grueso (incluso deducibles algún bolo), de morfología irregular y angulosa con matriz arenosa y fracción fina limoarcillosa reducida. Se presentan en un estado denso a muy denso, y se detecta cierto grado de humedad. Como en el caso anterior, se trata de suelos no plásticos y sin presencia de sulfatos.
- 5,00->8,10 m: Sustrato rocoso de ortogneises como roca glandular cuarzofeldespático con bandeado biotítico, siendo también apreciables bandas leucosomáticas de cuarzo, con foliación subhorizontal. Se aprecia un grado de alteración III, con juntas con óxidos de hierro, clasificándose según la ISRM como una roca moderadamente dura a dura, si bien, en estos metros tan someros la alteración hace que las resistencias sean algo menores a las esperables para estas rocas.

Este perfil tipo se incrementa muy ligeramente en profundidad si nos ceñimos completamente al trasdós del muro, pues los sondeos se han ejecutado aproximadamente a un metro de éste y, por contra, se reduce tanto el espesor de relleno como de suelos de alteración, situándose muy somero el sustrato rocoso, conforme nos alejamos del muro hacia el pie del talud, que precisamente está formado por los ortogneises. En la siguiente fotografía (imagen-34) se puede deducir lo que se describe, pues el desmonte que se genera en la parte izquierda de la plataforma (lado oeste) es muy revelador.



Imagen-34: Plataforma de acceso al azud

Este hecho queda ratificado con los datos obtenidos en los perfiles sísmicos que se pueden consultar en el informe geofísico del anejo-5. En este documento quedan claramente diferenciados los tres niveles litológicos descritos, en función de la diferente velocidad de propagación de las ondas p:

- Rellenos: con velocidades de ondas p comprendidas entre 400 y 1.000 m/s.
- Sustrato Alterado Grados IV-V: con velocidades de 1.000-2.000 m/s.
- Sustrato Rocos con grados de alteración menor o igual a III: >2.000 m/s

El primer perfil, distanciado 2 m del muro, muestra resultados en la línea con lo obtenido en los sondeos, dejando constancia que el relleno presenta un espesor considerablemente menor en el extremo norte (final de la plataforma), y que tras unos 14 m con espesores del orden de 1,4 m, se va incrementando progresivamente el espesor de relleno hacia el sur (inicio de la plataforma) hasta alcanzar los 4,6 m. El espesor de suelos de alteración del sustrato queda comprendido entre los 2 y 3 m, siendo similar a lo acotado con los sondeos (en particular en el S-1, pues el S-2 quizá haya quedado un perfil algo modificado por existencia de un antiguo muro en esa zona).

El segundo perfil, distanciado 5 m del muro, muestra la misma tendencia longitudinal, si bien, como era de esperar, los espesores de relleno son marcadamente menores, siendo prácticamente inexistentes en el extremo norte, y alcanzando tan sólo los 2 m en el extremo sur. Sí parece un poco más desarrollado el espesor del perfil de alteración del sustrato que llega a superar ligeramente los 3 m (aproximadamente 3,5 m).

Si bien, no ha podido ser posible profundizar con los tres perfiles ortogonales, dada su reducida longitud, se deduce un modelo tridimensional de la cuña de rellenos que afectan al muro con los dos primeros perfiles descritos (los longitudinales al muro), así como el desarrollo de los suelos de alteración del macizo.

Por último, el macizo rocoso coincide con los ortogneis que se vienen describiendo a lo largo del presente informe, si bien, se ha podido caracterizar como un macizo probablemente penalizado por presentar un grado de alteración III y con cierto grado de fracturación, en particular en los escasos metros reconocidos. Lógicamente es de esperar que la calidad del macizo mejore en profundidad, tal y como reflejan las velocidades de propagación de las ondas p, donde se llegan a alcanzar valores de hasta 4.000-5.000 m/s en profundidad, indicativo de rocas muy duras y macizos rígidos, interpretables como sanos y muy poco fracturados.

En cualquier caso se han obtenido RQD's del orden del 20-25% en el S-1, siendo mejores en el S-2, que comienzan siendo del orden del 35%, pero terminan por encima del 70%, lo que nos viene a informar de una calidad del macizo en estos niveles someros de "pobre" a "aceptable".

Se presentan numerosas juntas, todas ellas con óxidos de hierro, lo que unido a unos valores de resistencia a compresión simple que han oscilado aproximadamente entre 200 y 400 Kp/cm² (roca moderadamente dura en general), hace que los RMR obtenidos (sin penalizar) sean del orden de 45-50, es decir, de calidad media, que con la penalización seguro que pasarían a una clase-IV de calidad mala.

Se han realizado medidas estructurales en algunos de los planos del macizo que se encuentran en el cimiento del muro, si bien, dicho afloramiento no es de mucha calidad y su tamaño es muy limitado. A continuación se muestra una fotografía del afloramiento mencionado (imagen-35), que se sitúa cuando termina el tramo de escaleras que va paralelo al muro, justo cuando giran 90° hacia el este para conducirse hacia las contrapuestas del azud.



Imagen-35: Afloramiento de roca en el pie del muro

En el anejo-5 se muestra la estación geomecánica realizada (EG-2), donde se pueden observar los datos obtenidos, que básicamente vienen a reflejar una discontinuidad dominante, pues realmente es la única que se muestra accesible en un afloramiento tan limitado, y que coincide con la que ilustra la imagen-35. Dicha discontinuidad viene a dibujar de manera aproximada el talud natural, algo modificado en esta zona. Se trata de un plano desfavorable que puede suponer un deslizamiento planar, si bien, no se conoce con certeza la continuidad y espaciado de dicho plano, dadas las limitaciones del afloramiento.

6 **CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS PARA EL PROYECTO**

En el capítulo 2 de este informe se especificaban los aspectos geotécnicos más relevantes que deben ser tratados y, por ende, considerados para la definición de las bases de diseño. Estos aspectos son los siguientes:

- ✓ Para la **conducción**:
 - excavabilidad
 - sobre excavación
 - estabilidad
 - agotamientos (nivel freático)
 - aprovechamiento
 - esponjamiento del material extraído y puesto en obra
 - otros: agresividad, expansividad, ...
- ✓ Para las **pasarelas**:
 - condiciones de cimentación
 - estabilidad global,
- ✓ Para el **muro**:
 - Patologías
 - Perfil y parámetros geotécnicos para definir los empujes.
 - Estabilidad del cimiento

6.1 **CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CONDUCCIÓN PROYECTADA**

El proyecto contempla la ejecución de una nueva conducción de abastecimiento de agua entre el azud del Tenebroso y el depósito de La Corta. Dicha conducción se realiza mediante tubería de fundición dúctil de 300 mm de diámetro, presentando una longitud de unos 2 km. Irá enterrada en zanja a una profundidad media de 1,5 m, salvo en la zona del azud, donde se proyectan las dos pasarelas.

Conforme esta definición, a continuación se definen los aspectos geotécnicos más importantes para el establecimiento de sus bases de diseño:

A. EXCAVABILIDAD:

Sin duda, este aspecto tiene gran relevancia para el proyecto. Y es que, aunque las profundidades a excavar son modestas (en torno a 1,5 m), las excavaciones deben desarrollarse en su mayor parte sobre un macizo rocoso de paragneises y esquistos.

En el plano general de planta que se muestra en la imagen-16, así como en el plano de tramificación geotécnica que se recoge en el anejo-9, se distinguen los siguientes sectores a lo largo del trazado:

- A. Roca aflorante, donde los paragneises y esquistos presentan un perfil de meteorización muy reducido, o la roca grado III se presenta en superficie.
- B. Suelos de alteración del sustrato rocoso, donde el perfil de meteorización supera claramente los 1,5 m que van a ser excavados para la ejecución de la conducción. Correspondería con grados de alteración IV, V y VI (ISRM, 1981).
- C. “Raña”, entendidos como suelos granulares gruesos de bolos y grava con matriz arenoarcillosa en estado fundamentalmente denso.

Pues bien, según esta diferenciación y sectorización se puede estimar que la “roca aflorante-A” se presenta aproximadamente en el 60% de la conducción, siendo del 30% para la “raña-C”, y únicamente del 10% para los suelos de alteración-B.

Tanto los suelos B como los C son excavables mediante medios convencionales, aunque, para retroexcavadoras de potencia convencional, la “raña-C” puede presentar cierta oposición o dificultad al presentarse en ocasiones bloques cuarcíticos de notable tamaño. En cambio, la unidad A, se estima que únicamente podrá ser excavada en torno al 30-40% del volumen necesario, en función de la potencia de las excavadoras finalmente utilizadas, siendo necesario para el resto el empleo de martillo neumático picador, lo que encarece y ralentiza la labor de manera muy significativa. Es decir, que aproximadamente el 35-40% del volumen total a excavar para la conducción puede ser catalogado como “no excavable”, debiéndose utilizar el martillo.

B. SOBRE EXCAVACIÓN:

Conforme a la caracterización realizada en epígrafes anteriores, puede afirmarse que es esperable una sobre excavación notable a lo largo del sector A (roca aflorante), y que puede estimarse en torno al 20% respecto a la sección teórica, y es que la naturaleza litológica y su disposición estructural con una foliación subhorizontal tan marcada influye claramente en la manera en que son excavados estos materiales.

En la unidad C (“raña”) no se espera más de un 10% de sobre excavación, mientras que en la unidad B la sobre excavación debe ser mínima, aunque podría darse si se ejecuta en época de importantes precipitaciones y aparece el nivel freático como ha surgido durante la campaña de investigación.

C. ESTABILIDAD:

Dada la reducida altura que registrarán las excavaciones y la naturaleza de los materiales existentes, este aspecto de la estabilidad no debe quedar comprometido a

corto plazo en ninguno de los tres suelos, aunque siempre es recomendable tender a un talud 1H:1V los últimos 30 cm de suelo vegetal, o también en algún sector que se detecten rellenos, que básicamente corresponde con los excedentes que se produjo con la excavación de la conducción existente.

Las profundidades que deben alcanzarse permite trabajar desde el interior de las excavaciones sin necesidad de entibaciones u otras medidas complementarias. En cualquier caso, deben permanecer el menor tiempo posible abiertas, y en el caso del tramo de suelos de alteración (B), deben asegurarse condiciones secas si el nivel de agua finalmente aparece (rebajamientos).

D. AGOTAMIENTOS (NIVEL FREÁTICO):

Como se viene apuntando, únicamente es esperable que aparezca agua en la unidad de suelos de alteración (B) si las obras finalmente se llevan a cabo en época de lluvias importantes, como ha sido el caso con la fecha en que se han realizado las investigaciones, coincidentes con la primavera más lluviosa de los últimos años.

Se ha detectado el **nivel de agua a 1,30 m**, con lo que únicamente en este sector minoritario (**unidad B**), es posible la necesidad de equipos de bombeo y achique que consigan llevar a cabo pequeños rebajamientos que serían de poco más de 20 cm.

E. APROVECHAMIENTO:

La unidad A, corresponde fundamentalmente con material rocoso tipo paragneis y esquisto, y genera un producto de excavación tipo **“todo-uno” o pedraplén**, de naturaleza estable, pues no son rocas evolutivas, pero que dada la marcada anisotropía planar que presentan (foliación) resulta probable que no cumpla con el requisito del PG-3 denominado “forma de las partículas”.

La parte excavable en esta unidad A (A’), que básicamente correspondería con la sección meteorizada en grado IV, que se ha cifrado en torno al 30-40%, se puede clasificar según el PG-3 como **suelos Adecuados** e incluso Seleccionados, si bien, presenta la particularidad de que los elementos gruesos adoptan una morfología planar muy marcada, aunque, con este grado de alteración es previsible que estos elementos sean de fácil disgregación en el proceso de compactación.

La unidad B, corresponde con suelos que se identifican como arenas gruesas y medias con escasos finos (<10%) y con un contenido de gruesos significativo, en torno al 20% (SW). Son suelos no plásticos, no evolutivos, con contenido en sales solubles inferiores al 0,2%, sin yesos y con escasa materia orgánica (<0,2%), salvo los niveles superiores edáficos, que en este caso sí llegan a estar desarrollados, superando los 50 cm y alcanzando máximos de hasta 80 cm.

Presenta índices de colapsabilidad muy reducidos, muy inferiores al 1%, con humedades naturales del orden del 8%, sin bien ésta se ha obtenido en muestras

tomadas tras una temporada de importantes precipitaciones, con suelos muy próximos a su saturación.

Con todo esto puede decirse que corresponde con suelos clasificables según el PG-3, al menos como **Tolerables**, aunque incluso podrían alcanzar la categoría de **Adecuados y Seleccionados**.

La unidad C ("raña") ha sido descrita en el capítulo anterior de caracterización geotécnica, pudiendo clasificarse según el PG-3 al menos como **Tolerables**, incluso **Adecuados**, si bien, en ocasiones se supera el 35% en el contenido en finos.

Así pues, todos los materiales excavados podrán ser **aprovechables para el relleno posterior de la zanja**, si bien, para el caso de los productos de excavación en roca (A) pueden presentarse problemas de compacidad por la forma de las partículas que se obtendrían (formas marcadamente planares), por lo que habría que llevar a cabo comprobaciones en obra que permitan despejar esta duda razonable. Para ello, con los medios disponibles en obra se deberá realizar una prueba experimental de relleno de zanja, para seguidamente comprobar el grado de compacidad obtenido, y tomar muestra para observar la forma y tamaños de los bloques de roca colocados. Si la prueba no fuera satisfactoria, el volumen de roca A, que coincide con el volumen no excavable y donde debe utilizarse el martillo, que representa como ya se ha señalado el 35-40% del volumen total, debe desecharse. Dicho volumen es muy probable que se aproxime con el volumen de tierras excedentario, pudiendo recurrir a la zona donde se presenta la raña (C) como préstamo de material si finalmente fuera necesario, vertiendo ahí el excedente rocoso que pudiera resultar.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de la clasificación y aprovechamiento que se ha expuesto:

Unidad Litológica	Descripción	Clasificación PG-3	Aprovechamiento*
A	Roca	Todo-uno / Pedraplén	Condicionado **
A'	Grado-IV	Adecuado	Sí
B	Grados: IV-V-VI	Tolerable-Adecuado***	Sí
C	Raña	Tolerable-Adecuado	Sí

* Aprovechamiento para relleno de zanja

** Condicionado, pues habría que controlar la forma de las partículas en su puesta en obra

***Incluso seleccionado

F. ESPONJAMIENTO DEL MATERIAL EXTRAÍDO Y PUESTO EN OBRA

En el siguiente cuadro se muestran las densidades máximas Próctor Modificado obtenidas para cada unidad litológica, así como su humedad óptima:

Unidad Litológica	Descripción	Densidad máx PM (t/m ³)	Humedad óptima (%)
A	Roca	-	-
A'	Grado-IV	2,077	7,4
B	Grados: IV-V-VI	2,016	6,7
C	Raña	2,100	7,5-8,2

Como se puede apreciar, pese a la marcada diferenciación litológica, los resultados de compactación no difieren sustancialmente. En función del grado de compactación que se fije y se consiga en obra, y de las densidades originales atribuidas a cada unidad, se puede estimar un factor de esponjamiento. Se ha realizado un ejercicio de aproximación a los esponjamientos y/o coeficientes de paso que se obtendrían para cada unidad si se colocara en zanja al 95% PM, y cómo quedaría el esponjado si pasara a formar parte de un relleno no compactado como material excedentario (vertedero). Dicho ejercicio se muestra en la siguiente tabla (todas las densidades se expresan en t/m³):

Unidad Litológica	Densidad Origen	Densidad en Zanja (95% PM)	Esponjam.	Densidad sin compactar	Esponjam. material excedente (vertedero)
A	2,55	1,995	1,28	1,82	1,40
A'	2,25	1,973	1,14	1,87	1,20
B	1,95	1,915	1,02	1,80	1,08
C	2,00	1,995	1,00	1,83	1,09

Lo que se puede extraer de los resultados del ejercicio reflejados en la tabla es que es previsible que el esponjamiento obtenido en zanja con el material A se aproxime al 30%, reflejo de lo que se viene describiendo acerca de la probable dificultad de compactación de una roca con tan marcada estructura planar. Aunque su esponjamiento sería aún mayor como material excedente que se destine a vertedero y no es compactado (del orden del 40%).

La unidad A', correspondiente a la roca alterada en grado IV, alcanzaría un esponjamiento del orden del 14%, siendo de hasta el 20% en vertedero. Y aunque son valores inferiores al caso anterior, también se llega a reflejar, aunque con menor intensidad, lo que acontece en la unidad A.

Coeficientes mucho más reducidos se obtienen para las unidades B y C, con esponjamientos en zanja inferiores al 5%, e incluso próximos a cero, siendo prácticamente del 10% en vertedero.

Por último, únicamente recalcar que si las obras se realizan en época de lluvias, la unidad B en especial deberá contar con cierta aireación previa para que pierda algo de humedad, pues se ha comprobado que la humedad natural es sensiblemente superior (7,9%) a la óptima de compactación (6,7%). De hecho la humedad natural obtenida debe de corresponder a un estado próximo a la saturación.

G. OTROS ASPECTOS: AGRESIVIDAD, EXPANSIVIDAD,...

Como se ha venido apuntando, todas las unidades litológicas descritas son estables, de naturaleza silícea y, por lo tanto, no solubles, habiéndose comprobado que efectivamente no se presentan sales solubles de manera apreciable.

Tampoco son materiales con capacidad de cambio volumétrico con los cambios en el régimen de humedad, por lo que no tienen prácticamente capacidad de hinchar ni de retraerse. Tampoco son suelos colapsables si se alcanzan condiciones de saturación.

Por último, únicamente señalar que los rellenos que se sitúan junto a la conducción existente, como material vertido como consecuencia del excedente que se produjo con la excavación de la propia conducción, no suelen presentar espesores superiores a los 2 m, quedando localizados a modo de cordones paralelos a la conducción. Estos rellenos son más importantes en la zona donde se excavó roca (A), siendo muy reducidos e incluso inapreciables en las zonas de suelos, tanto de alteración (B), como los correspondientes a la raña (C). Esta afirmación está en consonancia con lo que se ha venido señalando acerca de un esponjamiento mucho más marcado en la unidad A que en el resto de litologías.

Finalmente, a modo de resumen integrado, se presenta la siguiente tabla de tramificación o sectorización de las unidades geotécnicas diferenciadas a lo largo del trazado de la conducción donde se recogen los aspectos más destacados para el proyecto:

TRAMIFICACIÓN GEOTÉCNICA: CONDUCCIÓN LA CORTA												
Denominación	P.K. Inicial	P.K. Final	Longitud (m)	Unidad Geotécnica	Talud (1)	Excavabilidad	Sobre-excavación	Agotamientos NF	Ambiente agresivo	Espesor T.V. (cm)	Reutilización Relleno zanja (3)	Esponjamiento (%) zanja / vertedero
Tramo-1	0+110(0)	0+350	240	A-Esquistos G. III-IV	Cuasi-vertical	30-40% Ripable 60-70% Martillo	20%	No	No agresivo	< 20	Parcialmente Condicionado (4)	15-30 / 20-40
Tramo-2	0+350	0+520	170	B-Esquistos G. V-VI	Cuasi-vertical	Excavable con medios mecánicos	< 5%	Si (2)	No agresivo	50-80	Si	2 / 8
Tramo-3	0+520	1+380	860	A-Esquistos G. III-IV	Cuasi-vertical	30-40% Ripable 60-70% Martillo	20%	No	No agresivo	< 20	Parcialmente Condicionado (4)	15-30 / 20-40
Tramo-4	1+380	1+955	575	C-Raña	Cuasi-vertical	Excavable con medios mecánicos	< 10%	No	No agresivo	< 20	Si	<1 / 9
Notas: La zanja de la conducción se diseña con profundidades del orden de 1,5 m												
(0) Inicio en el 0+110 ya que es cuando comienza en sí la conducción, una vez superado el azud y la parte previa, de escasamente 30 m, que discurre prácticamente superficialmente en los ortogneises												
(1) Los taludes podrán ser sensiblemente verticales, si bien, siempre es bueno tender la parte superficial de TV, rellenos o suelos decomprimidos a un talud 1H:1V												
(2) En este caso si es posible que aparezca el NF. En la campaña, realizada en época de lluvias, se detectó a 1,30 m, lo que se traduce en rebajamientos de poco más de 20 cm												
(3) El TV (terreno vegetal) podrá reutilizarse en la parte superficial, restaurando así el suelo edáfico y favoreciendo la revegetación												
(4) La parte ripable si se podrá utilizar, en cambio, la que se lleve a cabo con martillo estará condicionado a una prueba de validación en obra												

6.2 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS PARA LAS PASARELAS PROYECTADAS

En el inicio del trazado, coincidiendo con su encaje en la zona del azud, se proyectan dos pasarelas que permitan el paso peatonal a la vez que sirven de guía a la conducción. En el capítulo-2 puede apreciarse la disposición en planta de dichas pasarelas, así como fotografías de cómo se proyecta su encaje. La primera de ellas se diseña próxima al inicio de la renovación y hasta el propio cuerpo del azud (pasarela metálica sobre canal de descarga), mientras que la segunda salva la distancia que actualmente existe entre el cuerpo del azud situado al este y el cuerpo del oeste, ya que en 1.996 dicho cuerpo fue abierto en su zona central para permitir el paso del agua (pasarela metálica sobre escotadura del azud).

La primera pasarela presentará una longitud de 11,60 m, quedando apoyada primeramente sobre el sustrato rocoso natural y, en segundo término, en el propio muro del azud (pasarela sobre canal de descarga). En la segunda pasarela, de 16,90 m de longitud, los dos apoyos se realizan sobre el propio cuerpo del azud, en los extremos que quedaron al ser cortado para permitir el paso del agua (pasarela sobre escotadura).

Según se ha trasladado a estos servicios técnicos, las cargas que se transmitirán son:

PASARELA	ESTRIBO	TENSIÓN MÁXIMA (en combinación característica) (kp/cm ²)
ESCOTADURA	1A	1,618
	2A	1,855
CANAL DE DESCARGA	1B	2,558
	2B	1,12

Como ya se ha descrito y caracterizado en el capítulo anterior, el conjunto del muro que conforma el azud está compuesto por bloques de roca estable y dura con recebo básicamente homogéneo y continuo de mortero que se encuentra en condiciones de carbonatación aceptables, por lo que se podría deducir unas buenas características resistentes y deformacionales del conjunto, máxime si se pone en el contexto de unas sollicitaciones relativamente moderadas, comprendidas entre 1,12 y 1,85 Kp/cm².

Así que debe ser suficiente con la caracterización cualitativa, que puede ser complementada con la observación de la documentación que el Canal tiene de la obra de apertura parcial del azud (escotadura) que se llevó a cabo en el año 1.996, sin entrar en concretar valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno que nos conduzca a la obtención de cargas de hundimiento mediante un análisis analítico, ni a la concreción de módulos de deformación para la estimación de asientos según un modelo elástico.

De tal manera, puede afirmarse que las **tensiones admisibles** que se obtendrían quedarían por encima de las solicitaciones previstas, y que los asientos que se generen serían prácticamente nulos y, por lo tanto, despreciables para el caso que nos ocupa.

Aunque sí resulta conveniente tener en cuenta que el reducido ancho que presenta el dique, que aproximadamente es de 1,60 m, puede condicionar localmente la **estabilidad perimetral de la zapata** que se configure, particularmente si el contorno de ésta se aproxima a los límites del cuerpo del azud.

Es probable que el encaje de la zapata y de la propia pasarela rebaje la cota de apoyo prácticamente un metro desde la cota superior del azud, lo que haría contar con un ancho algo mayor, pues el talud de aguas abajo del dique no es vertical, presentando una inclinación de unos 50-60°.

En cualquier caso, estas inestabilidades locales en el perímetro de los apoyos puede limitarse si se colocan zunchos metálicos a modo de anclajes en el cuerpo del azud, coincidiendo con la zona de influencia o de descarga de la cimentación. Para el caso del anclaje transversal pueden diseñarse barras pasantes con cabeza de anclaje a ambos lados del cuerpo del azud, mientras que para el refuerzo frontal, se debería recurrir a bulones pasivos convencionales cuya longitud sobrepase en al menos 2 m el ancho de la zapata.

Es de esperar que la **adherencia** del material del cuerpo del azud supere los 3 Kp/cm², tomando como referencia los umbrales mínimos que muestran los ábacos de Bustamante para rocas alteradas y fragmentadas.

En la siguiente fotografía (imagen-36) se presenta un ejemplo de bulones de refuerzo del tipo apuntado, en este caso sobre el alzado de un muro de fábrica de ladrillo.



Imagen-36: Bulones pasivos con placa y doble rosca.

Las recomendaciones que se establecen para la estabilidad perimetral de las zapatas apoyadas sobre el azud deben considerarse obligadas o preceptivas, tanto en el encaje geométrico de la zapata sobre el cuerpo del azud, como especialmente en lo referente al refuerzo con zunchos metálicos transversales y anclajes pasivos frontales con longitudes de al menos de 2 m una vez superada la zapata, siendo válido considerar adherencias de al

menos 3 Kp/cm², siguiendo los umbrales mínimos que se fijan en los ábacos de Bustamente para el caso de roca alterada y fragmentada.

Como ya se ha apuntado, unas condiciones de cimentación diferente lo representa el **apoyo-1 de la pasarela-1**, que se diseña sobre el macizo de ortogeises descrito y caracterizado en el capítulo-5.

Obvia señalar que las relativamente moderadas cargas que se van a transmitir (2,558 Kp/cm²) resultan perfectamente admisibles para un macizo rocoso como el que se ha caracterizado, no entrándose en el análisis de detalle habitual, pues las **tensiones admisibles** atribuibles a este macizo sobrepasarían holgadamente los 3 Kp/cm². En cambio, sí debe prestarse especial atención a la **estabilidad global**, pues el apoyo se produce sobre un talud irregular y muy pronunciado.

Para ello se ha llevado a cabo una caracterización geomecánica mediante la realización de una estación geomecánica (Anejo-4, EG-1), y se ha representado estereográficamente mediante el software Dips de la casa Rocscience (imagen-37).

Como se puede apreciar, se ha dibujado un talud medio característico con un buzamiento y sentido de buzamiento de 80°/120°, si bien, el talud presenta en ocasiones buzamientos mayores e incluso de sentido de buzamiento opuesto, pues es frecuente que el talud adopte la geometría de la junta J-1 (67°/250°), que es la más destacada y con mayor continuidad de las identificadas.

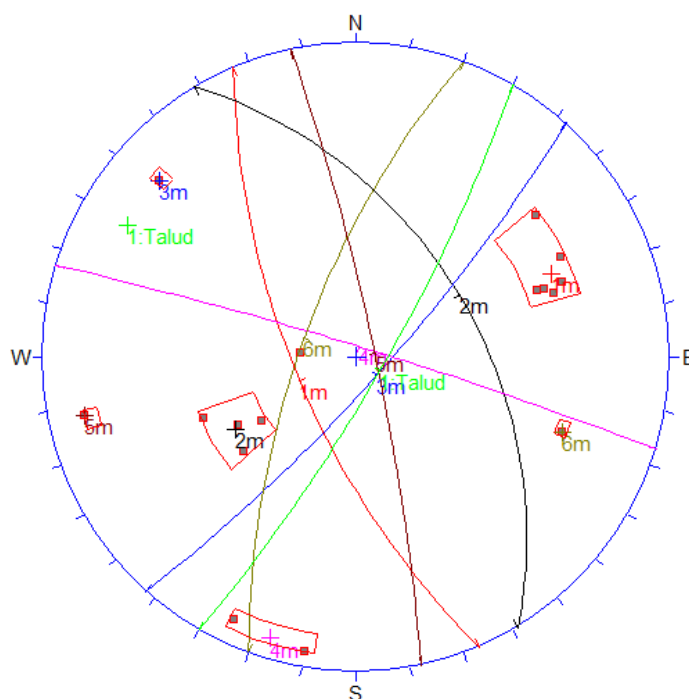


Imagen-37: Proyección estereográfica (Dips) con los planos y sus polos de las juntas del macizo.

Del correspondiente análisis del estereograma se desprenden los siguientes análisis y conclusiones :

- Que es posible un **deslizamiento planar** a través de la discontinuidad J3, pues su dirección es prácticamente coincidente con la del talud y su buzamiento supera ampliamente el ángulo de rozamiento que se podría asignar a la junta, siendo únicamente compensable con cohesiones notables. En la siguiente fotografía (imagen-38) se muestra la inestabilidad señalada, a la vez que se marca también la junta J1 como discontinuidad más destacada y continua. Es cierto que la junta J3 no presenta gran continuidad, habiéndose catalogada como baja (entre 1 y 3 m), lo que generaría deslizamientos de tamaño relativamente pequeño, y, por lo tanto, poco penetrativos hacia el interior del macizo.



