



## ESTUDIO GETÉCNICO

**PROVINCIA:** MÁLAGA **MUNICIPIO:** ALHAURÍN EL GRANDE

**LOCALIZACIÓN:** PARAJE “LA FRESNEDA”

**PROYECTO:** Balsa 2 del Proyecto de Modernización y Consolidación de Regadíos de la Comunidad de Regantes Acequias del Guadalhorce

**FECHA:** 6 de agosto de 2010

**PETICIONARIO:** ENTE PÚBLICO DE DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO

## INDICE

1	ANTECEDENTES .....	3
1.1	OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO .....	3
1.2	DATOS PREVIOS.....	3
2	METODOLOGÍA. NORMATIVAS DE REFERENCIA. ACREDITACIONES .....	4
3	RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.....	5
3.1	TRABAJOS DE CAMPO .....	5
3.1.1	SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN CON EXTRACCIÓN CONTINUA DE TESTIGO. ....	6
3.1.2	ENSAYOS S.P.T.....	7
3.1.3	EXTRACCIÓN DE MUESTRAS INALTERADAS.....	8
3.1.4	ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO DPSH .....	9
3.1.5	CALICATA DE RECONOCIMIENTO.....	10
3.1.6	MEDICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO .....	12
3.1.7	GEORREFERENCIACIÓN EN COORDENADAS UTM.....	13
3.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	14
4	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN .....	15
5	ENCUADRE GEOLÓGICO .....	17
5.1	ENTORNO GEOLÓGICO REGIONAL.....	17
5.2	ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL .....	21
6	UNIDADES GEOTÉCNICAS.....	22
7	CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA .....	28
8	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TERRAPLÉN, DESMONTE Y LADERA. ....	31
8.1	TIPO DE CONSTRUCCIÓN.....	31
8.2	CÁLCULO DE CONDICIONES DE ESTABILIDAD. ....	32
9	CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO PARA OBRAS DE TIERRA .....	46
10	CONCLUSIONES .....	47
10.1	RESUMEN DEL CONTENIDO DEL ESTUDIO GEOTECNICO. ....	47
10.2	RECOMENDACIONES GENERALES. ....	50

## ANEXOS

PLANO DE SITUACIÓN DE ENSAYOS

PARTES DE ENSAYOS DE SONDEOS

PARTES DE CATAS

GRAFICA Y LISTADO DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO DPSH

PARTES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

## **1 ANTECEDENTES**

### **1.1 OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO**

El presente estudio se realiza a petición del ENTE PÚBLICO DE DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO.

Tiene como objetivos fundamentales:

- Determinar las condiciones de cimentación y estabilidad tanto del terraplén de la balsa como del desmonte proyectado.
- Determinar la aptitud de las tierras para su empleo en obras de tierra.

### **1.2 DATOS PREVIOS**

La balsa para la cual se realiza el presente informe se encuentra en el paraje “La Fresnada” del término municipal de Alhaurín el Grande.

Con anterioridad al presente informe se realizó para TRAGSA un estudio previo y somero para este proyecto; sin que entonces se hubiera podido desarrollar completamente por imposibilidad de acceso a las parcelas donde se emplaza el proyecto. Dicho estudio es de abril de 2008 y está referenciado con el código I-DGE-237/08.

Los trabajos de campo correspondientes al presente informe se comenzaron el 8/07/10, debiendo abandonar la parcela por problemas de expropiación, pudiéndose reanudar dichos trabajos el 20/07/10.

Para la realización de este estudio se le ha requerido al cliente la documentación necesaria para la correcta situación y definición de los problemas geotécnicos planteados, aportando éste la siguiente información:

- Planta general Balsa 2 (Noviembre 2.007).

## 2 METODOLOGÍA. NORMATIVAS DE REFERENCIA. ACREDITACIONES

Con la entrada en vigor de la Orden de 18 de Febrero de 2004 de la Consejería de Obras Públicas y Transportes por la que se aprueba la normativa reguladora de las áreas de acreditación de los laboratorios de ensayos para el control de calidad en la construcción y obra pública, se homologa a Vorsevi en la gran mayoría de las áreas de acreditación, incluyéndose a las requeridas específicamente para la ejecución de estudios geotécnicos:

- GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos “in situ” para reconocimiento geotécnicos”.
- GTL: Área de ensayos de Laboratorio de Geotecnia.

Además se poseen las siguientes homologaciones:

- Empresa Certificada por AENOR en Calidad, actuando como referente la Norma UNE EN ISO 9001/2000 “Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos”.
- Empresa Certificada por AENOR en Medioambiente actuando como referente la Norma UNE EN ISO 14001 / 1996 “Sistemas de Gestión Medioambiental. Especificaciones y Directrices para su utilización”.
- Acreditación ENAC como Entidad de Inspección mediante Norma UNE-EN-ISO-17020 en Medio Ambiente: Suelos Potencialmente Contaminados y Aguas Subterráneas Asociadas y Ruido Ambiental.
- Empresa Colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (ECCMA) en Materia de Protección Ambiental, en Ruido Ambiental y Suelos Contaminados con número de registro REC032.

### 3 RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

#### 3.1 TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo realizados para el reconocimiento del subsuelo, objeto de proyecto, han consistido en la ejecución de los siguientes ensayos:

ENSAYOS REALIZADOS	Nº DE ENSAYOS	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m)
SONDEOS	2	10-15,60
ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH	2	28,40-30,00
CALICATAS DE RECONOCIMIENTO	2	2,7-3,00
ENSAYOS REALIZADOS		Nº DE ENSAYOS
ENSAYOS DE PENETRACION STANDARD SPT		7
EXTRACCION DE MUESTRAS INALTERADAS		5
TESTIGOS PARAFINADOS		4

Tabla 3.1.- Ensayos de campo realizados

Los mencionados trabajos han sido llevados a cabo con la maquinaria y personal especializado de Vorsevi, S.A., bajo control y supervisión del personal técnico del departamento de Geotecnia, siguiendo pautas, normas o procedimientos normalizados exigidos por las diversas áreas de acreditación.

En los apartados de anexos de este informe se adjunta la situación en planta de cada uno de los ensayos, y los resultados obtenidos. Además se adjunta un apartado de reportaje fotográfico de los trabajos realizados.

Efectuamos a continuación una breve descripción del fundamento teórico y el método operatorio de cada uno de los ensayos geotécnicos realizados.

### 3.1.1 SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN CON EXTRACCIÓN CONTINUA DE TESTIGO.

En el apartado de anexos se recoge la situación de los sondeos, y se dispone del perfil de cada sondeo detallado levantado por geólogo especialista, en un parte resumen que incluye además otros datos de la perforación, tales como los ensayos SPT, la extracción de muestras inalteradas, posición de nivel freático y resumen de los resultados de ensayos de laboratorio realizados.

#### Fundamento teórico

El sondeo mecánico a rotación es la técnica fundamental en todo reconocimiento geotécnico. Es una perforación de pequeño diámetro, generalmente entre 65 y 140 mm que permite reconocer la naturaleza y la localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna con ensayos geotécnicos de penetración y extracción de muestras inalteradas, en los casos en que es posible.



Fig. 3.1.- Sonda montada sobre carro de orugas

Las perforaciones se realizan con una sonda de avance hidráulico montada sobre camión o con motricidad autónoma (según las necesidades y características del estudio) dotada de castillete o torre de sondeo y bomba de lodos.

El testigo del terreno perforado se aloja en un tubo testigo hueco, en cuyo extremo inferior va enroscada una corona de vidia o diamante que va realizando la perforación.

Al extremo superior del tubo va enroscado el varillaje, generalmente de 42 ó 50 mm (hueco), para permitir que pase el agua proveniente de la bomba.

Durante la ejecución del sondeo, y si el terreno es inestable, hay que proceder a la entubación del sondeo con la tubería de revestimiento o bien se utilizan lodos bentoníticos que mantienen las paredes sin desmoronamientos.

### 3.1.2 ENSAYOS S.P.T. Fundamento teórico

La ejecución de este ensayo está normalizada según UNE-103-800-92.

Los ensayos de Penetración SPT se utilizan en Geotecnia para obtener información sobre la compacidad o consistencia de un suelo, permitiendo correlacionar y obtener diferentes parámetros resistentes de los materiales atravesados. Además se recuperan muestras alteradas de suelo para su identificación.

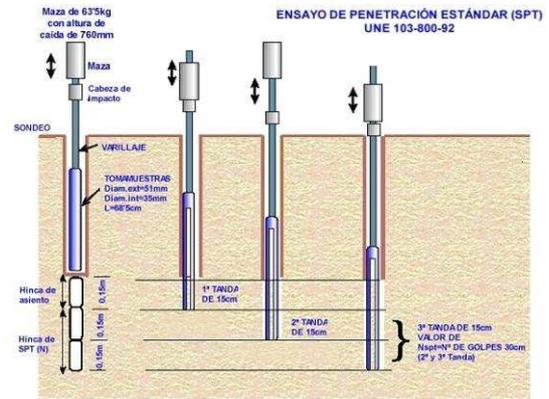


Fig. 3.2.- Esquema de realización del ensayo SPT

Este tipo de ensayos se realiza en el interior de sondeos, en los cuales es necesario limpiar previamente el fondo de la perforación, manteniendo la entubación por encima del nivel de comienzo del ensayo.

El equipo necesario para la realización de esta prueba consta de un tomamuestras bipartido de pared gruesa de 51 mm de sección acoplado a un varillaje rígido, en cuyo extremo se coloca la cabeza de golpe y contragolpe, sobre la que impacta una maza de 63,5 kg en caída libre, desde una altura de 76,0 cm. Este equipo suele ir montado sobre el camión de sondeos, acoplado a la sonda y con un funcionamiento automático.

En el caso de materiales granulares gruesos, el ensayo se realiza con una “puntaza ciega” que no recupera la muestra atravesada.

En el procedimiento de realización del ensayo se distinguen dos fases. Una hincada de colocación de 15 cm, incluyendo la penetración inicial del tomamuestras bajo su propio peso, y la segunda fase o ensayo de hincada propiamente dicho, en la cual se anota el número de golpes necesarios para penetrar adicionalmente 30 cm. Este número obtenido se denomina resistencia a la penetración  $N_{SPT}$ .

Si los 30 cm de penetración no pueden lograrse con 100 golpes, el ensayo de hincada se dará por terminado y se alcanza la condición de rechazo,  $N_{SPT} = R$ .

Este ensayo tiene una mayor aplicación y representatividad en suelos granulares, frente a suelos cohesivos y rocas blandas donde su interpretación es más limitada.

COMPACIDAD DE LAS ARENAS	
CLASIFICACION	INDICE $N_{SPT}$
MUY FLOJA	<4
FLOJA	Entre 4 Y 10
MEDIA	Entre 10 Y 30
DENSA	Entre 30 Y 50
MUY DENSA	>50

Tabla 3.2.- Compacidad de las arenas según CTE (2006)

Los resultados que proporcionan los ensayos SPT pueden ser objeto de correcciones que tienen en cuenta diversos factores tales como la profundidad del ensayo, presencia de nivel freático, método de perforación, diámetro de la entubación previa, tipo de martillo bien automático o manual, longitud y tipo de varillaje, velocidad de aplicación de golpeo, etc.

### 3.1.3 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS INALTERADAS

En los sondeos realizados se han extraído un total de cinco muestras de carácter inalterado, distribuidas a diferentes profundidades. En los partes resumen de los sondeos del apartado de anexo “partes de sondeos” se recogen la profundidad de ejecución y el resultado de éstos ensayos.

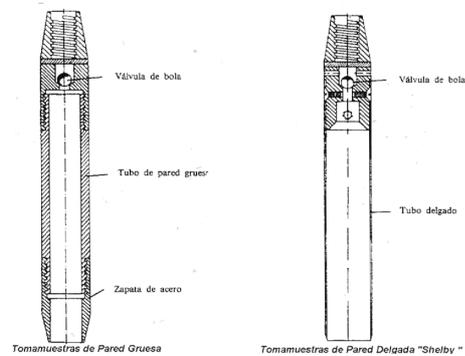


Fig. 3.3.- Toma-muestras de pared gruesa y delgada

#### Fundamento teórico

El objetivo de la toma de muestras, es la realización, con una fiabilidad suficiente, de los ensayos de laboratorio pertinentes según las determinaciones que se pretenden obtener, realizándose por medio de los llamados tomamuestras, dispositivos que se adaptan al varillaje de sondeo diseñados específicamente para que la muestra se recupere en el interior de un tubo de plástico o metálico que cerrado herméticamente con tapas de goma y parafina, mantenga inalterada largo tiempo las propiedades del suelo.

El CTE distingue tres categorías de muestras:

- Muestras de categoría A. Son aquellas que mantienen inalteradas las siguientes propiedades del suelo: estructura, densidad, humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables.
- Muestras de categoría B. Son aquellas que mantienen inalteradas las siguientes propiedades del suelo: humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables.
- Muestras de categoría C. Son todas aquellas que no cumplen las especificaciones de la categoría B.

Para la obtención de muestras de categoría A se acude a los tomamuestras más habituales en el mercado de pared fina (tipo Shelby o de Pistón) o de pared gruesa, siendo recomendable que reúnan las siguientes dimensiones:

ESPECIFICACIONES CATEGORIA A DE TOMAMUESTRAS						
TIPO DE SUELO	SISTEMA DE HINCADO	DIAMETRO INTERIOR Di	DESPEJE INTERIOR D	RELACION DE AREAS Ra	ESPESOR ZAPATA TOMAMUESTRAS E	ANGULO DE ZAPATA DE CORTE
Arcillas, Limos, Arenas finas	Presión	> 70 mm	≤ 1%	≤ 15	≤ 2 mm	≤ 5°
Arenas medias, Arenas gruesas, Mezclas	Presión, Golpeo	> 80 mm	≤ 3 %	≤ 15	≤ 5 mm	≤ 10 °

Tabla 3.3.- Especificaciones habituales de las toma-muestras recomendados

En suelos cohesivos duros y rocas la dificultad del hincado, permite considerar otro tipo de muestras inalteradas procedentes del mismo testigo de perforación, parafinando la muestra una vez extraída de la batería de perforación. Son las muestras que se conocen como testigos parafinados.

### 3.1.4 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO DPSH

En el apartado de anexos “plano de situación” se recoge la situación de los ensayos de penetración realizados, y en el apartado de anexos “grafica y listado de penetración dinámica” se dispone del gráfico de penetración obtenido para cada ensayo.

#### Fundamento teórico

El ensayo de Penetración Dinámica Continua DPSH se realiza bajo la norma UNE-103-801-94 y consiste en la hincada de una puntaza de sección cilíndrica de diámetro  $50,5 \pm 0,5$  mm acoplada a un varillaje de  $33 \pm 2$  mm de diámetro, mediante golpes propinados por una maza de  $63,5 \text{ kg} \pm 0,5$  Kg que cae desde una altura de  $76 \text{ cm} \pm 1,00$  cm impactando sobre una cabeza o “yunque” rígidamente unido al varillaje.

La resistencia a la penetración se define como el nº de golpes requerido para hacer avanzar el penetrómetro una longitud de 20 cm designándose a este valor como  $N_{DPSH}$ , representándose los resultados en gráficos que reflejan los diferentes golpes obtenidos en función de la profundidad.



Fig.3.4.- Típico penetrómetro dinámico

El ensayo se da por terminado cuando se alcanza la condición de rechazo, fijado en un valor de  $N_{DPSH} = 100$  golpes. También se puede dar por finalizado el ensayo si el par al girar el tren de varillas alcanza un valor determinado de 200 N/m en DPSH.

El registro continuo del terreno tiene la ventaja de detectar con claridad capas blandas o duras y de correlacionar los diferentes niveles en base a similitudes del golpeo.

La interpretación de los ensayos de penetración dinámica debe considerarse de manera cualitativa y no cuantitativa. Si bien los valores de  $N_{DPSH}$  en los primeros 12 ó 15 m son inferiores a los del  $N_{SPT}$ , a partir de estas profundidades se puede producir una inversión por el rozamiento de las barras y su interpretación es más difícil, sobrevalorando los golpes registrados.

A título orientativo recogemos en la siguiente tabla una propuesta de correlación entre  $N_{DPSH}$ ,  $N_{BORROS}$  y  $N_{SPT}$ .

SUELOS COHESIVOS				SUELOS GRANULARES			
$N_{DPSH}$	$N_{BORROS}$	$N_{SPT}$	CONSISTENCIA	$N_{DPSH}$	$N_{BORROS}$	$N_{SPT}$	COMPACIDAD
0-1	0-2	0-2	Muy blanda	0-2	0-3	0-4	Muy suelta
1-3	2-5	3-5	Blanda	2-5	3-6	4-10	Suelta
3-7	5-12	6-15	Media	5-16	6-18	11-30	Media
7-12	12-18	16-25	Firme	16-25	18-30	30-50	Compacta
> 12	> 18	> 25	Dura	> 25	> 30	> 50	Muy Compacta

Tabla 3.4.- Correlación propuesta entre los diversos ensayos de penetración

### 3.1.5 CALICATA DE RECONOCIMIENTO

Para este trabajo se han realizado en concreto CUATRO catas excavadas con retroexcavadora.

En el apartado de anexos se recoge la situación de las catas, y se dispone de su perfil geológico detallado levantado por geólogo especialista.

#### Fundamento teórico

Una calicata de reconocimiento (o cata, pozo, zanja...) es una excavación realizada con medios mecánicos convencionales, que permite la observación directa desde la superficie y hasta una profundidad moderada del perfil geológico del terreno. También se pueden realizar de forma manual en casos especiales, por ejemplo, cuando se quieren observar los cimientos de un edificio.

Las catas también permiten la toma de muestras alteradas o inalteradas de suelo o roca, toma de medidas y la realización de ensayos in situ.



Fig. 3.5.- Calicata de reconocimiento

Normalmente las calicatas tienen una anchura similar a una o dos anchuras de cazo de la retroexcavadora, y una profundidad similar a la de la longitud del brazo de la máquina aunque, excepcionalmente, se pueden alcanzar profundidades mayores procediendo a la realización de bermas o bancales.

La elección de la maquinaria depende de factores como el tipo de terreno, profundidad exigida, factores económicos o facilidad de acceso. Las máquinas excavadoras más utilizadas se detallan a continuación:

El grado de excavabilidad se puede comparar a partir de los medios mecánicos utilizados, según la siguiente tabla:

GRADO DE EXCAVABILIDAD	MEDIOS MECÁNICOS
Fácilmente excavable	Avance con retroexcavadora mixta
Difícilmente excavable	Avance con retroexcavadora giratoria
No Excavable	Avance con martillo neumático-hidráulico / Explosivos

Tabla3.5.- Grados de excavabilidad

El grado de estabilidad de las paredes de la calicata se puede obtener a partir de la siguiente tabla:

GRADO DE ESTABILIDAD	COMPORTAMIENTO	TIPO DE TERRENO
1	Paredes estables	Suelos arcillosos cohesivos. Macizo rocoso masivo
2	Caída de gravas y bolos	Suelos granulares. Macizo rocoso diaclasado
3	Caída de bloques	Macizo rocoso diaclasado
4	Inestabilidad por descalce	Alternancia de niveles duros y blandos
5	Inestabilidad por rotura circular	Suelos arcillosos y limosos de cohesión baja
6	Desplome	Rellenos antrópicos. Suelos granulares con nivel freático. Suelos arcillosos y limosos de cohesión baja con nivel freático

Tabla 3.6.- Grados de estabilidad en calicatas

### 3.1.6 MEDICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

La determinación de la posición del nivel freático resulta muy importante para el estudio de las condiciones de estabilidad, por lo que durante la ejecución de los ensayos se ha prestado una especial atención en acotar la profundidad de la lámina freática. Durante la ejecución de los sondeos, se ha medido la posición de la lámina de agua.

La campaña piezométrica realizada para la elaboración de este informe determinó que el nivel freático se localizaba a las cotas que se detallan en el siguiente cuadro:

SONDEO	PROFUNDIDAD DESDE LA RASANTE ACTUAL (m)	COTA NIVEL FREÁTICO (m)	FECHA
S-1	Seco	--	20/07/10
S-2	Seco	--	08/07/10

Tabla 3.7.- Niveles freáticos

Como puede apreciarse no se ha detectado nivel freático en el sondeo realizado, no obstante estos valores no deben considerarse estables, ya que la profundidad del nivel freático experimenta variaciones en el tiempo, derivadas del régimen hídrico de precipitaciones, de las condiciones hidrogeológicas, de aportes artificiales (riegos), extracciones próximas (bombeos), etc.

### 3.1.7 GEORREFERENCIACIÓN EN COORDENADAS UTM

Durante la ejecución de la campaña de ensayos de campo se toman las coordenadas de los SEIS puntos de ensayo mediante un GPS, modelo GARMIN, registrado en coordenadas UTM en el datum WGS84. En la tabla 3.8 figuran las coordenadas de los ensayos.

En la tabla siguiente se aportan las coordenadas de los ensayos realizados:

ENSAYO	X	Y	Z
S-1	348.921	4.058.966	144
S-2	348.822	4.059.008	137
C-1	348.901	4.058.925	144
C-2	348.850	4.059.045	138
P-1	348.887	4.058.900	144
P-2	348.875	4.059.040	139

Tabla 3.8.- Tabla resumen de las coordenadas de los ensayos realizados

### 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio para caracterización de las unidades geotécnicas diferenciadas han tenido como misión la obtención de parámetros de identificación, deformabilidad, resistencia y contenido en sales agresivas.

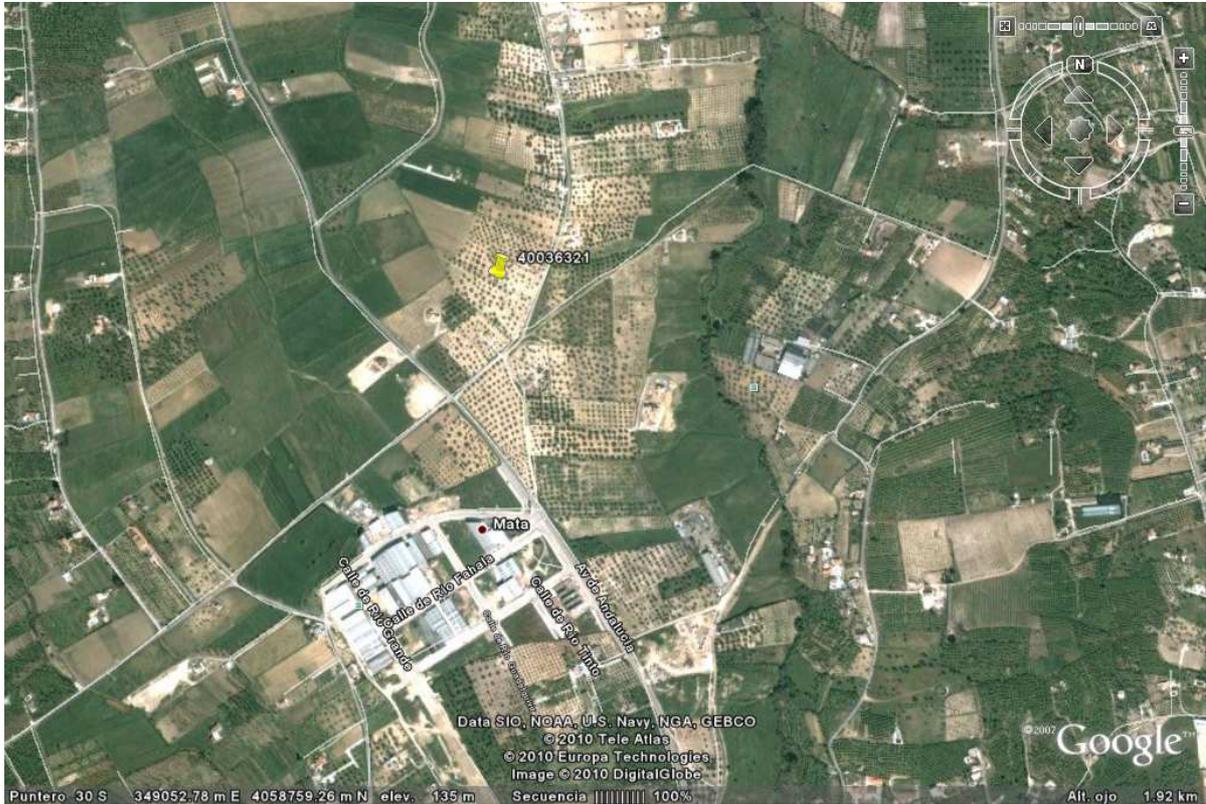
Se han realizado los siguientes ensayos:

ENSAYOS DE LABORATORIO	NÚMERO DE ENSAYOS
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE UN SUELO (103300/93)	2
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MEDIANTE BALANZA HIDROESTÁTICA (103301/94)	2
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (UNE 103105/95)	4
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103-4/94)	4
ENSAYO DE ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE (UNE 103400)	1
ENSAYO DE CORTE DIRECTO TIPO CD ( UNE 103401/98)	1
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR (UNE 103501/94)	2
ENSAYO CBR (NLT 111)	2
ENSAYO DE COLAPSO EN SUELOS (NLT 254)	2
SULFATOS (EHE-08 UNE 83963)	2
ACIDEZ BAUMAN-GULLY (EHE-08 UNE 83962)	1
MATERIA ORGÁNICA (UNE 103-204)	2
SALES SOLUBLES (NLT-114)	2
CONTENIDO EN YESO (NLT-115)	2

Tabla 3.9.- Ensayos de laboratorio realizados

#### 4 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN

El emplazamiento de la balsa proyectada se encuentra en el paraje “La Fresnada” del término municipal de Alhaurín el Grande, provincia de Málaga.



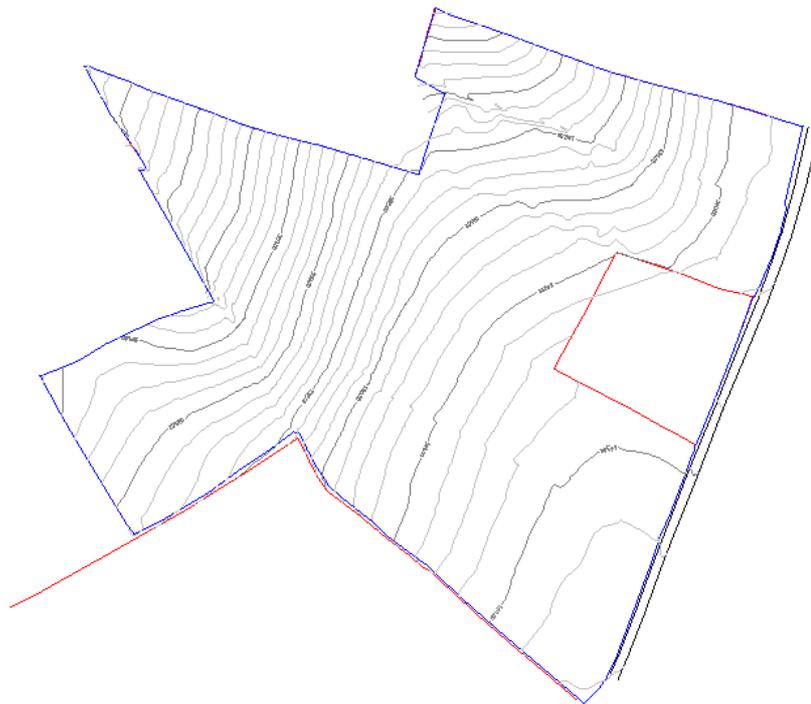
Figs.4.1. Fotografías aérea, Google Earth.

Como puede observarse en los topográficos siguientes, el emplazamiento se encuentra en la parte alta de una loma de pendientes comprendidas entre el 10% y el 15% hacia el Este. Todo el solar donde se construirá la balsa ha estado dedicado tradicionalmente al cultivo del olivo.



**Localización de la parcela**

Figs.4.2. Extracto de plano topográfico 1/10.000.

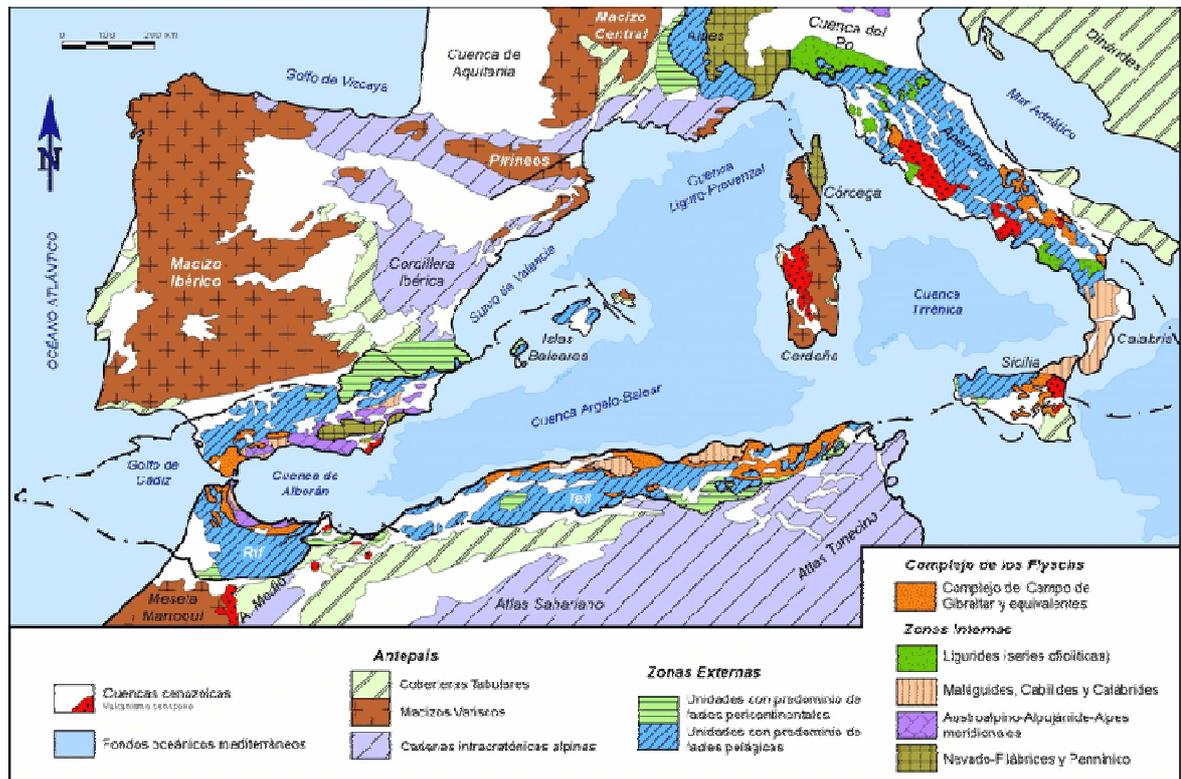


Figs.4.3. Extracto de plano topográfico 1/4.000.

## 5 ENCUADRE GEOLÓGICO

### 5.1 ENTORNO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio está englobada desde el punto de vista geológico en la Cadena Bético Rifeña (antes conocida como Cordillera Bética) que es el extremo occidental del Orógeno Alpino Perimediterráneo.

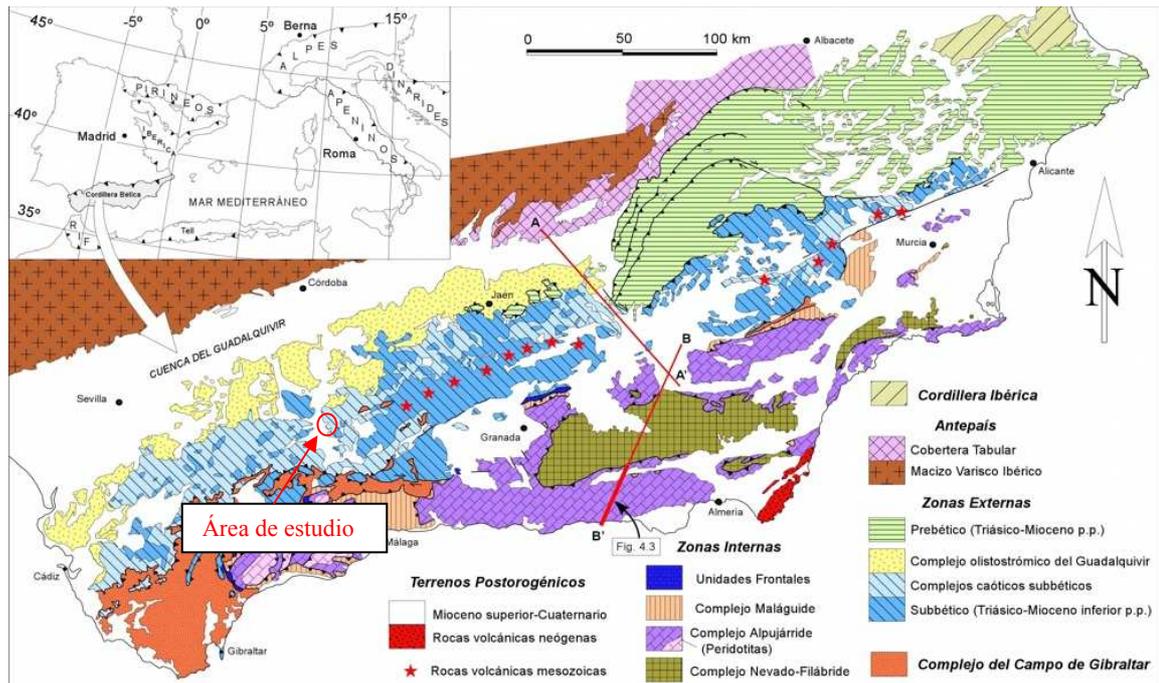


Figs.5.1. De Geología de España. J.A. Vera.

La porción ibérica de este orógeno es la conocida tradicionalmente como Cordillera Bética, situándose en el extremo S y SE de la Península Ibérica, prolongándose bajo el mar mediterráneo y Atlántico hasta conectar con otros dominios alpinos como el Rif noroeste africano y las Baleares. En discordancia sobre el orógeno bético-balear hay sucesiones de sedimentos de edad Mioceno superior, Plioceno y Cuaternario que constituyen el relleno de las cuencas postorogénicas de entre las que cabe destacar la Cuenca del Guadalquivir (cuenca antepaís) y las Cuencas Intramontañosas. En relación con algunas de estas cuencas, en el SE de la península aparecen Conjuntos Volcánicos de edad neógeno-cuaternaria.

En función de los rasgos litológicos, estratigráficos y petrográficos la Cordillera Bética se dividen en tres unidades tectónicas formadas por terrenos ampliamente desplazados de su lugar de origen a favor de fallas (unidades alóctonas):

- **Zonas Externas Béticas.** Se localizan en el paleomargen meridional de la placa Ibérica y del valle del Guadalquivir, desde el Golfo de Cádiz hasta la provincia de Alicante. Se caracterizan por presentar una tectónica de cobertera en la que ésta está afectada por una fuerte deformación en niveles superficiales de la corteza pero sin desarrollo de metamorfismo. Están constituidas por rocas sedimentarias y ocasionalmente metamórficas de bajo grado de edad comprendida entre el Triásico y el Mioceno. Se dividen en **Prebélico** y **Subbélico** en función del grado de aloctonía. El prebélico comprende *unidades parautoctonas* a moderadamente *alóctonas*, mientras que el Subbélico cabalga ampliamente al prebélico y está constituido por unidades tectónicas intensamente deformadas y largamente alóctonas, habiendo llegado en algunos casos a perder su coherencia interna, transformándose en masas caóticas brechificadas, conocidas como *Complejos Caóticos Subbélicos*.
- **Complejo del Campo de Gibraltar.** Aflora principalmente en las provincias de Cádiz y Málaga, aunque afloramientos muy tectonizados se prolongan hacia el E hasta la provincia de Murcia asociados al contacto entre Zonas Externas y Zonas Internas. Se caracteriza por estar constituido por unidades tectónicas formadas por cobertera sedimentaria meso-cenozoica despegadas de su sustrato original (corteza oceánica o continental adelgazada) y no afectadas por metamorfismo. Se trata de sedimentos de facies marinas muy profundas: arcillas, margas y sobre todo turbiditas siliciclásticas. Actualmente los materiales de este dominio presentan una estructura caótica fruto de una muy intensa deformación propia de una zona de “melange” asociada a un prisma de acreción de una antigua zona de subducción, con zonas de despegue, imbricación, trituración tectónica y resedimentación de sedimentos marinos profundos.
- **Zonas Internas Béticas.** Éstas aparecen desde Estepona hasta la región de Cartagena. Se corresponden con las unidades tectónicas más intensamente deformadas del orógeno, habiendo afectado la deformación al zócalo, además de la cobertera, y sufrido en la mayoría de los casos metamorfismo. Se estructuran en una pila antiforme de unidades tectónicas superpuestas, a la que se añade una zona frontal de imbricaciones (**Unidades Frontales de las Zonas Internas Béticas**) en el área de contacto con el Complejo del Campo de Gibraltar y las Zonas Externas Béticas. La pila antiforme de unidades estructurales se subdivide de abajo a arriba en **Complejo Nevado Filábride, Alpujárride y Maláguide**. Toda esta estructura contractiva de antiforme ha sufrido con posterioridad una tectónica extensional que modificó la estructura inicial.