Imagen-38: Macizo rocoso con detalle de juntas: J3 y J1

Estas afirmaciones se sustentan en el análisis realizado con el software RocPlane de la casa RocScience, que se muestra gráficamente en figura que a continuación se adjunta (imagen-39).

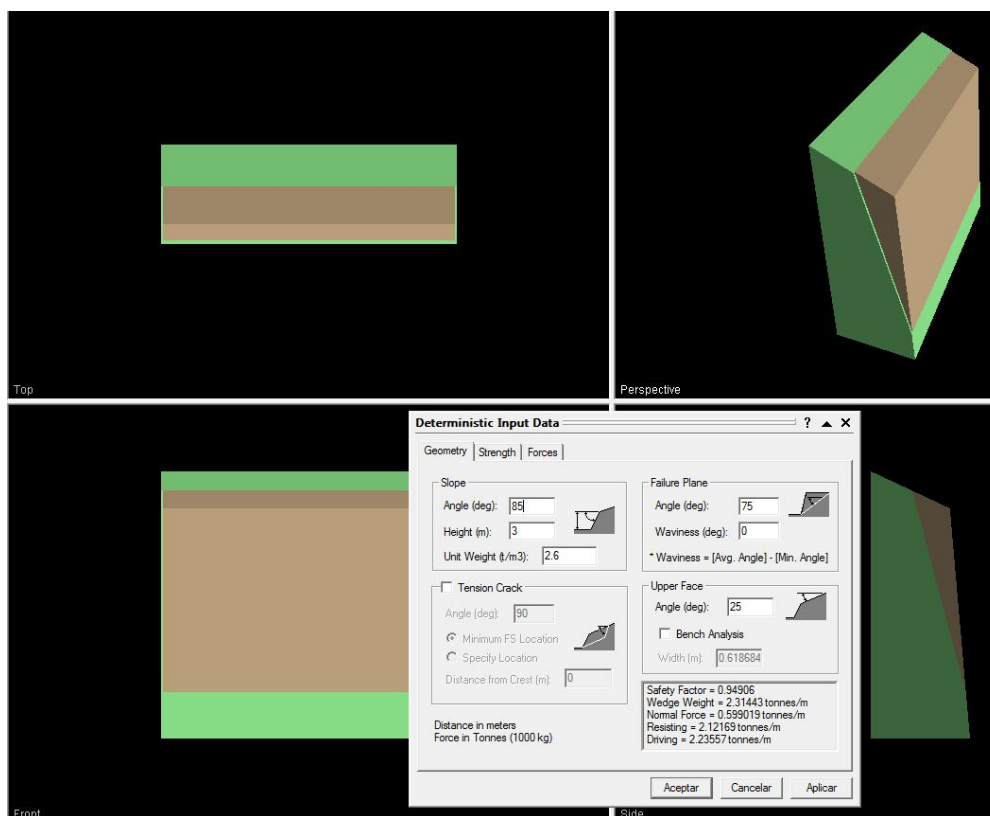


Imagen-39: Análisis de la cuña J2-J3 con el software Swedge (Rocscience)

Efectivamente, introduciendo una altura de 3 m, máxima continuidad asignada a esta discontinuidad, con un ángulo de rozamiento de 35° , que es razonable que fuera algo mayor por la rugosidad que presenta, pero con una cohesión de $0,5 \text{ t/m}^2$ y sin introducir presión de agua, se obtienen factores de seguridad muy comprometidos, incluso ligeramente por debajo de la unidad. Y es que esta inestabilidad se ha podido apreciar en el talud. De todas formas, el peso de material deslizable que se puede manifestar en los sectores del talud es, a lo sumo, de poco más de 2 t, con lo que su estabilización de cara a poder apoyar la cimentación de la pasarela es sencilla.

- También se ha analizado la posibilidad de **caída de cuñas**, y aplicando un cono de fricción de 35° (imagen-40), resultan cinemáticamente dos posibles tipos de cuñas: J2-J3 y J2-J4.

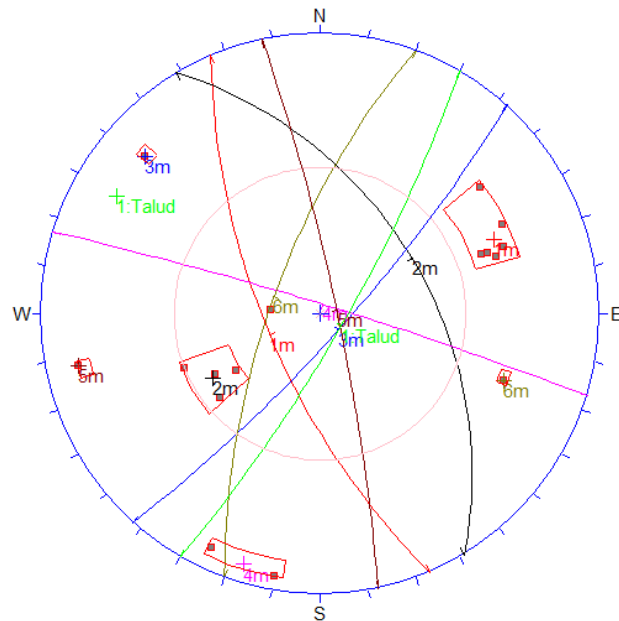


Imagen-40: Proyección estereográfica (Dips) con los planos y polos de las juntas del macizo, introduciendo un cono de fricción de 35°.

Se ha procedido a analizar la estabilidad de la **cuña J2-J3** con el software Swedge de la casa Rocscience, presentando en la siguiente figura (imagen-41) los datos introducidos y su correspondiente salida gráfica.

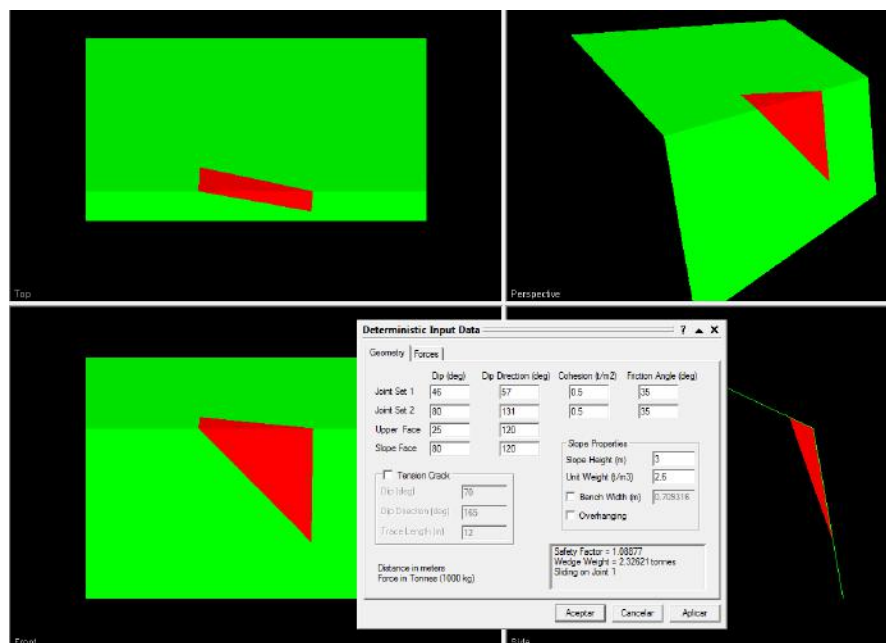


Imagen-41: Análisis de la cuña J2-J3 con el software Swedge (Rocscience)

Como se puede apreciar, se trata de una cuña cuyo vector de salida queda bastante esviado o poco ortogonal al talud, dejando una geometría notablemente asimétrica. Se le ha dado una altura de 3 m, haciéndolo coincidir con la máxima continuidad atribuida a la junta J3, obteniéndose un peso de cuña de 2,3 toneladas. Se ha introducido un ángulo de rozamiento de 35° , aunque es posible que éste sea algo

mayor debido a la notable rugosidad de las juntas. No se ha introducido presión de agua y sí una cohesión de 0,5 t/m². De este modo se obtiene un factor de seguridad próximo a 1,1 y, por lo tanto, estable. Si bien, denota un margen de seguridad reducido que incluso será algo menor si se le sobrecaraga con la pasarela, por lo que invita a adoptar algún tipo de medida que asegure la estabilidad de la cimentación.

A continuación se presentan los datos introducidos y su correspondiente salida gráfica tras el análisis con Swedge de la **cuña J2-J4** (imagen-42).

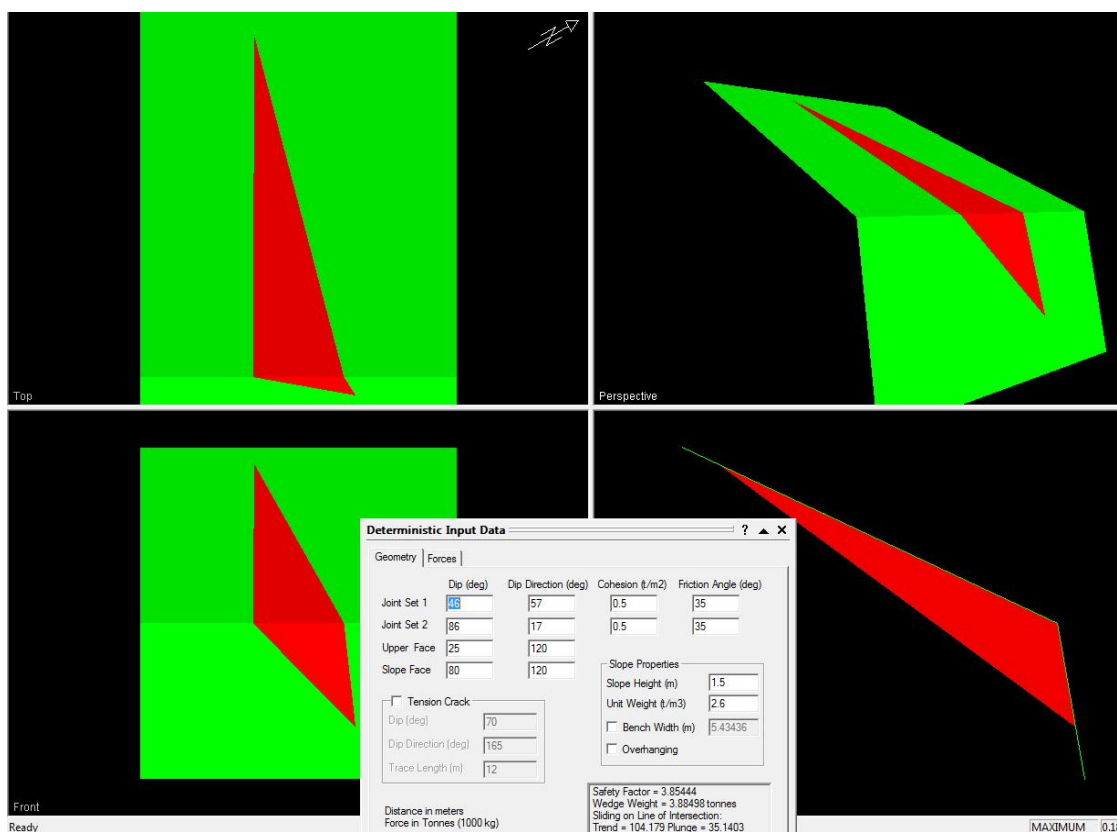


Imagen-42: Análisis de la cuña J2-J4 con el software Swedge (Rocscience)

Esta cuña es muy improbable que se de, pues requiere continuidades muy grandes, tanto de la junta J2 como de la J4, a la par que implica una movilización hacia el interior del macizo muy grande, tal y como puede apreciarse con las salidas gráficas. Tanto es así que introduciendo una altura de caída mitad que en el caso anterior, resulta un peso de cuña de casi 4 toneladas, casi el doble que en la cuña J2-J3. Con los mismos parámetros se obtiene un factor de seguridad de prácticamente 4, lo que confirma que esta cuña no debe ser tomada en cuenta, aunque cinemáticamente sea posible.

Con respecto al análisis por vuelco (toppling), a continuación se muestra la salida gráfica del estereograma aplicando los criterios de Goodman (imagen-43).

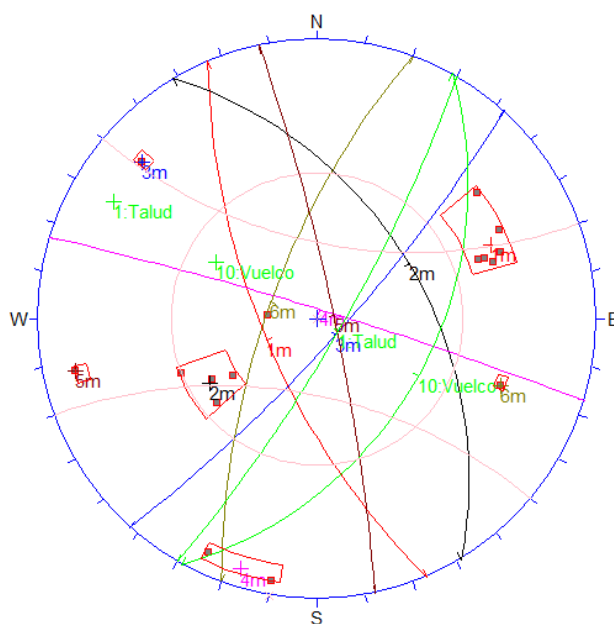


Imagen-43: Proyección estereográfica (Dips) con los planos y polos de las juntas del macizo, introduciendo los criterios de Goodman para el análisis por vuelco

Como se puede apreciar, queda cinemáticamente claro la posibilidad de vuelco de la junta J6, si bien, se trata de una junta que se manifiesta poco en el macizo y cuya escasa persistencia hace que sea muy poco probable que se genere este tipo de inestabilidad en esta junta. También se observa que podría afectar a la junta J1, esta sí, con mucha continuidad, si bien, se encuentra en el límite de cumplir la segunda condición de Goodman para que cinemáticamente sea posible su desestabilización. Pero también es cierto que el talud es muy irregular, y que precisamente existen sectores en el talud (ver imágenes 30 y 38) que quedan definidos o dibujados por la propia junta J1. De tal modo será conveniente asegurar su estabilidad, aunque también es cierto que no se trata de una discontinuidad con espaciados muy reducidos, como los que se presentan en un macizo filítico, por lo que es de prever que una roca tan rígida como los ortogneises y con espaciados de la junta J1 generalmente superiores a los 60 cm no debe posibilitar una inestabilidad como la que se está analizando.

De acuerdo a todo lo descrito y pormenorizadamente analizado, resulta obligado tomar las siguientes medidas para asegurar la estabilidad global de la cimentación del apoyo-1 de la pasarela-1 (canal de descarga):

- **Ejecutar el apoyo lo más alejado posible de la coronación del talud**, alargando en la manera de lo posible la longitud de la pasarela-1. De este modo, nos situaríamos fuera de la zona de influencia de las inestabilidades descritas. Bastaría tan sólo con distanciar el borde de la zapata unos 2-3 m de la coronación del talud.
- Otra opción consiste en **reforzar el talud con bulones pasivos**. Sería suficiente con disponerlos en una malla de 1,5x1,5 m al tresbolillo y que alcancen una longitud de unos 3-4 m, consiguiendo así “atar” todas las posibles inestabilidades descritas. Para

su dimensionamiento se puede contar con adherencias superiores a 4 Kp/cm², con lo que, con las longitudes definidas y los modestos pesos a sostener, las barras podrán ser de sección reducida. En cualquier caso, debe comprobarse y justificarse los bulones finalmente proyectados.

Estas dos alternativas de actuación pueden ser planteadas de manera individual, siendo preferible adoptarlas de manera conjunta, favoreciendo así la estabilidad global. Además, la superficie a reforzar con bulones es muy restringida al ámbito de la cimentación de la pasarela, pudiendo definir un ancho aproximado de 3-4 m a cada lado del borde externo de la zapata, es decir, que a lo sumo se traduciría en 8 m, más el ancho de zapata, con lo que el tratamiento tendrá menos 10 m de ancho, con una altura de tratamiento ceñida a la altura de talud en esa zona, que es también inferior a los 10 m.

6.3 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS PARA EL MURO DE CONTENCIÓN DE TIERRAS DE LA PLATAFORMA DE ACCESO AL AZUD.

Como ya se ha definido en el capítulo-2, para la construcción de las pasarelas y de la propia conducción en esta zona del azud, se maneja la posibilidad de facilitar su ejecución mediante el empleo de una grúa móvil de alto tonelaje. Dicha grúa ejercerá cargas que inducirán empujes que pueden comprometer la integridad del muro y su propia estabilidad.

El citado muro es de mampostería con juntas recebadas de mortero. Geométricamente va ganando altura desde el extremo Norte, donde la altura es mínima, hacia el extremo Sur, donde supera los 6 m. En cabeza está rematado con un murete de sillería.

Aunque su estado general es bueno, se han apreciado un par de grietas que se abren en cabeza y se propagan verticalmente hacia el pie. Una de ellas tiene una significativa apertura y registra un desplazamiento relativo en cabeza a tener muy presente (ver imágenes 8 y 9), máxime si se van a generar sobrecargas en la plataforma que puedan inducir empujes inadmisibles en el muro, además de potenciales problemas de estabilidad global.

El desplazamiento relativo apuntado tiene componente tanto perpendicular al muro (hacia el intradós), como longitudinal (hacia el sur, o inicio de la plataforma), es decir, con una resultante hacia el sureste. Dicha afirmación se ilustra en la imagen-10, donde se recoge una fotografía de la cabeza del muro y puede apreciarse el desplazamiento relativo señalado. Además, aparece un testigo de mortero que fue colocado en julio del 2008, que nos informa que la grieta es lógicamente anterior a dicho testigo, pero que su desarrollo se ha seguido produciendo pues el testigo ha sido fracturado y ligeramente desplazado. La grieta va perdiendo apertura hacia el pie.

La plataforma queda limitada por un talud rocoso de ortogneises en su margen oeste y un muro de contención de tierras en su margen este, al estar encajada topográficamente a media ladera.

En el capítulo 5 se han definido y caracterizado las unidades litológicas que se han identificado en la plataforma y que forman parte de los materiales trasdosados en el muro, y que corresponden con:

- sustrato rocoso de ortogneises
- suelos de alteración del sustrato rocoso (grados IV-V)
- rellenos trasdosados

Así mismo, se ha definido su alcance o disposición geométrica tridimensional, recordando que el desarrollo de los rellenos es mínimo en el extremo norte (final de la plataforma) y máximo en el extremo sur (inicio de la plataforma). Igualmente, los rellenos son mínimos en el margen izquierdo u oeste de la plataforma y máximos en el este o margen derecho, coincidiendo con la posición del muro.

A continuación se muestra una tabla donde se recogen los espesores mínimos y máximos de cada unidad litológica a lo largo del trasdós del muro y sus parámetros resistentes, así como su densidad, de cara a realizar las comprobaciones que deben llevarse a cabo en el muro conforme a todas las formas de fallo posibles:

Unidad Litológica	Espesor (m): mín-máx	Densidad (t/m ³)	Φ (°)	Cohesión (t/m ²)
Rellenos	1,5 - 4,5	1,95	35	0
G. IV-V	1,5 - 2,5	2,10	36	2
Roca G.III	> 3	2,60	25	20

Los valores reflejados han sido estimados conforme a la identificación y caracterización realizada en el capítulo-5, teniendo en cuenta el estado de compacidad o densidad relativa y la naturaleza litológica que presentan, siendo calibrados con la bibliografía geotécnica existente.

Estos parámetros se definen fundamentalmente para el establecimiento de los coeficientes de empuje y el cálculo final de éstos, como fuerzas fundamentales actuantes en el muro, así como otras comprobaciones que posteriormente se definen.

A este respecto señalar que aunque se ha reconocido cierta humedad en los materiales trasdosados, en el intradós del muro se aprecian salidas de drenaje que evitaría el empuje de agua si se supone que funcionan correctamente. De todas formas, conviene siempre comprobar qué margen de seguridad ofrece el muro si actuara la carga hidrostática a lo largo de todo el perfil.

Es cierto que los propios materiales que forman parte del trasdós son relativamente permeables, especialmente el relleno, habiéndose podido comprobar la surgencia de agua en el pie del muro, justo coincidiendo con la zona donde se localiza la grieta (donde se ha hecho la estación geomecánica, coincidente con el final del tramo de escalera que discurre paralelo y pegado al pie del muro), aunque esta surgencia se ha identificado coincidiendo

con una temporada de importantes precipitaciones. También, en este sector se ha interpretado en el informe geofísico una posible zona de fractura o debilidad en el macizo.

Se cuenta con el proyecto de liquidación de las obras del muro del año 1.935, donde se puede apreciar según las secciones que se muestran (ver anejo-8), que se encaja tras uno existente para ampliar la plataforma, y que muestra alturas y anchuras irregulares de una sección a otra. El ancho en cabeza es de unos 60 cm, siendo la máxima anchura en el pie de hasta 1,60 m, con alturas máximas de 5,1 m, que coinciden con la sección donde se localiza la grieta principal. Dicha sección, numerada en proyecto como nº-3, presenta un ancho en su base de tan sólo 0,5 con un sobre ancho en la parte de central que llega a los 0,7-0,8 m. Ya la siguiente sección (nº-4) presenta anchos significativamente mayores, siendo la sección nº-6 la que con una configuración de anchos progresivamente crecientes en profundidad, alcanza los 1,60 m, para alturas de muro de 4,6 m (considerablemente menor que la sección nº-3).

Es lógico concluir que estas diferentes configuraciones, con importantes cambios de sección en escasos metros, lleva implícito un marcado cambio en la rigidez del conjunto. Ésta puede ser una de las causas por la que el muro presenta esa importante grieta.

Otro aspecto a destacar es que la ladera en el arranque del muro está sufriendo un importante proceso de deterioro, acentuado por el vertido de agua del drenaje superficial del camino de acceso que está erosionando y alterando el macizo ya de por sí alterado en esos niveles. Esta descripción se expresa gráficamente en las fotografías siguientes (imagen-44).



*Imagen-44: Inicio del muro coincidente con el final de la cuneta (izquierda),
Ladera justo antes del inicio del muro (derecha)*

Éste puede ser uno de los motivos por el que el muro no solamente esté sufriendo un desplazamiento hacia el intradós, sino que el movimiento longitudinal hacia el inicio de éste sea producto de la socavación y pérdida de confinamiento en esta zona inicial; y que se

haya manifestado con esa importante grieta coincidiendo con el cambio tan notable en la sección y rigidez del muro.

Habrà que comprobar todos estos supuestos, y estimar para cada sección (en particular la más desfavorable, nº-3), la estabilidad:

- del propio cuerpo del muro como elemento estructural
- frente al deslizamiento del cimiento
- frente al vuelco
- frente a hundimiento
- y su estabilidad global.

Frente a deslizamiento del cimiento se puede tantear su comprobación utilizando los como parámetros resistentes del contacto cimiento-terreno, los ángulos de rozamiento u cohesión establecidos anteriormente, tanto para la unidad de roca alterada G-IV-V, como la propia roca G-III. En cimientos convencionales de hormigón vertidos contra el terreno se suele suponer que:

$$\text{tg } \Phi = 0,8 \text{ tg } \Phi, \text{ manteniendo la cohesión del terreno}$$

No se trata de una cimentación de hormigón convencional, pero se supone que la mampostería quedó apoyada sobre un lecho de hormigón.

En las secciones ejecutadas no se aprecia contrapendiente en el apoyo, que siempre beneficia la estabilidad al deslizamiento.

No parece estar comprometido el fallo por hundimiento, pues, en primer lugar, no se han manifestado asientos significativos del muro, y segundo término, parece deducirse con las secciones que expone el proyecto, que el muro quedó apoyado sobre roca en grado de alteración IV, incluso en algún sector sobre la propia roca grado III. Se puede deducir una transmisión de tensiones ligeramente por encima de 1 Kp/cm² en el caso más desfavorable, quedando alejadas de las tensiones admisibles que pueden asignarse al macizo.

No parece quedar reflejado que se esté produciendo un fallo de estabilidad global, si bien, si resulta conveniente analizar el margen que se obtiene frente a este fallo. Y es que, habría que comprobar una posible rotura a través del suelo de alteración G-IV-V, cuyos parámetros resistentes ya han sido establecidos. Y otro modelo en que la rotura se produzca a través de las discontinuidades rocosas. Para ello, en el anejo-5 se muestra la estación geomecánica realizada en el pie del muro (EG-2), donde se pueden observar los datos obtenidos, que básicamente vienen a reflejar una discontinuidad dominante, pues realmente es la única que se muestra accesible en un afloramiento tan limitado, y que coincide con la que ilustra la imagen-35. Dicha discontinuidad viene a dibujar de manera aproximada el talud natural, algo modificado en esta zona. Se trata de un plano desfavorable que puede suponer un deslizamiento planar, si bien, no se conoce con certeza la continuidad y espaciado de dicho plano, dadas las limitaciones del afloramiento.

Lógicamente, todas estas comprobaciones deben hacerse teniendo en cuenta la estimación de cargas y empujes que, de manera añadida, va a generar la grúa que se utilizará en las obras.



David Jiménez Molina
Geólogo. Máster en Ing. Geotécnica



César Toledano Ventosa
Ing. Caminos, Canales y Puertos

ANEJO-1: REGISTRO DE CALICATAS

<div><div><div><div><div><div></div><div>Canal de Isabel II</div></div></div><div><div><div></div><div>ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE RENOVACION DE LA CONDUCCION DE LA JARA: PRESA DEL TENEBROSO-DEPÓSITO DE LA CORTA</div><div><div><div></div><div>CDNURMA</div><div>CONSTRUCCIONES DE NUESTRO RUMBO</div></div><div><div><div></div><div>Geoproví</div><div>CONSTRUCCIONES DE NUESTRO RUMBO</div></div></div></div></div></div></div></div></div>												<div>COORDENADAS: (S/Plano)</div> <div><div>X:</div><div>Y:</div><div>Z:</div></div>		<div>CALICATA:</div> <div>FECHA:</div> <div>NIVEL FREÁTICO</div>		<div>C-1</div> <div>21-05-2018</div> <div>1,30 m</div>	
MODELO MÁQUINA: KMATSU 97R (ancho de cazo de 60 cm)				ENSAYOS DE LABORATORIO													
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE GEOLOGICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	GRANULOMETRÍA (% PASA)			LIMITES DE ATTERBERG		ENSAYOS QUÍMICOS			OBSERVACIONES/OTROS ENSAYOS					
				2 UNE	0.4 UNE	0.08 UNE	LL	IP	M.O. (%)	YESO (%)	Sal Soluble(%)						
0			<div>Terreno Vegetal: Suelo edáfico, de arena arcillosa con abundante materia orgánica. Estado muy flojo. Mojado, próximo a la saturación. Color marrón oscuro.</div> <div>0,80 m</div>														
1			<div>Suelo eluvial G-VI: Arcilla arenosa de tonalidad oscura. Estado muy blando, Mojado, saturado a 1,30 m.</div> <div>1,40 m</div>														
	MA		<div>Suelo eluvial G-V: Arena gruesa con trazas arcillosas y mica, con elementos gruesos de morfología planar, producto del esquist-paragneis alterado, reconociénmdose parcialmente la estructura de la roca original (foliación). Estado medianamente denso a denso.</div> <div>2,10 m</div>	67,8	15,4	7,0	N.P.	N.P.	0,13	0,00	0,15	<div>% Pasa 5 mm= 81,5. Colapso I=0,1% Proctor Modific: H. óptima: 6,7% D. Máxima: 2,016 g/cm³ H. Natural: 7,9%</div>					
2			FIN CALICATA: 2,10 m														
3																	
4																	
5																	
6												<div>EXCAVABILIDAD MUY FÁCIL</div> <div>ESTABILIDAD: Comprometida a largo plazo</div> <div>ACCESIBILIDAD: BUENA (con retro)</div> <div>MA: Muestra Alterada; N.P.: No Plástico</div>					

FOTOS

COORDENADAS: (S/Plano)

X:

Y:

Z:

CALICATA:

C-2

FECHA:

21-05-2018

NIVEL FREÁTICO

-

MODELO MÁQUINA: KMATSU 97R (ancho de cazo de 60 cm)

ENSAYOS DE LABORATORIO

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE GEOLOGICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	GRANULOMETRÍA (% PASA)			LIMITES DE ATTERBERG		ENSAYOS QUÍMICOS			OBSERVACIONES/OTROS ENSAYOS
				2 UNE	0.4 UNE	0.08 UNE	LL	IP	M.O. (%)	YESO (%)	Sal Soluble(%)	
0			Arena con algo de arcilla marrón, y grava y gravilla de morfología planar. 0,25 m									
	MA		Esquisto y paragneis grado IV, que pasa a III en profundidad. Foliación muy marcada que genera un suelo de bloques de morfología planar (lajas). Estado duro. 0,80 m	34,5	16,2	8,5	N.P.	N.P.	-	-	0,16	% Pasa 5 mm= 45,2. % Pasa 20 mm= 85,9. Proctor Modific: H. óptima: 7,4% D. Máxima: 2,077 g/cm³
1			FIN DE CALICATA: 0,80 m									
2												
3												
4												
5												
6												EXCAVABILIDAD: Muy difícil, imposible a partir de 0,8 m ESTABILIDAD: Buena, aunque con posibles caídas de lajas. ACCESIBILIDAD: BUENA (con retro) MA: Muestra Alterada; N.P.: No Plástico

FOTOS



COORDENADAS: (S/Plano)

X:

Y:

Z:

CALICATA:

C-3

FECHA:

21-05-2018

NIVEL FREÁTICO

-

MODELO MÁQUINA: KMATSU 97R (ancho de cazo de 60 cm)

ENSAYOS DE LABORATORIO

FOTOS

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE GEOLOGICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	GRANULOMETRÍA (% PASA)			LIMITE DE ATTERBERG		ENSAYOS QUÍMICOS			OBSERVACIONES/OTROS ENSAYOS
				2 UNE	0.4 UNE	0.08 UNE	LL	IP	M.O. (%)	YESO (%)	Sal Soluble(%)	
0			"Raña": Arcilla rojiza con arena y algo de grava y gravilla cuarcítica. 0,40 m.									
			"Raña": Arcilla rojiza con arena, grava y gravilla de naturaleza fundamentalmente cuarcítica, aunque también de pizarra y filitas. Las primeras de morfología prismática y las segundas planares. Estado húmedo.									
1	MA		Estado muy firme o denso. Color rojizo. 1,10 m									
			"Raña": Bloques, cantos y grava fundamentalmente cuarcítica con matriz arcilloarenosa. Estado húmedo (mojado a base). Estado denso. Color rojizo, algo más grisáceo. 2,00 m.	76,8	53,6	47,5	37,1	12,7	-	-	0,26	
2			Suelo aluvial C-V: Arena gruesa algo arcillosa, con elementos gruesos de morfología planar. 2,20 m.									
			FIN CALICATA: 2,20 m									
3												
4												
5												
6												

% Pasa 20 mm= 85,9
% Pasa 5 mm= 81,7.
Proctor Modific: H. óptima: 8,2%
D. Máxima: 2,099 g/cm³
H. Natural: 10,8 % LP= 24,4




ESTABILIDAD: Comprometida a largo plazo. Especialmente en tercer nivel, menos cohesivo y próximo a la saturación. Posible caída de cantos.

EXCAVABILIDAD: Algo dificultosa, especialmente en el tercer nivel por la presencia de cantos y bloques de gran tamaño.

ACCESIBILIDAD: BUENA (con retro)

MA: Muestra Alterada; N.P.: No Plástico



<div>  <div> ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE RENOVACION DE LA CONDUCCION DE LA JARA: PRESA DEL TENEBROSO-DEPÓSITO DE LA CORTA </div> <div>   </div> </div>												COORDENADAS: (S/Plano) X: Y: Z:		CALICATA: FECHA: NIVEL FREÁTICO	C-4 21-05-2018 -
MODELO MÁQUINA: KMATSU 97R (ancho de cazo de 60 cm)				ENSAYOS DE LABORATORIO								FOTOS			
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE GEOLOGICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	GRANULOMETRÍA (% PASA)			LIMITES DE ATTERBERG		ENSAYOS QUÍMICOS			OBSERVACIONES/OTROS ENSAYOS			
				2 UNE	0.4 UNE	0.08 UNE	LL	IP	M.O. (%)	YESO (%)	Sal Soluble(%)				
0			"Baña": Arena con arcilla y limo de tonalidad rojiza, con bloques, cantos y grava de naturaleza fundamentalmente cuarcítica, aunque también de pizarra, filita y esquistos, con morfologías prismáticas en el primer caso y planares en el segundo. Escaso desarrollo del suelo edáfico. Húmedo. Estado medianamente denso a denso.									<p>% Pasa 20 mm = 68,4</p> <p>% Pasa 5 mm = 85,5</p> <p>Proctor Modific: H. óptima: 7,5% D. Máxima: 2,114 g/cm³</p> <p>H. Natural: 10,9 % H. Libre (%) = 0,66</p>			
1	MA			62,2	40,4	24,0	37,1	12,7	0,16	0,06	0,10				
2				2,10 m.											
3			FIN CALICATA: 2,10 m									<p>ESTABILIDAD: Comprometida a largo plazo. Especialmnete en tercer nivel, menos cohesivo y prñoximo a la saturación. Posible caída de cantos.</p> <p>EXCAVABILIDAD: Algo dificultosa, especialmente en el tercer nivel por la presencia de cantos y bloques de gran tamaño.</p> <p>ACCESIBILIDAD: BUENA (con retro)</p> <p>MA: Muestra Alterada; N.P.: No Plástico</p>			
4															
5															
6															



ANEJO-2: ENSAYOS DE LABORATORIO



RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CLIENTE: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

OBRA: **E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA,
ENTRE LA PRESA DE EL TENEBROSO Y EL DEPÓSITO DE LA CORTA, EN
PUENTES VIEJAS (MADRID).**

Nº OBRA: **2018195**

FECHA INFORME: **1 de junio de 2018**

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*



CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.

C/ Santa Engracia, 125.
28003 – Madrid

Nº OBRA: 2018195

OBRA: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA DE EL TENEBROSO Y EL DEPÓSITO DE LA CORTA, EN PUENTES VIEJAS (MADRID).

1. ANTECEDENTES

El día 24 de mayo de 2018 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, dos testigos plastificados de suelo, tres testigos de roca y un testigo de hormigón.

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

2. ENSAYOS REALIZADOS

- 2.1. Determinación de la humedad de un suelo, según norma UNE 103-300:93
- 2.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado, según norma UNE 103-101:95
- 2.3. Determinación de los límites de Atterberg, según normas UNE 103-103:94 y UNE 103-104:93
- 2.4. Hinchamiento libre de un suelo en edómetro, según norma UNE 103601:96
- 2.5. Ensayo de colapsabilidad de un suelo en edómetro, según norma NLT 254:99
- 2.6. Ensayo de compactación. Próctor modificado, según normas UNE 103501:94
- 2.7. Determinación de la rotura a compresión uniaxial de testigo de roca, según norma UNE 22950-1:90
- 2.8. Determinación de la profundidad de carbonatación en un hormigón endurecido por el método de la fenoltaleína, según UNE-EN 14630-07
- 2.9. Determinación cuantitativa de sulfatos en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83963:2008
- 2.10. Determinación del contenido de material orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico, según normas UNE 103204: 93 y UNE 103204:93 (erratum)
- 2.11. Determinación del contenido en sales solubles en suelos, según norma UNE 103205:2006
- 2.12. Determinación del contenido de yesos en suelos, según norma UNE 103206:2006



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

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

3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

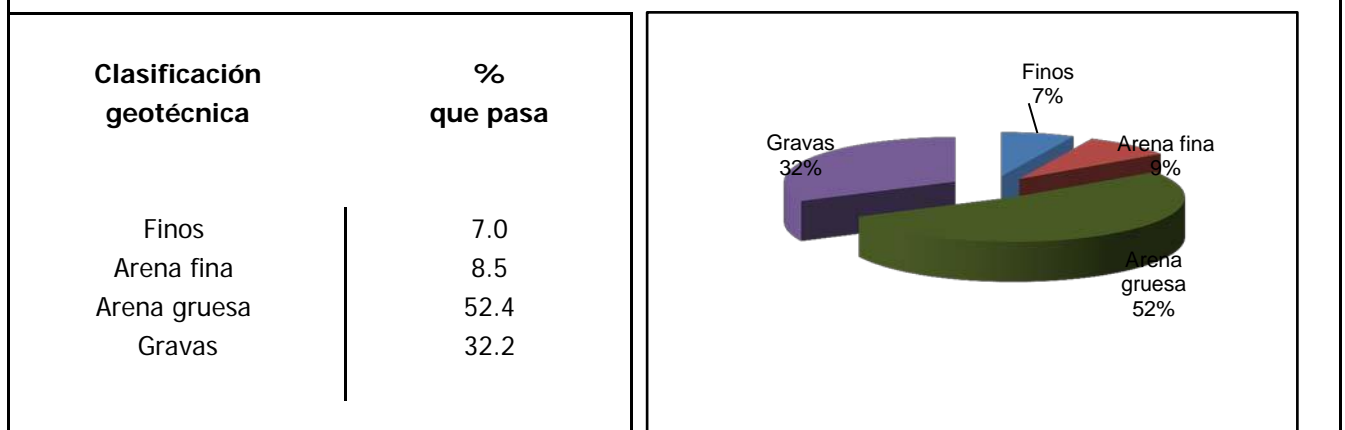
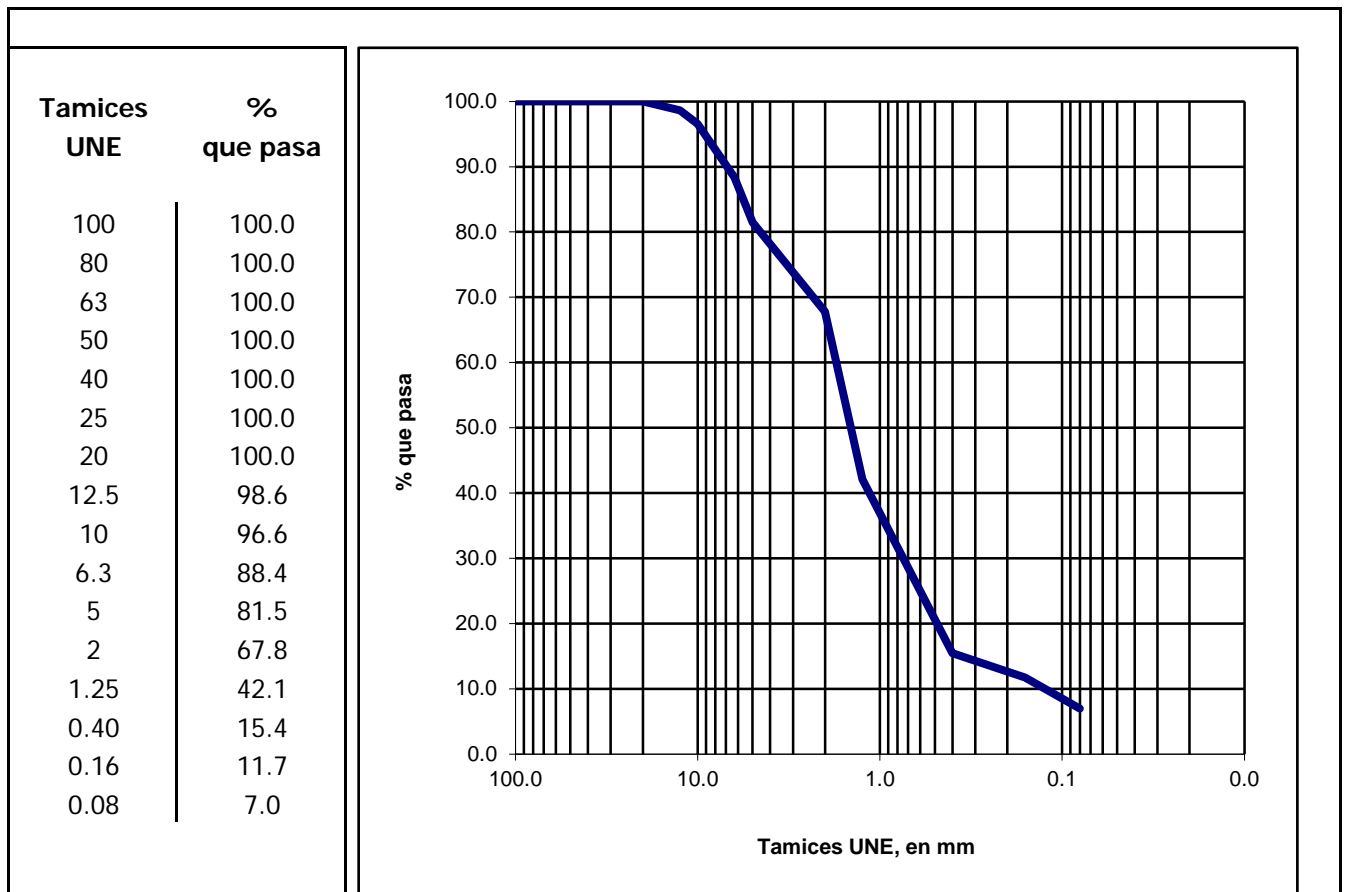
Página 5 de 27
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**Obra: **E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE L**Muestra: **C-1 S**Fecha: **29 de mayo de 2018**

C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
LA PRESA DE EL TENI

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

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

Página 6 de 27

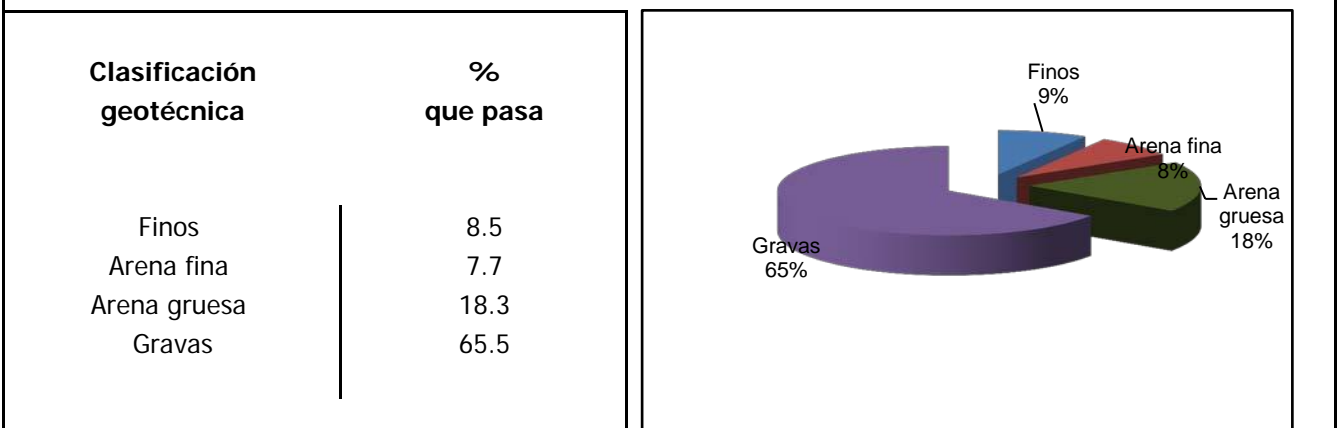
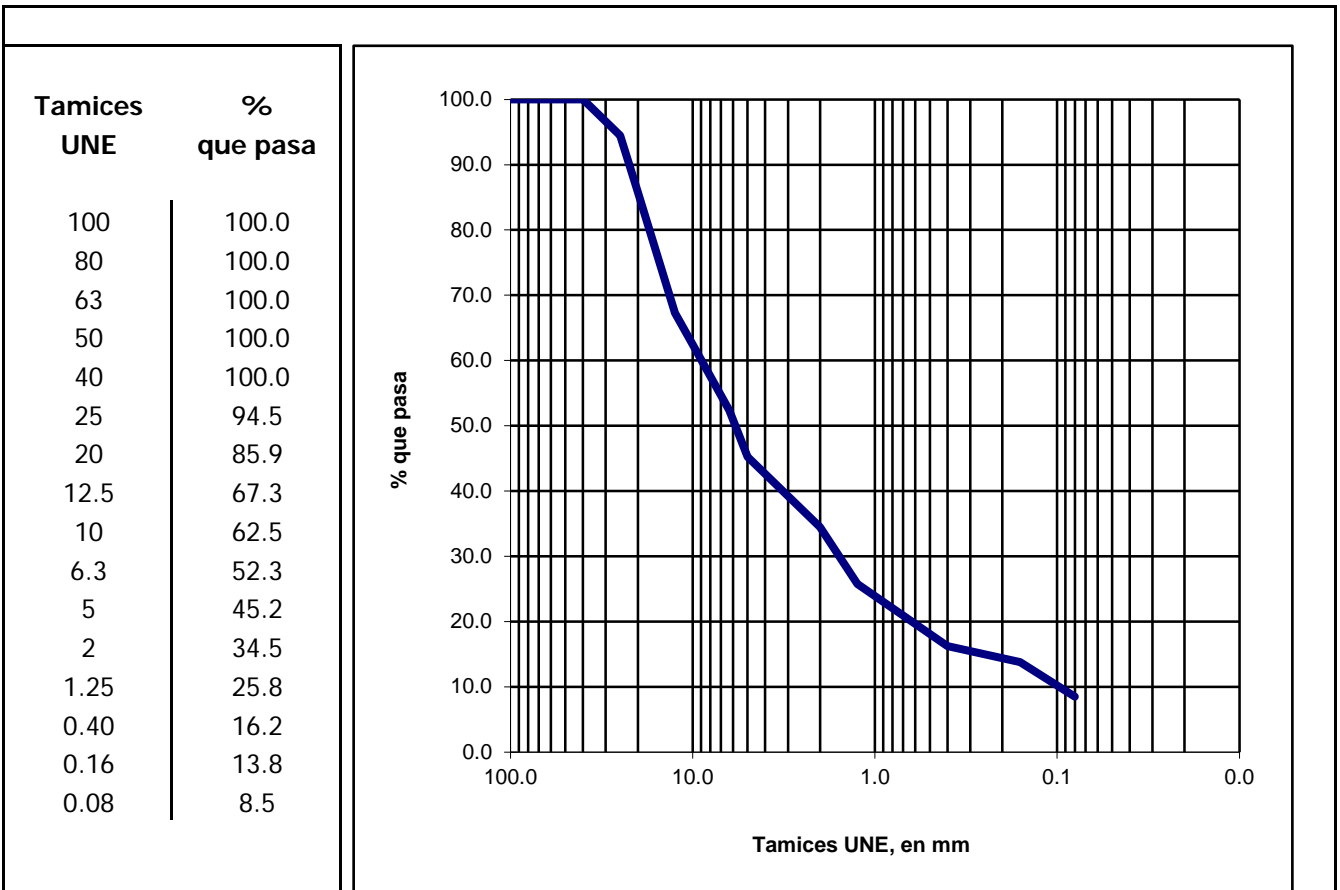
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**Obra: **E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE L**Muestra: **C-2 S**Fecha: **29 de mayo de 2018**

C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
LA PRESA DE EL TENI

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

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

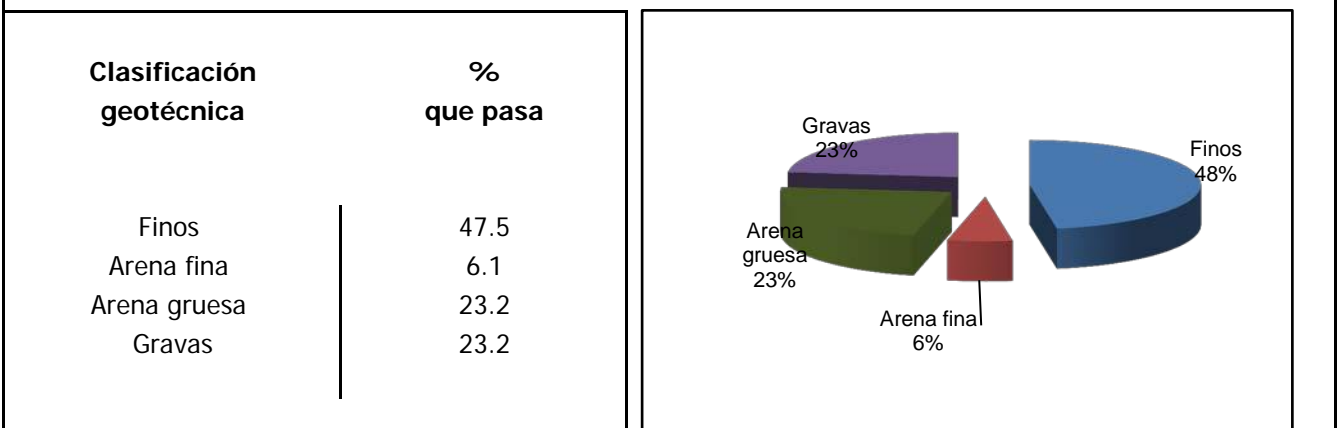
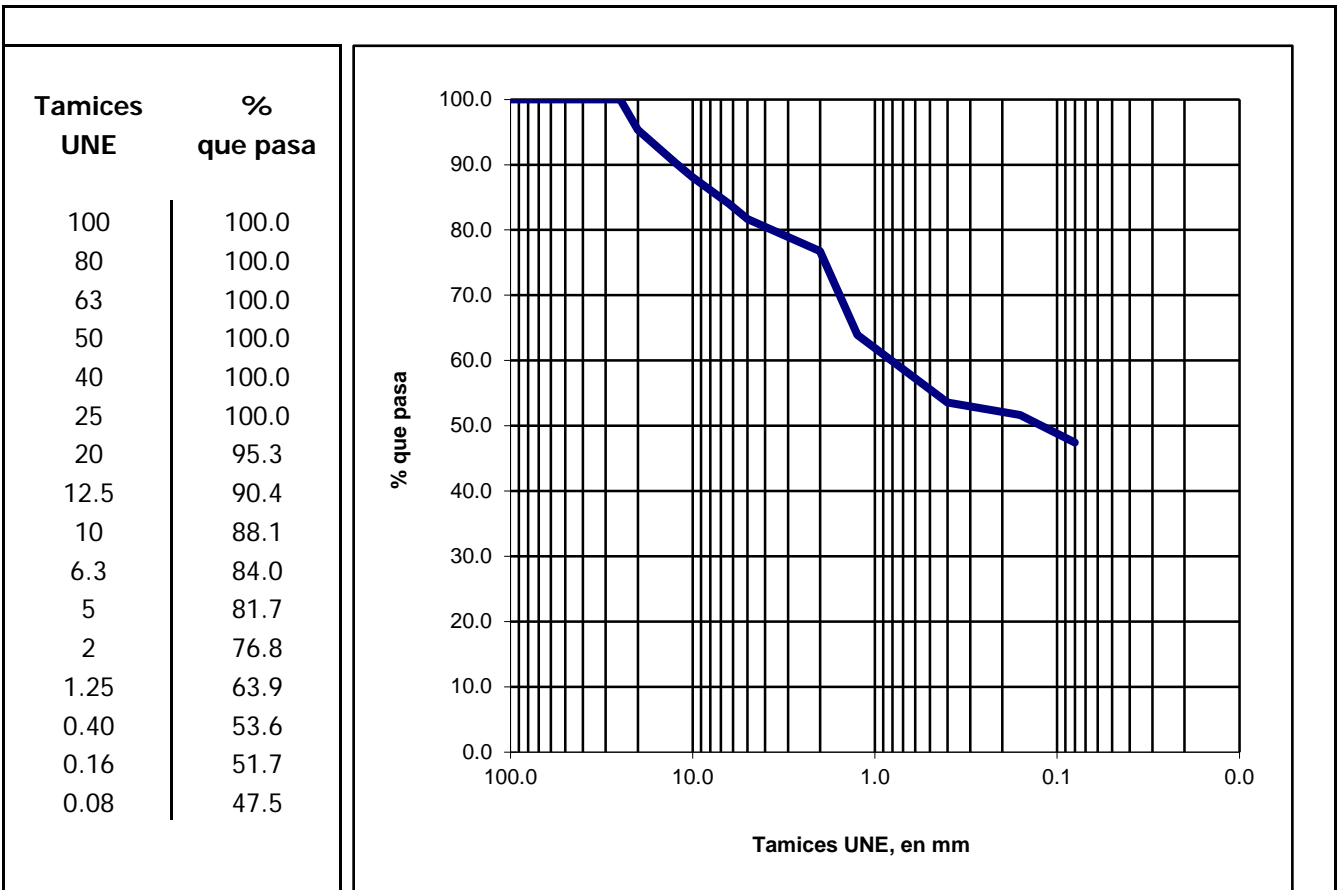
Página 7 de 27
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**Obra: **E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE L**Muestra: **C-3 S**Fecha: **29 de mayo de 2018**

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

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

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

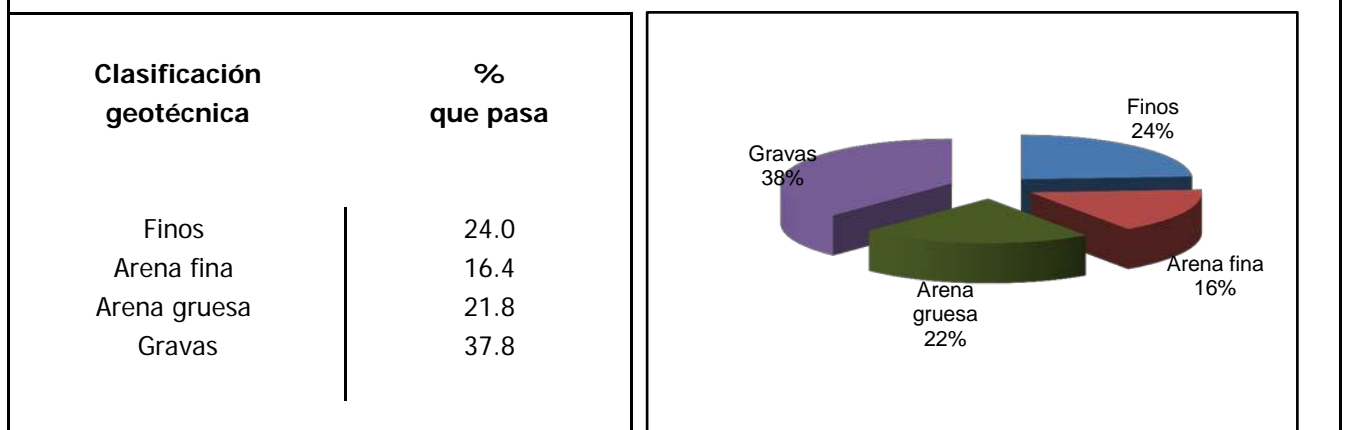
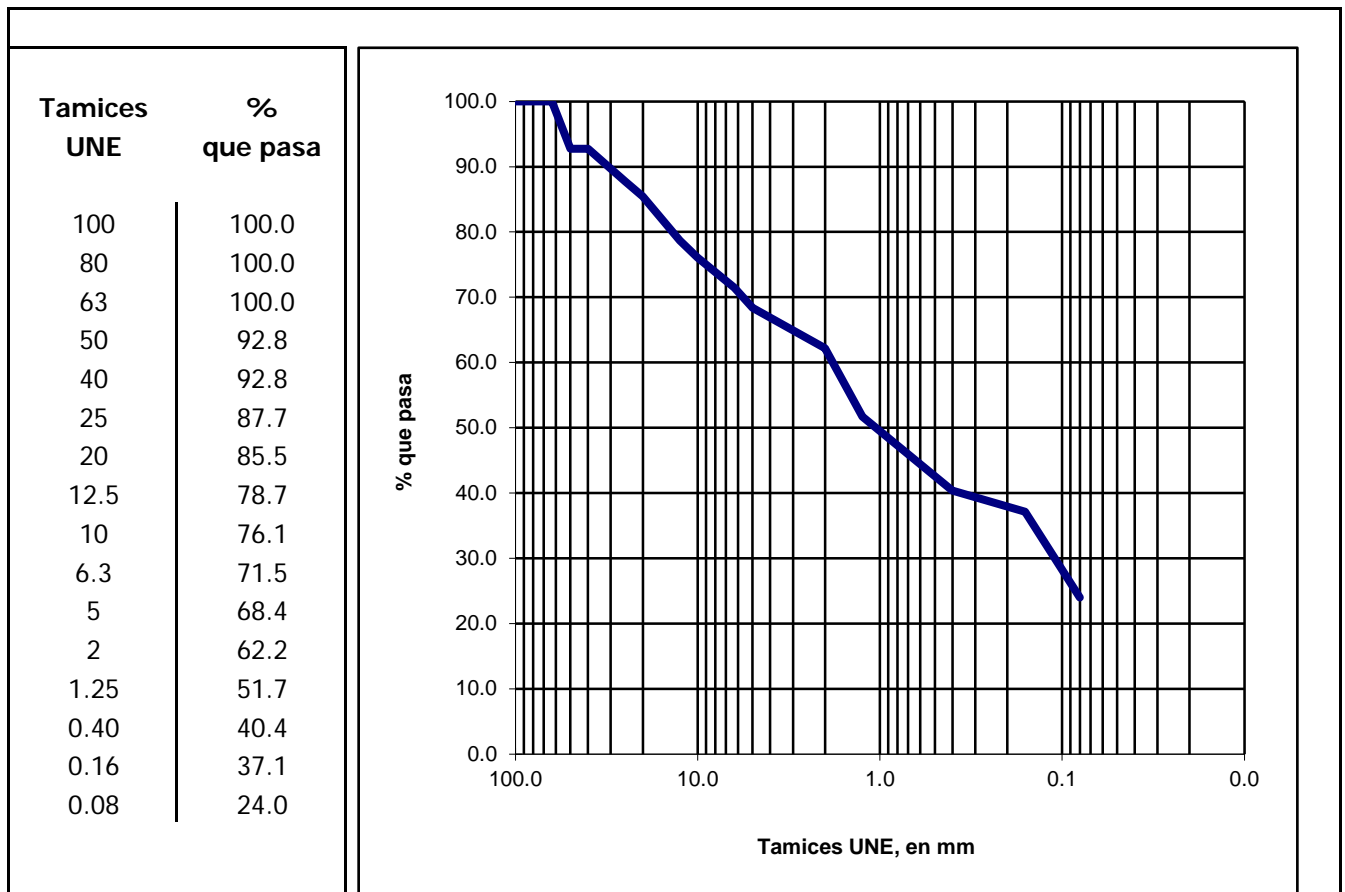
Página 8 de 27
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**Obra: **E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE L**Muestra: **C-4 S**Fecha: **29 de mayo de 2018**

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



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.