Figs.5.2. De Geología de España. J.A. Vera.

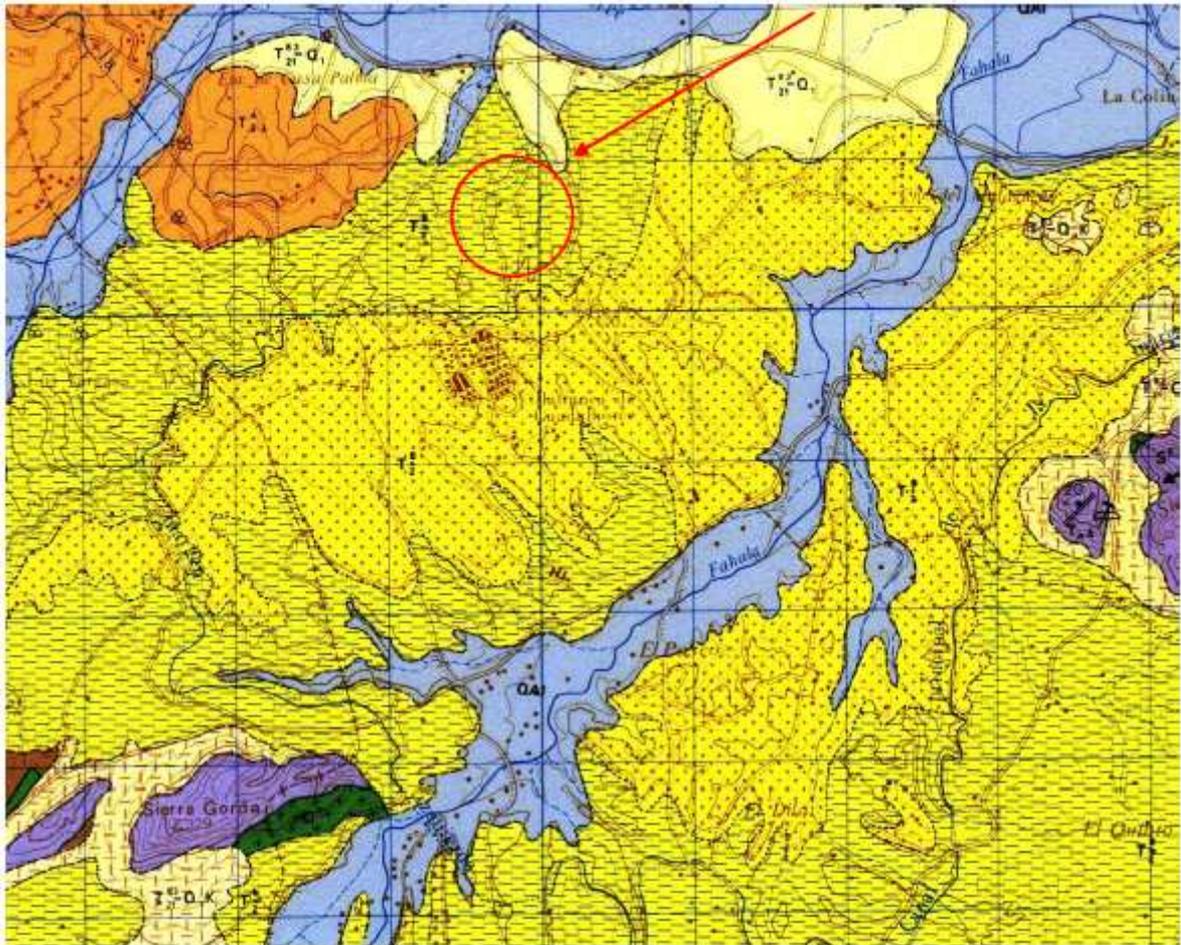
En la cordillera Bética se produce sedimentación a partir del Neógeno en dos contextos geodinámicos diferentes. En una primera etapa comprendida entre el Mioceno inferior y el medio se desarrollan cuencas simultáneamente a la estructuración de la cordillera. Por lo que su distribución y sedimentación están condicionadas por la orogenia (Cuencas Intracadena, Estrecho Norbético, etc.) y afectada por esta, teniendo como consecuencia su deformación y plegamiento.

En una segunda fase, una vez que se estructura el orógeno, a partir del Mioceno superior y hasta el Cuaternario, se desarrollan cuencas condicionadas por la neotectónica controlada por el acercamiento de la placa africana a la Ibérica. Estas cuencas se forman tanto sobre los dominios de las Zonas Internas como de las Zonas Externas.

Geológicamente la parcela y su entorno están enclavados en dominios de una de estas cuencas postectónicas de edad mioceno tardía, que tras la orogénia se desarrolló tras el antiforme que constituye los relieves de la Sierra de Mijas pertenecientes a las Zonas Internas de orógeno e indistintamente sobre litologías del Dominio del Surco de Flysch y de las Zonas Internas. Esta cuenca fue inicialmente y a lo largo de la mayor parte de su vida de naturaleza marina, estando comunicada con el mar de Alborán y es ya en el Cuaternario cuando se asila del mar y pasa a ser de carácter continental, transcurriendo por ella hoy en día el Río Guadalhorce

En su etapa inicial la cuenca se rellena por unas gravas basales y arcillas margosas y margas con intercalaciones de estratos de arenas y gravas. Ya en su fase continental se depositan en ella todo un cortejo de sedimentos aluviales y en los márgenes de cuenca de coluviales, abanicos aluviales, etc.

En la figura 5.3 se puede ver el esquema geológico de la zona de estudio al (MAGNA, escala 1:50.000 Hoja 1052 "ALORA").



### LEYENDA

SEDIMENTOS POST-MANTO				
CUATERNARIO			QAI	Aluvial
			Qtr	Traverfínos
			QC <sub>+</sub>	Piedemonte y Conos
NEOGENO	PLIOCENO	SUP.	T <sub>21</sub> <sup>21</sup> Q <sub>1</sub>	Piedemonte con costras calcáreas
		INF.	T <sub>21</sub> <sup>21</sup> Q <sub>1</sub>	Piedemonte tipo raíz
	MIOCENO	SUP.	T <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Arenas y margas
		MED.	T <sub>1-2</sub> <sup>1-2</sup>	Arcillas y/o margas fosilíferas
			T <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Conglomerados
			T <sub>1-2</sub> <sup>1-2</sup>	Moleras y moleras biolíticas
UNIDAD DE ALJIBE				
PALEOG.	OLIGOCENO		T <sub>3-5</sub> <sup>3-5</sup>	Margas, arcillas, areniscas
	EOCENO		T <sub>2-3</sub> <sup>2-3</sup>	Areniscas

Figs.5.3. Del Mapa Geológico de España. Hoja 1006 Benamejí.

## 5.2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL.

Como ya se ha comentado, la zona de estudio se encuentra desde el punto de vista geológico en Dominios de una de las cuencas postectónicas de edad Mioceno. Mediante los ensayos de reconocimiento realizados se ha podido reconocer un substrato constituido fundamentalmente por unas arcillas margosas y en menor medida unas gravas correspondientes a un estrato aflorante principalmente por el extremo Noroeste de la parcela.

## 6 UNIDADES GEOTÉCNICAS

En este apartado se describen las unidades geotécnicas que consideramos en este informe, a partir de los datos aportados por el ensayo de penetración tipo DPSH, las columnas estratigráficas de los sondeos y los análisis de las muestras extraídas de los mismos, que nos permiten definir unas unidades geotécnicas teóricas y simplificadas, con unas características geomecánicas uniformes y extrapolables a la totalidad de la parcela a estudiar.

### U. GEOTÉCNICA 1: SUELO EDÁFICO.

#### Acotación de la U. Geotécnica

Este nivel ha sido reconocido por los distintos ensayos realizados, a las cotas que se recogen en el siguiente cuadro, referidas a la boca de cada ensayo.

ENSAYO	PROFUNDIDAD DE TECHO (m)	PROFUNDIDAD DE MURO (m)	ESPESOR (m)
S-1	0,00 (144 ±0,5)	0,30 (143,70 ±0,5)	0,30
S-2	0,00 (137 ±0,5)	0,45 (136,55 ±0,5)	0,45
C-1	0,00 (144 ±0,5)	0,40 (143,60 ±0,5)	0,40
C-2	0,00 (138 ±0,5)	0,50 (137,50 ±0,5)	0,50

Tabla 6.1.- Acotación U. Geotécnica 1 según sondeos

#### Descripción e identificación. Estado natural

Este horizonte edáfico varía en su naturaleza según lo haga el substrato. Así en todos los ensayos es de carácter arcilloso o limoso a excepción de en la cata C-2, donde es de carácter gravoso. En todos los casos presenta unas tonalidades pardas características e indicios de arena.

## U. GEOTÉCNICA 2<sub>1</sub>: MIOCENO. ARCILLAS MARGOSAS, MARRÓN VERDOSAS FIRMES. Acotación de la U. Geotécnica

Este nivel ha sido reconocido por los distintos ensayos realizados, a las cotas que se recogen en el siguiente cuadro, referidas a la boca de cada ensayo.

ENSAYO	PROFUNDIDAD DE TECHO (m)	PROFUNDIDAD DE MURO (m)	ESPESOR (m)
S-1	0,30 (143,70 0,5)	5,00 (<139,00 :0,5)	4,70
S-2	0,45 (136,55 0,5)	15,60 (120,95 ±0,5)	15,15

Tabla 6.2.- Acotación U. Geotécnica 2<sub>1</sub> según sondeos

A partir de los ensayos de penetración dinámica continua también se puede efectuar una acotación aproximada de este nivel, si bien los datos obtenidos no poseen la exactitud de los anteriores y hay que tomarlos como orientativos. En la siguiente tabla se ofrece una interpretación de las cotas de este nivel basadas en estos ensayos.

ENSAYO	PROFUNDIDAD DE TECHO (m)	PROFUNDIDAD DE MURO (m)	ESPESOR (m)
P-1	0,00 (489,0 ±0,5)	4,00 (485,00 ±0,5)	4,00
P-2	0,00 (488,2±0,5)	10,80 (477,40 ±0,5)	13,00

Tabla 6.3.- Acotación U. Geotécnica 2<sub>1</sub> según penetros

Este nivel constituye el estrato superior del substrato natural o Terreno Natural Subyacente. Se ha reconocido bajo el terraplén desde la cota 488,50 hasta la 485,99 y al lado del terraplén entre las cotas 489,00 y 485,00.

### Descripción e identificación. Estado natural

Este nivel está constituido por una arcilla margosa de tonalidades marrón verdosas con abundantes nódulos de carbonatos. Se reconocen lisos negruzcos de manganeso, sintomáticos de que ha habido periodos con saturación en agua.

Los ensayos identificativos realizados sobre esta unidad han consistido en análisis físicos (granulometría por tamizado y determinación de los Límites de Atterberg, humedad, densidad...) cuyos valores más representativos se exponen en la siguiente tabla:

PARÁMETRO / MUESTRAS	GRANULOMETRÍA			LÍMITE DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN
	T <sub>5</sub>	T <sub>0,4</sub>	T <sub>0,08</sub>	W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	I <sub>P</sub>	USCS/ASTM
S-1 2,80 3,00	94,3	86,2	62,1	29,8	12,1	17,7	CL
S-2 1,20 1,80	100	99,9	99,7	73,5	28	45,5	CH
S-2 5,40 6,00	100	99,1	98,1	72	30,3	41,7	CH

Tabla 6.4.- Tabla resumen resultados de laboratorio U. Geotécnica 2<sub>1</sub>

## Ensayos de Resistencia

Para la determinación de los parámetros resistentes de suelo “in situ” se han utilizado ensayos de campo basados en los ensayos de penetración S.P.T., ensayos de penetración dinámica tipo DPSH así como los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Con la acotación realizada al comienzo de este nivel, se obtienen los siguientes rangos de golpeo para diferentes cotas o tramos diferenciables por su consistencia.

SONDEO	COTA (m)	N <sub>SPT</sub>	CLASIFICACIÓN
S-1	1,60-2,05	32	DURA
	3,00-3,45	33	DURA
S-2	3,00-3,45	17	FIRME
	8,10-8,55	21	FIRME
	13,00-13,45	25	FIRME

Tabla 6.5.- Resultados NdpsH U.Geotécnica 2<sub>1</sub>

Con la acotación realizada al comienzo de este nivel, se obtienen los siguientes rangos de golpeo para diferentes cotas o tramos diferenciables por su consistencia.

PENETRO	Prof. base (m)	N <sub>DPSH</sub>	Clasificación	
P-2	0,80	4	15	MEDIA
	7,80	2	10	BLANDA
	13,00	5	16	MEDIA

Tabla 6.6.- Resultados NdpsH U.Geotécnica 2<sub>1</sub>

El nivel presenta una consistencia representativa MEDIA.

## Compresión simple y corte directo

En la tabla que se presenta seguidamente se exponen los resultados de los ensayos de compresión simple obtenidos con el criterio de valoración del CTE 2006.

SONDEO	COTA (m)	Resistencia C.S.(kPa)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )
S-1	2,80-3,00	235,85	2,22
S-2	5,40-6,00	462,54	2,02

Tabla 6.7.- Resultados de ensayos de compresión simple

SONDEO	COTA (m)	COHESIÓN (Kp/cm <sup>2</sup> )	ÁNGULO ROZAMIENTO INTERNO (°)
S-2	1,20-1,80	0,52	16,47

Tabla 6.8.- Resultados de ensayos de resistencia al corte

## U. GEOTÉCNICA 2<sub>2</sub>: MIOCENO. MARGAS BEIGES-PARDAS-VERDOSAS FIRMES.

### Acotación de la U. Geotécnica

Este nivel ha sido reconocido por los distintos ensayos realizados, a las cotas que se recogen en el siguiente cuadro, referidas a la boca de cada ensayo.

ENSAYO	PROFUNDIDAD DE TECHO (m)	PROFUNDIDAD DE MURO (m)	ESPESOR (m)
S-1	5,00 (<139,00 :0,5)	>10,00 (<134,00 :0,5)	5,00
C-1	0,00 (129,50 0,5)	>3,00 (>126,40 ±0,5)	>3,00

Tabla 6.9.- Acotación U. Geotécnica 2<sub>2</sub> según sondeos

A partir de los ensayos de penetración dinámica continua también se puede efectuar una acotación aproximada de este nivel, si bien los datos obtenidos no poseen la exactitud de los anteriores y hay que tomarlos como orientativos. En la siguiente tabla se ofrece una interpretación de las cotas de este nivel basadas en estos ensayos.

ENSAYO	PROFUNDIDAD DE TECHO (m)	PROFUNDIDAD DE MURO (m)	ESPESOR (m)
P-1	0,00 (489,0 ±0,5)	4,00 (485,00 ±0,5)	4,00
P-2	10,80 (488,2±0,5)	13,00 (486,00 ±0,5)	2,20

Tabla 6.10.- Acotación U. Geotécnica 2<sub>2</sub> según penetros

Este nivel constituye el estrato superior del substrato natural o Terreno Natural Subyacente. Se ha reconocido bajo el terraplén desde la cota 488,50 hasta la 485,99 y al lado del terraplén entre las cotas 489,00 y 485,00.

### Descripción e identificación. Estado natural

Este nivel está constituido por una arcilla margosa de tonalidades marrón verdosas con intercalaciones de estratos grises. Se reconocen lisos negruzcos de manganeso, sintomáticos de que ha habido periodos con saturación en agua.

Los ensayos identificativos realizados sobre esta unidad han consistido en análisis físicos (granulometría por tamizado y determinación de los Límites de Atterberg, humedad, densidad...) cuyos valores más representativos se exponen en la siguiente tabla:

PARÁMETRO / MUESTRAS	GRANULOMETRÍA			LÍMITE DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN		
	T <sub>5</sub>	T <sub>0,4</sub>	T <sub>0,08</sub>	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	USCS/ASTM	HRB/AASHTO	ÍNDICE DE GRUPO
S-1	7,75	8,00	100,0	99,9	98,9	64,1	25,9	38,2	CH
C-1	0,40	3,00	94,6	81,9	68,3	34,3	15,5	18,8	CL

Tabla 6.11.- Tabla resumen resultados de laboratorio U. Geotécnica 2<sub>2</sub>

### Ensayos de Resistencia

Para la determinación de los parámetros resistentes de suelo "in situ" se han utilizado ensayos de campo basados en los ensayos de penetración S.P.T., ensayos de penetración dinámica tipo DPSH así como los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Con la acotación realizada al comienzo de este nivel, se obtienen los siguientes rangos de golpeo para diferentes cotas o tramos diferenciables por su consistencia.

SONDEO	COTA (m)	N <sub>SPT</sub>	CLASIFICACIÓN
S-1	5,00-5,45	29	DURA
S-1	8,00	8,45	DURA

Tabla 6.12.- Resultados Ndpsh U.Geotécnica 2<sub>2</sub>

Con la acotación realizada al comienzo de este nivel, se obtienen los siguientes rangos de golpeo para diferentes cotas o tramos diferenciables por su consistencia.

PENETRO	Prof. base (m)	N <sub>DPSH</sub>	Clasificación	
P-2	0,80	4	15	MEDIA
	7,80	2	10	BLANDA
	10,80	5	16	MEDIA

Tabla 6.13.- Resultados Ndpsh U.Geotécnica 2<sub>2</sub>

El nivel presenta una consistencia representativa MEDIA.

### Compresión simple y corte directo

En la tabla que se presenta seguidamente se exponen los resultados de los ensayos de compresión simple obtenidos con el criterio de valoración del CTE 2006.