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

Página 9 de 27

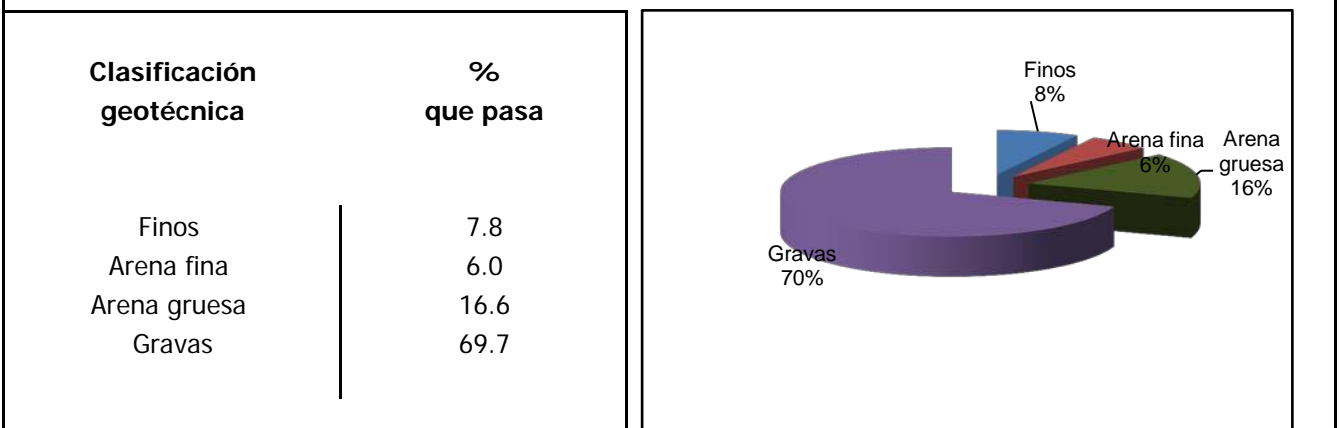
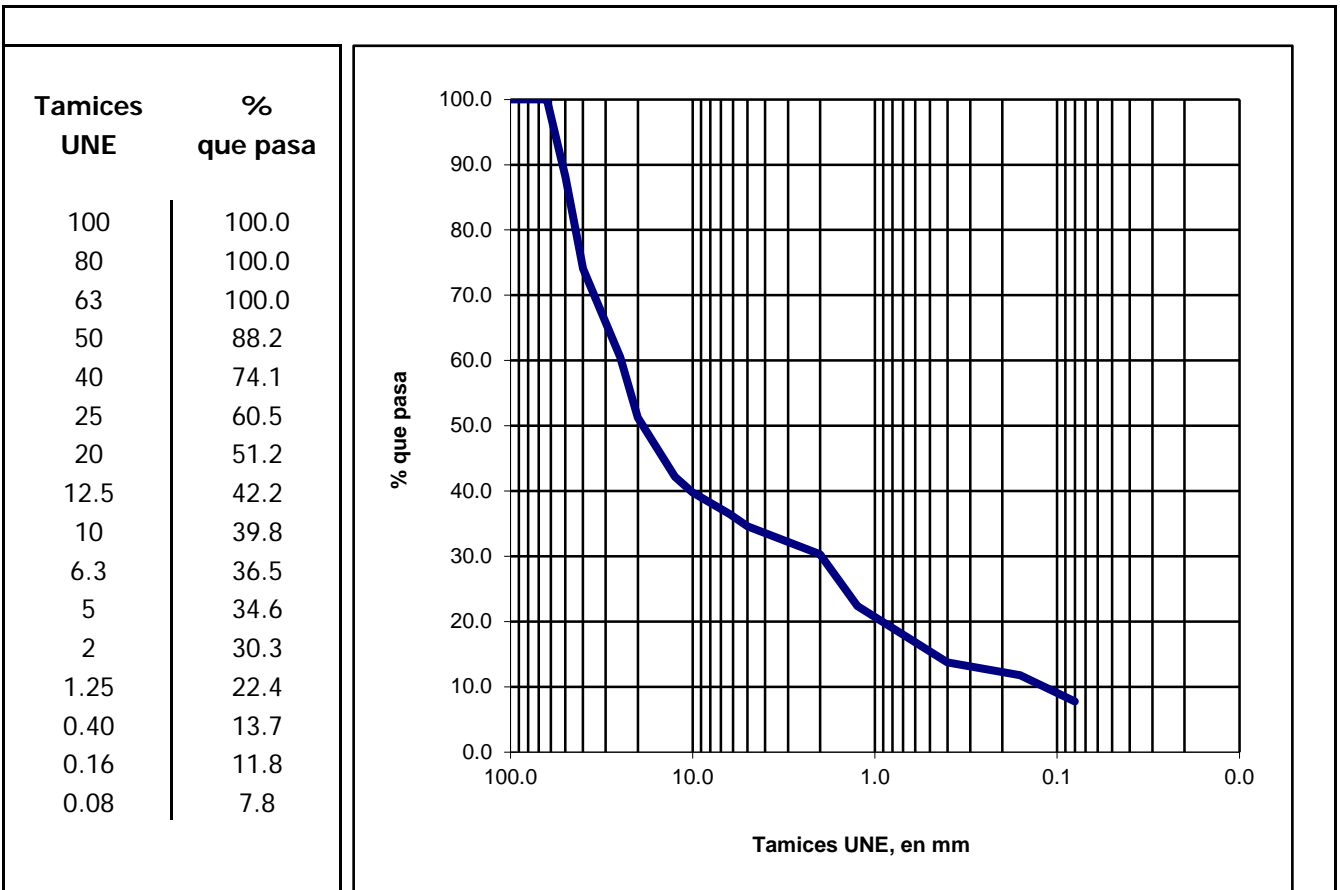
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**Obra: **E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE L**Muestra: **S-1 0.00-3.00 T**Fecha: **29 de mayo de 2018**

C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
A PRESA DE EL TENI

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

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

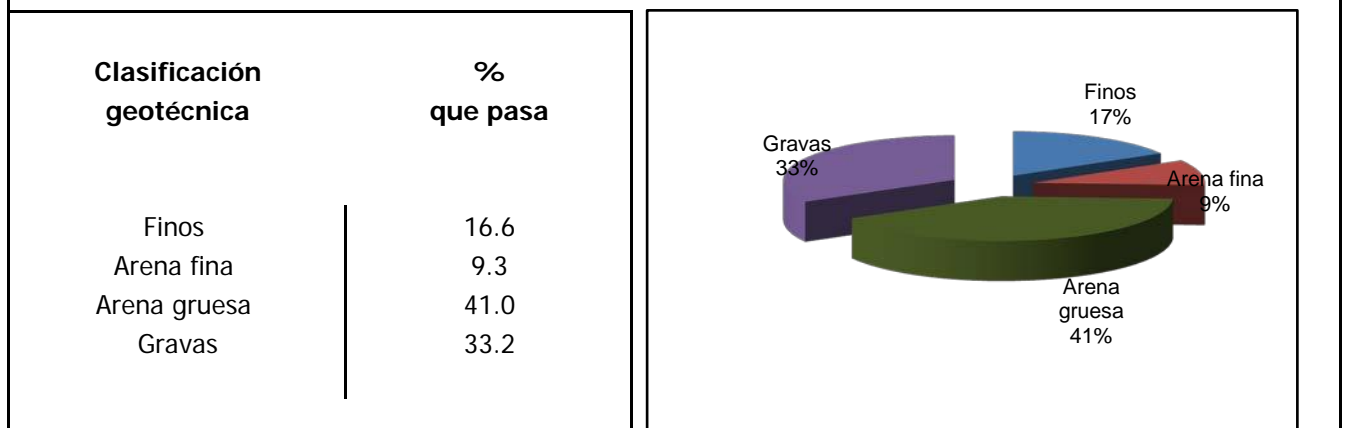
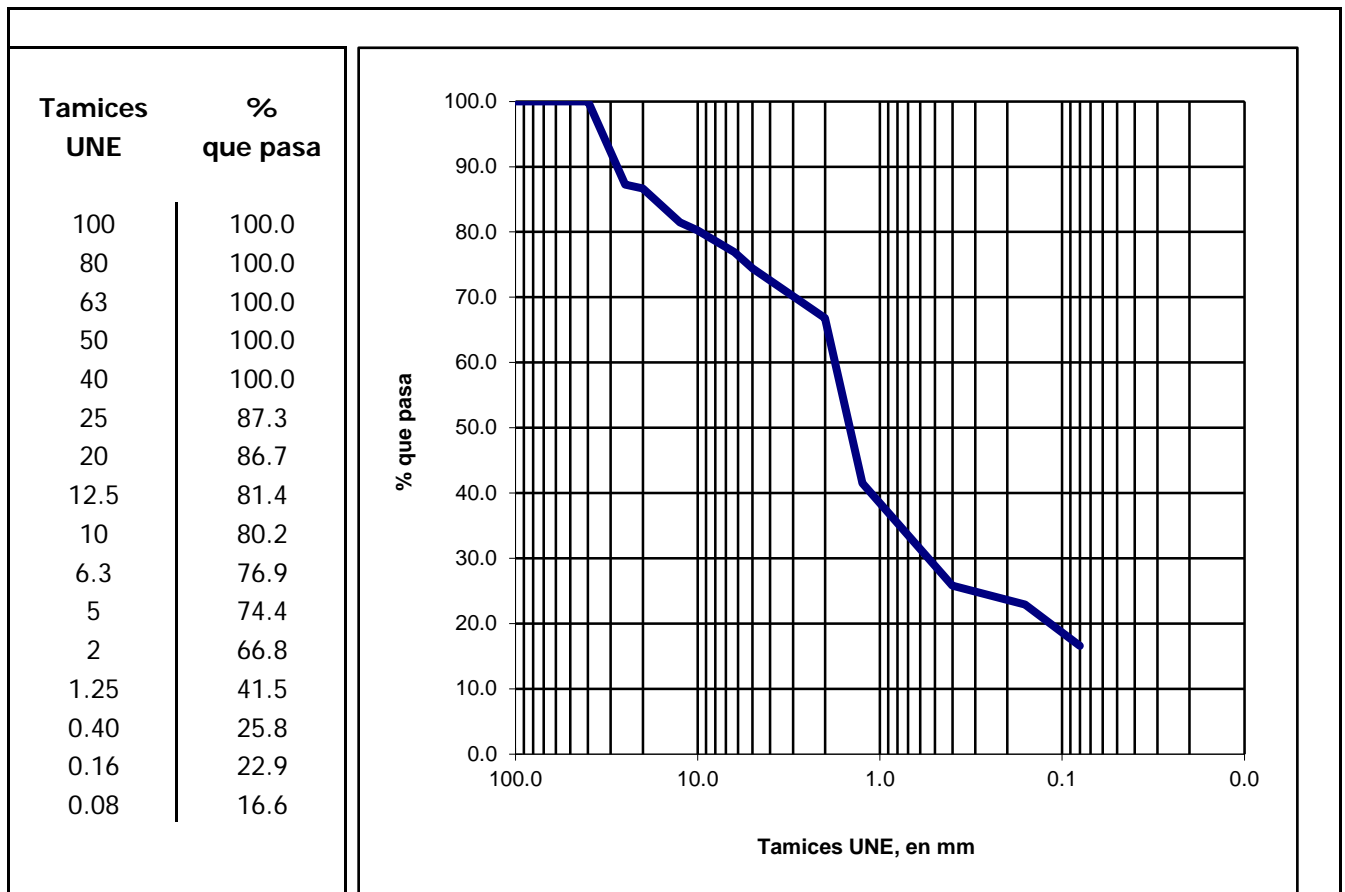
Página 10 de 27
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**Obra: **E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE L**Muestra: **S-1 3.00-4.40 T**Fecha: **29 de mayo de 2018**

C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
LA PRESA DE EL TENI

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

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

Página 11 de 27
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRES,

Muestra: C-3 S

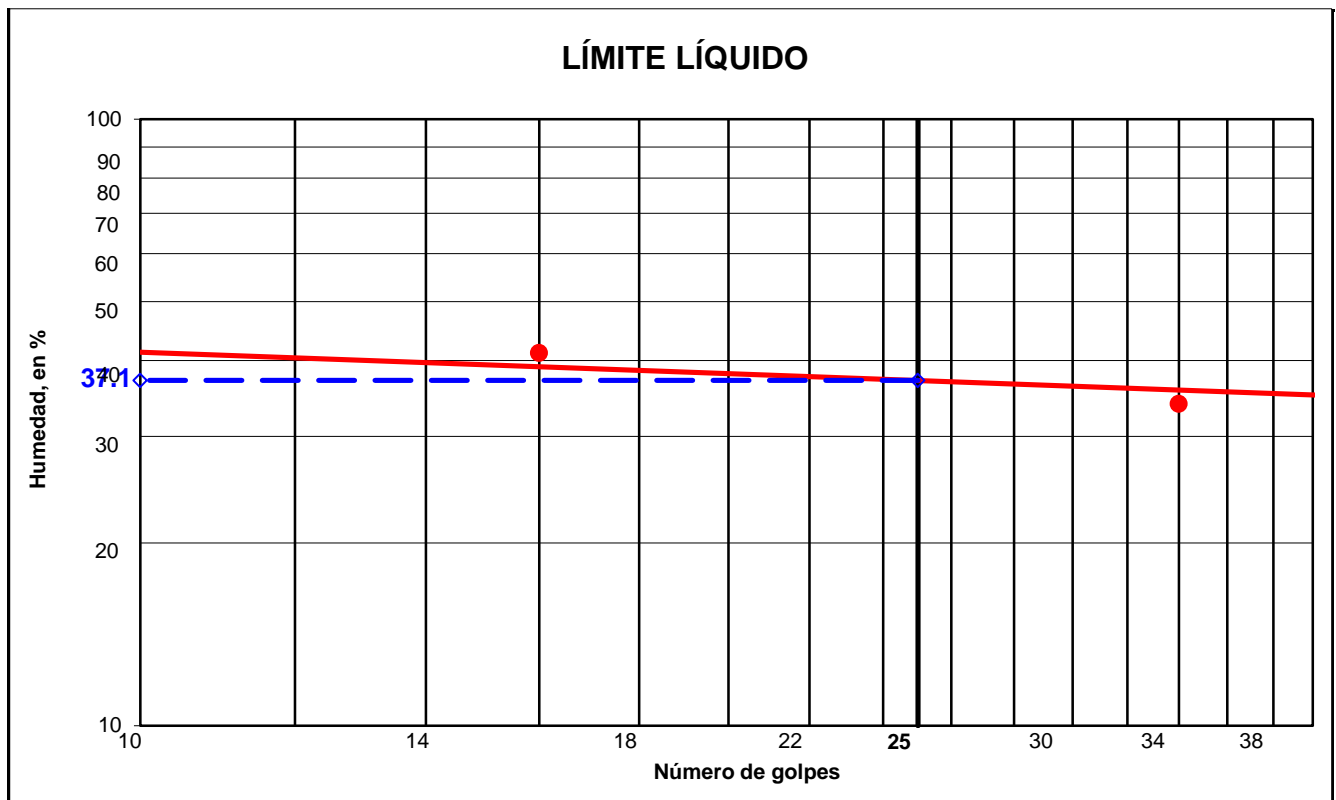
Fecha: 30 de mayo de 2018



C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es
 L DEPOSITO DE LA CORTA, E

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

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



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

Número de golpes:	16	34
Humedad, en %:	41.2	33.9

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

Humedad, en %:	24.4
----------------	------

RESULTADOS:

Límite líquido:	37.1
Límite plástico:	24.4
Índice de plasticidad	12.7

Observaciones: -

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

Formato GLA-02/02

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

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

Página 12 de 27
 Laboratorio acreditado en
 geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTR

Muestra: C-4 S

Fecha: 1 de junio de 2018



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

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

ENSAYO DE HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO UNE 103601:96

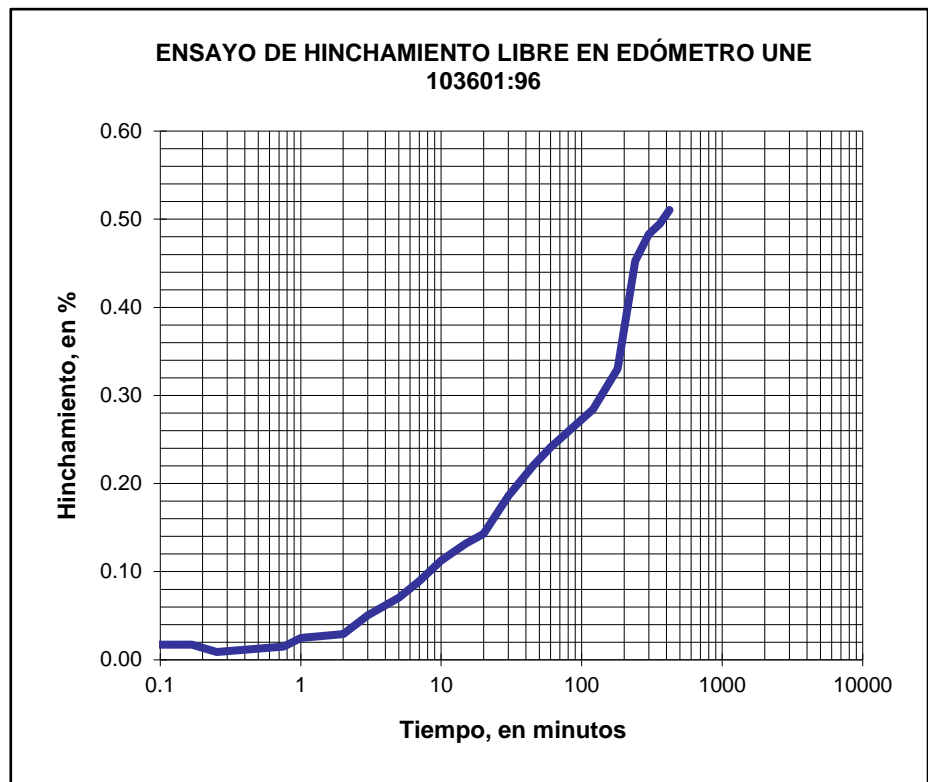
DATOS DEL ENSAYO

Humedad inicial, en %	7.8	Presión ejercida, en kPa	10
Humedad final, en %	15.7	Altura inicial de la probeta, en mm	20.00
Densidad seca, en g/cm ³	1.958	Altura final de la probeta, en mm	20.13

RESULTADOS DEL ENSAYO

Hinchamiento libre, en mm	0.13
Hinchamiento libre, en %	0.66

Tiempo en min	Hinchamiento en %
0.00	0.00
0.17	0.02
0.25	0.01
0.76	0.01
1.01	0.02
2	0.03
3	0.05
5	0.07
7	0.09
10	0.11
15	0.13
20	0.14
30	0.19
45	0.22
60	0.24
120	0.28
180	0.33
240	0.45
300	0.48
360	0.49
420	0.51
1442	0.66



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

Observaciones: Probeta remoldeada a la humedad y al 95 % de la densidad del próctor.

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

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

Formato GHL-02/02

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

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

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

Página 13 de 27

Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, EN

Muestra: C-1 S

Fecha: 1 de junio de 2018



C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
 www.laboratorio6sm.es

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

ENSAYO DE COLAPSO NLT-254:99

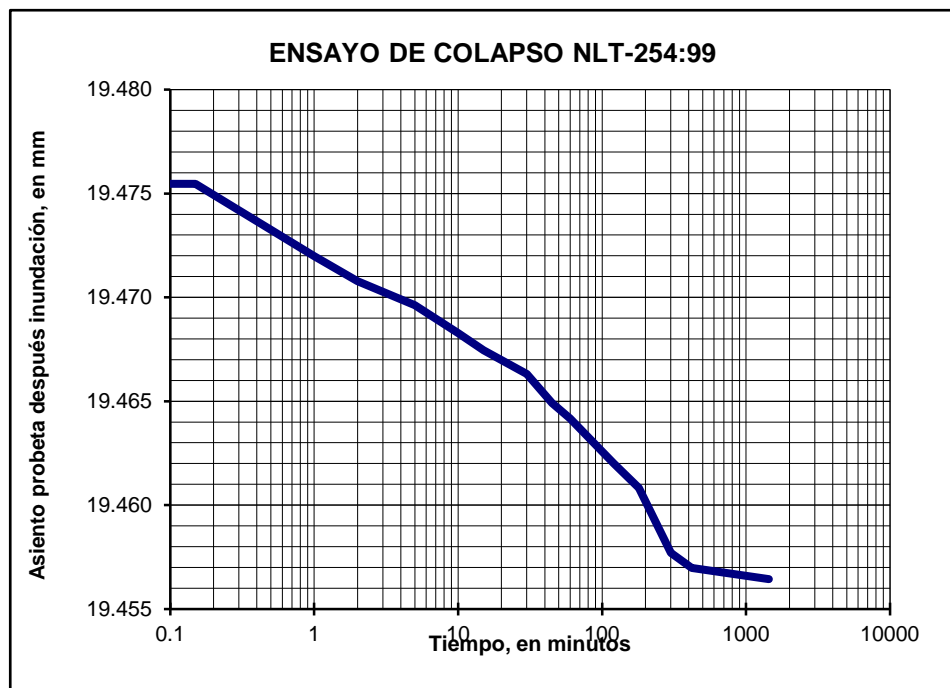
DATOS DEL ENSAYO

Humedad inicial, en %	7.1	Presión ejercida, en kg/cm ²	2.0
Humedad final, en %	20.9	Altura inicial de la probeta, en mm	20.0
Densidad seca, en g/cm ³	1.677	Diámetro de la probeta, en mm	50.5

RESULTADOS DEL ENSAYO

Altura de la probeta consolidada antes de la inundación, en mm	19.476
Altura de la probeta consolidada después de la inundación a las 24 horas, en mm	19.456
Índice de colapso I, en %	0.10

Tiempo en min	Asiento en mm
0	19.476
0.15	19.475
1.00	19.472
2.00	19.471
5.00	19.470
10	19.468
15	19.467
30	19.466
45	19.465
60	19.464
120	19.462
180	19.461
300	19.458
420	19.457
1440	19.456



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

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

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

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

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

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

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRI

Muestra: C-1 S

Fecha: 29 de mayo de 2018



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
NEBROSO Y EL DEPÓSITO

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

ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR MODIFICADO UNE 103501:94

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

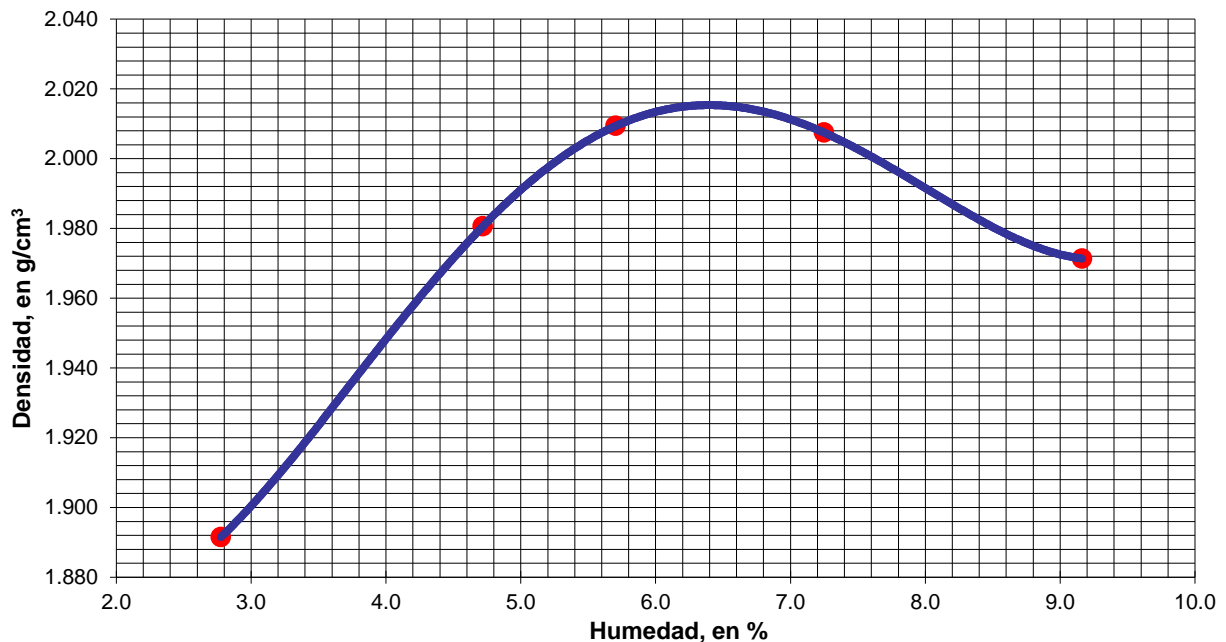
Volumen del molde, en cm ³ :	2 320	Número de capas:	5
Peso de la maza, en kg:	4 535	Número de golpes por capa:	60
Altura de caída, en cm:	457	% material retenido por 20 mm*:	-

DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	2.8	4.7	5.7	7.2	9.2
Densidad, en g/cm ³	1.891	1.981	2.009	2.007	1.971

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Densidad Máxima, en g/cm ³ :	2.016	Humedad Óptima, en %:	6.7
Densidad corregida, en g/cm ³ :	-	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: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRI

Muestra: C-2 S

Fecha: 29 de mayo de 2018



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR MODIFICADO UNE 103501:94

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

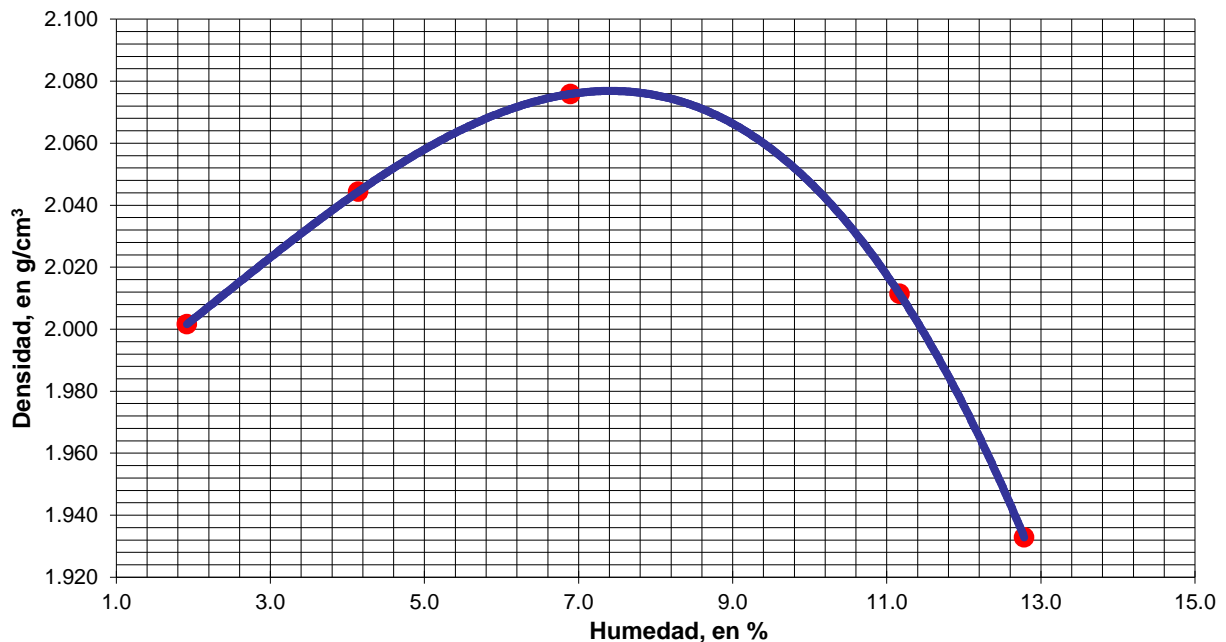
Volumen del molde, en cm ³ :	2 320	Número de capas:	5
Peso de la maza, en kg:	4 535	Número de golpes por capa:	60
Altura de caída, en cm:	457	% material retenido por 20 mm*:	-

DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	1.9	4.1	6.9	11.2	12.8
Densidad, en g/cm ³	2.002	2.044	2.076	2.011	1.933

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Densidad Máxima, en g/cm ³ :	2.077	Humedad Óptima, en %:	7.4
Densidad corregida, en g/cm ³ :	-	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: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRI

Muestra: C-3 S

Fecha: 30 de mayo de 2018



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
NEBROSO Y EL DEPÓSITO

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

ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR MODIFICADO UNE 103501:94

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

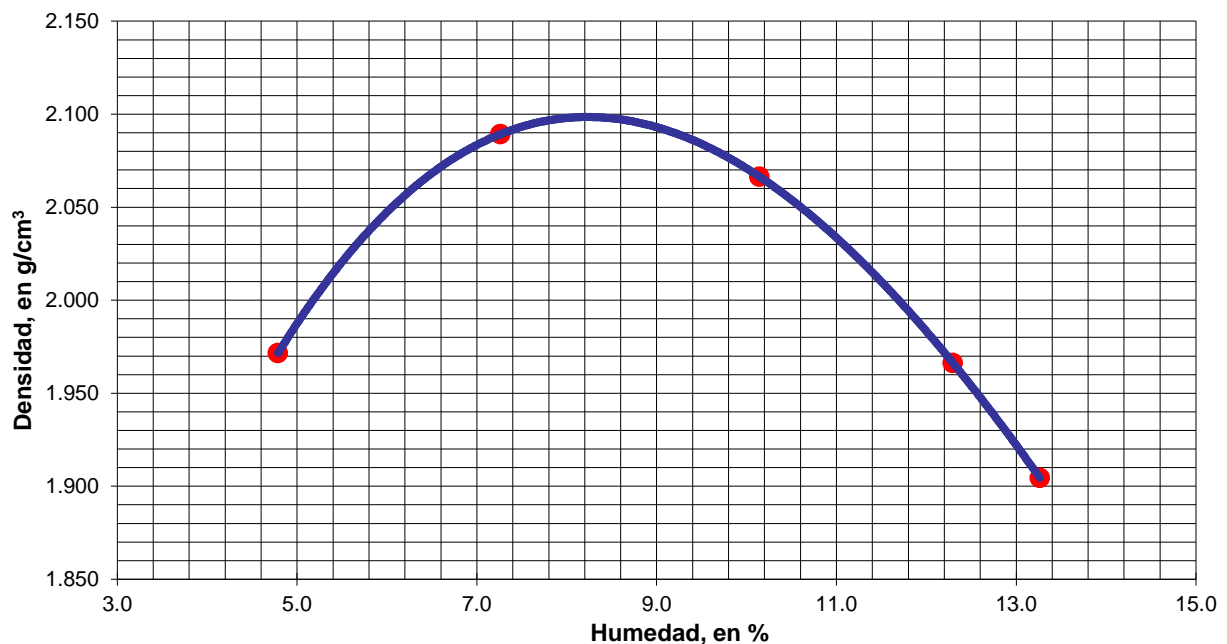
Volumen del molde, en cm ³ :	2 320	Número de capas:	5
Peso de la maza, en kg:	4 535	Número de golpes por capa:	60
Altura de caída, en cm:	457	% material retenido por 20 mm*:	-

DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	4.8	7.3	10.1	12.3	13.3
Densidad, en g/cm ³	1.972	2.089	2.066	1.966	1.904

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Densidad Máxima, en g/cm ³ :	2.099	Humedad Óptima, en %:	8.2
Densidad corregida, en g/cm ³ :	-	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: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRI

Muestra: C-4 S

Fecha: 29 de mayo de 2018



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN. PRÓCTOR MODIFICADO UNE 103501:94

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:

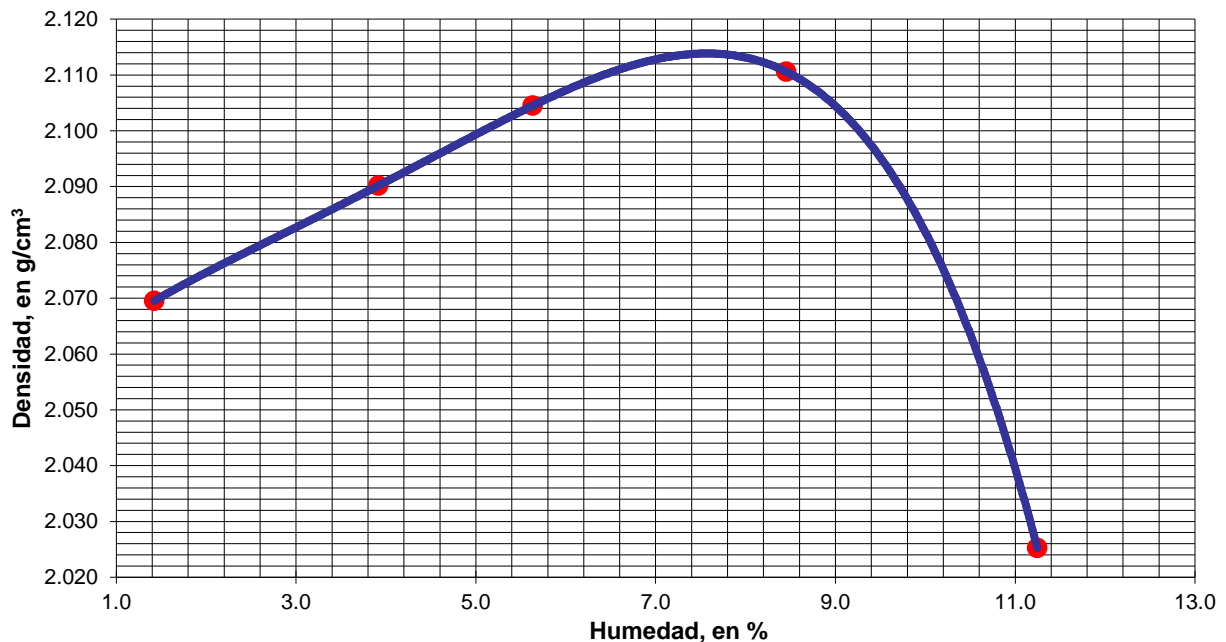
Volumen del molde, en cm ³ :	2 320	Número de capas:	5
Peso de la maza, en kg:	4 535	Número de golpes por capa:	60
Altura de caída, en cm:	457	% material retenido por 20 mm*:	-

DATOS DEL ENSAYO

Nº de punto	1	2	3	4	5
Humedad, en %	1.4	3.9	5.6	8.5	11.2
Densidad, en g/cm ³	2.070	2.090	2.104	2.111	2.025

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Densidad Máxima, en g/cm ³ :	2.114	Humedad Óptima, en %:	7.5
Densidad corregida, en g/cm ³ :	-	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: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA

Muestra: S-2 4.60-4.80 T

Fecha: 1 de junio de 2018



C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es
 - DEPÓSITO DE LA CORTA, EN
Tecnología del suelo y materiales, S. L.
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS

Parte 1: Resistencia a la compresión uniaxial

UNE 22950-1:90 Parte 1

DATOS DE LA PROBETA SOMETIDA A ENSAYO

Diámetro, en mm	71.20
Altura, en mm	110.90
Área, en cm ²	39.82
Volumen, en cm ³	441.55
Peso, en g	1 171.75
Densidad aparente, en g/cm ³	2.654
Carga de rotura, en kg (P ₁)	15 841
Carga de rotura total, en kN (P)	155.400
Resistencia a compresión, en kg/cm ²	398.3
Resistencia a compresión, en MPa (s_c)	39.030

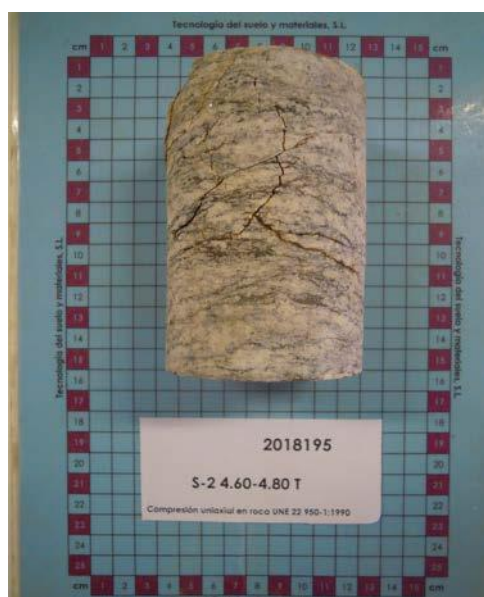
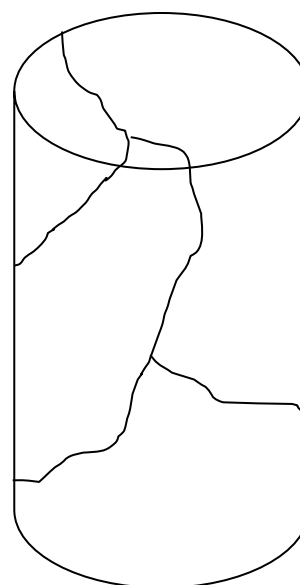


Foto de la muestra sometida a ensayo



Forma de rotura de la probeta

Observaciones: La muestra es corta por lo que no se pudo tallar a mayor altura.

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

Formato RCS-02/02

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

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

Página 19 de 27
 Laboratorio acreditado en
 geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA

Muestra: S-2 5.15-5.40 T

Fecha: 1 de junio de 2018



C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es
 - DEPÓSITO DE LA CORTA, EN
Tecnología del suelo y materiales, S. L.
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS

Parte 1: Resistencia a la compresión uniaxial

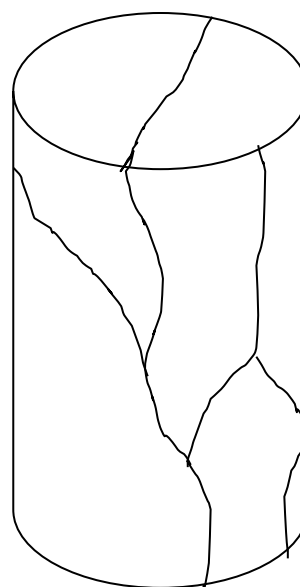
UNE 22950-1:90 Parte 1

DATOS DE LA PROBETA SOMETIDA A ENSAYO

Diámetro, en mm	71.20
Altura, en mm	181.40
Área, en cm ²	39.82
Volumen, en cm ³	722.25
Peso, en g	1 910.10
Densidad aparente, en g/cm ³	2.645
Carga de rotura, en kg (P ₁)	8 807
Carga de rotura total, en kN (P)	86.400
Resistencia a compresión, en kg/cm ²	221.4
Resistencia a compresión, en MPa (s_c)	21.700



Foto de la muestra sometida a ensayo



Forma de rotura de la probeta

Observaciones: -

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

Formato RCS-02/02

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

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

Página 20 de 27
 Laboratorio acreditado en
 geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA

Muestra: S-2 7.60-7.80 T

Fecha: 1 de junio de 2018



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

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

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS

Parte 1: Resistencia a la compresión uniaxial

UNE 22950-1:90 Parte 1

DATOS DE LA PROBETA SOMETIDA A ENSAYO

Diámetro, en mm	71.20
Altura, en mm	129.50
Área, en cm ²	39.82
Volumen, en cm ³	515.61
Peso, en g	1 357.05
Densidad aparente, en g/cm ³	2.632
Carga de rotura, en kg (P ₁)	7 666
Carga de rotura total, en kN (P)	75.200
Resistencia a compresión, en kg/cm ²	192.7
Resistencia a compresión, en MPa (s_c)	18.887

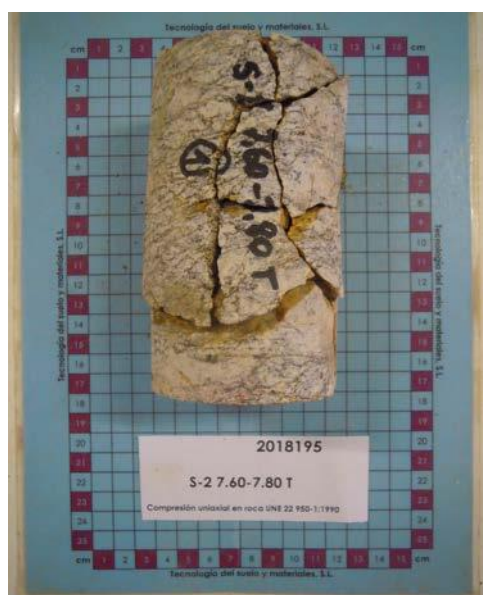


Foto de la muestra sometida a ensayo



Forma de rotura de la probeta

Observaciones: La muestra es corta por lo que no se pudo tallar a mayor altura.

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

Formato RCS-02/02

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

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

Página 21 de 27
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2018195**Cliente: **CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.**

Obra: E.G. PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA

Muestra: T-1 0.00-0.45 T

Fecha: 30 de mayo de 2018



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriosm.es
DEPÓSITO DE LA CORTA, EN F
Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón

Determinación de la profundidad de carbonatación en un hormigón endurecido por el método de la fenolftaleína, según UNE-EN 14630-07

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

Tipo de probeta	Testigo		Fragmento	
	Diámetro, mm	Espesor, mm	Largo, mm	Ancho, mm
	94.1	450.0		
Exposición de la zona de extracción de la muestra:	-			
Composición y edad del hormigón:				
Presencia de aditivos o tratamiento hidrófobo:	No			

*La disolución de fenolftaleína ha sido preparada con 1 g. de fenolftaleína disuelto en 70 ml. de alcohol etílico y 100 ml. de agua destilada.

Medidas	Profundidad de carbonatación, en mm
Medida d_{k1}	250.00
Medida d_{k2}	275.00
Medida d_{k3}	300.00
Medida d_{k4}	350.00
Medida $d_{k \text{ media}}$	293.75
Medida $d_{k \text{ máxima}}$	350.00

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



Fotos de la muestra sometida a ensayo

Observaciones: Se ha detectado carbonatación en el tramo 2 del testigo recibido en tres partes.

Este ensayo no está creditado 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.

Página 23 de 27
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Laboratorio acreditado en
geotecnia (n° 03267GTL08)

Página 26 de 27
Laboratorio acreditado en
Geotecnia (nº 03267GTL08)



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

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

El presente informe consta de veintisiete hojas numeradas y selladas.

Madrid, 1 de junio de 2018

RICARDO PÉREZ SARMIENTO
Responsable de Área GTL

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

CÉSAR ZAPICO MARTÍN
Director Técnico

ANEJO-3: REGISTRO DE TESTIGO HILTI



EMPLAZAMIENTO PERFORADORA HILTI



TESTIGO RECUPERADO



SELLADO DE PERFORACIÓN CON MORTERO

ANEJO-4: REGISTRO DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

FICHA DE ESTACIÓN GEOMECÁNICA

ESTUDIO

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA: PRESA DEL TENEBROSO-DEPÓSITO DE LA CORTA

LOCALIZACIÓN

Apoyo-1 de Pasarela-1 (no transitable)

FECHA

14-jun-18

ESTACION

EG-1

LITOLÓGIA

NATURALEZA

Ortogneis

POTENCIA

FORMACIÓN Y EDAD

Basamento paleozoico

FORMACIONES SUPERFICIALES

NATURALEZA Y TEXTURA

Glandular con bandeado grosero.

MORFOLOGÍA

Se acerca a masiva

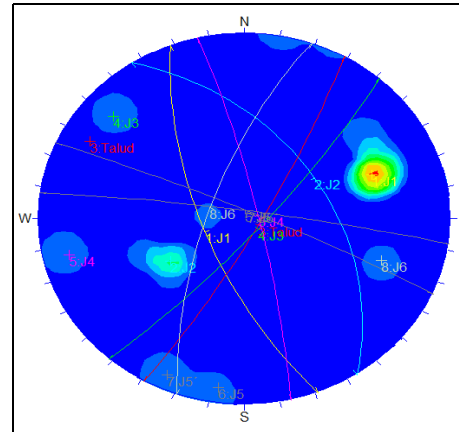
ESPESOR

ESTRUCTURA

Estructura con fábrica planar clara (foliación), pero algo grosera que le da al macizo cierto carácter masivo. Fracturación por diaclasado.

FRACTURACIÓN *		GRADOS DE METEORIZACIÓN **	AGUA	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA
Bloques	Jv Juntas/m²			
Muy grandes	< 1	Sana I	Seco X	Extremadamente blanda Una - 0
Grandes	1 - 3	Algo meteorizada II	Húmedo	Muy blanda Navaja - 1
Medios	3 - 10	Medianamente meteorizada III	Goteo X	Blanda Punta martillo - 2
Pequeños	10 - 30	Muy meteorizada IV	Flujo	Media 1 golpe martillo - 3
Muy pequeños	> 30	Completamente meteorizada V	Caudal estimado	Dura Mas 1 golpe de martillo - 4 X
Muy Brechificada	> 60	Suelo residual VI		Muy dura Varios golpes - 5
				Extremadamente dura Solo raya con martillo - 6

OBSERVACIONES

Afloramiento de buena calidad para la toma de datos.
Afloramiento en talud del aliviadero del azul

Canal
de Isabel II

LITOLOGÍA			FORMACIONES SUPERFICIALES		ESTRUCTURA
NATURALEZA			NATURALEZA Y TEXTURA		Estructura con fábrica planar clara (foliación), pero algo grosera que le da al macizo cierto carácter masivo. Fracturación por diaclasado.
Ortogneis			Glandular con bandeado grosero.		
POTENCIA	FORMACIÓN Y EDAD	Basamento paleozoico	MORFOLOGÍA	Se acerca a masiva	
			ESPESOR		



Afloramiento de mala calidad para la toma de datos.
Afloramiento en ladera, a pie del muro de la plataforma de acceso al azud



Geoprovi

TIPO de PLANO		RELLENO			
S0 -> Estratificación	J1 ... Jn -> Juntas	G -> Gravas	A-> Arcillas	M-> Milonita	C-> Calcita F-> Feldespato
S1 -> Esquistosidad	F1 ... Fn -> Fallas	S -> Arenas	B-> Brecha	Q-> Cuarzo	O-> Óxidos

CONURMA
INGENIEROS CONSULTORES




ANEJO-5: ESTUDIO GEOFÍSICO

**ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE
TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y GEO-RADAR,
PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA
CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA DE
EL TENEBROSO Y EL DEPÓSITO DE LA CORTA,
EN PUENTES VIEJAS (MADRID)**

Geoprovi



Madrid, 21 de mayo de 2018

	Preparado	Revisado	Aprobado
Firma			
Nombre	D. Paredes	Mª del Mar Sáez	C.M. Calvo
Fecha	21/05/2018	21/05/2018	21/05/2018

ÍNDICE

I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	3
II. METODOLOGÍA	5
II.1 Tomografía Sísmica de Refracción	5
II.2 Geo-radar	7
II.3 Detector de Radiofrecuencia (busca cables)	8
III. TRABAJOS REALIZADOS	9
III.1 Trabajos de campo	9
III.1.1 Tomografía Sísmica de Refracción	9
III.1.2 Geo-radar y detector radiofrecuencia	10
III.2 Trabajos de gabinete	11
III.2.1 Tomografía Sísmica de Refracción	11
III.2.2 Geo-radar y detector radiofrecuencia	12
IV. RESULTADOS	13
IV.1 Tomografía Sísmica de Refracción	13
IV.2 Geo-radar y detector radiofrecuencia	15
V. CONCLUSIONES	16

ANEXO A: PLANO DE LOCALIZACIÓN

ANEXO B: MODELOS DE VELOCIDAD Y GRÁFICOS DE COBERTURA DE FRENTES DE ONDAS P

ANEXO C: FOTOGRAFÍAS

I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

A petición de **GEOPROVI**, **Geofísica Consultores** ha realizado este “Estudio geofísico mediante tomografía sísmica y geo-radar, para el proyecto de renovación de la conducción de la Jara, entre la presa de El Tenebroso y el depósito de La Corta, en Puentes Viejas (Madrid)”.

La zona de estudio se localiza en las inmediaciones del azud de El Tenebroso, situado en el término municipal de Puentes Viejas, en Madrid (ver **Figura 1**), donde se está realizando un estudio geotécnico en el cual se engloba la presente investigación geofísica.



Figura 1. Ortofotografías de la zona de estudio. El recuadro rojo indica la situación de la zona en la que se ha realizado el estudio geofísico, que aparece ampliado en la figura de la derecha.

El objetivo del estudio geotécnico consiste en analizar la estabilidad del muro de contención de la plataforma (marcada en rojo en la **Figura 1** derecha) donde deberá posicionarse una grúa móvil de gran tonelaje.

Enmarcado en este estudio geotécnico se ha realizado una campaña de tomografía sísmica de refracción, cuyo objetivo principal consiste en identificar la profundidad del sustrato rocoso y el espesor de rellenos antrópicos en la plataforma investigada.

Para alcanzar este objetivo, se ha planteado la ejecución de dos perfiles de tomografía sísmica, paralelos al muro de contención de 43,5 metros de longitud cada uno, y tres perfiles perpendiculares distribuidos homogéneamente, de entre 9,5 y 10,5 metros de longitud.

Por otro lado, se ha solicitado por parte de GEOPROVI la localización de una tubería metálica de conducción de agua en un tramo de aproximadamente 40,0 metros bajo la misma plataforma, para lo cual se ha realizado un estudio combinado mediante perfiles de geo-radar y detector radiofrecuencia.

Según la información existente en el mapa geológico de España MAGNA a escala 1:50.000 (Hoja 484, Buitrago de Lozoya), los materiales presentes en la zona de estudio se clasifican fundamentalmente como ortogneises bandeados biotíticos (**Figura 2**).

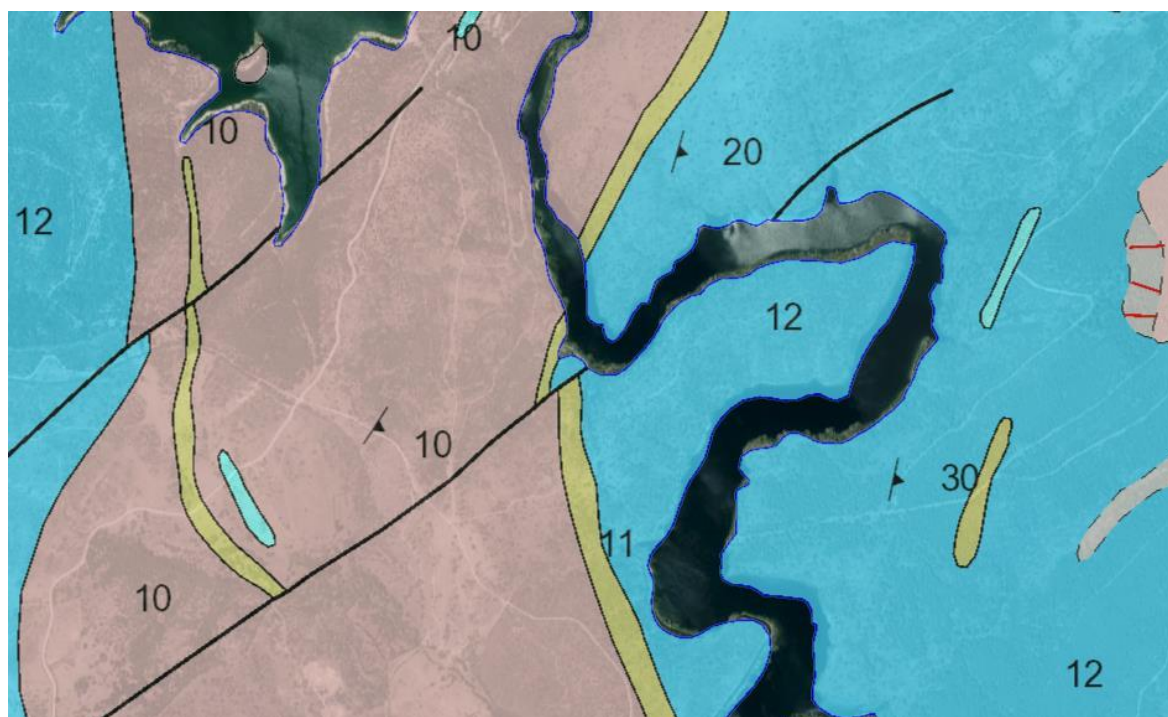


Figura 2. Mapa geológico de la zona de estudio extraído del “Mapa Geológico Continuo digital a escala 1:50.000”.

El presente informe recoge los resultados de los trabajos de campo realizados el día 16 de mayo de 2018. En base a estos trabajos de campo y al análisis de los datos obtenidos se presenta este informe.

II. METODOLOGÍA

II.1 Tomografía Sísmica de Refracción

La Tomografía Sísmica de refracción se basa en la generación de una perturbación mecánica en el terreno (por lo general mediante una maza) y la determinación del tiempo que las ondas P (generadas en el punto de impacto) tardan en recorrer el trayecto que separa la fuente y una serie de sensores (geófonos), situados a lo largo de una línea de adquisición (**Figura 3**). Conociendo la distancia recorrida por las ondas sísmicas y el tiempo empleado se puede determinar la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el subsuelo.

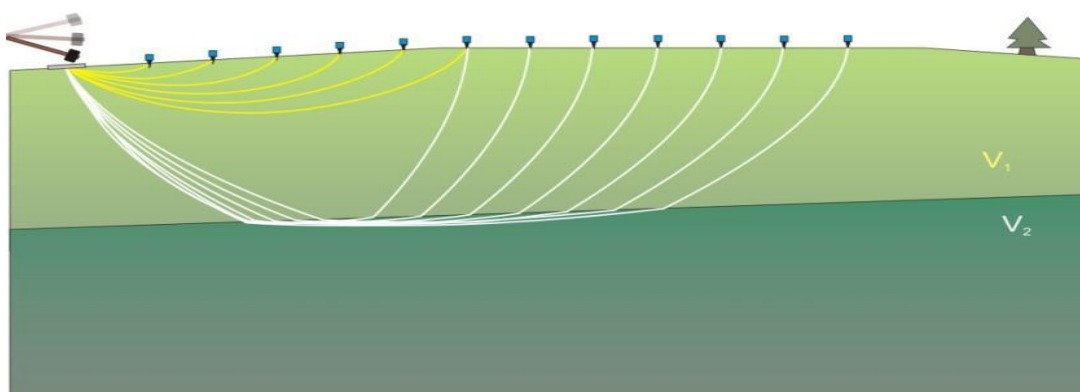


Figura 3. Diagrama esquemático de un ensayo de Tomografía Sísmica de refracción. Se golpea una placa metálica, situada sobre el terreno, con una maza, y la energía producida se propaga en forma de ondas P a través de las distintas unidades litológicas que componen el subsuelo. Las ondas P son registradas en varios sensores (geófonos) colocados a intervalos regulares en el terreno.