SONDEO	COTA (m)	Resistencia C.S.(kPa)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )
S-1	7,75-8,00	561,21	1,93

Tabla 6.14.- Resultados de ensayos de compresión simple

## U. GEOTÉCNICA 2<sub>3</sub>: MIOCENO. GRAVAS ARCILLOSAS MARRÓN VERDOSAS COMPACTAS.

### Acotación de la U. Geotécnica

Este nivel ha sido reconocido por los distintos ensayos realizados, a las cotas que se recogen en el siguiente cuadro, referidas a la boca de cada ensayo.

ENSAYO	PROFUNDIDAD DE TECHO (m)	PROFUNDIDAD DE MURO (m)	ESPESOR (m)
C-2	0,50 (137,50 ±0,5)	>2,70 (<135,30 ±0,5)	>2,20

Tabla 6.15.- Acotación U. Geotécnica 2<sub>3</sub> según sondeos

A partir de los ensayos de penetración dinámica continua también se puede efectuar una acotación aproximada de este nivel, si bien los datos obtenidos no poseen la exactitud de los anteriores y hay que tomarlos como orientativos. En la siguiente tabla se ofrece una interpretación de las cotas de este nivel basadas en estos ensayos.

ENSAYO	PROFUNDIDAD DE TECHO (m)	PROFUNDIDAD DE MURO (m)	ESPESOR (m)
P-1	4,00 (485,0±0,5)	>9,40 (<479,60 ±0,5)	>5,40
P-2	13,00 (486,0 ±0,5)	>19,20 (<479,80 ±0,5)	>6,20

Tabla 6.16.- Acotación U. Geotécnica 2<sub>3</sub> según penetros

Esta unidad ha sido reconocida desde las cotas 485,0-486,0 y se prolonga por debajo de las profundidades alcanzadas por los reconocimientos, por debajo de la cota 479,60.

### Descripción e identificación. Estado natural

Este nivel está constituido por un estrato o banco de gravas en el seno de las arcillas que constituyen la unidad anterior. Se trata de gravas arcillosas de matriz marrón verdosa con clastos de mármol, muy redondeados y de alta esfericidad. El tamaño máximo de clasto identificado es de 30 cm. mientras que el medio es de 5 cm.

Los ensayos identificativos realizados sobre esta unidad han consistido en análisis físicos (granulometría por tamizado y determinación de los Límites de Atterberg, humedad, densidad...) cuyos valores más representativos se exponen en la siguiente tabla:

PARÁMETRO / MUESTRAS	GRANULOMETRÍA			LÍMITE DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN		
	T <sub>5</sub>	T <sub>0,4</sub>	T <sub>0,08</sub>	W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	I <sub>p</sub>	USCS/ASTM	HRB/AASHTO	ÍNDICE DE GRUPO
C-2	0,50	2,70	47,7	41,2	37,9	52,2	20,2	32,0	GC

Tabla 6.17.- Tabla resumen resultados de laboratorio U. Geotécnica 2<sub>3</sub>

## 7 CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA

La Norma de Construcción Sismorresistente de 27 de Septiembre de 2002 (NCSE-02) proporciona los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de obras a las que es aplicable la citada Norma.

A efectos de esta Norma las construcciones se clasifican en:

1.- De moderada importancia.

Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos.

2.- De normal importancia.

Aquellas cuya destrucción por el terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trata de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

3.- De especial importancia.

Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

No es obligatoria la aplicación de esta Norma en las construcciones de moderada importancia y en aquellas en que la aceleración sísmica básica  $a_b$ , sea inferior a 0.04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica que suministra para cada punto del territorio, y expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica,  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de quinientos años; el mapa suministra también el valor del coeficiente K o de contribución, que tiene en cuenta la influencia de la peligrosidad sísmica de cada punto de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma.

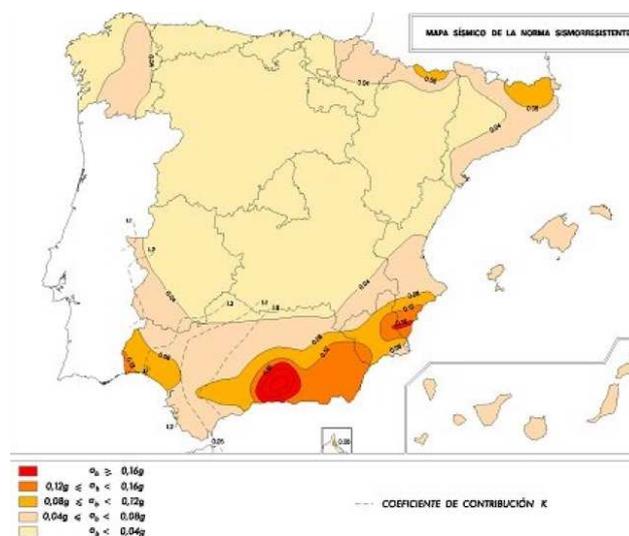


Fig 7.1 Mapa de Peligrosidad sísmica

La aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ ) se define como el producto de  $s \cdot \rho \cdot a_b$  siendo  $\rho$  un coeficiente adimensional de riesgo, cuyo valor es de 1 para construcción de importancia normal y de 1,30 para construcción de importancia especial;  $s$  es el coeficiente de amplificación del terreno, y  $a_b$  es la aceleración básica para cada emplazamiento.

S toma los siguientes valores:

$$\begin{aligned}
 S &= C/1,25 && \text{para } \rho^* a_b \leq 0,1 g \\
 S &= C/1,25 + 3,33 (\rho^* a_b/g - 0,1) (1-C/1,25) && \text{para } 0,1g < \rho^* a_b < 0,4g \\
 S &= 1,0 && \text{para } 0,4g \leq \rho^* a_b
 \end{aligned}$$

En la expresión anterior aparece C, el coeficiente de Terreno, cuyo valor es:

Terreno I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas de cizalla  $V_s > 750$  m/s. Coeficiente  $C = 1,0$ .

Terreno II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos y cohesivos duros.  $750 \text{ m/s} \geq V_s \geq 400$  m/s. Coeficiente  $C = 1,3$ .

Terreno III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme.  $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200$  m/s. Coeficiente  $C = 1,6$ .

Terreno IV: Suelo granular suelto, o cohesivo blando.  $V_s \leq 200$  m/s. Coeficiente  $C = 2,0$ .

Para el lugar de estudio se obtienen los siguientes parámetros de cálculo:

PARÁMETROS SÍSMICOS DE CÁLCULO			
ZONA GEOGRÁFICA PRÓXIMA	Aceleración básica, $A_b$	Coeficiente contribución, K	Coeficiente de riesgo
ALHAURÍN EL GRANDE	0,08	1,3	1,0 (importancia normal) 1,3 (importancia especial)

Tabla 7.1. Parámetros sísmicos de cálculo

Igualmente se obtienen los siguientes parámetros del valor medio de C para un espesor de terreno de 30 metros:

PARÁMETROS DEL COEFICIENTE DEL TERRENO			
U. GEOTÉCNICA	Tipo de terreno	C, Coeficiente de suelo	C, $\sum C_i \cdot e_i / (e_i)$
1	IV	2,0	1,61
2 <sub>1</sub>	III	1,6	

Tabla 7.2. Coeficiente sísmico del terreno

### Coeficientes sísmicos

Para comprobar el efecto de la acción sísmica en el estudio de los problemas de estabilidad global controlados por la resistencia del terreno, y a falta de un mejor procedimiento para realizar el cálculo dinámico, se podrá suponer las aceleraciones siguientes:

$$\text{Coeficiente sísmico horizontal: } a_h = \alpha * a_c$$

$$\text{Coeficiente sísmico vertical: } a_v = \frac{1}{2} a_h$$

Siendo  $a_c$  la aceleración sísmica de cálculo en el emplazamiento, definida anteriormente.

El factor  $\alpha$  o coeficiente sísmico trata de evaluar la flexibilidad de la obra frente a los terremotos. Su valor debe ser tanto más alto cuanto más coartado esté el movimiento.

Para problemas de taludes exentos y muelles de gravedad sin coacciones ,  **$\alpha = 0,5$** .

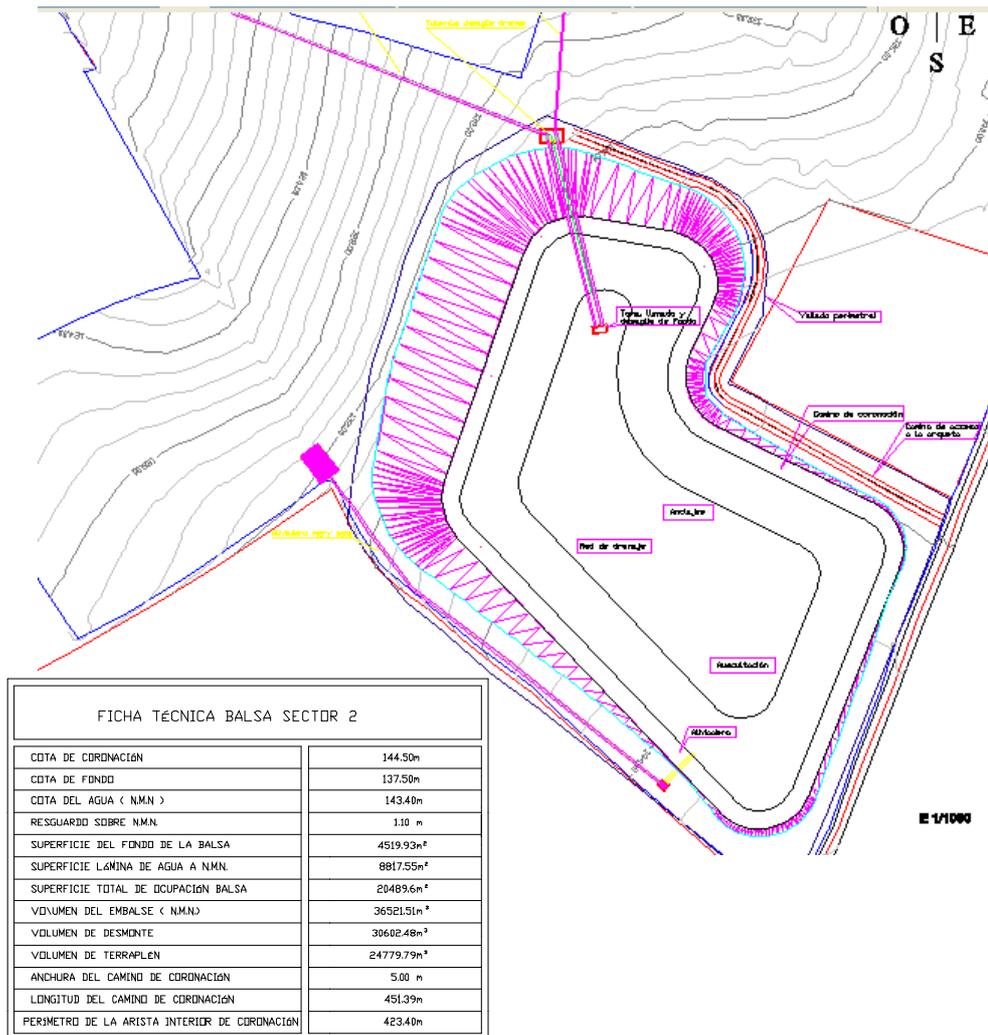
Para taludes con inclusiones rígidas (p.e. pilotes) o muros con coacciones en cabeza, pantallas ancladas,  **$\alpha = 0,75$  a  $1$** .

## 8 ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TERRAPLÉN, DESMONTE Y LADERA.

En el presente apartado se estudiará la capacidad portante del Terreno Natural Suyacente, las condiciones de estabilidad del terraplén proyectado para el cierre de la balsa, las del talud de desmonte proyectado en la parte alta de la balsa y la estabilidad general de la ladera.

### 8.1 TIPO DE CONSTRUCCIÓN.

Como hemos ido viendo el proyecto contempla la construcción de una balsa a media ladera, para lo cual el vaso se construye mediante desmonte en la parte alta y cierre en la baja a través de terraplén.



La balsa ocupa una superficie de 20.489,6 m<sup>2</sup> ejecutada en una ladera con una pendiente del 15%. Las características geométricas y de cubijaje de la balsa se muestran en la siguiente anterior.

## 8.2 CÁLCULO DE CONDICIONES DE ESTABILIDAD.

### ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTO ROTACIONAL.

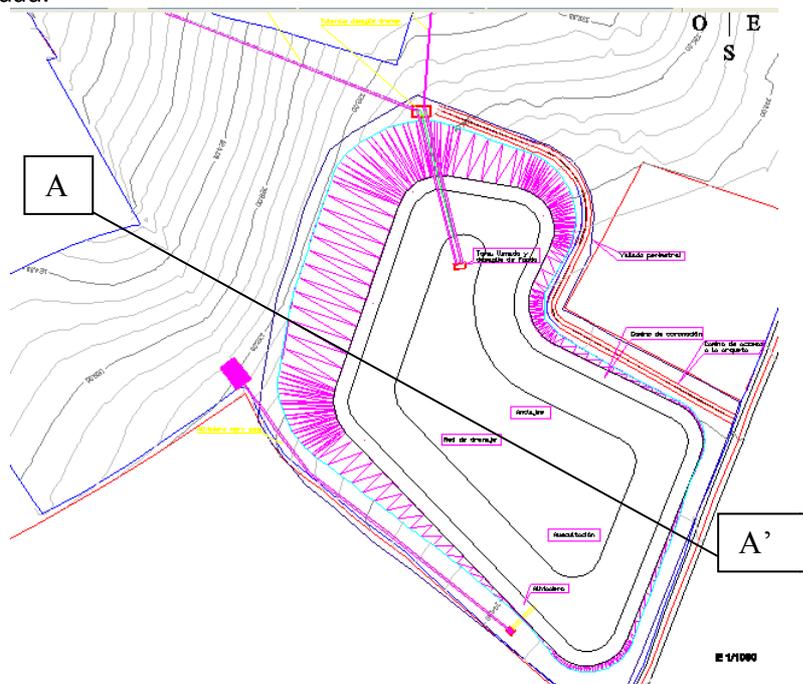
Los materiales implicados en la estabilidad están constituidos mayoritariamente por las arcillas margosas referidas como Unidad Geotécnica 2<sub>1</sub>, y si bien existen en parte de la parcela unas gravas referidas como Unidad Geotécnica 2<sub>2</sub>, estas no se han considerado en el estudio de las condiciones de estabilidad por estar restringidas al extremo Noroeste de la parcela y quedarnos de esta forma del lado de la seguridad.

Otro suelo a tener en cuenta en las condiciones de estabilidad, sobre todo en lo concerniente a la obra de tierra, es el empleado en ella. Para modelizar la estabilidad de este terraplén se le ha atribuido al suelo que lo constituye unos parámetros geotécnicos que deberán conseguirse durante la fase de construcción.

Como parámetros para el dimensionado de estructuras de contención podrán adoptarse los siguientes, teniendo presente cual es el material que ejercerá los empujes en la zona activa.

Unidad geotécnica U.G.	Peso específico aparente $\gamma_{ap}$ kN/m <sup>3</sup>	Peso específico sumergido $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Cohesión $c'$ t/m <sup>2</sup>	Angulo de rozamiento interno $\phi'$
TERRAPLEN	20,0	12,0	10	31
2 <sub>1</sub>	20,0	13,0	10	30
2 <sub>2</sub>	21,0	13,0	45	20

La estabilidad se ha calculado en el perfil más desfavorable consistente en el paralelo a la línea de máxima pendiente. A continuación se muestra la posición del perfil para el que se realiza el estudio de estabilidad.



En los cálculos se ha empleado el programa comercial SLIDE 5.0 y métodos de cálculo de estabilidad de equilibrio límite.

El siguiente modelo de estabilidad supone mecanismo de rotura rotacional.

A continuación se pueden ver los resultados del cálculo realizado:

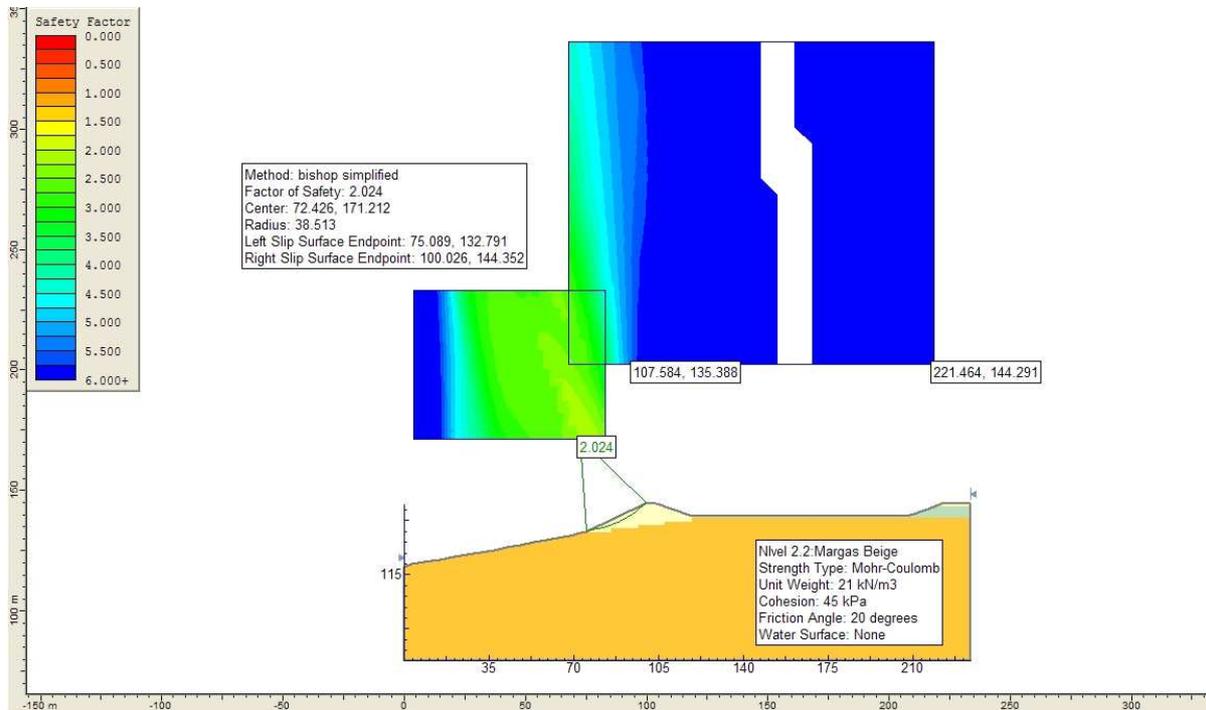


Figura 8.1.- Cálculo del factor de seguridad de terraplén, desmorte y ladera en situación permanente y en situación vacía y sin consideración de sismo.