La Tomografía Sísmica de refracción se considera una evolución de la sísmica de refracción tradicional; presenta como principales ventajas el mayor grado de detalle de los modelos obtenidos y la escasa limitación que supone la presencia de capas de baja velocidad, fuertes gradientes laterales o elevados buzamientos, tal y como ocurre en la sísmica de refracción tradicional.

Uno de los aspectos más importantes de la Tomografía Sísmica de refracción es que se trata de un método basado en la inversión de “residuos”. Se denomina “residuo” a la diferencia entre los tiempos de recorrido de las ondas P observados y los tiempos de recorrido teóricos. Por ello es muy importante emplear una herramienta de procesamiento que sea capaz de reproducir de manera precisa los tiempos de recorrido de las ondas P en un medio complejo. Una de las formas más precisas que existen es resolver la ecuación Eikonal mediante un proceso de diferencias finitas. Dicha ecuación describe el tiempo de propagación de un frente de ondas en un medio isótropo.

De esta forma se posibilita una reproducción muy precisa del trayecto recorrido por la onda P desde la fuente hasta el receptor. El proceso de inversión que dará lugar al modelo final es un

proceso iterativo, en el que el modelo inicial se va actualizando en cada iteración hasta dar lugar al modelo final.

En la tomografía sísmica de refracción el modelo inicial de velocidades se obtiene definiendo un modelo 1D en el que la velocidad depende únicamente de la profundidad ($v(z)$). Este modelo se determina automáticamente a partir de los tiempos de recorrido de las ondas P observados empleando el método Delta-t-v. Este método consiste en obtener una curva $v(z)$ bajo cada sensor (geófono). Una vez calculadas las curvas $v(z)$ bajo cada estación, se calcula el valor promedio y se genera un modelo 2D a partir de este valor promedio, el cual se extiende lateralmente en toda la longitud del modelo. Este método maximiza las probabilidades de que el proceso iterativo parta desde un punto lo suficientemente próximo a la solución correcta.

Una vez definido el modelo inicial se resuelve la ecuación Eikonal anteriormente descrita para obtener los residuos de la primera iteración. El modelo inicial se actualiza y se crea un segundo modelo de velocidades, a través del que se vuelven a calcular los tiempos teóricos de recorrido y se obtienen nuevos residuos. El proceso continua hasta que la suma de los residuos alcanza el mínimo.

Otra ventaja de la Tomografía Sísmica es que permite determinar, tanto de manera cuantitativa (valor del mínimo de los residuos) como de manera cualitativa (a través de la distribución espacial de los frentes de ondas P dentro del modelo, **Figura 4**), el grado de certeza de las soluciones alcanzadas, lo cual es muy útil a la hora de realizar la interpretación del modelo.

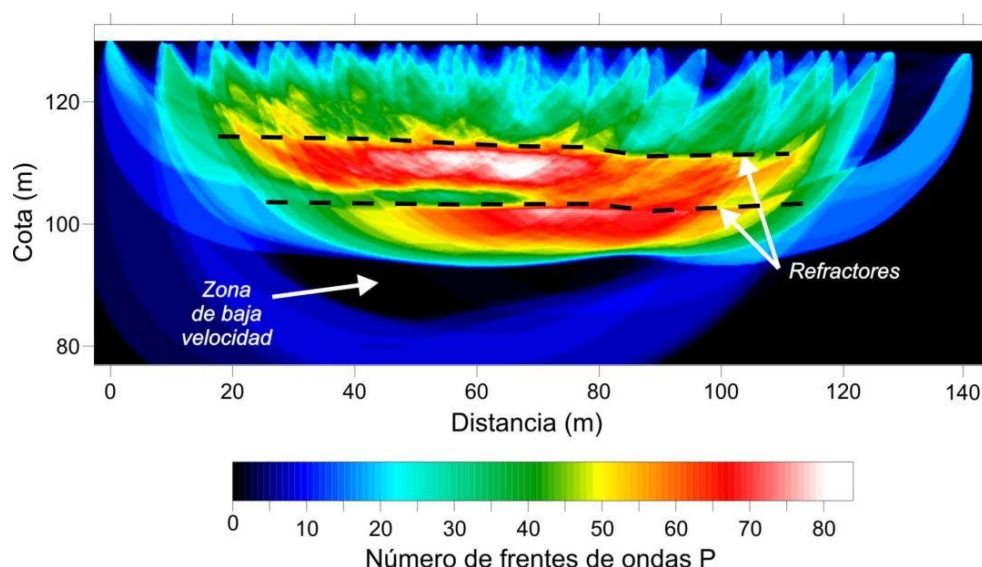


Figura 4. Identificación de refractores y zonas de baja velocidad a partir de la imagen de cobertura de frentes de ondas P de un modelo de Tomografía Sísmica. Los tonos cálidos indican las áreas con más densidad de muestreo en el modelo (zonas con mayor resolución) mientras que los tonos fríos indican las zonas de menor resolución. Estos diagramas se emplean como indicador cualitativo a la hora de interpretar los modelos de velocidad obtenidos mediante tomografía sísmica.

Es importante destacar que, los gráficos de cobertura de las trayectorias de frentes de ondas P (**Figura 4**), además de definir con precisión las zonas cubiertas por los frentes de ondas sísmicas (de alta fiabilidad), permiten identificar “refractores” (*interfases entre dos materiales con distintas propiedades físicas*) y zonas de “sombra” (áreas, dentro de la zona de cobertura, por donde las ondas sísmicas P tienden a no viajar). Estos “refractores” son la respuesta a una interfase entre dos medios con velocidades distintas, que produce una focalización de los frentes de onda (head waves) que se puede identificar en los diagramas de cobertura. Estos dos medios no han de ser necesariamente materiales litológicamente distintos, ya que variaciones en la concentración de humedad o en el grado de compactación producen cambios en las propiedades físicas de un mismo material; dando lugar a una interfase.

Estos datos proporcionan información adicional para la interpretación de los modelos de velocidad; como, por ejemplo, la existencia de zonas de baja velocidad sísmica relativa asociadas a zonas de sombra o ausencia de frentes de onda, lo que indica variaciones graduales de la velocidad, etc.

II.2 Geo-radar

El funcionamiento del geo-radar consiste en la radiación al terreno de un pulso electromagnético mediante una antena emisora (ver **Figura 5**). Cuando la onda radiada encuentra una heterogeneidad en las propiedades dieléctricas de los materiales del subsuelo, parte de la energía se refleja de nuevo a la superficie y parte se transmite hacia profundidades mayores (ver **Figura 5. Izquierda**). La señal reflejada es captada por la antena receptora que está situada a una distancia fija de la antena emisora, esta distancia es específica para cada tipo de antena. Al desplazar el dispositivo de antenas sobre el terreno y repetir el proceso anteriormente descrito se obtiene una sección en la que se representan tiempos dobles en ordenadas y distancia horizontal en abscisas.

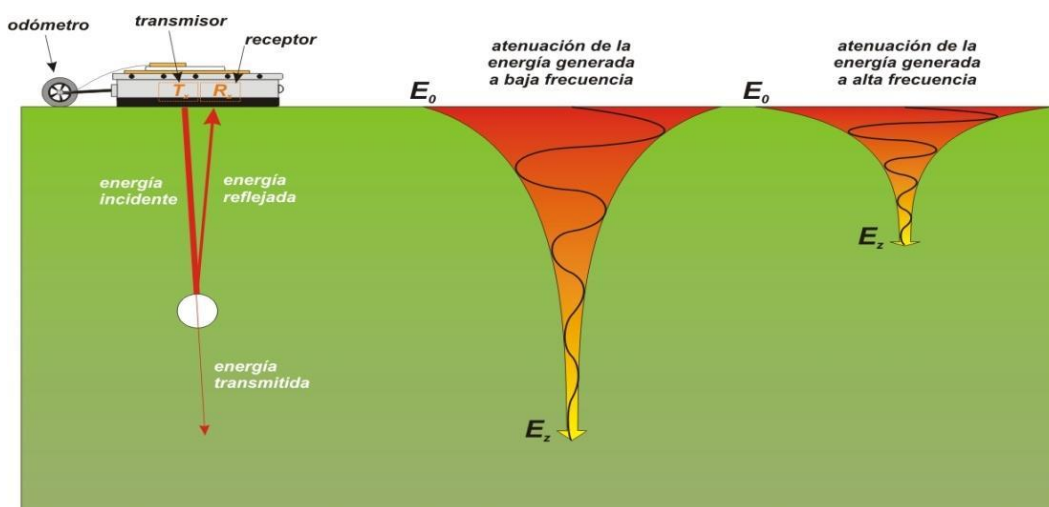


Figura 5. Izquierda. Distribución de la energía generada por una antena de geo-radar (T_x) cuando en el medio de propagación existe una heterogeneidad en la constante dieléctrica. El pulso reflejado es registrado por la antena receptora R_x . **Centro.** Atenuación exponencial de la energía electromagnética de baja frecuencia a medida que aumenta la profundidad de investigación. **Derecha.** Atenuación exponencial de la energía electromagnética de alta frecuencia a medida que aumenta la profundidad de investigación.

Sus ventajas principales son la rapidez en la toma de datos (cada punto de medida se adquiere en pocas fracciones de segundo), su versatilidad (por la posibilidad de intercambiar antenas con diferentes frecuencias) y su carácter no destructivo.

La profundidad de los reflectores puede determinarse conociendo la velocidad de propagación del pulso electromagnético a través del terreno. Para este trabajo se ha estimado una velocidad promedio de transmisión de ondas electromagnéticas de aproximadamente 0,10 m/ns. La elección del rango de frecuencias utilizado en el estudio ha sido función del compromiso entre la resolución y la penetración necesarias, ya que las frecuencias elevadas tienen mayor resolución a poca profundidad, mientras que las bajas frecuencias, tienen mayor penetración pero menor resolución.

Es importante resaltar que los pulsos electromagnéticos emitidos por el geo-radar no son capaces de atravesar metales y son fuertemente atenuados por materiales con alto contenido en humedad y/o arcillas.

II.3 Detector de Radiofrecuencia (busca cables)

El detector de radiofrecuencia localiza estructuras metálicas alargadas, como cables y tuberías, según tres modalidades operativas distintas:

- Búsqueda de cables con corriente: se basa en la propiedad de que todo cable recorrido por una corriente eléctrica emite una determinada frecuencia de radio la cual puede ser detectada y posibilita la localización de dicho cable (**Figura 6. Izquierda**).
- Búsqueda de cables sin corriente: detecta cables o estructuras metálicas lo suficientemente largas como para funcionar a modo de antenas para las ondas de radio (**Figura 6. Izquierda**).
- Búsqueda de una frecuencia de radio inducida: detección de cables y tuberías metálicas en las que se induce una señal de radio en una determinada frecuencia (**Figura 6. Derecha**).

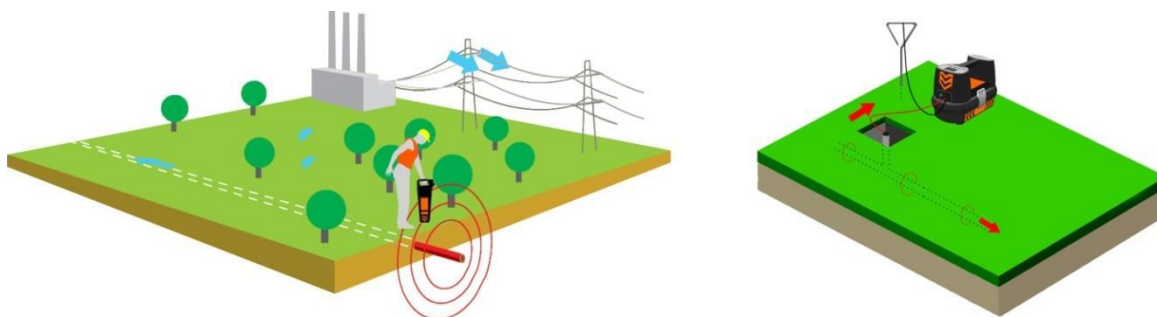


Figura 6. Izquierda. Trabajos de localización de estructuras metálicas (cables y tuberías), con el detector de radiofrecuencia. **Derecha.** Inducción de una señal de radio en una tubería metálica para su localización con el detector de radiofrecuencia.

Es importante destacar que el buscacables no es capaz de detectar los cables de fibra óptica. La profundidad de investigación efectiva para este tipo de equipos es de aproximadamente 2,5 metros.

III. TRABAJOS REALIZADOS

III.1 Trabajos de campo

La zona de trabajo comprende la plataforma adyacente al muro de contención objeto del estudio geotécnico.

Los trabajos de campo han consistido en la investigación del terreno mediante perfiles de tomografía sísmica de refracción y la detección del trazado de una tubería metálica mediante georadar y detector radiofrecuencia.

Una vez terminados los trabajos de adquisición de datos, se tomaron las referencias necesarias para la elaboración del plano de resultados que se muestra en el **Plano A-1** del **Anexo A**.

III.1.1 Tomografía Sísmica de Refracción

Para alcanzar el objetivo indicado anteriormente, se han realizado cinco (5) perfiles de tomografía sísmica de refracción, denominados **TMS-1**, **TMS-2**, **TMS-3**, **TMS-4** y **TMS-5** (ver **Plano A-1** del **Anexo A**) de longitud variable, alcanzando un total de 117,0 metros lineales de perfiles de tomografía sísmica. Las características de cada uno de los perfiles de Tomografía Sísmica, se describen en la siguiente **Tabla 1**, en la que queda refleja la longitud en metros de cada implantación, el número de geófonos utilizado, el espaciado entre geófonos (en metros) y el número de disparos realizado:

Tabla 1. Características de las implantaciones de Tomografía Sísmica de Refracción				
Perfil	Longitud (m)	Número de geófonos	Espaciado (m)	Nº de disparos
TMS-1	43,5	24	1,5	9
TMS-2	43,5	24	1,5	9
TMS-3	9,5	17	0,5	7
TMS-4	10,5	20	0,5	8
TMS-5	10,0	19	0,5	8

En este proyecto se ha empleado un sismógrafo multicanal de 24 canales. Estos sismógrafos están provistos de sistema de filtrado, reforzamiento de señal y grabación en soporte digital. Los

geófonos empleados son sensores de componente vertical de 10 Hz y la fuente de energía utilizada para la generación de la onda de compresión es una maza de cinco (5) kilos, golpeando sobre una placa metálica de 20 cm de diámetro.

Para la adquisición de los datos sísmicos se ha tomado una ventana de registro de 128 milisegundos de duración con una razón de muestreo de 1/4 milisegundos; obteniendo un total de 512 muestras por registro.

III.1.2 Geo-radar y detector radiofrecuencia

Se han realizado perfiles paralelos con la antena de geo-radar, en número suficiente para cubrir toda la zona de estudio.

Se han ejecutado un total de doce (12) perfiles paralelos, en dirección perpendicular al muro de contención, con una separación de 2,5 metros aproximadamente y de longitud variable, alcanzando un total de 97,80 metros lineales investigados con la antena de geo-radar. Las longitudes de cada uno de los perfiles de geo-radar quedan reflejadas numéricamente en la siguiente **Tabla 2**:

Tabla 2. Longitudes de los perfiles de geo-radar realizados			
Perfil	Longitud (m)	Perfil	Longitud (m)
GPR-01	6,73	GPR-07	9,39
GPR-02	7,56	GPR-08	9,40
GPR-03	8,64	GPR-09	9,00
GPR-04	8,91	GPR-10	7,59
GPR-05	9,11	GPR-11	6,44
GPR-06	9,42	GPR-12	5,61

Para la adquisición de datos se utilizó una antena de geo-radar monofrecuencia, de 500 MHz de frecuencia nominal, por ser la frecuencia más apropiada para las características del estudio y las propiedades electromagnéticas de los materiales presentes en la zona.

Para cada uno de los perfiles ejecutados se registraron trazas de geo-radar espaciadas 1,0 cm medido con una rueda odométrica específica para geo-radar. Para la referenciación de los resultados de los perfiles, se han utilizado los registros odométricos del equipo de geo-radar y referencias obtenidas en campo mediante medidas efectuadas con cinta métrica.

Con el detector radiofrecuencia se identificó el trazado de la tubería, marcando *in situ* los puntos de detección, así como la profundidad aproximada identificada a partir de los perfiles de geo-radar (ver **Figura 7**).



Figura 7. Detalle de una de las marcas realizadas *in situ* para identificar el trazado de la tubería detectada mediante geo-radar y detector radiofrecuencia.

III.2 Trabajos de gabinete

Los trabajos de gabinete han consistido en el procesado de los datos geofísicos obtenidos en campo, la realización de planos de posicionamiento y resultados y en la elaboración de este informe. A continuación se enumeran y detallan algunas de las fases más importantes del procesado de datos para cada una de las técnicas utilizadas en el presente estudio.

III.2.1 Tomografía Sísmica de Refracción

Los datos adquiridos en campo mediante las implantaciones sísmicas fueron registrados en soporte digital para su procesado posterior con el objetivo de obtener modelos de velocidad sísmica del terreno y gráficos de cobertura de los frentes de ondas P. Este procesado se ha realizado utilizando diferentes programas de interpretación comerciales y de desarrollo propio, que en resumen ha consistido en:

- Edición de la geometría de los perfiles (disparos y geófonos) y de la topografía.
- Tratamiento de los sismogramas mediante filtros pasobanda.
- Identificación de las llegadas de las ondas P a cada geófono.
- Generación de modelos iniciales de velocidad sísmica.
- Inversión tomográfica de los datos de velocidad (proceso iterativo) y análisis de las trayectorias de ondas P.
- Edición gráfica de los modelos de velocidad y de cobertura de frentes de ondas P.

III.2.2 Geo-radar y detector radiofrecuencia

Los datos adquiridos con la antena de geo-radar fueron procesados siguiendo las fases que se describen a continuación:

1.- Importación, edición de la posición y geometría de los perfiles:

Se transfieren los archivos de datos brutos al software de procesado y se corrigen los eventuales errores de medición realizados mediante la rueda odométrica.

2.- Filtrado de los datos y aplicación de ganancias:

El objetivo es poder resaltar los reflectores de interés para el estudio, permitiendo identificarlos y distinguirlos del ruido.

3.- Conversión de los tiempos dobles a profundidades:

El geo-radar mide el tiempo (en nanosegundos) que transcurre entre la salida del pulso de la antena, realizando ecos o reflexiones y volviendo el pulso a la antena, por lo que para transformar los tiempos en profundidades equivalentes es necesario conocer o estimar la velocidad de transmisión del pulso de geo-radar en cada medio, que se ha considerado una velocidad promedio de 0,10 m/ns.

4.- Identificación de los reflectores:

Consiste en identificar visualmente y marcar cuales son los reflectores correspondientes a la tubería buscada.

IV. RESULTADOS

A partir del análisis, procesado e interpretación de los datos de campo adquiridos con el equipo de Tomografía Sísmica de Refracción y con la antena de Geo-radar se han obtenido los resultados que se muestran en el plano del **Anexo A** del presente informe y que se describen a continuación.

Este estudio tiene como objetivo principal la identificación de la profundidad del sustrato rocoso y el espesor de rellenos antrópicos en la plataforma investigada.

Por otro lado, se solicitó por parte de GEOPROVI la localización de una tubería metálica de conducción de agua en un tramo de aproximadamente 40 metros bajo la misma plataforma, mediante un estudio combinado de perfiles de geo-radar y detector radiofrecuencia.

IV.1 Tomografía Sísmica de Refracción

En la presente investigación geofísica se han realizado un total de cinco (5) perfiles de Tomografía Sísmica de Refracción **TMS-1, TMS-2, TMS-3, TMS-4 y TMS-5 (Plano A-1 del Anexo A)**. Para cada uno de los perfiles sísmicos ejecutados en campo se ha obtenido un modelo de velocidad sísmica de ondas P y un gráfico de cobertura de frentes de ondas P (ver los **Planos del Anexo B**). Las cotas representadas en los modelos obtenidos se han extraído de la planimetría digital aportada por **GEOPROVI**.

En los modelos de velocidad sísmica obtenidos se muestra la variación de la velocidad de propagación de las ondas P, según un degradado de color. En estos modelos se han obtenido velocidades de propagación de ondas P que varían aproximadamente entre **400 y 5.000 m/s**, y se han definido en los mismos isolíneas de velocidad a intervalos de 500 m/s.

A partir de los datos de los materiales presentes en la zona de estudio y de los datos obtenidos de los sondeos existentes, proporcionados por **GEOPROVI**, se ha definido la siguiente clasificación de materiales, asociados a los correspondientes rangos de velocidad sísmica:

- **Materiales de relleno.** (Velocidades de entre 400 m/s y 1.000 m/s). Se asocia a los materiales de relleno antrópico que componen el trasdós del muro.
- **Sustrato rocoso alterado.** (Velocidades de entre 1.000 m/s y 2.000 m/s). Corresponde al sustrato rocoso alterado y/o fracturado, con grado de alteración IV –V.
- **Sustrato rocoso sin alterar.** (Velocidades superiores a 2.000 m/s). Se relaciona con roca compacta y sana con bajo grado de alteración y fracturación.

Para cada uno de los modelos de velocidad de ondas P se ha obtenido un gráfico de cobertura de frentes de ondas (**Anexo B**). En estos gráficos de cobertura, se han interpretado dos **refractores**

presentes en el modelo (definición de *refractor* en el *Apartado III.2* de **Metodología**, páginas 6 y 7), que marcan cambios en la vertical de las velocidades de ondas P, indicando variaciones en la litología (alternancia de materiales) o en las propiedades físicas (variaciones en la cohesión y compacidad). El primer refractor marcado coincide con la isolinea de 1.000 m/s coincidente con el límite entre los rellenos y la roca alterada. El segundo refractor coincide con las isolineas de 1.500-2.000 m/s y marca el límite entre roca alterada y roca sana. Esta interpretación muestra una buena correlación con la información geológica disponible.

A continuación se describen los modelos de velocidad y los gráficos de cobertura de frentes de ondas P, obtenidos de los perfiles realizados en campo (ver los **Planos** del **Anexo B**).

TMS-1 (Plano B-1 del Anexo B)

El perfil denominado TMS-1 tiene una orientación N-S y se realizó con una separación del muro de aproximadamente 2 metros. Presenta una distribución de velocidades variable de Norte a Sur, en el que el espesor de rellenos es de 1,4 metros en los primeros 14 metros del modelo y aumenta progresivamente hasta el final del modelo alcanzando un espesor de 4,6 metros. Debajo de estos rellenos, aparece la roca alterada con un espesor que varía entre 2,2 y 3,0 metros. A continuación aparece la roca sana hasta la profundidad máxima alcanzada por el modelo que es de 19,5 metros.

En el gráfico de cobertura de frentes de ondas P se ha marcado una anomalía asociada a una posible zona de fractura, en la que se observa como los refractores se truncan dando como resultado pequeñas inflexiones en las isolíneas de velocidad de ondas P. Esta posible zona de fractura se localiza en torno al metro 26 del modelo coincidiendo con la posición de la grieta identificada en el muro de carga (ver **Plano A-1 del Anexo A**).

TMS-2 (Plano B-2 del Anexo B)

Este modelo corresponde al perfil más alejado del muro, separado de este unos 5 metros y se puede apreciar una reducción sustancial del espesor de rellenos, que oscila entre 0,0 y 2,0 metros. La roca alterada aparece por debajo de estos rellenos, con un espesor medio de 3,5 metros y a continuación aparece la roca sin alterar hasta la profundidad máxima de investigación que para este modelo ha sido de 13 metros medidos desde la superficie.

En el gráfico de cobertura de ondas P se ha marcado la misma anomalía que en el modelo TMS-1, ya que se aprecia el mismo salto en los refractores, que podría indicar la presencia de una zona de fractura.

TMS-3, TMS-4 y TME-5 (Plano B-3 del Anexo B)

La pequeña longitud de estos perfiles (entre 9,5 y 10,5 metros) ha permitido alcanzar una escasa profundización de los modelos, que oscila entre 3,2 metros para el perfil **TMS-4** y 2,2 metros para el perfil **TMS-5**. Las velocidades son inferiores a 1.000 m/s en los tres modelos y en ningún caso se ha llegado a alcanzar la profundidad del sustrato rocoso.

IV.2 Geo-radar y detector radiofrecuencia

Con el objetivo de intentar localizar el trazado de la tubería metálica, se han realizado un total de doce (12) perfiles de geo-radar, espaciados 2,5 metros aproximadamente, barriendo la zona de estudio en dirección W-E (dirección perpendicular al muro de contención).

La profundidad máxima de investigación alcanzada en los radargramas procesados es de 2,3 metros medidos desde la superficie del terreno.

Del análisis visual de los radargramas obtenidos, se ha identificado en todos ellos una hipérbola de reflexión que se podría corresponder con una tubería metálica enterrada (**Figura 8**), a una profundidad de 0,8 metros aproximadamente.

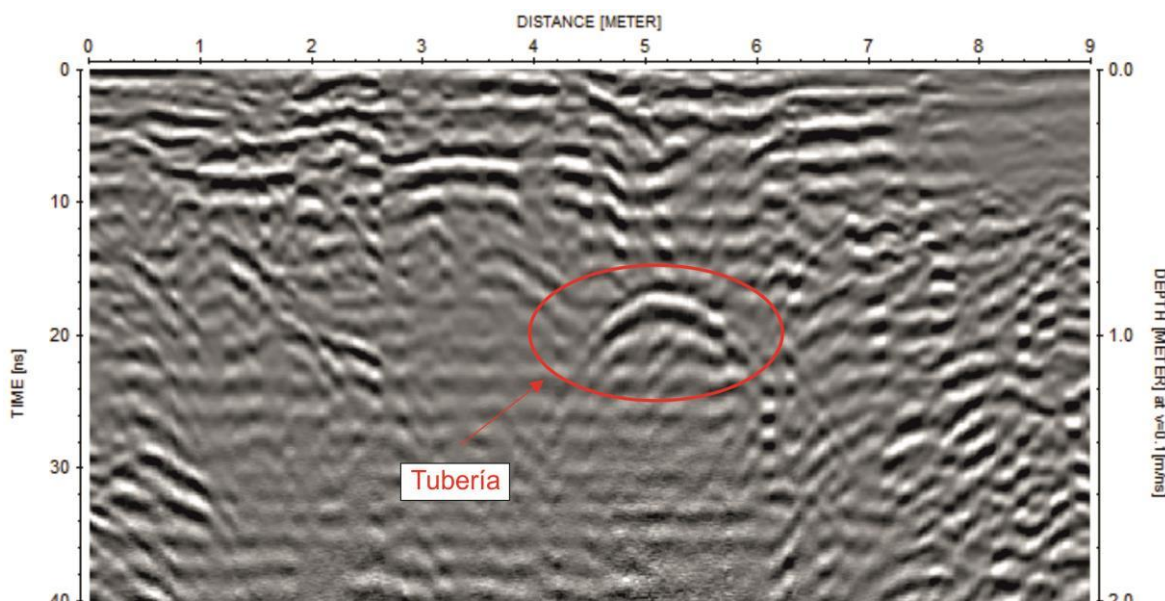


Figura 8. Radargrama procesado y detalle de la hipérbola de reflexión identificada en uno de los perfiles de geo-radar.

Con el detector radiofrecuencia, se pudo comprobar *in situ* la presencia de la tubería metálica a lo largo de su trazado, por lo que en gabinete se ha trasladado directamente al plano los resultados y conclusiones obtenidas durante la inspección.

A partir de las medidas realizadas en campo y en gabinete, se ha podido representar el trazado aproximado de la tubería, quedando reflejado gráficamente en el **Plano A-1 del Anexo A**.

V. CONCLUSIONES

Tras el análisis de los resultados obtenidos, mediante los perfiles de Tomografía Sísmica de Refracción y Geo-radar combinado con el detector de radiofrecuencia, se pueden destacar las siguientes conclusiones:

1. Mediante la realización de perfiles de Tomografía Sísmica se han obtenido modelos de la velocidad de propagación de ondas P y gráficos de cobertura de frentes de ondas P. En general todos los modelos presentan una distribución de velocidades que aumenta con la profundidad y una muy buena correlación con la información geológica disponible.
2. Gracias a los modelos de velocidad de ondas P y los gráficos de cobertura de frentes de ondas P, se ha podido estimar el espesor de rellenos de origen antrópico, el cual se asocia a la presencia de las isóneas de 1.000 m/s, que coincide con uno de los refractores definidos en los gráficos de cobertura de frentes de ondas P.
3. Se ha observado en los perfiles realizados que el espesor de rellenos no es constante a lo largo de modelos obtenidos, variando entre 1,4 y 4,6 metros en el perfil más próximo al muro (TMS-1) y entre 0,0 y 2,0 metros en el perfil más alejado (TMS-2), como se muestra en los modelos del **Anexo B**.
4. Mediante los modelos de velocidad y los gráficos de cobertura de frentes de ondas P obtenidos de los perfiles de Tomografía Sísmica de Refracción, se ha identificado una anomalía que ha sido interpretada como una posible zona de fractura que coincide con la grieta detectada en el muro de contención y con la zona de mayor espesor de relleno.
5. A partir de los perfiles de geo-radar combinados con el detector radiofrecuencia se ha identificado el trazado de la tubería metálica quedando marcado in situ y gráficamente en el **Plano A-1** del **Anexo A**.
6. Los resultados presentados en este informe son aplicables únicamente a las posiciones donde se realizaron los perfiles de tomografía sísmica y de geo-radar y hasta la profundidad máxima de investigación alcanzada, que ha sido de 14 metros para la tomografía sísmica y de 2,3 metros para el geo-radar.