Como puede observarse tanto el desmorte proyectado, como el terraplén a ejecutar y la ladera resultan estables en situación de balsa vacía y condiciones normales en las que no se contempla el sismo.

### ***Slide Analysis Information***

#### **Document Name**

File Name: permanente sin agua

#### **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Failure Direction: Right to Left  
 Units of Measurement: SI Units  
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
 Groundwater Method: Water Surfaces  
 Data Output: Standard  
 Calculate Excess Pore Pressure: Off  
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off  
 Random Numbers: Pseudo-random Seed  
 Random Number Seed: 10116  
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### **Analysis Methods**

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 Corps of Engineers #1  
 Corps of Engineers #2  
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine  
 Janbu simplified  
 Janbu corrected  
 Lowe-Karafiath  
 Ordinary/Fellenius  
 Spencer

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

### **Surface Options**

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search  
 Radius increment: 10  
 Composite Surfaces: Disabled  
 Reverse Curvature: Create Tension Crack  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

### **Material Properties**

Material: Relleno estructural  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 31 degrees  
 Water Surface: None

Material: Nivel 2.1: Arcilla con abundantes carbonatos

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 52 kPa  
 Friction Angle: 16 degrees  
 Water Surface: None

Material: Nivel 2.2: Margas Beige  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 45 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Water Surface: None

### **Global Minimums**

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.981620  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791  
 Right Slip Surface Endpoint: 100.026, 144.352  
 Resisting Moment=31925 kN-m  
 Driving Moment=16110.6 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 2.024020  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791  
 Right Slip Surface Endpoint: 100.026, 144.352  
 Resisting Moment=32608 kN-m  
 Driving Moment=16110.6 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 1.968710  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791

Right Slip Surface Endpoint: 100.026, 144.352  
 Resisting Horizontal Force=754.934 kN  
 Driving Horizontal Force=383.466 kN

Method: janbu corrected

FS: 2.047790  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791  
 Right Slip Surface Endpoint: 100.026, 144.352  
 Resisting Horizontal Force=785.257 kN  
 Driving Horizontal Force=383.466 kN

Method: spencer

FS: 2.021860  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791  
 Right Slip Surface Endpoint: 100.026, 144.352  
 Resisting Moment=32573.3 kN-m  
 Driving Moment=16110.6 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=759.155 kN  
 Driving Horizontal Force=375.473 kN

Method: corp of eng#1

FS: 2.029640  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791  
 Right Slip Surface Endpoint: 100.026, 144.352  
 Resisting Horizontal Force=759.714 kN  
 Driving Horizontal Force=374.31 kN

Method: corp of eng#2

FS: 2.031430  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791  
 Right Slip Surface Endpoint: 100.026, 144.352  
 Resisting Horizontal Force=759.86 kN  
 Driving Horizontal Force=374.051 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 2.025600  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791  
 Right Slip Surface Endpoint: 100.026, 144.352  
 Resisting Horizontal Force=759.517 kN  
 Driving Horizontal Force=374.959 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 2.021870  
 Center: 72.426, 171.212  
 Radius: 38.513  
 Left Slip Surface Endpoint: 75.089, 132.791  
 Right Slip Surface Endpoint: 100.026,  
 144.352  
 Resisting Moment=32573.5 kN-m  
 Driving Moment=16110.6 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=759.182 kN  
 Driving Horizontal Force=375.484 kN

### **Valid / Invalid Surfaces**

#### Method: ordinary/fellenius

Number of Valid Surfaces: 8533  
 Number of Invalid Surfaces: 1323  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 424 surfaces

#### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 8533  
 Number of Invalid Surfaces: 1323  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 424 surfaces

#### Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 8440  
 Number of Invalid Surfaces: 1416  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 517 surfaces

#### Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 8440  
 Number of Invalid Surfaces: 1416  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 517 surfaces

#### Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 8434  
 Number of Invalid Surfaces: 1422  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 520 surfaces  
 Error Code -111 reported for 3 surfaces

#### Method: corp of eng#1

Number of Valid Surfaces: 7569  
 Number of Invalid Surfaces: 2287  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 1375 surfaces  
 Error Code -500 reported for 13 surfaces

#### Method: corp of eng#2

Number of Valid Surfaces: 7570  
 Number of Invalid Surfaces: 2286  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 1387 surfaces

#### Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 8396  
 Number of Invalid Surfaces: 1460  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 527 surfaces  
 Error Code -111 reported for 34 surfaces

#### Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 8431  
 Number of Invalid Surfaces: 1425  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 14 surfaces  
 Error Code -106 reported for 2 surfaces  
 Error Code -107 reported for 883 surfaces  
 Error Code -108 reported for 521 surfaces  
 Error Code -111 reported for 5 surfaces

### **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 106 = Average slice width is less than 0.0001 \* (maximum horizontal extent of soil region).

This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-500 = Cannot generate interslice force function

### List of All Coordinates

#### Search Grid

3.808	171.212
82.719	171.212
82.719	233.143
3.808	233.143

#### Search Grid

67.736	202.177
218.567	202.177
218.567	336.027
67.736	336.027

#### Material Boundary

218.643	143.288
232.471	143.288
233.456	143.288

#### Material Boundary

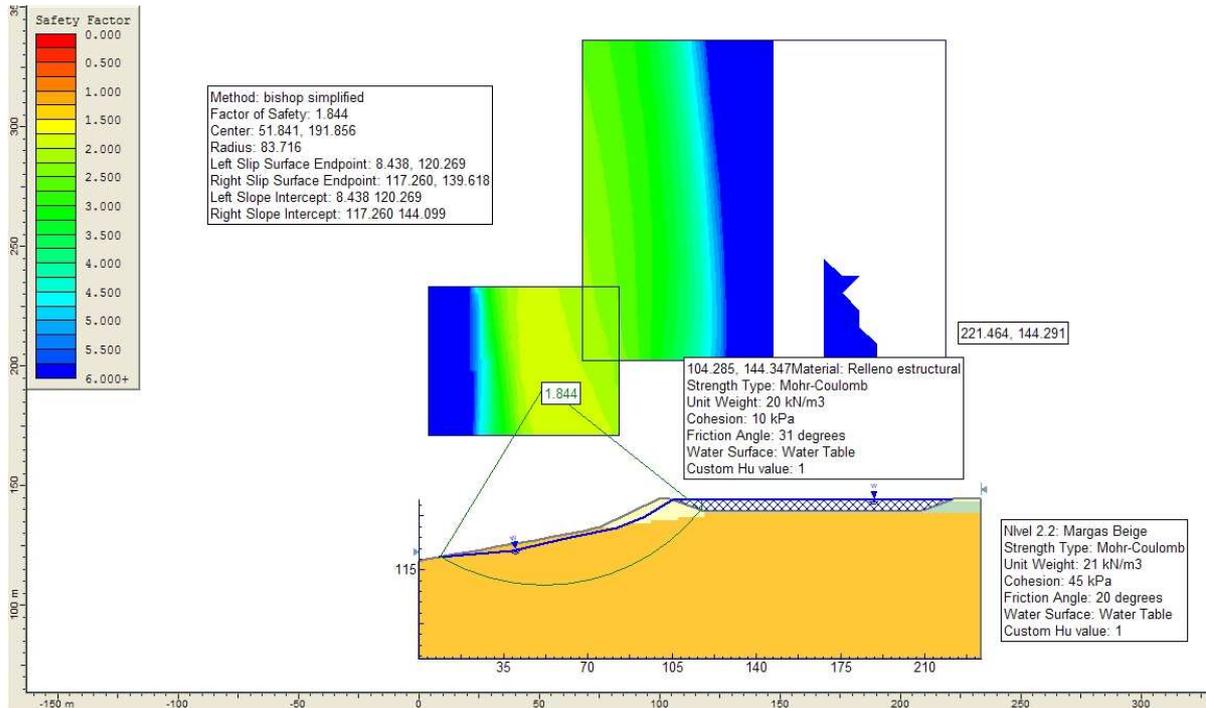
74.412	132.468
85.554	132.468
85.554	133.930
96.569	133.930
96.569	135.388
107.584	135.388
107.584	136.838
118.599	136.838
118.599	138.288
233.456	138.288

#### Material Boundary

118.599	138.288
118.599	139.130

#### External Boundary

0.056	79.328
233.456	79.328
233.456	138.288
233.456	140.288
233.456	143.288
233.456	144.292
221.464	144.291
218.643	143.288
210.198	140.288
206.939	139.130
118.599	139.130
104.285	144.347
99.309	144.352
74.412	132.468
72.934	132.154
68.242	131.188
63.416	130.193
58.739	129.335
53.603	128.317
48.014	127.210
42.424	126.217
37.037	125.223
31.480	124.314
25.962	123.235
20.877	122.241
14.508	121.248
8.352	120.255
3.108	119.261
0.056	118.265



**Figura 8.2.- Cálculo del factor de seguridad de terraplén, desmante y ladera en situación permanente y en situación de balsa llena y sin consideración de sismo.**

Como puede observarse cuando la balsa se encuentre llena empeorarán las condiciones de estabilidad del terraplén y balsa. En cualquier caso se mantienen las condiciones de estabilidad al ser el factor de seguridad superior a 1,50.

### Slide Analysis Information

#### Document Name

File Name: permanente

#### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Failure Direction: Right to Left  
 Units of Measurement: SI Units  
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
 Groundwater Method: Water Surfaces  
 Data Output: Standard  
 Calculate Excess Pore Pressure: Off  
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off  
 Random Numbers: Pseudo-random Seed  
 Random Number Seed: 10116  
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

#### Analysis Methods

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 Corps of Engineers #1  
 Corps of Engineers #2

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function:  
 Half Sine  
 Janbu simplified  
 Janbu corrected  
 Lowe-Karafiath  
 Ordinary/Fellenius  
 Spencer

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

#### Surface Options

Surface Type: Circular  
 Search Method: Grid Search  
 Radius increment: 10  
 Composite Surfaces: Disabled  
 Reverse Curvature: Create Tension Crack  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

#### Material Properties

Material: Relleno estructural  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa

Friction Angle: 31 degrees  
 Water Surface: Water Table  
 Custom Hu value: 1

Material: Nivel 2.1: Arcilla con abundantes carbonatos

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 52 kPa  
 Friction Angle: 16 degrees  
 Water Surface: Water Table  
 Custom Hu value: 1

Material: Nivel 2.2: Margas Beige

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 45 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Water Surface: Water Table  
 Custom Hu value: 1

**Global Minimums**

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.542390  
 Center: 55.272, 171.212  
 Radius: 68.522  
 Left Slip Surface Endpoint: 9.292, 120.407  
 Right Slip Surface Endpoint: 116.263, 139.982  
 Left Slope Intercept: 9.292 120.407  
 Right Slope Intercept: 116.263 144.099  
 Resisting Moment=866370 kN-m  
 Driving Moment=561708 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.843670  
 Center: 51.841, 191.856  
 Radius: 83.716  
 Left Slip Surface Endpoint: 8.438, 120.269  
 Right Slip Surface Endpoint: 117.260, 139.618  
 Left Slope Intercept: 8.438 120.269  
 Right Slope Intercept: 117.260 144.099  
 Resisting Moment=1.11575e+006 kN-m  
 Driving Moment=605176 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 1.613190  
 Center: 51.841, 171.212  
 Radius: 66.787  
 Left Slip Surface Endpoint: 8.617, 120.298  
 Right Slip Surface Endpoint: 111.723, 141.636  
 Left Slope Intercept: 8.617 120.298  
 Right Slope Intercept: 111.723 144.099  
 Resisting Horizontal Force=12567.4 kN  
 Driving Horizontal Force=7790.37 kN

Method: janbu corrected

FS: 1.740070  
 Center: 51.841, 174.653  
 Radius: 69.489  
 Left Slip Surface Endpoint: 8.559, 120.289  
 Right Slip Surface Endpoint: 112.776, 141.253  
 Left Slope Intercept: 8.559 120.289  
 Right Slope Intercept: 112.776 144.099  
 Resisting Horizontal Force=13475.1 kN  
 Driving Horizontal Force=7744 kN

Method: spencer

FS: 1.842670  
 Center: 51.841, 191.856  
 Radius: 83.716  
 Left Slip Surface Endpoint: 8.438, 120.269  
 Right Slip Surface Endpoint: 117.260, 139.618  
 Left Slope Intercept: 8.438 120.269  
 Right Slope Intercept: 117.260 144.099  
 Resisting Moment=1.11514e+006 kN-m  
 Driving Moment=605176 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=12347.7 kN  
 Driving Horizontal Force=6701 kN

Method: corp of eng#1

FS: 1.891570  
 Center: 48.410, 198.737  
 Radius: 88.419  
 Left Slip Surface Endpoint: 7.864, 120.163  
 Right Slip Surface Endpoint: 114.916, 140.473  
 Left Slope Intercept: 7.864 120.163  
 Right Slope Intercept: 114.916 144.099  
 Resisting Horizontal Force=11228.5 kN  
 Driving Horizontal Force=5936.05 kN

Method: corp of eng#2

FS: 1.923570  
 Center: 48.410, 198.737  
 Radius: 88.419  
 Left Slip Surface Endpoint: 7.864, 120.163  
 Right Slip Surface Endpoint: 114.916, 140.473  
 Left Slope Intercept: 7.864 120.163  
 Right Slope Intercept: 114.916 144.099  
 Resisting Horizontal Force=11247.7 kN  
 Driving Horizontal Force=5847.31 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 1.871430  
 Center: 48.410, 195.296  
 Radius: 85.383  
 Left Slip Surface Endpoint: 7.853, 120.161  
 Right Slip Surface Endpoint: 114.111, 140.766

Left Slope Intercept: 7.853 120.161  
Right Slope Intercept: 114.111 144.099  
Resisting Horizontal Force=11225.4 kN  
Driving Horizontal Force=5998.32 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.844010  
Center: 51.841, 191.856  
Radius: 83.716  
Left Slip Surface Endpoint: 8.438, 120.269  
Right Slip Surface Endpoint: 117.260,  
139.618

Left Slope Intercept: 8.438 120.269  
Right Slope Intercept: 117.260 144.099  
Resisting Moment=1.11595e+006 kN-m  
Driving Moment=605176 kN-m  
Resisting Horizontal Force=12353.1 kN  
Driving Horizontal Force=6699.03 kN

**Valid / Invalid Surfaces**

Method: ordinary/fellenius

Number of Valid Surfaces: 5522  
Number of Invalid Surfaces: 4334  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces  
Error Code -108 reported for 424 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 5522  
Number of Invalid Surfaces: 4334  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces  
Error Code -108 reported for 424 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 5501  
Number of Invalid Surfaces: 4355  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces  
Error Code -108 reported for 445 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 5501  
Number of Invalid Surfaces: 4355  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces

Error Code -108 reported for 445 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 5494  
Number of Invalid Surfaces: 4362  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces  
Error Code -108 reported for 448 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces  
Error Code -111 reported for 4 surfaces

Method: corp of eng#1

Number of Valid Surfaces: 5098  
Number of Invalid Surfaces: 4758  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces  
Error Code -108 reported for 848 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces

Method: corp of eng#2

Number of Valid Surfaces: 5098  
Number of Invalid Surfaces: 4758  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces  
Error Code -108 reported for 848 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces

Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 5447  
Number of Invalid Surfaces: 4409  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces  
Error Code -108 reported for 450 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces  
Error Code -111 reported for 49 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 5492  
Number of Invalid Surfaces: 4364  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 9 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 548 surfaces  
Error Code -108 reported for 450 surfaces  
Error Code -110 reported for 3351 surfaces  
Error Code -111 reported for 4 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than 0.0001 \* (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-110 = The water table or a piezoline does not span the slip region for a given slip surface, when Water Surfaces is specified as the method of pore pressure calculation. If this error occurs, check that the water table or piezoline(s) span the appropriate soil cells.

-111 = safety factor equation did not converge

218.567	202.177
218.567	336.027
67.736	336.027

Material Boundary

218.643	143.288
232.471	143.288
233.456	143.288

Material Boundary

74.412	132.468
85.554	132.468
85.554	133.930
96.569	133.930
96.569	135.388
107.584	135.388
107.584	136.838
118.599	136.838
118.599	138.288
233.456	138.288

Material Boundary

118.599	138.288
118.599	139.130

External Boundary

0.056	77.641
233.456	77.641
233.456	138.288
233.456	140.288
233.456	143.288
233.456	144.292
221.464	144.291
218.643	143.288
210.198	140.288
206.939	139.130
118.599	139.130
104.285	144.347
99.309	144.352
74.412	132.468
72.934	132.154
68.242	131.188
63.416	130.193
58.739	129.335
53.603	128.317
48.014	127.210
42.424	126.217
37.037	125.223
31.480	124.314
25.962	123.235
20.877	122.241
14.508	121.248
8.352	120.255
3.108	119.261
0.056	118.265

**List of All Coordinates**

Search Grid

3.808	171.212
82.719	171.212
82.719	233.143
3.808	233.143

Search Grid

67.736	202.177
--------	---------

Water Table

8.352	120.255
-------	---------

38.745	122.657	104.966	144.099
63.034	128.251	220.924	144.099
82.076	132.468		
92.785	136.623		

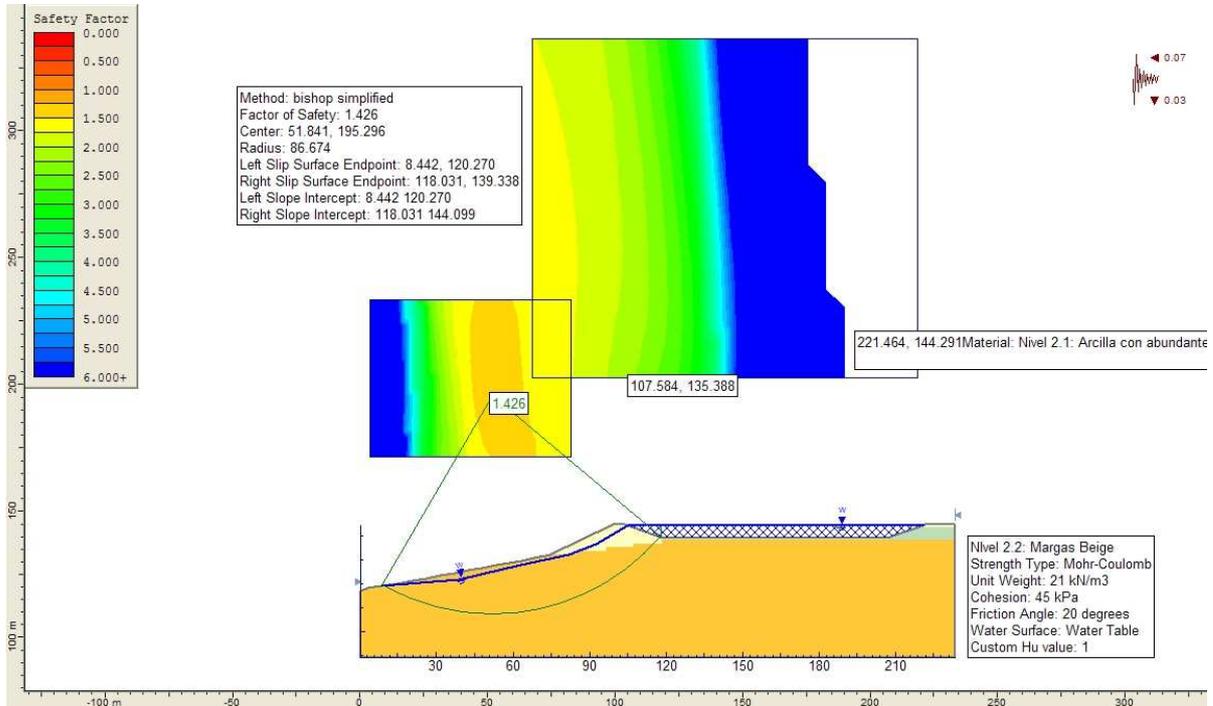


Figura 8.3.- Cálculo del factor de seguridad de terraplén, desmonte y ladera en situación excepcional y en situación de balsa llena.

Por último y al igual que en los dos casos anteriores la estabilidad de terraplén, desmonte y ladera está garantizada para la balsa proyectada incluso en una situación excepcional como la de un sismo, ya que en este caso el factor de seguridad estimado es superior a 1,10.

### Slide Analysis Information

#### Document Name

File Name: excepcional

#### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Failure Direction: Right to Left  
 Units of Measurement: SI Units  
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
 Groundwater Method: Water Surfaces  
 Data Output: Standard  
 Calculate Excess Pore Pressure: Off  
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off  
 Random Numbers: Pseudo-random Seed  
 Random Number Seed: 10116  
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

#### Analysis Methods

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 Corps of Engineers #1  
 Corps of Engineers #2  
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine  
 Janbu simplified  
 Janbu corrected  
 Lowe-Karafiath  
 Ordinary/Fellenius  
 Spencer

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

#### Surface Options

Surface Type: Circular  
 Search Method: Grid Search  
 Radius increment: 10  
 Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

### Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.07  
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.03

### Material Properties

Material: Relleno estructural  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 31 degrees  
 Water Surface: Water Table  
 Custom Hu value: 1

#### Material: Nivel 2.1: Arcilla con abundantes carbonatos

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 52 kPa  
 Friction Angle: 16 degrees  
 Water Surface: Water Table  
 Custom Hu value: 1

#### Material: Nivel 2.2: Margas Beige

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 45 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Water Surface: Water Table  
 Custom Hu value: 1

### Global Minimums

#### Method: ordinary/fellenius

FS: 1.194920  
 Center: 55.272, 171.212  
 Radius: 68.522  
 Left Slip Surface Endpoint: 9.292, 120.407  
 Right Slip Surface Endpoint: 116.263, 139.982  
 Left Slope Intercept: 9.292 120.407  
 Right Slope Intercept: 116.263 144.099  
 Resisting Moment=883579 kN-m  
 Driving Moment=739445 kN-m

#### Method: bishop simplified

FS: 1.425880  
 Center: 51.841, 195.296  
 Radius: 86.674  
 Left Slip Surface Endpoint: 8.442, 120.270  
 Right Slip Surface Endpoint: 118.031, 139.338

Left Slope Intercept: 8.442 120.270  
 Right Slope Intercept: 118.031 144.099  
 Resisting Moment=1.17195e+006 kN-m  
 Driving Moment=821914 kN-m

#### Method: janbu simplified

FS: 1.256900  
 Center: 55.272, 174.653  
 Radius: 71.162  
 Left Slip Surface Endpoint: 9.225, 120.396  
 Right Slip Surface Endpoint: 117.220, 139.633  
 Left Slope Intercept: 9.225 120.396  
 Right Slope Intercept: 117.220 144.099  
 Resisting Horizontal Force=14207 kN  
 Driving Horizontal Force=11303.2 kN

#### Method: janbu corrected

FS: 1.353650  
 Center: 51.841, 178.093  
 Radius: 72.245  
 Left Slip Surface Endpoint: 8.515, 120.282  
 Right Slip Surface Endpoint: 113.770, 140.890  
 Left Slope Intercept: 8.515 120.282  
 Right Slope Intercept: 113.770 144.099  
 Resisting Horizontal Force=13722.7 kN  
 Driving Horizontal Force=10137.5 kN

#### Method: spencer

FS: 1.428660  
 Center: 51.841, 195.296  
 Radius: 86.674  
 Left Slip Surface Endpoint: 8.442, 120.270  
 Right Slip Surface Endpoint: 118.031, 139.338  
 Left Slope Intercept: 8.442 120.270  
 Right Slope Intercept: 118.031 144.099  
 Resisting Moment=1.17423e+006 kN-m  
 Driving Moment=821914 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=12635.4 kN  
 Driving Horizontal Force=8844.24 kN

#### Method: corp of eng#1

FS: 1.427830  
 Center: 51.841, 195.296  
 Radius: 86.674  
 Left Slip Surface Endpoint: 8.442, 120.270  
 Right Slip Surface Endpoint: 118.031, 139.338  
 Left Slope Intercept: 8.442 120.270  
 Right Slope Intercept: 118.031 144.099  
 Resisting Horizontal Force=12634.8 kN  
 Driving Horizontal Force=8848.95 kN

#### Method: corp of eng#2

FS: 1.450700  
 Center: 51.841, 195.296

Radius: 86.674  
Left Slip Surface Endpoint: 8.442, 120.270  
Right Slip Surface Endpoint: 118.031,  
139.338  
Left Slope Intercept: 8.442 120.270  
Right Slope Intercept: 118.031 144.099  
Resisting Horizontal Force=12659.7 kN  
Driving Horizontal Force=8726.58 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 1.406040  
Center: 51.841, 191.856  
Radius: 83.716  
Left Slip Surface Endpoint: 8.438, 120.269  
Right Slip Surface Endpoint: 117.260,  
139.618  
Left Slope Intercept: 8.438 120.269  
Right Slope Intercept: 117.260 144.099  
Resisting Horizontal Force=12665.5 kN  
Driving Horizontal Force=9007.94 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.429620  
Center: 51.841, 195.296  
Radius: 86.674  
Left Slip Surface Endpoint: 8.442, 120.270  
Right Slip Surface Endpoint: 118.031,  
139.338  
Left Slope Intercept: 8.442 120.270  
Right Slope Intercept: 118.031 144.099  
Resisting Moment=1.17502e+006 kN-m  
Driving Moment=821914 kN-m  
Resisting Horizontal Force=12641.4 kN  
Driving Horizontal Force=8842.49 kN

**Valid / Invalid Surfaces**

Method: ordinary/fellenius

Number of Valid Surfaces: 6310  
Number of Invalid Surfaces: 3546  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 170 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 40 surfaces  
Error Code -110 reported for 3334 surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 6310  
Number of Invalid Surfaces: 3546  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 170 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 40 surfaces  
Error Code -110 reported for 3334 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 6305  
Number of Invalid Surfaces: 3551

Error Codes:

Error Code -103 reported for 170 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 40 surfaces  
Error Code -108 reported for 5 surfaces  
Error Code -110 reported for 3334 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 6305  
Number of Invalid Surfaces: 3551  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 170 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 40 surfaces  
Error Code -108 reported for 5 surfaces  
Error Code -110 reported for 3334 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 6296  
Number of Invalid Surfaces: 3560  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 170 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 40 surfaces  
Error Code -108 reported for 7 surfaces  
Error Code -110 reported for 3334 surfaces  
Error Code -111 reported for 7 surfaces

Method: corp of eng#1

Number of Valid Surfaces: 6055  
Number of Invalid Surfaces: 3801  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 170 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 40 surfaces  
Error Code -108 reported for 200 surfaces  
Error Code -110 reported for 3334 surfaces  
Error Code -500 reported for 55 surfaces

Method: corp of eng#2

Number of Valid Surfaces: 6124  
Number of Invalid Surfaces: 3732  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 170 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 40 surfaces  
Error Code -108 reported for 186 surfaces  
Error Code -110 reported for 3334 surfaces

Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 6293  
Number of Invalid Surfaces: 3563  
Error Codes:  
Error Code -103 reported for 170 surfaces  
Error Code -106 reported for 2 surfaces  
Error Code -107 reported for 40 surfaces  
Error Code -108 reported for 5 surfaces  
Error Code -110 reported for 3334 surfaces

Error Code -111 reported for 12 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 6297

Number of Invalid Surfaces: 3559

Error Codes:

Error Code -103 reported for 170 surfaces

Error Code -106 reported for 2 surfaces

Error Code -107 reported for 40 surfaces

Error Code -108 reported for 6 surfaces

Error Code -110 reported for 3334 surfaces

Error Code -111 reported for 7 surfaces

## **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon

intersections lie between them. This usually occurs

when the slip surface extends past the bottom of the

soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than 0.0001 \* (maximum horizontal extent of soil region).

This limitation is imposed to avoid numerical errors

which may result from too many slices, or too

small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied

against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-110 = The water table or a piezoline does not span the slip region for a given slip surface, when Water Surfaces is specified as

the method of pore pressure calculation. If this

error occurs, check that the water table or piezoline(s) span the appropriate soil cells.

-111 = safety factor equation did not converge

-500 = Cannot generate interslice force function

## **List of All Coordinates**

### Search Grid

3.808	171.212
82.719	171.212
82.719	233.143
3.808	233.143

### Search Grid

67.736	202.177
218.567	202.177
218.567	336.027
67.736	336.027

### Material Boundary

218.643	143.288
232.471	143.288
233.456	143.288

### Material Boundary

74.412	132.468
85.554	132.468
85.554	133.930
96.569	133.930
96.569	135.388
107.584	135.388
107.584	136.838
118.599	136.838
118.599	138.288
233.456	138.288

### Material Boundary

118.599	138.288
118.599	139.130

### External Boundary

0.056	91.988
233.456	91.988
233.456	138.288
233.456	140.288
233.456	143.288
233.456	144.292
221.464	144.291
218.643	143.288
210.198	140.288
206.939	139.130
118.599	139.130
104.285	144.347
99.309	144.352
74.412	132.468

72.934	132.154
68.242	131.188
63.416	130.193
58.739	129.335
53.603	128.317
48.014	127.210
42.424	126.217
37.037	125.223
31.480	124.314
25.962	123.235
20.877	122.241
14.508	121.248

8.352	120.255
3.108	119.261
0.056	118.265

Water Table

8.352	120.255
38.745	122.657
63.034	128.251
82.076	132.468
92.785	136.623
104.966	144.099
220.924	144.099

## 9 CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO PARA OBRAS DE TIERRA

Dado que la obra contempla la realización de desmontes y terraplenados, se ha caracterizado el substrato que previsiblemente se desmontará con objeto de determinar su aptitud para la construcción de obras de tierra.

En la tabla 9.1 se incluyen todas las muestras ensayadas que permiten una clasificación aproximada, en función del PG-3.

TERRENO NATURAL SUBYACENTE			
MUESTRA/PARÁMETRO	C-1 0,40-3,00	C-2 0,50-2,70	
ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS	% Pasa tamiz 5 (UNE)	94,6	47,7
	% Pasa Tamiz 0,08 (UNE)	68,3	37,9
	CLASIFICACIÓN	CL	GC
LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 105/72)	Límite Líquido	34,3	52,2
	Límite Plástico	15,5	20,2
	Índice de Plasticidad	18,8	32,0
PRÓCTOR MODIFICADO (UNE 103501/94)	Densidad máx. (g/cm <sup>3</sup> )	1,92	1,91
	Humedad óptima (%)	10,6	10,6
CBR (UNE103502)	Índice CBR (100%)	3,2	4,2
	% Absorción	12,1	12,4
	% Hinchamiento	4,96	7,87
COLAPSO (NLT 254)	Índice de Colapso, Ic	0,45	0,345
HINCH. LIBRE (UNE 103202/95)	% Hinchamiento	--	--
SALES SOLUBLES	%	0,02	0,01
SULFATOS (UNE 103202/95)	%	--	--
YESO	%	0,00	0,00
MATERIA ORGÁNICA (UNE 103204/93)	%	0,00	0,00
CLASIFICACIÓN PG 3	TOLERABLE	TOLERABLE	

Tabla 9.1.- Clasificación del Terreno Natural Subyacente.

En las dos calicatas realizadas el Terreno Natural Subyacente es el mismo, descrito como unas margas y gravas arcillosas, las cuales quedan clasificadas según los criterios del PG 3 como suelo Tolerable. Según el PG-3 estos suelos podrán emplearse en cimiento y núcleo de terraplén pero no en coronación.

## 10 CONCLUSIONES

### 10.1 RESUMEN DEL CONTENIDO DEL ESTUDIO GEOTECNICO.

En este apartado se incluyen, a manera de resumen, los principales datos del estudio geotécnico que se han desarrollado en apartado anteriores y a los cuales remitimos para su completa y mejor comprensión.

El presente estudio se realiza a petición del ENTE PÚBLICO DE DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO.

#### Trabajos realizados (Aptdo. 3):

Los trabajos de campo realizados para el reconocimiento del subsuelo, objeto de proyecto, han consistido en la ejecución de los siguientes ensayos:

ENSAYOS REALIZADOS	Nº DE ENSAYOS	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m)
SONDEOS	2	10,00-15,60
ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH	2	28,40-30,00
CALICATAS DE RECONOCIMIENTO	2	2,70-3,00
ENSAYOS REALIZADOS		Nº DE ENSAYOS
ENSAYOS DE PENETRACION STANDARD SPT		7
EXTRACCION DE MUESTRAS INALTERADAS		5
TESTIGOS PARAFINADOS		4

Tabla 10.1.- Ensayos de campo realizados

#### Descripción de la parcela (Aptdo. 4):

El emplazamiento de la balsa proyectada se encuentra en el paraje “La Fresnada” del término municipal de Alhaurín el Grande, provincia de Málaga.

Como puede observarse en los topográficos siguientes, el emplazamiento se encuentra en la parte alta de una loma de pendientes comprendidas entre el 10% y el 15% hacia el Este. Todo el solar donde se construirá la balsa ha estado dedicado tradicionalmente al cultivo del olivo.

## **Unidades geotécnicas (Aptdo. 6):**

### **U. GEOTÉCNICA 1: SUELO EDÁFICO.**

Este horizonte edáfico varía en su naturaleza según lo haga el substrato. Así en todos los ensayos es de carácter arcilloso o limoso a excepción de en la cata C-2, donde es de carácter gravoso. En todos los casos presenta unas tonalidades pardas características e indicios de arena.

### **U. GEOTÉCNICA 2<sub>1</sub>: MIOCENO. ARCILLAS MARGOSAS, MARRÓN VERDOSAS FIRMES.**

#### **Acotación de la U. Geotécnica**

Este nivel constituye el estrato superior del substrato natural o Terreno Natural Subyacente. Se ha reconocido bajo el terraplén desde la cota 488,50 hasta la 485,99 y al lado del terraplén entre las cotas 489,00 y 485,00.

Este nivel está constituido por una arcilla margosa de tonalidades marrón verdosas con abundantes nódulos de carbonatos. Se reconocen lisos negruzcos de manganeso, sintomáticos de que ha habido periodos con saturación en agua.

### **U. GEOTÉCNICA 2<sub>2</sub>: MIOCENO. MARGAS BEIGES-PARDAS-VERDOSAS FIRMES.**

#### **Acotación de la U. Geotécnica**

Este nivel constituye el estrato superior del substrato natural o Terreno Natural Subyacente. Se ha reconocido bajo el terraplén desde la cota 488,50 hasta la 485,99 y al lado del terraplén entre las cotas 489,00 y 485,00.

Este nivel está constituido por una arcilla margosa de tonalidades marrón verdosas con intercalaciones de estratos grises. Se reconocen lisos negruzcos de manganeso, sintomáticos de que ha habido periodos con saturación en agua.

### **U. GEOTÉCNICA 2<sub>3</sub>: MIOCENO. GRAVAS ARCILLOSAS MARRÓN VERDOSAS COMPACTAS.**

Esta unidad ha sido reconocida desde las cotas 485,0-486,0 y se prolonga por debajo de las profundidades alcanzadas por los reconocimientos, por debajo de la cota 479,60.

Este nivel está constituido por un estrato o banco de gravas en el seno de las arcillas que constituyen la unidad anterior. Se trata de gravas arcillosas de matriz marrón verdosa con clastos de mármol, muy redondeados y de alta esfericidad. El tamaño máximo de clasto identificado es de 30 cm. mientras que el medio es de 5 cm.

#### Medida del nivel freático (Aptdo. 3.1.6):

Aunque no se ha detectado agua en el piezómetro instalado en el interior del sondeo realizado por las fechas en las que nos encontramos, es muy probable que ésta haya actuado de catalizador de la rotura del terraplén en periodos de lluvias intensas.

#### Condiciones de estabilidad de ladera y cimentación (Aptdo. 10.):

Tras el estudio realizado se puede concluir que tanto ladera, como desmonte proyectado son estables tanto en situaciones a corto plazo como a largo plazo, con balsa vacía y llena. En cuanto a las condiciones de cimentación del terraplén proyectado se concluye que el substrato presenta suficiente capacidad portante y es suficientemente estable para las solicitudes del proyecto. El apoyo de esta cimentación deberá realizarse tras salvar el horizonte de suelo edáfico (Unidad Geotécnica 1) y ejecutar el correspondiente cajeadado de forma escalonada para salvar las diferencias de cotas en el apoyo de la cimentación.