Madrid, a 21 de mayo de 2018



Fdo.: David Paredes Palacios
Ingeniero Técnico de Minas
Colegiado nº 1576



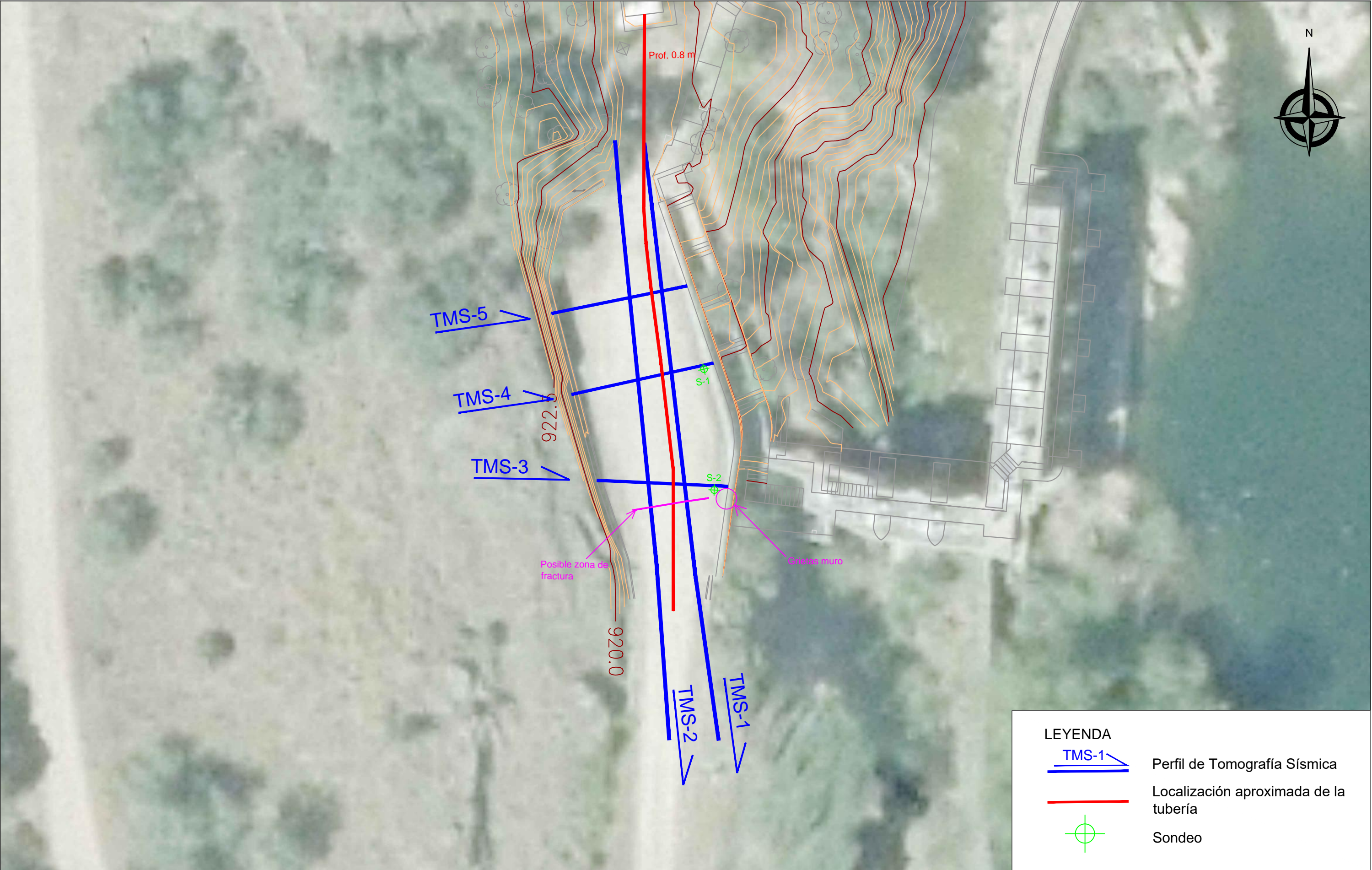
Fdo.: Mª del Mar Sáez
Licenciada en Geología




Fdo.: Carlos M. Calvo Martínez
Geólogo
Colegiado nº 3595

ANEXO A


PLANO LOCALIZACIÓN




LEYENDA

TMS-1

Perfil de Tomografía Sísmica



Localización aproximada de la tubería



Sondeo

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y GEO-RADAR, PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA DE EL TENEBROSO Y EL DEPÓSITO DE LA CORTA, EN PUENTES VIEJAS (MADRID)			LOCALIZACIÓN DE LOS PERFILES GEOFÍSICOS	DIN A3 1:250  0 2.5 5.0 7.5 10 metros	MAYO 2018
					NÚMERO DE PLANO
					A-1

ANEXO B

**MODELOS DE VELOCIDAD Y GRÁFICOS DE COBERTURA
DE FRENTES DE ONDAS P**

MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-1

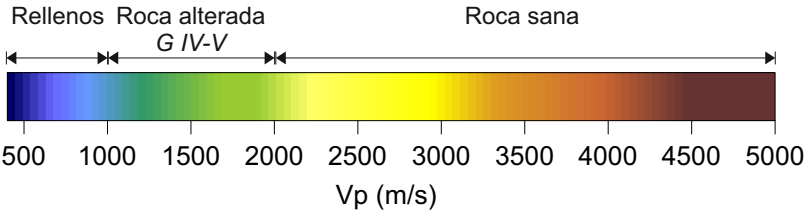
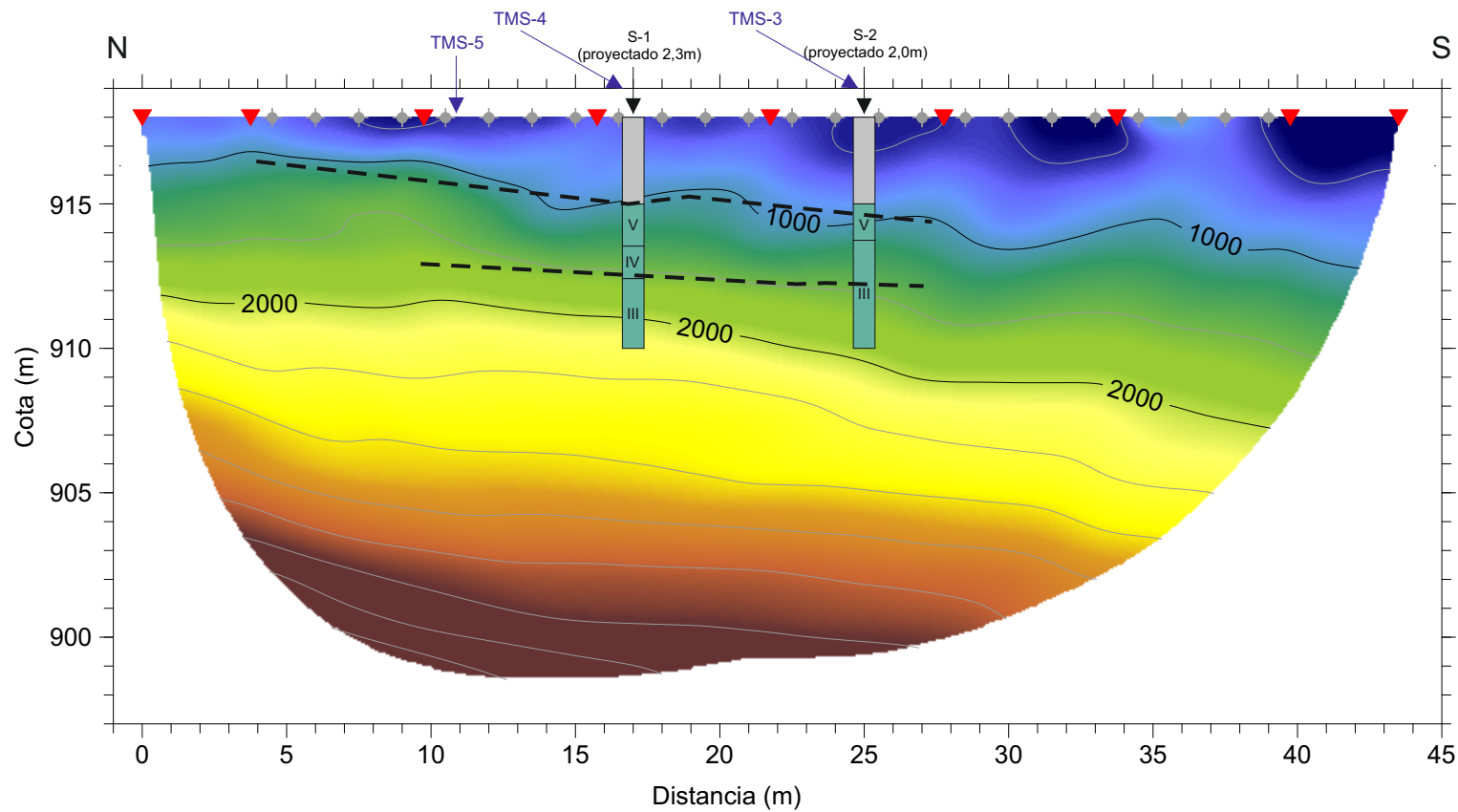
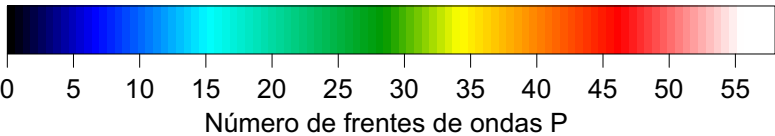
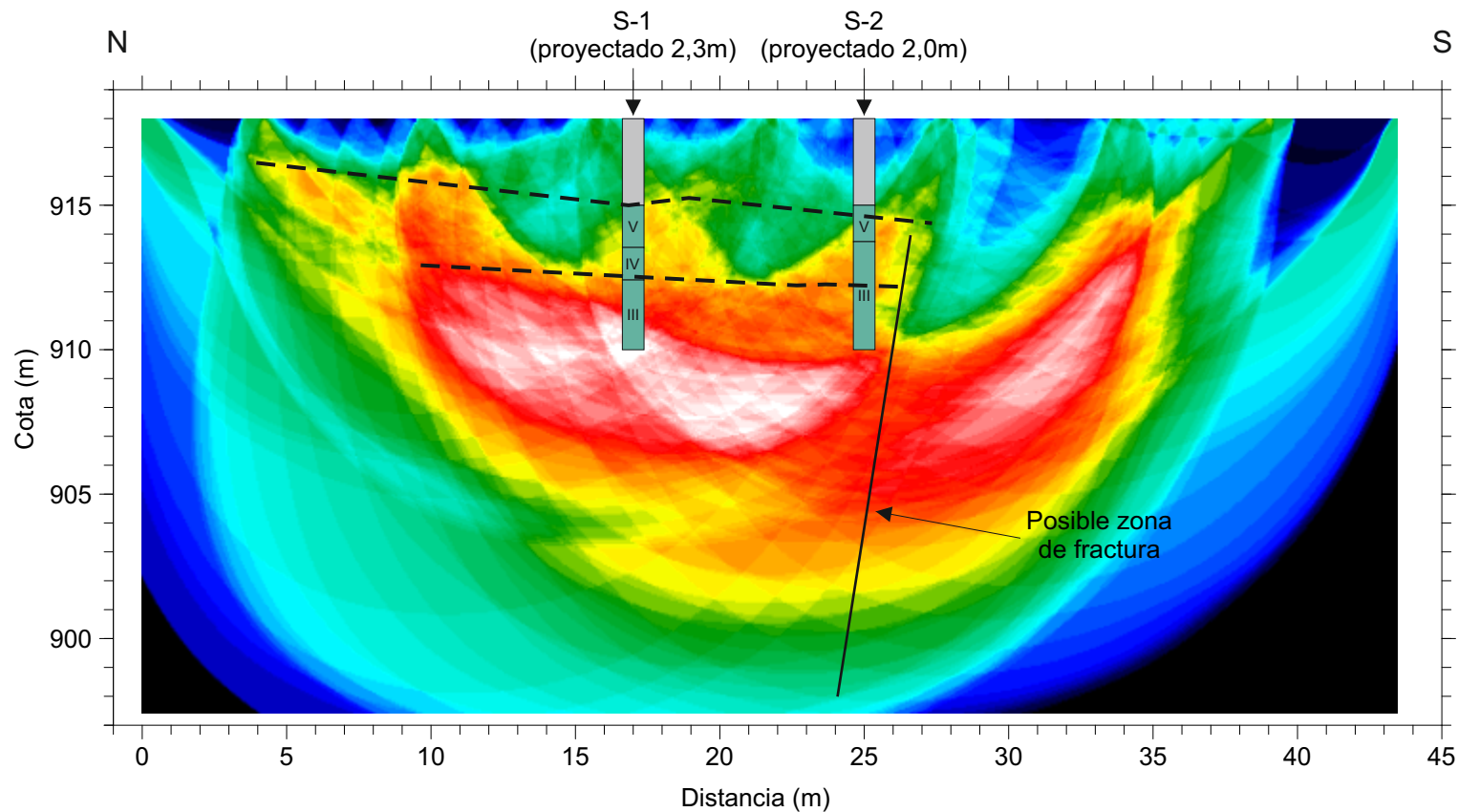


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-1



LEYENDA

- 2000 — Isolinia de velocidad (Vp)
- Posición de geófonos
- ▼ Posición de disparos
- - - Refractor principal



PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y GEO-RADAR, PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA DE EL TENEBROSO Y EL DEPÓSITO DE LA CORTA, EN PUENTES VIEJAS (MADRID)			MODELO DE VELOCIDAD Y GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-1	DIN A3 1 : 250 	MAYO 2018
					NÚMERO DE PLANO B-1

MODELO DE VELOCIDAD DE ONDAS P TMS-2

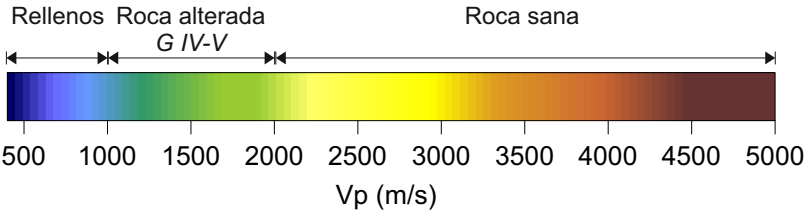
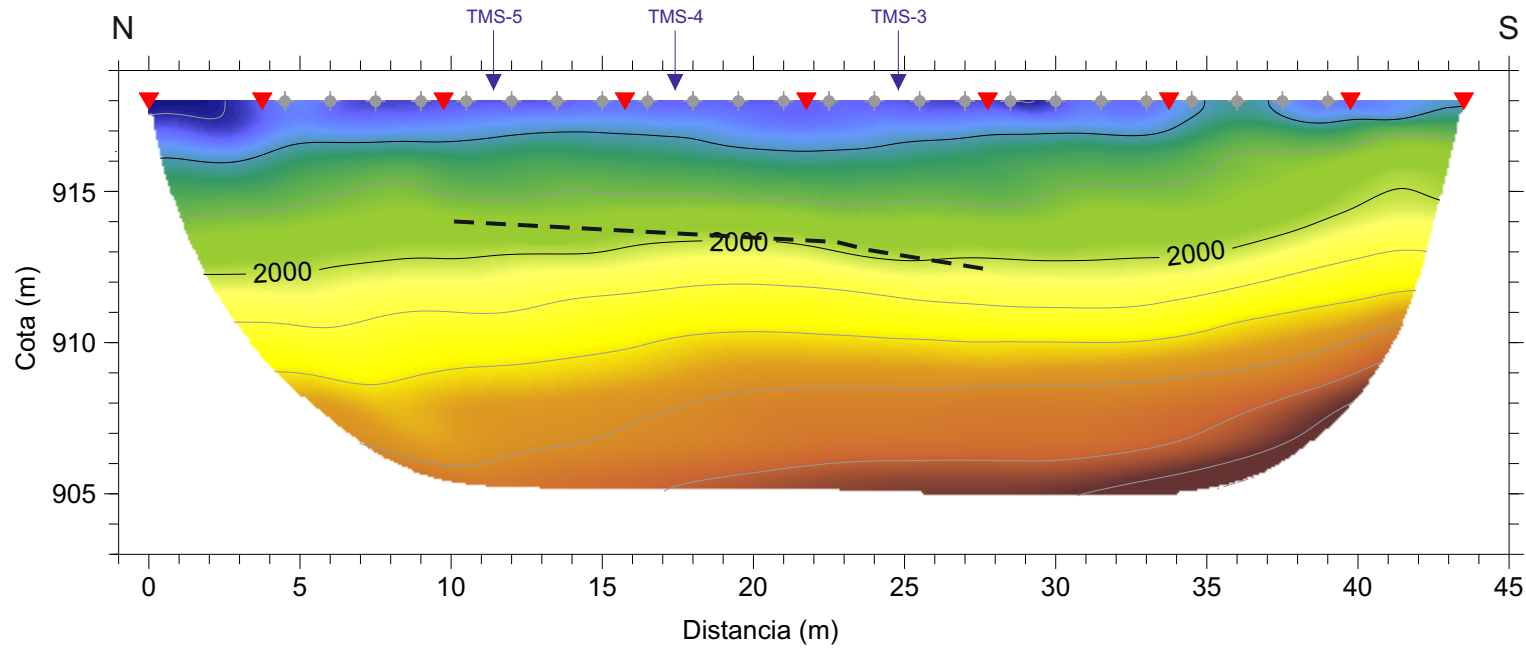
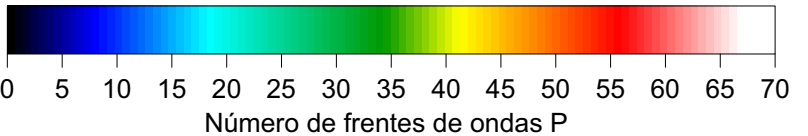
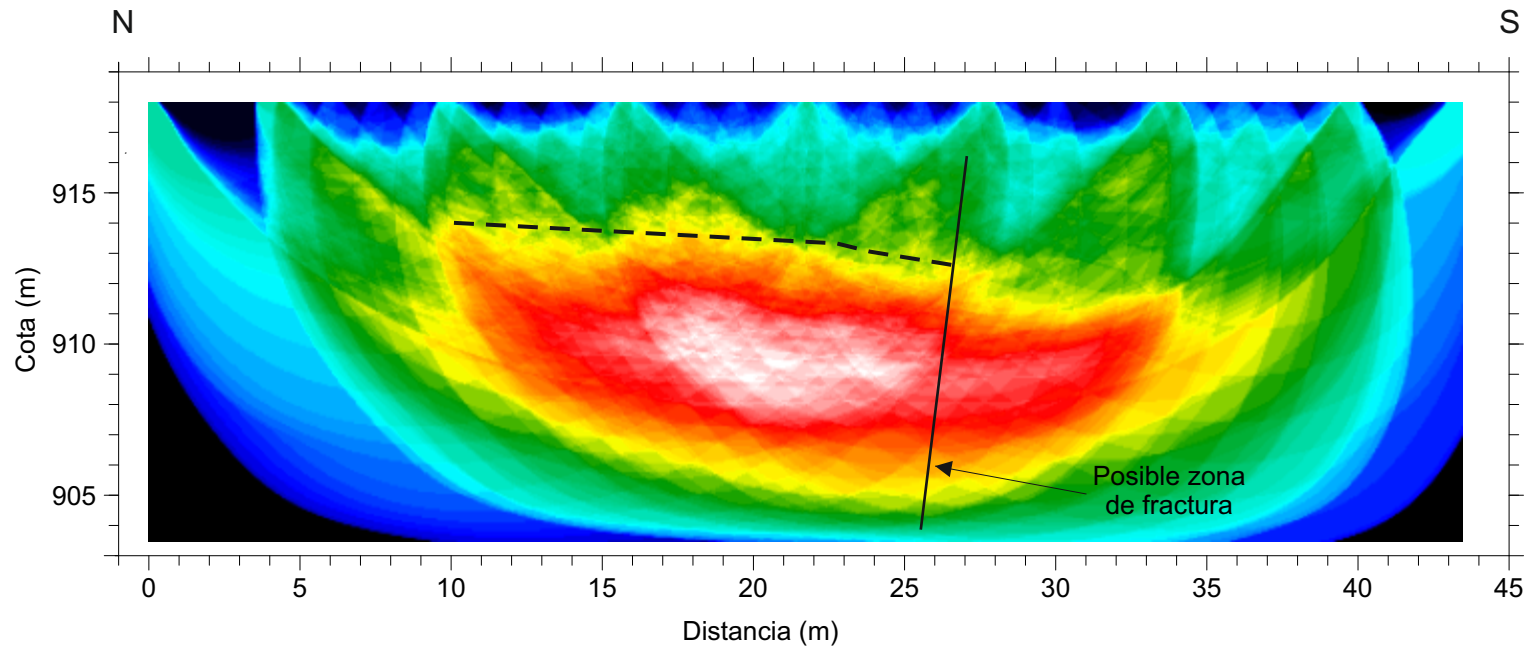


GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-2



LEYENDA

Isolínea de velocidad (Vp)

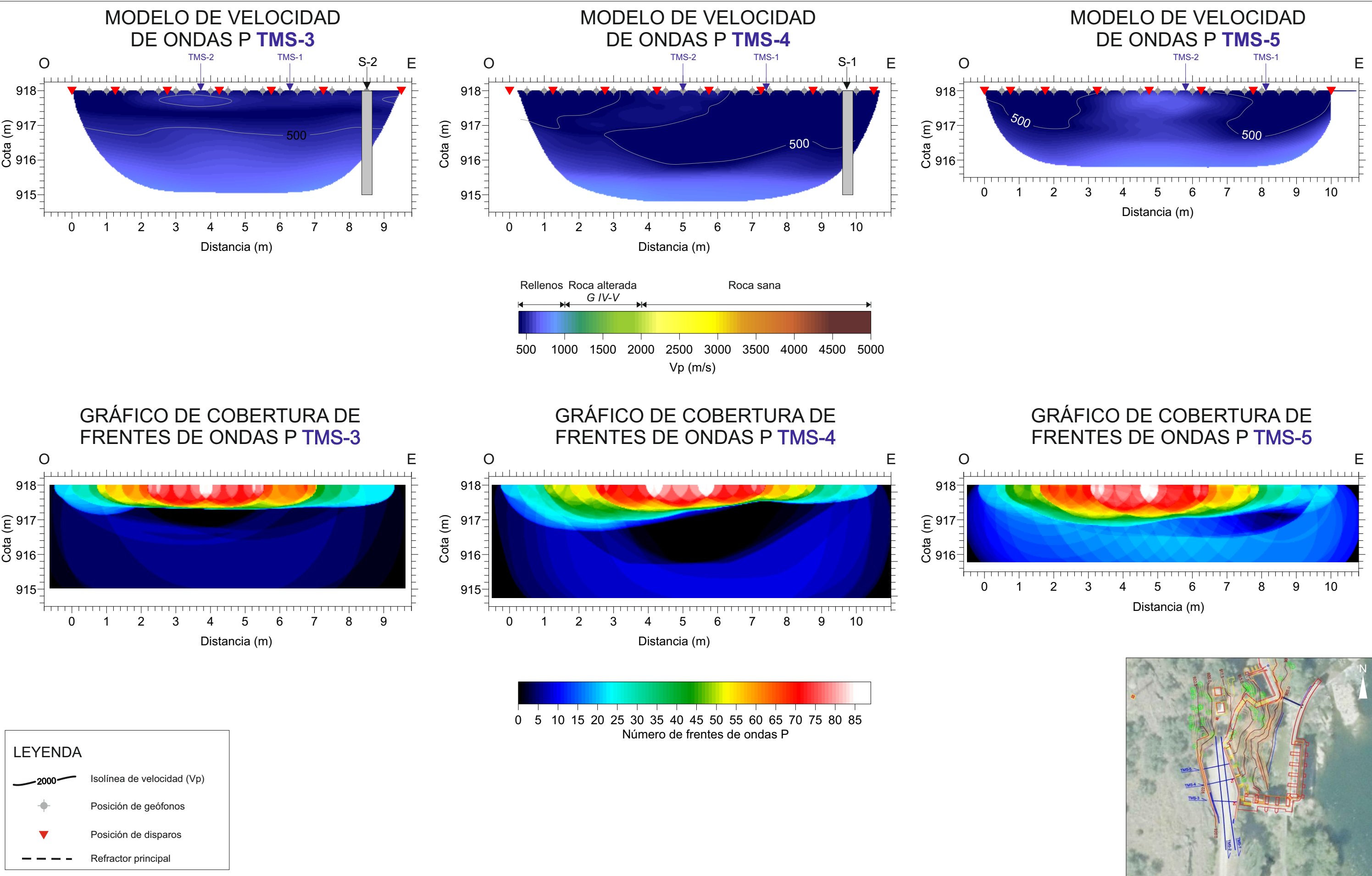
Posición de geófonos

Posición de disparos

Refractor principal



PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y GEO-RADAR, PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA DE EL TENEBROSO Y EL DEPÓSITO DE LA CORTA, EN PUENTES VIEJAS (MADRID)			MODELO DE VELOCIDAD Y GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-2	DIN A3 1 : 250 metros	MAYO 2018
					NÚMERO DE PLANO
					B-2



LEYENDA

Isolinéa de velocidad (Vp)

Posición de geófonos

Posición de disparos

Refractor principal

PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA	FECHA
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y GEO-RADAR, PARA EL PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE LA PRESA DE EL TENEBROSO Y EL DEPÓSITO DE LA CORTA, EN PUENTES VIEJAS (MADRID)			MODELO DE VELOCIDAD Y GRÁFICO DE COBERTURA DE FRENTE DE ONDAS P TMS-3, TMS-4 Y TMS-5	DIN A3 1 : 100 metros	MAYO 2018
					NÚMERO DE PLANO
					B-3

ANEXO C

FOTOGRAFÍAS



Foto 1.- Vista hacia el inicio del perfil de Tomografía Sísmica **TMS-1**.



Foto 2.- Vista hacia el final del perfil de Tomografía Sísmica **TMS-2**.



Foto 3.- Vista hacia el final del perfil de Tomografía Sísmica **TMS-3**.



Foto 4.- Vista hacia el final del perfil de Tomografía Sísmica **TMS-4**.



Foto 5.- Vista hacia el final del perfil de Tomografía Sísmica **TMS-5**.



Foto 6.- Detalle de la detección mediante buscacables de la tubería objeto de estudio.



Foto 7.- Detalle de la detección de la tubería objeto de estudio mediante geo-radar .



Foto 8.- Imagen en detalle de la localización de la tubería objeto de estudio, marcada mediante sprays.

ANEJO-6: REGISTRO DE SONDEOS

[illegible]

PROPIEDAD

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE RENOVACION DE LA CONDUCCION DE LA JARA:
PRESA DEL TENEBROSO-DEPÓSITO DE LA CORTA

X:
Y:
Z:

LA EMPRESA CONSULTORA

GÉOLOGO SUPERVISOR: DAVID JIMÉNEZ
SONDISTA: ISMAEL ARROYO
TIPO DE MÁQUINA: TP-50

SONDEO NÚMERO:				S-2		ESTUDIO TRASDÓS MURO PLATAFORMA ACCESO				HOJA 1 DE 1				ENSAYOS DE LABORATORIO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
EMPRESA DE SONDEOS:				GEOPROVI				LOCALIZACIÓN		TRASDÓS MURO		FECHA INICIO																		14/05/18		FECHA FINALIZACIÓN		15/05/18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
EMPLAZAMIENTO:				Según Plano																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
N.F.	MANIOBRAS (m)	PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD (m)	MUESTRAS Y ENSAYOS			ESPESOR ESTIMADO (m.)	CORTE GEOLOGICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	RECUPERACIÓN (%)	PARA MACIZOS ROCOSOS																GRANULOMETRÍA				PLASTICIDAD			HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm ²)	RESISTENCIA AL CORTE		ENSAYOS QUÍMICOS			OTROS ENSAYOS Y/U OBSERVACIONES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		TIPO (*)	Ø		TIPO	Golpeo / N ₃₀	COTAS					R.Q.D.	METEORIZACIÓN	FRACTURACIÓN N/30 cm	CLASIFICACIÓN RMR	ESTRUCTURA				% PASA 5 UME	% PASA 2 UME	% PASA 0.4 UME	% PASA 0.08 UME	LL	LP	IP	TIPO	LL	LP	IP	C / C _u (Kg/cm ²)	φ (°)	M.O. (%)	SO ₄ mg/K g)				CO ₃ (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
																TIPO	JUNTA	ESPESES	TIPO																				ESPESES (mm)	TIPO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																																									ESPESES (mm)	TIPO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	0.30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

LEYENDA

T.P.: Testigo Parafinado
T.A.: Testigo Alterado
T.R.: Testigo de Roca
W: CORONA DE VIDIA
D: CORONA DE DIAMANTE

M.I.: Muestra Inalterada
S.P.T.: Ensayo Penetración Estándar
M.A.: Muestra Alterada
B: BATERIA SENCILLA
T: BATERÍA DOBLE
TT: BATERÍA TRIPLE

OBSERVACIONES

BR sin permitir



EMPLAZAMIENTO DE SONDEO S-1



EMPLAZAMIENTO DE SONDEO S-2



SONDEO S-1: CAJA PORTATESTIGOS 1 DE 3



SONDEO S-1: CAJA PORTATESTIGOS 2 DE 3



SONDEO S-1: CAJA PORTATESTIGOS 3 DE 3



SONDEO S-2: CAJA PORTATESTIGOS 1 DE 3



SONDEO S-2: CAJA PORTATESTIGOS 2 DE 3



SONDEO S-2: CAJA PORTATESTIGOS 3 DE 3

ANEJO-7: REGISTRO ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH



www.geoprov.es
Tlfno. 91 828 66 32
geoprov@geoprov.es

INFORME NÚMERO:

9999-01 / 0196-18 Rev. 0

EMPRESA:

CANAL DE ISABEL SEGUNDA, S.A.

DIRECCIÓN:

C/ SANTA ENGRACIA, 125. 28003 MADRID

PETICIONARIO:

Juan Eugenio Millán Peña

TRABAJO:

E.G. CONDUCCIÓN DE LA JARA, ENTRE PRESA EL TENEBROSO Y DEPÓSITO DE LA CORTA, PUENTES VIEJAS (MADRID).

Ensayo: 0196-18

Fecha Ensayo: 15/05/18

EQUIPO:

DPSH-B

Peso maza:

63,5 kg

Peso varillaje:

6,2 kg/m

P. cabeza:

1,5 kg

Altura caída:

75,0 cm

Sp. Puntaza:

19,5 cm²

COORDENADAS:

X=

Y=

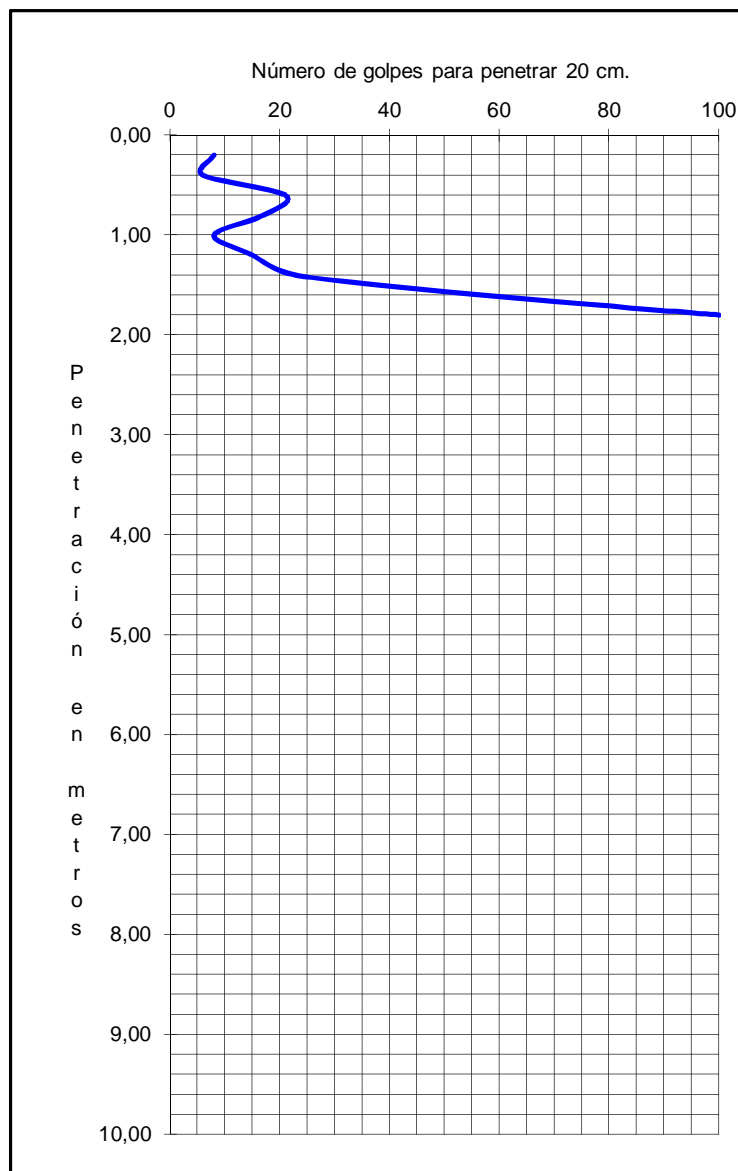
Z=

Ensayo:

P-1

Ensayos a realizar: 1 Ensayo de penetración dinámica

ENSAYO DE PENETRACION DINÁMICA (UNE-EN ISO 22476-2)



Nivel Freático:

Profundidad (m)	Golpeo	Profundidad (m)	Golpeo
0,2	8	8,2	
0,4	6	8,4	
0,6	21	8,6	
0,8	17	8,8	
1	8	9	
1,2	15	9,2	
1,4	23	9,4	
1,6	57	9,6	
1,8	100	9,8	
2		10	
2,2		10,2	
2,4		10,4	
2,6		10,6	
2,8		10,8	
3		11	
3,2		11,2	
3,4		11,4	
3,6		11,6	
3,8		11,8	
4		12	
4,2		12,2	
4,4		12,4	
4,6		12,6	
4,8		12,8	
5		13	
5,2		13,2	
5,4		13,4	
5,6		13,6	
5,8		13,8	
6		14	
6,2		14,2	
6,4		14,4	
6,6		14,6	
6,8		14,8	
7		15	
7,2		15,2	
7,4		15,4	
7,6		15,6	
7,8		15,8	
8		16	

Analista Operador

Fdo. Jesús de la Cruz Domínguez

Responsable técnico

Fdo. Luis A. García Borrego

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización por escrito de GEOPROVI, Geotecnia y Sondeos, S.L.

Los resultados obtenidos son sólo válidos para el punto ensayado

Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 29505, Folio 95, Inscripción 1, Hoja M-830991 - C.I.F.: B-86372570

ANEJO-8: DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO DE LIQUIDACIÓN DE
LAS OBRAS DEL MURO (1.935)

393 P

Obras Bibliotecas.

Carales del Lozoya.

413- N. 4

869 2000

Embalar

Camio de repiao
de

Plenter Vieja a la puerca del Fenebrard.

Liquidacion de las Obras Contratadas

Ingeniero. = D. Rafael Martinez Fontes.

Obra de 1935.

Embalse del
Tenebroso

Presas y cierras del
Tenebrario.

Embalse de
El Villar

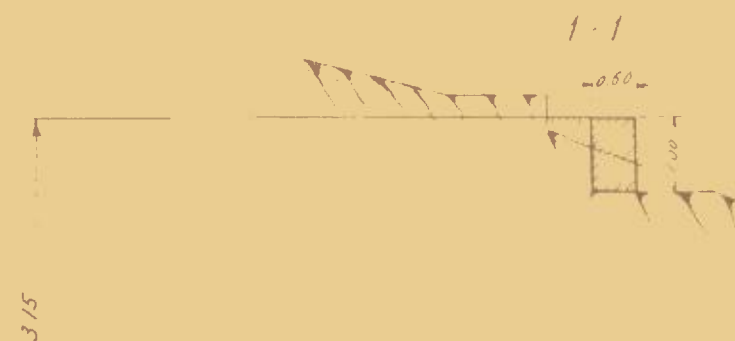
en el perfil n° 8.

Muro de la explanación final del Fenebrón.
Escala 1:200

Planta



Secciones transversales del muro.
Escala 1:100

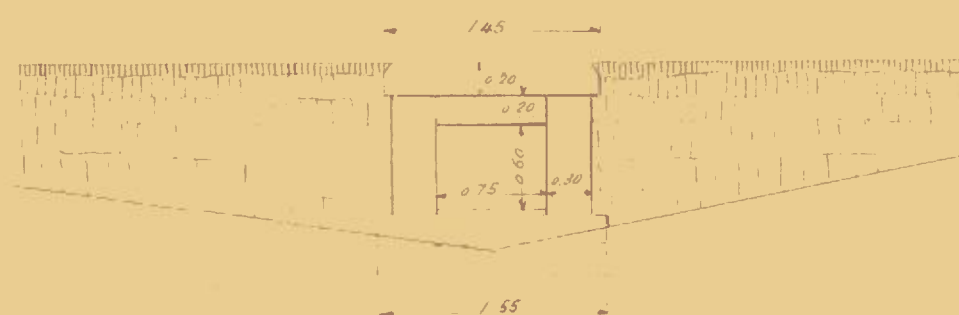


Excavación para cimientos 0.44 m^2
Mampostería $= 0.60$
Relleno $= 0.18$

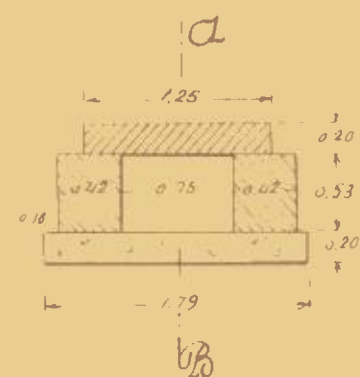


$E = 1.28 \text{ m}^2$
 $M = 2.12$
 $R = 0.35$

Alzado



Sección e-d



13-13



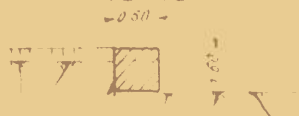
$M = 0.68 \text{ m}^2$
 $R = 0.45$

14-14



$M = 0.59 \text{ m}^2$
 $R = 0.64$

15-15

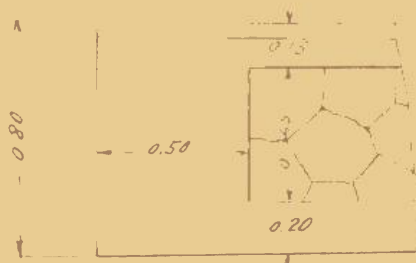
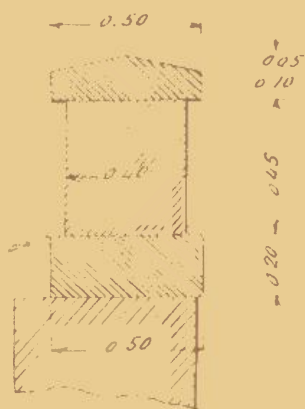


$E = 0.21 \text{ m}^2$
 $M = 0.36$
 $R = 0.40$

Pretil : Escala 1:25

Sección

Finiter



Madrid 20 de Abril de 1935

El Ingeniero en Cargos

Rafael Martínez Gómez

Conforme

El Contratista

POR EL FAVOR DE LOS OBRAS Y CONSTRUCCIONES

El Director General

P. P.

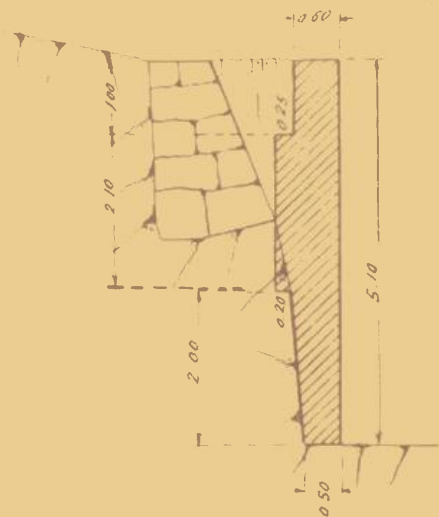
Rafael Martínez Gómez

Examinado

El Ingeniero Director

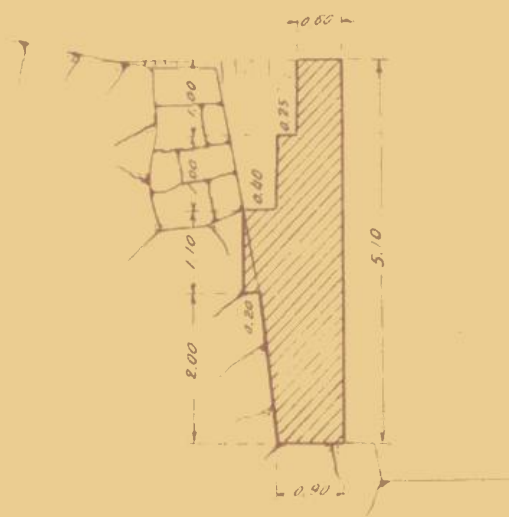
Yanguas

3-3



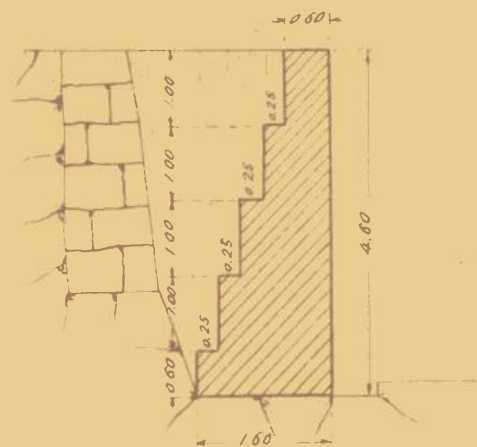
$E = 0.10 \text{ m}^2$
 $M = 5.53$
 $R = 1.10$

4-4



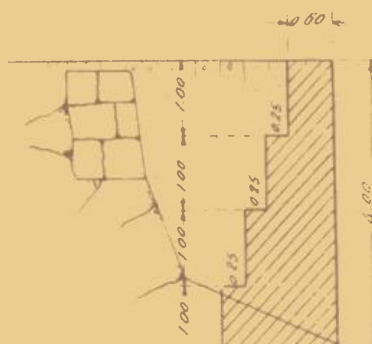
$E = 0.11 \text{ m}^2$
 $M = 4.77$
 $R = 1.50$

5-5



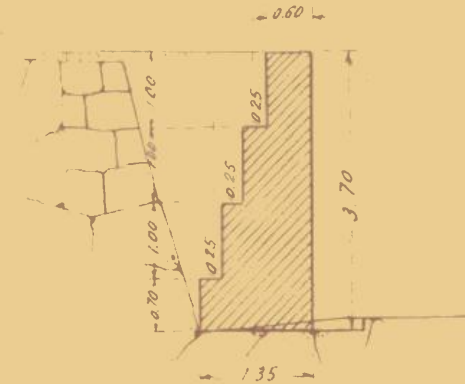
$M = 4.86 \text{ m}^2$
 $R = 5.60$

6-6



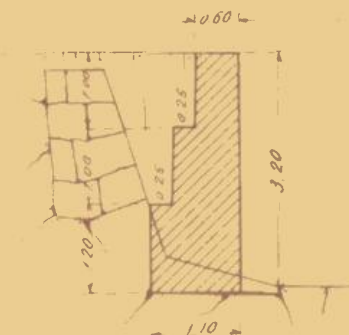
$E = 1.00 \text{ m}^2$
 $M = 3.90$
 $R = 4.70$

7-7



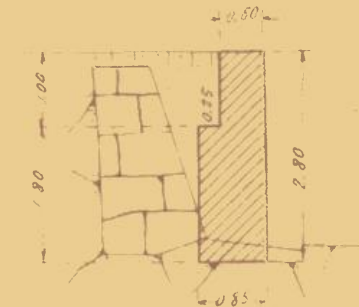
$E = 0.07 \text{ m}^2$
 $M = 3.49$
 $R = 3.15$

8-8



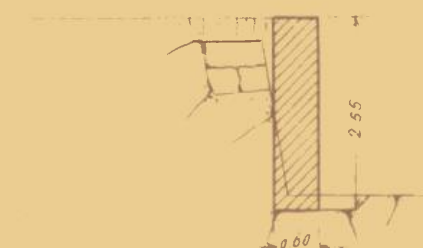
$E = 0.44 \text{ m}^2$
 $M = 2.77$
 $R = 1.10$

9-9



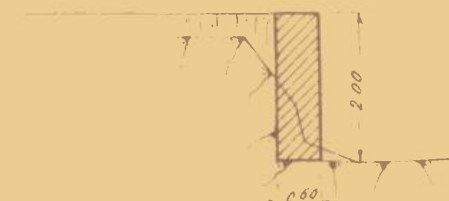
$E = 0.17 \text{ m}^2$
 $M = 2.13$
 $R = 1.18$

10-10



$E = 0.28 \text{ m}^2$
 $M = 1.53$
 $R = 0.34$

11-11



$E = 0.37 \text{ m}^2$
 $M = 1.20$
 $R = 0.44$

12-12



$M = 0.89 \text{ m}^2$
 $R = 0.45$

tros, y el trazado ha de limitarse a buscar desarrollo por la ladera derecha del valle para llegar a una conveniente distribución de rasantos.

Se tanteó primeramente un trazado directo, desde el Tenebroso a Puentes-Viejas, resultando un desarrollo total de 550 metros con pendiente máxima de 8,99 % en 323 metros, y conduciendo al paso de un acantilado con obligados muros de hasta tres metros de altura máxima en una longitud de 174 metros. En su vista, se ha aumentado el desarrollo, utilizando un pequeño barranco situado aguas-abajo del término del camino, y en el que este último vuelve sobre si mismo para tomar la dirección de Puentes-Viejas, lograndose así a cambio de una pequeña trinchera, disponer de desarrollo suficiente y evitar la construcción de muros, y en suma el trazado más económico, dentro de las condiciones impuestas.

En las hojas números 1, 2 y 3 de los planos se representan el plano, perfil longitudinal y perfiles transversales del camino, que definen por completo la solución adoptada en la que resulta, un desarrollo total de 792,84 metros, con una pendiente máxima de 7,8 % en 84,78 metros, y radios mínimos de 19,52 metros.

OBRAS DE FABRICA Y ACCESORIAS.- Las obras de fábrica se reducen a dos tajeas de pozo, con luz de 0,75 mts. y alturas, de 0,50 y 1,00 metros, en su boca de agua-arriba. La primera situada en el perfil 8, para desagüe de una pequeña hondonada, y el de las recogidas en el ángulo formado por el camino que nos ocupa y el de Manjirón a Puentes - Viejas, y la segunda en el perfil 55 para desagüe de cunetas.

La mayor anchura de la explanación sobre la sección tipo adoptada, que resulta en la tajea del perfil 8 es debida a colocar la coronación de las aletas por bajo de las impostas de las boquillas según los modelos de la colección oficial, y en la del nº 55 dicho exceso es debido al ancho de la explanada.

Para la construcción de las mismas, se emplea la mampostería ordinaria con mortero de cemento, en estribos y aletas, hormigón en el zampeado de cimientos, y sillería en losas de tapa y albardillas.

que comprende una longitud de 23,15 metros, con una altura máxima de tres metros.

Dicho muro cuya sección se detalla en la hoja nº 4 de los planos, es de mampostería ordinaria con mortero de cemento y vá coronado con un pretil de ochenta centímetros de altura, cuyo cuerpo es mampostería concertada, y el zócalo y albardillas de sillería.

AFIRMADO.- El camino vá todo afirmado, formandose este, por una sola capa de piedra de veinte centímetros de espesor en el centro y quince centímetros en los mordientes. En la explanada final y entre los perfiles V.24 al 63 o sea en una longitud de 23,15 metros tiene la zona afirmada un ancho medio de 7,424 metros formandose aquel por dos capas de diez centímetros de espesor, y dandose a la superficie, para su desagüe, una inclinación de uno por ciento hacia la cuneta.

SISTEMA Y PLAZO DE EJECUCION.- No habiendo razón que a ello se oponga, se propone la ejecución de las obras por el sistema de contrata mediante subasta; no obstante lo cual, si por la poca importancia del presupuesto, la Superioridad juzga conveniente realizarlas por Administración, podrán también ejecutarse por dicho sistema.

Es norma general de Canales de Lozoya facilitar a la Contrata el cemento Portland que entra en las obras; en este caso la cantidad que de dicho material se precisa es solamente de 6,338 toneladas y por ello se ha incorporado a los precios el costo del cemento quedando su adquisición a cargo del Contratista.

Para la ejecución de las obras se propone un plazo máximo de seis meses.

PLIEGOS DE CONDICIONES.- El pliego de condiciones facultativas consta de 68 artículos agrupados en los cuatro capítulos: Descripción de las obras; Condiciones a que deberán satisfacer los materiales y su mano de obra; Ejecución de las obras y Disposiciones generales.

En su redacción se ha seguido en líneas generales el modelo del formulario vigente para la redacción de proyectos de carreteras, teniendo en cuenta las de los últimos proyectos aprobados del servicio de

ANEJO-9: PLANO DE TRAMIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CONDUCCIÓN

TRAMIFICACIÓN GEOTÉCNICA: CONDUCCIÓN LA CORTA												
Denominación	P.K. Inicial	P.K. Final	Longitud (m)	Unidad Geotécnica	Talud (1)	Excavabilidad	Sobre-excavación	Agotamientos NF	Ambiente agresivo	Espesor T.V. (cm)	Reutilización Relleno zanja (3)	Esponjamiento (%) zanja / vertedero
Tramo-1	0+110(0)	0+350	240	A-Esquistos G. III-IV	Cuasi-vertical	30-40% Ripable 60-70% Martillo	20%	No	No agresivo	< 20	Parcialmente Condicionado (4)	15-30 / 20-40
Tramo-2	0+350	0+520	170	B-Esquistos G. V-VI	Cuasi-vertical	Excavable con medios mecánicos	< 5%	Si (2)	No agresivo	50-80	Si	2 / 8
Tramo-3	0+520	1+380	860	A-Esquistos G. III-IV	Cuasi-vertical	30-40% Ripable 60-70% Martillo	20%	No	No agresivo	< 20	Parcialmente Condicionado (4)	15-30 / 20-40
Tramo-4	1+380	1+955	575	C-Raña	Cuasi-vertical	Excavable con medios mecánicos	< 10%	No	No agresivo	< 20	Si	<1 / 9

Notas:

La zanja de la conducción se diseña con profundidades del orden de 1,5 m

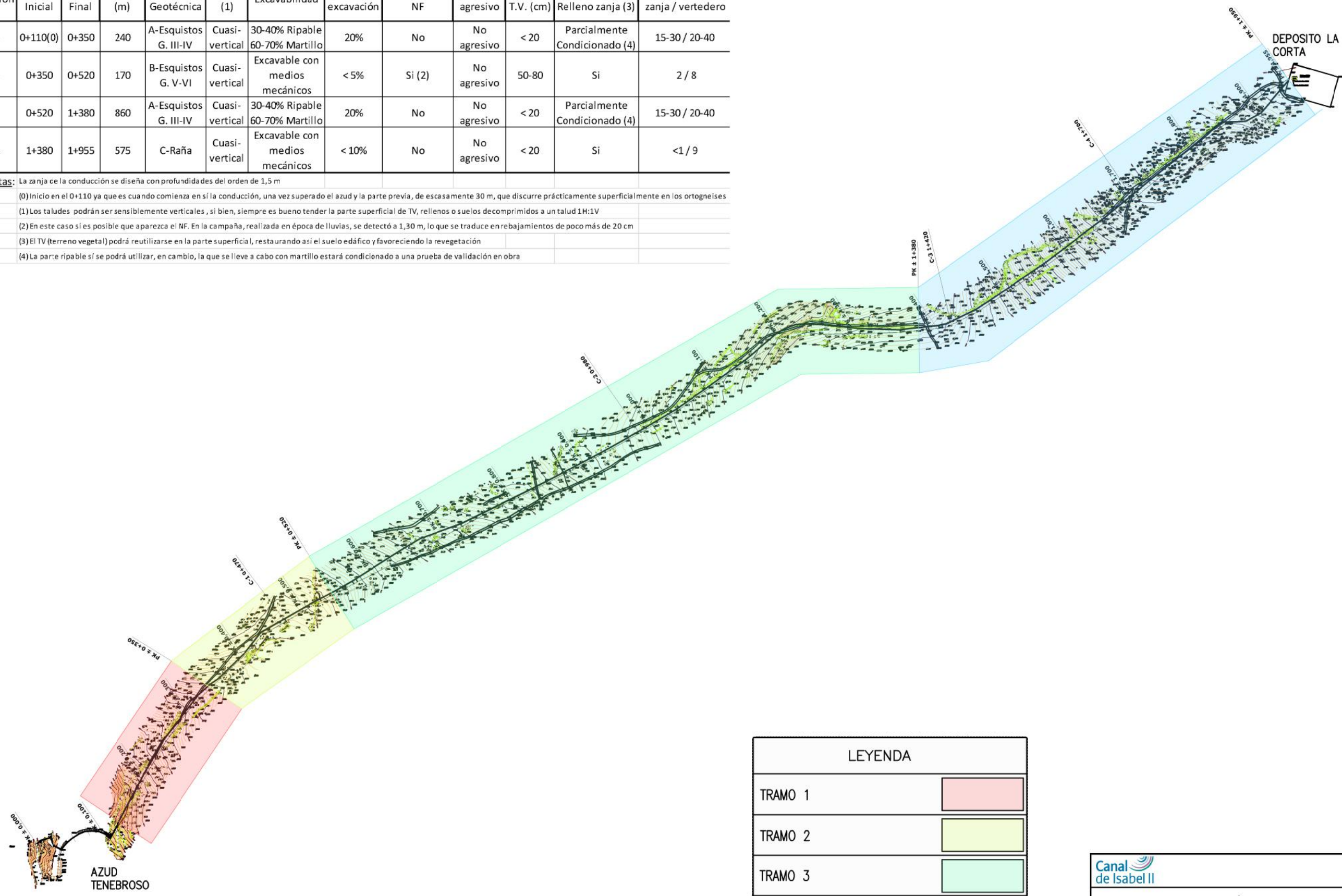
(0) Inicio en el 0+110 ya que es cuando comienza en sí la conducción, una vez superado el azud y la parte previa, de escasamente 30 m, que discurre prácticamente superficialmente en los ortogneises

(1) Los taludes podrán ser sensiblemente verticales, si bien, siempre es bueno tender la parte superficial de TV, rellenos o suelos decomprimidos a un talud 1H:1V

(2) En este caso si es posible que aparezca el NF. En la campaña, realizada en época de lluvias, se detectó a 1,30 m, lo que se traduce en rebajamientos de poco más de 20 cm

(3) El TV (terreno vegetal) podrá reutilizarse en la parte superficial, restaurando así el suelo edáfico y favoreciendo la revegetación

(4) La parte ripable si se podrá utilizar, en cambio, la que se lleve a cabo con martillo estará condicionado a una prueba de validación en obra



LEYENDA	
TRAMO 1	<div></div>
TRAMO 2	<div></div>
TRAMO 3	<div></div>
TRAMO 4	<div></div>

PROYECTO DE RENOVACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DE LA JARA.
PRESA DEL TENEBROSO-DEPÓSITO DE LA CORTA

TÍTULO DEL PLANO:
TRAMIFICACIÓN GEOTÉCNICA. CONDUCCIÓN LA CORTA

FECHA: JULIO 2.018	ESCALA: ORIGINAL LINEAS	Nº DE PLANO
ASISTENCIA TÉCNICA:	AUTOR DEL PROYECTO:	

HOJA DE