### 10.2 RECOMENDACIONES GENERALES.

Por último, debe de indicarse que las consideraciones expuestas en el presente informe han sido deducidas a partir de ensayos puntuales, constituyendo una extrapolación al conjunto de la parcela en las condiciones actuales del subsuelo.

Ello no es óbice para que puedan producirse variaciones con respecto al esquema definido, derivadas de la heterogeneidad que pueda presentar el terreno, o bien de alteraciones posteriores antrópicas (rellenos, excavaciones, etc...) realizadas con anterioridad al comienzo de la obra.

En cualquier caso, se ha de comprobar o verificar mientras dure la fase de excavación de la cimentación que el terreno que aparece se corresponde con el descrito en el informe.



Fdo.: D. José Carlos Blanco Marín  
DPTO. GEOTECNIA



Fdo.: D. Miguel Ángel Fernández Vélez  
JEFE DPTO. GEOTECNIA

---

*Este informe consta de CUARENTA Y NUEVE páginas numeradas y selladas y de un apartado de anexos.*

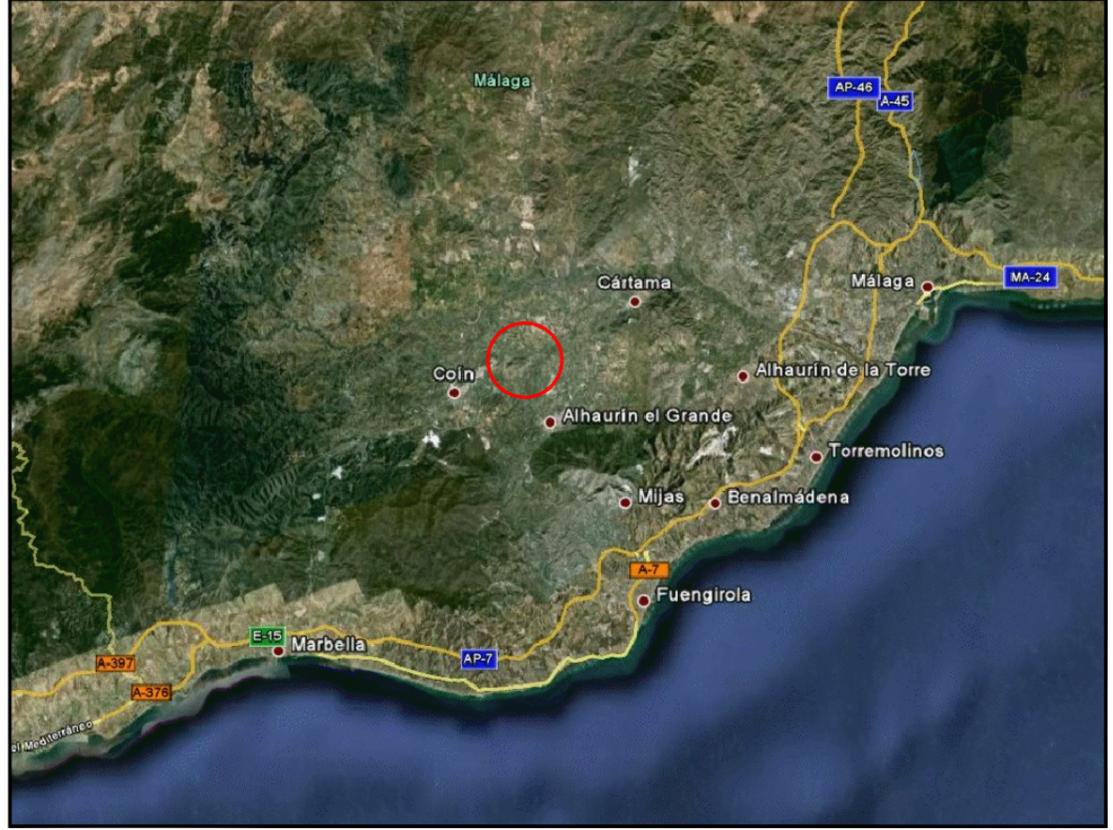
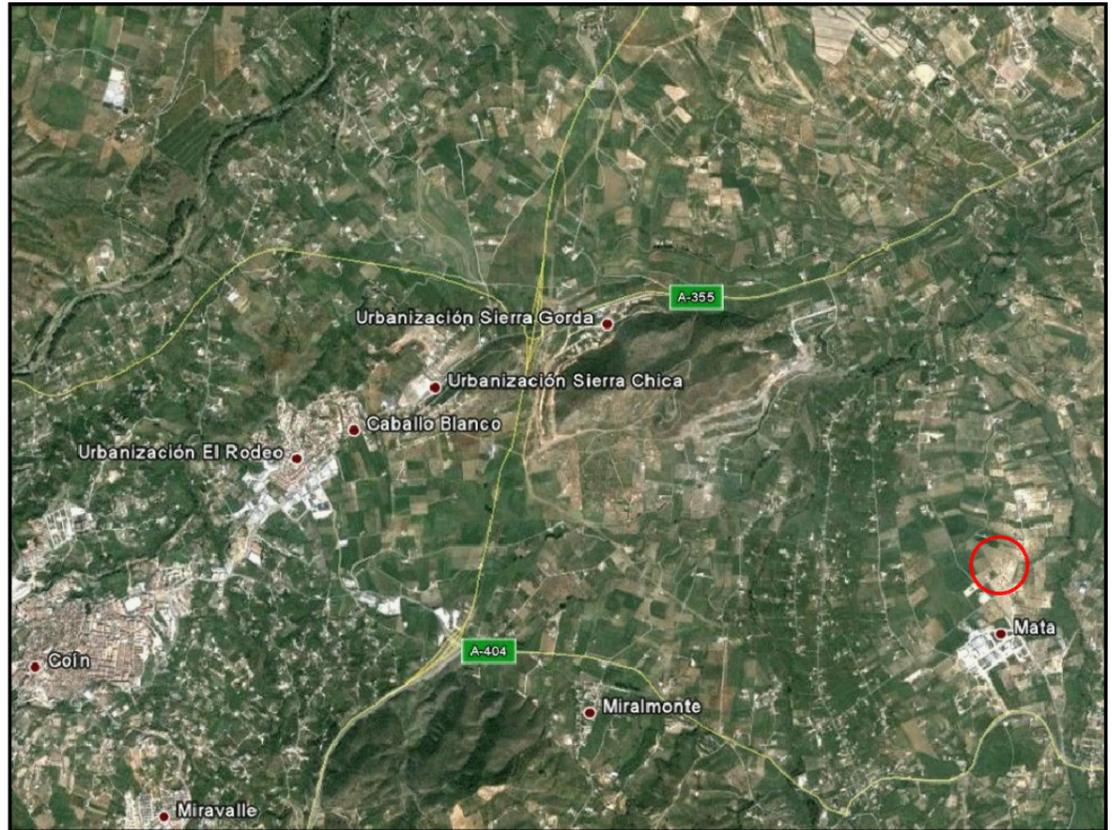
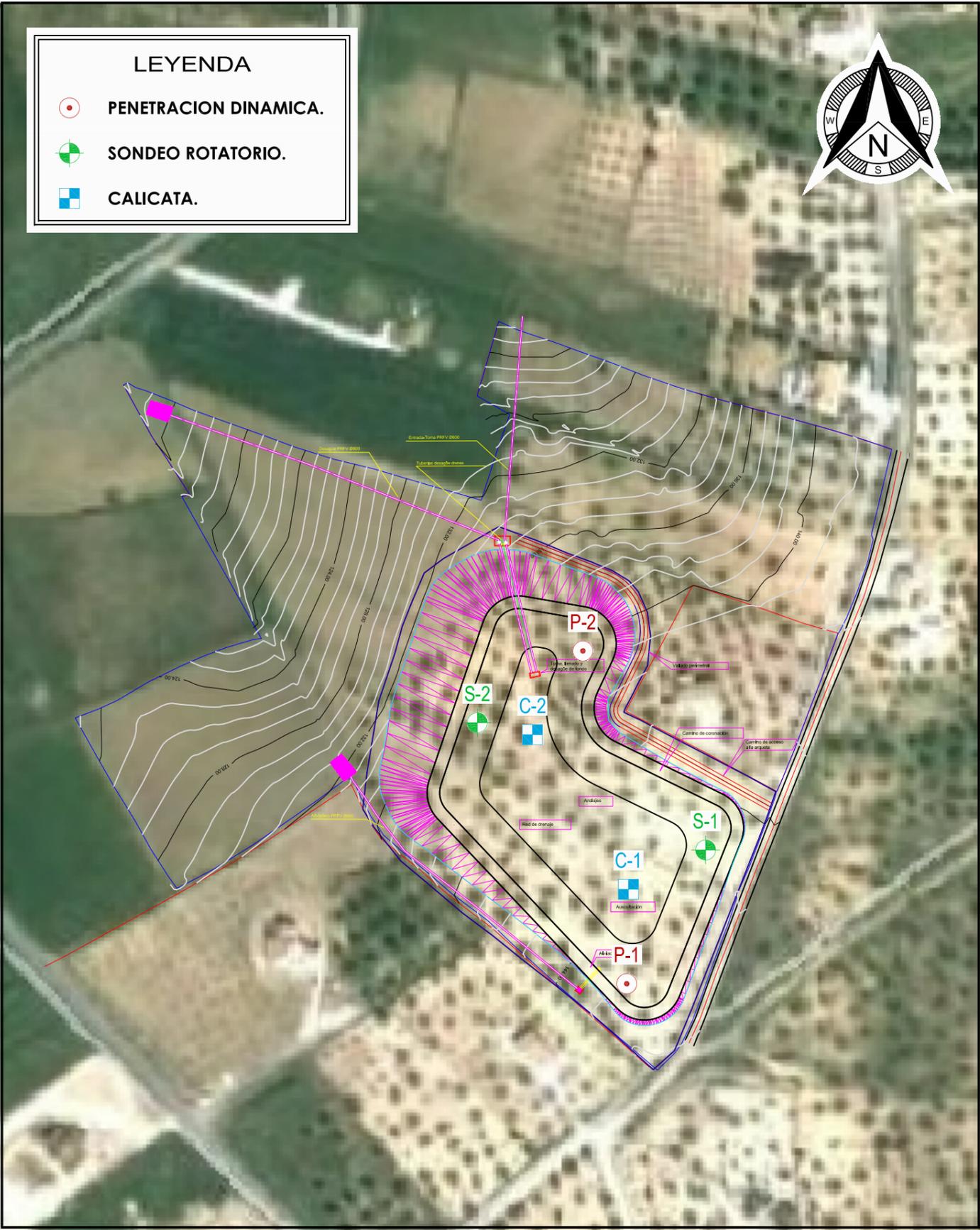
ANEXOS

ANEXOS

PLANO DE SITUACIÓN DE ENSAYOS

**LEYENDA**

-  PENETRACION DINAMICA.
-  SONDEO ROTATORIO.
-  CALICATA.



DIBUJADO: SRUIZ  
FECHA: 05/07/2010

PARTES DE ENSAYOS DE SONDEOS

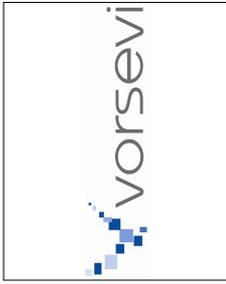
PARTES DE ENSAYOS DE SONDEOS





PARTES DE ENSAYOS DE CALICATAS

PARTES DE ENSAYOS DE CALICATAS



PETICIONARIO: ENTE PÚBLICO DE DES. AGRARIO Y PESQUERO  
 PROYECTO: Balsa 2. Cortijo Viuda La Fresnada  
 LOCALIDAD: ALHAURÍN EL GRANDE (MÁLAGA)  
 FECHA: 27 de Julio de 2010  
 COORDENADAS: X= 348901 Y= 4058925 Z= 144 OBRA: 40036321

CALICATA: C-1  
 RETROEXCAVADORA: CAT-4320  
 SUPERVISOR: J. CARLOS BLANCO  
 HOJA: 1/1

Escala 1:45	Profundidad	Espesor	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	Vane Test [kp/cm <sup>2</sup> ]	Penetrómetro 1, 3, 3, 4 de bolsillo	Muestra	% Humedad	Densidad Seca [g/cm <sup>3</sup> ]	% T <sub>5</sub> [UNE]	% T <sub>0,08</sub> [UNE]	W <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>	Clasificación U.S.C.S.	D <sub>max</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]	H <sub>opt</sub> %	Índice CBR [100%]	Índice CBR [95%]	% Absorción [CBR]	Hinchamiento CBR	Hinchamiento libre %	P. M. Hinchamiento [kp/cm <sup>2</sup> ]	Ic [Colapso]	I. Exp. [Lambe] [kg/cm <sup>2</sup> ]	Sulfatos [mg/kg]	Carbonatos %	Materia orgánica %	Acidez Bauman-Gully	% Sales solubles	% Yeso	
0.40	0.40			SUELO EDÁFICO. ARCILLAS CON INDICIOS DE ARENA PARDAS. MARGAS BEIGES PARDAS VERDOSAS (FIRME). -Alto contenido en nódulos de carbonato. -Textura nodular con coloraciones verdosas y marrones. -Restos de raíces.				+0.40																								
1		2.60						IMA-1			-94.6	68.3	34.3	18.8	CL	1.92	10.60	3.20	2.30	7.90	4.72			-0.450				0.00				
2																																
3	3.00							+3.00																								
4																																

OBSERVACIONES:  
 MA: Muestra Alterada. MI: Muestra Inalterada. TP: Testigo Parafinado. SH: Shelby.

EXCAVABILIDAD: EXCAVABLE.  
 ESTABILIDAD PAREDES: MUY ESTABLE.  
 ORIGEN:

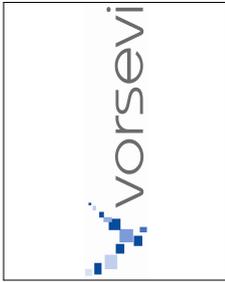
RESPONSABLE DE ENSAYOS FÍSICOS  
 DEL GRUPO DE AREAS DE GEOTECNIA

Fdo. D. Miguel A. Fernández Vélez

ENSAYO ACREDITADO  
 N° INSCRIPCIÓN LABORATORIO LE044-SE05  
 BOJA N° 103 DE 30/05/2005

DIRECTOR DE LABORATORIO

Fdo. D. José Luis Rojas de la Puerta



**PETICIONARIO:** ENTE PÚBLICO DE DES. AGRARIO Y PESQUERO  
**PROYECTO:** Balsa 2. Cortijo Viuda La Fresnada  
**LOCALIDAD:** ALHAURÍN EL GRANDE (MÁLAGA)  
**FECHA:** 27 de Julio de 2010  
**COORDENADAS:** X= 348850 Y= 4059045 Z= 138 OBRA: 40036321  
**CALICATA:** C-2  
**RETROEXCAVADORA:** CAT-4320  
**SUPERVISOR:** J. CARLOS BLANCO  
**HOJA:** 1/1

Escala 1:45	Profundidad	Espesor	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	Vane Test [kp/cm²]	Penetrómetro 1, 3, 3, 4 de bolsillo	Muestra	% Humedad	Densidad Seca [g/cm³]	% T <sub>5</sub> [UNE]	% T <sub>0,08</sub> [UNE]	W <sub>i</sub>	I <sub>p</sub>	Clasificación U.S.C.S.	D <sub>max</sub> [g/cm³]	H <sub>opt</sub> %	Índice CBR [100%]	Índice CBR [95%]	% Absorción [CBR]	Hinchamiento CBR	Hinchamiento libre %	P. M. Hinchamiento [kp/cm²]	Ic [Colapso]	I. Exp. [Lambe] [kg/cm²]	Sulfatos [mg/kg]	Carbonatos %	Materia orgánica %	Acidez Bauman-Gully	% Sales solubles	% Yeso	
0.50	0.50	0.50		SUELO EDÁFICO. GRAVAS ARENOSAS PARDAS.				+0.50																								
1		2.20		GRAVAS ARCILLOSAS DE MATRIZ MARRÓN VERDOSAS COMPACTAS. -Clastos de mármol, muy redondeadas y de alta esfericidad. -Tamaño máximo 30 cm y medio 5 cm (heterométricas). -Matriz de arcilla vercosa. -Rechazo a 2.70 m.				MA-1			-47.7 + 37.9 + 52.2			32	GC	1.91	10.60	4.20	2.60	8.30	7.36			-0.945								
2																																
3		2.70						+2.70																								
4																																

OBSERVACIONES:  
 MA: Muestra Alterada. MI: Muestra Inalterada. TP: Testigo Parafinado. SH: Shelby.

EXCAVABILIDAD: EXCAVABLE.  
 ESTABILIDAD PAREDES: ESTABLE.  
 ORIGEN:

RESPONSABLE DE ENSAYOS FÍSICOS  
 DEL GRUPO DE AREAS DE GEOTECNIA

Fdo. D. Miguel A. Fernández Vélez

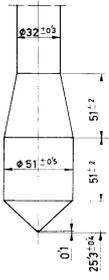
ENSAYO ACREDITADO  
 N° INSCRIPCIÓN LABORATORIO LE044-SE05  
 BOJA N° 103 DE 30/05/2005

DIRECTOR DE LABORATORIO

Fdo. D. José Luis Rojas de la Puerta

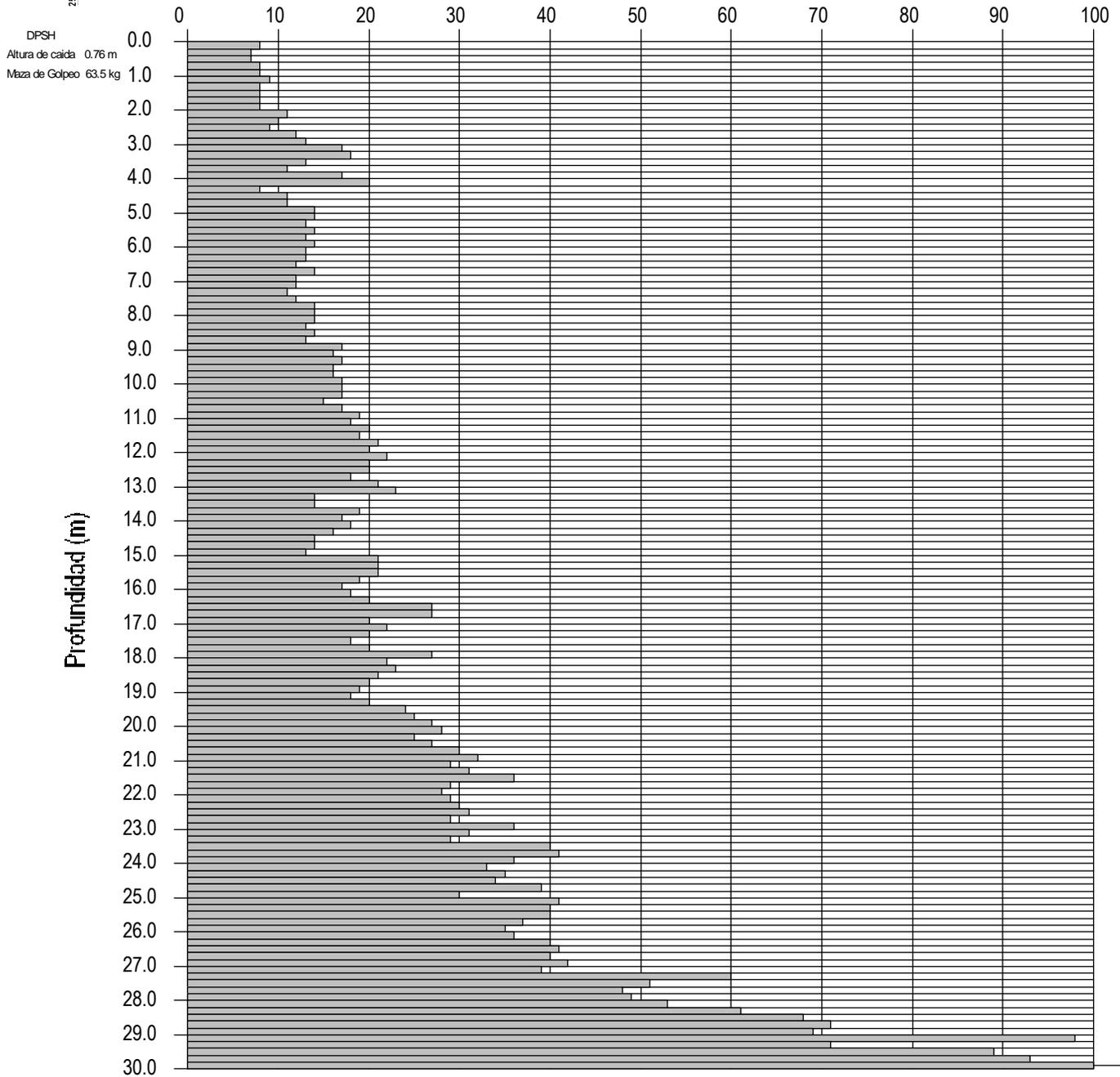
GRÁFICOS Y LISTADOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO DPSH

## ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH



Petitionario: ENTE PÚBL. DESARROLLO AGRARIO Y PESQ.,		<b>SNº ENSAYO : 1</b>
Situación : "CORTIJO DE LA VIUDA" Y "FRESNADA"		Expediente : 40036321
Población : ALHAURÍN DE LA TORRE (MÁLAGA)		Fecha : 04/08/2010
Coordenadas X: 348887	Y: 4058900	Cota : 144

Golpes por 20 cm



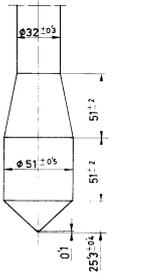
ENSAYO ACREDITADO: ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (DPHS) SEGÚN UNE-103-801-94

VºBº  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS FÍSICOS  
 DEL GRUPO DE AREAS DE GEOTECNIA  
 Fdo. D. Miguel A. Fernández Vélez

ENSAYO ACREDITADO  
 Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO LE044-SE05  
 BOJA Nº 103 DE 30/05/2005

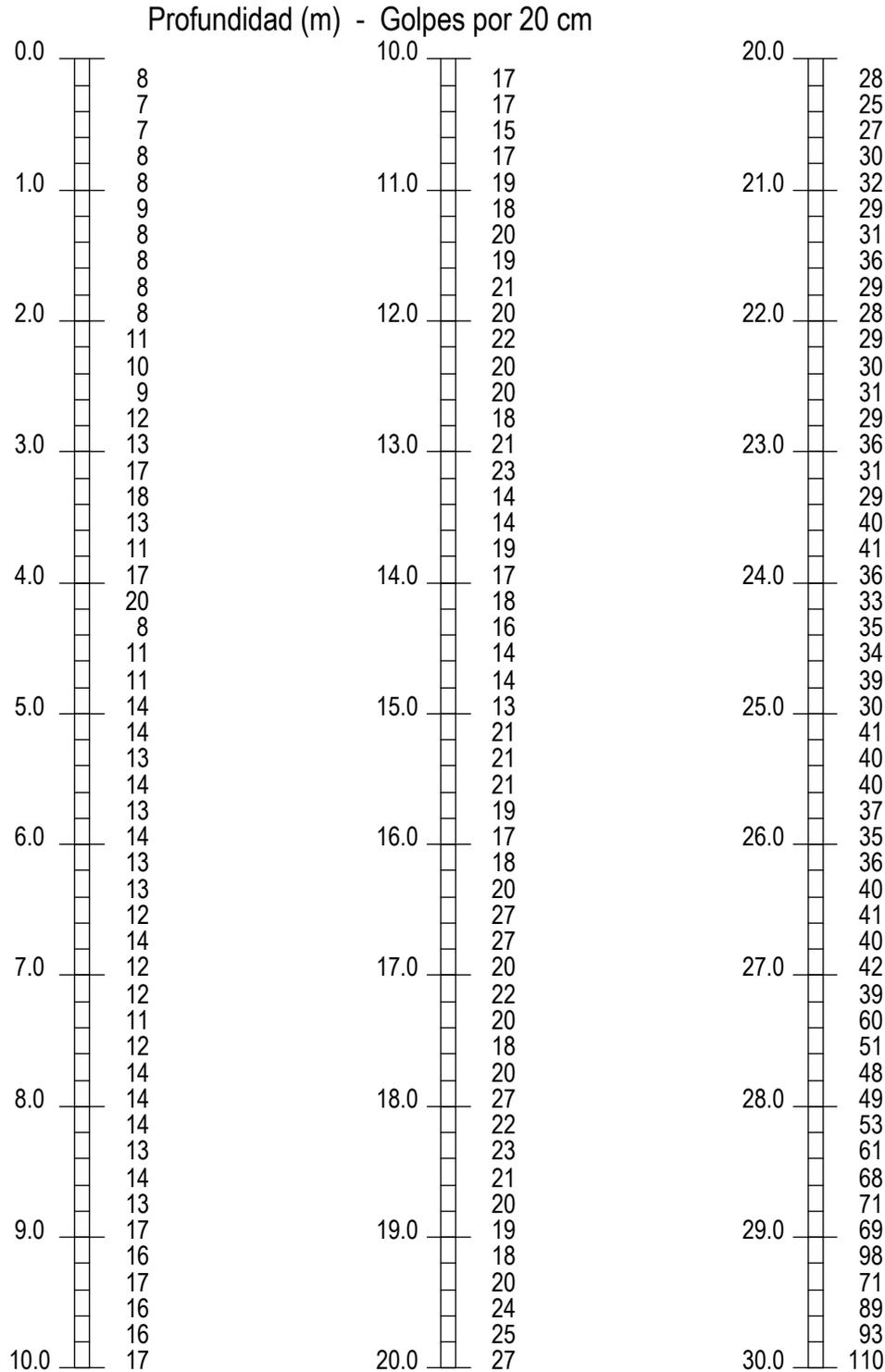
VºBº  
 DIRECTOR DE LABORATORIO  
 Fdo. D. Jose Luís Rojas de la Puerta

## ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH



DPSH  
 Altura de caída 0.76 m  
 Maza de Golpeo 63.5 kg

Petionario: ENTE PÚBL. DESARROLLO AGRARIO Y PESQ.,		<b>SNº ENSAYO : 1</b>
Situación : "CORTIJO DE LA VIUDA" Y "FRESNADA"		Expediente 40036321
Población : ALHAURÍN DE LA TORRE (MÁLAGA)		Fecha : 04/08/2010
Coordenadas X: 348887	Y: 4058900	Cota : 144



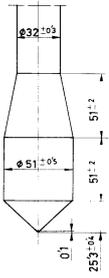
ENSAYO ACREDITADO: ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (DPSH) SEGÚN UNE-103-801-94

VºBº  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS FÍSICOS  
 DEL GRUPO DE AREAS DE GEOTECNIA  
 Fdo. D. Miguel A. Fernández Vélez

ENSAYO ACREDITADO  
 Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO LE044-SEO5  
 BOJA Nº 103 DE 30/05/2005

VºBº  
 DIRECTOR DE LABORATORIO  
 Fdo. D. Jose Luís Rojas de la Puerta

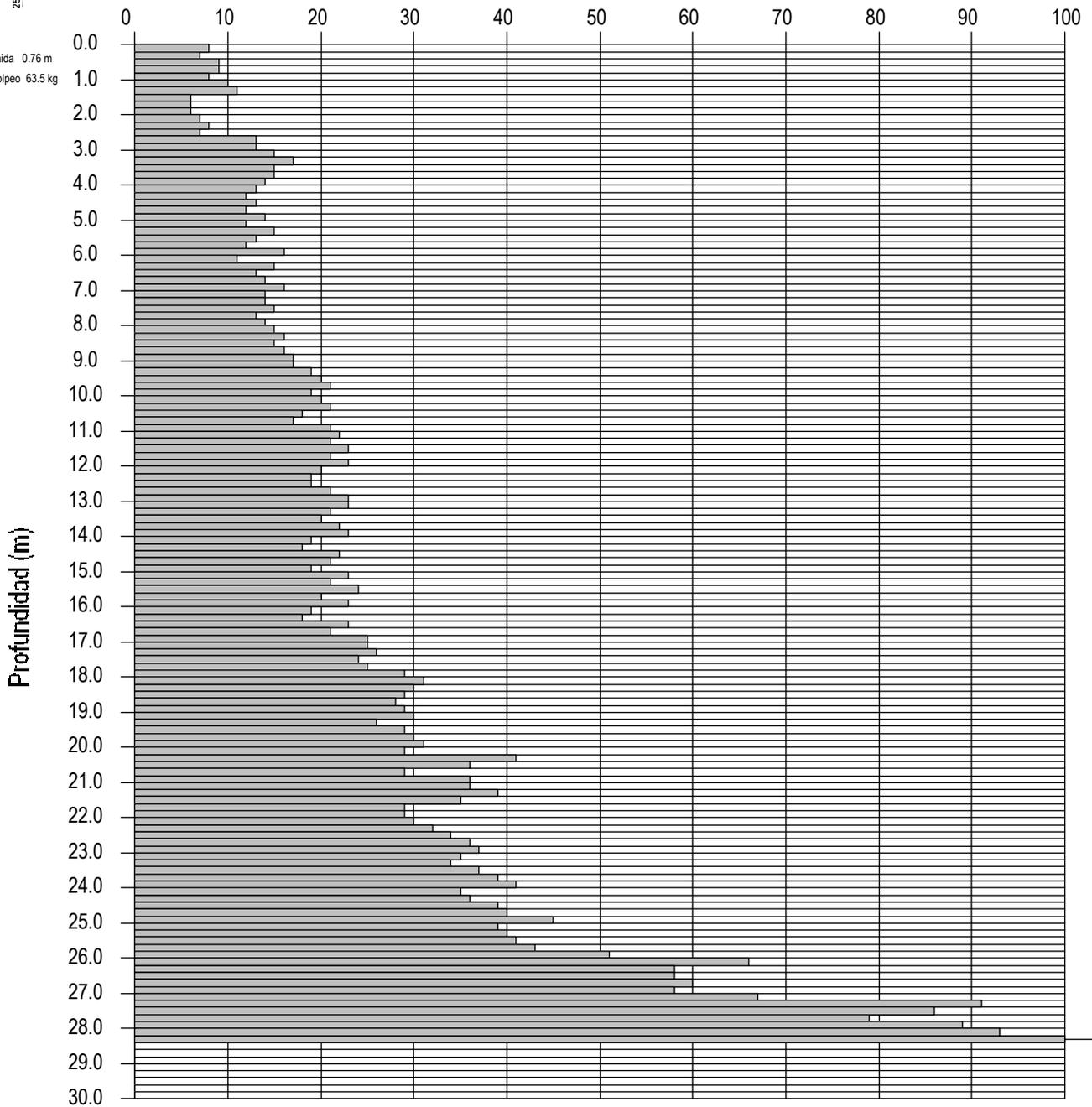
## ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH



Petionario: ENTE PÚB.DESARROLLO AGRARIO Y PESQ.,		<b>SNº ENSAYO :2</b>
Situación : "CORTIJO DE LA VIUDA" Y "FRESNADA"		Expediente :40036321
Población : ALHAURÍN DE LA TORRE (MÁLAGA)		Fecha : 04/08/2010
Coordenadas X: 348875	Y: 4059040	Cota : 139

Golpes por 20 cm

DPSH  
 Altura de caída 0.76 m  
 Maza de Golpeo 63.5 kg



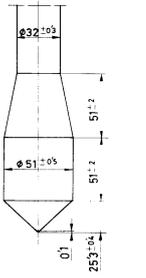
ENSAYO ACREDITADO: ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (DPHS) SEGÚN UNE-103-801-94

VºBº  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS FÍSICOS  
 DEL GRUPO DE AREAS DE GEOTECNIA  
 Fdo. D. Miguel A. Fernández Vélez

ENSAYO ACREDITADO  
 Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO LE044-SE05  
 BOJA Nº 103 DE 30/05/2005

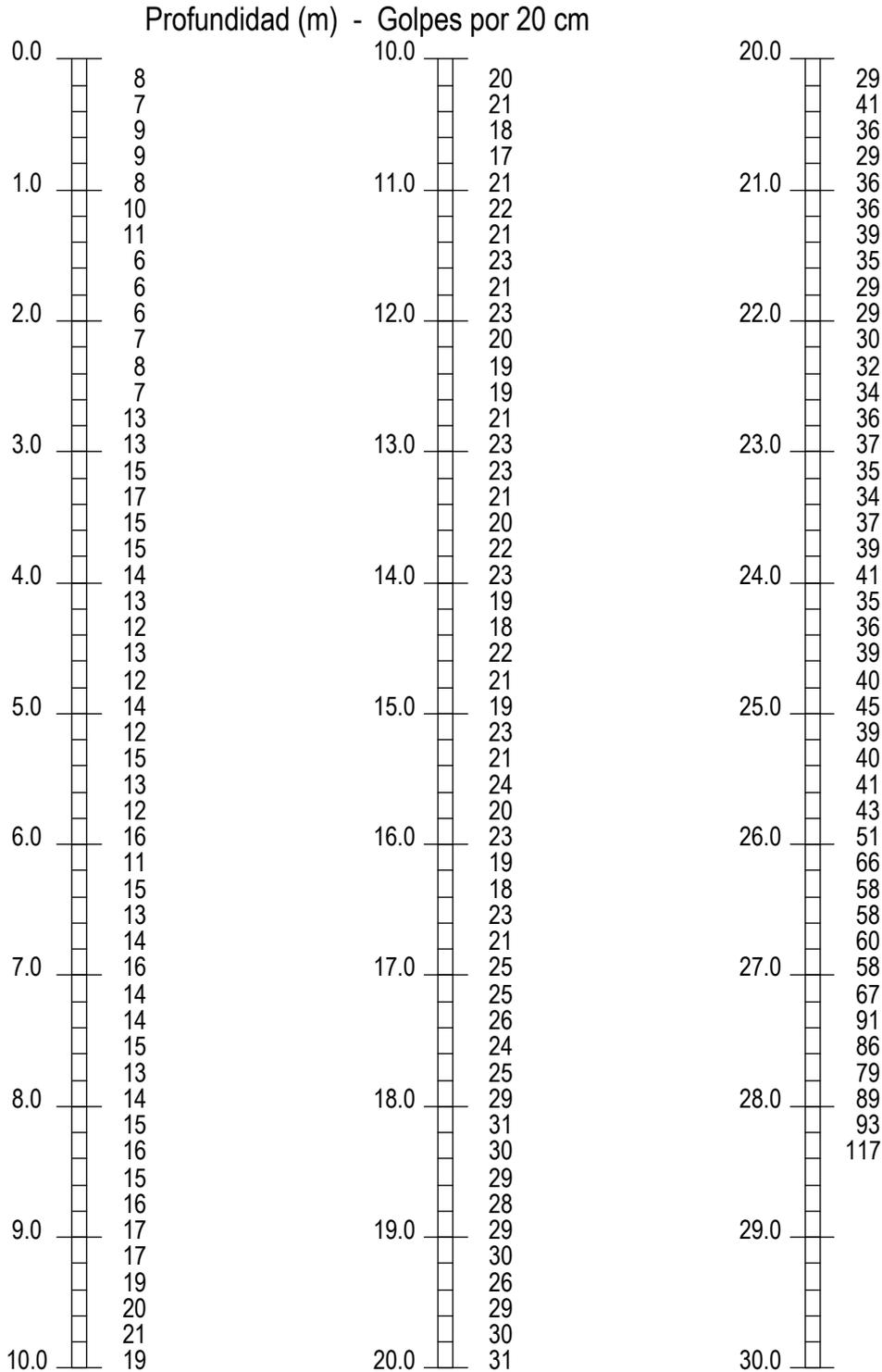
VºBº  
 DIRECTOR DE LABORATORIO  
 Fdo. D. Jose Luís Rojas de la Puerta

## ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH



DPSH  
 Altura de caída 0.76 m  
 Maza de Golpeo 63.5 kg

Petionario: ENTE PÚBL. DESARROLLO AGRARIO Y PESQ.,		<b>SNº ENSAYO :2</b>
Situación : "CORTIJO DE LA VIUDA" Y "FRESNADA"		Expediente 40036321
Población : ALHAURÍN DE LA TORRE (MÁLAGA)		Fecha : 04/08/2010
Coordenadas X: 348875	Y: 4059040	Cota : 139



ENSAYO ACREDITADO: ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (DPSH) SEGÚN UNE-103-801-94

VºBº  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS FÍSICOS  
 DEL GRUPO DE ÁREAS DE GEOTECNIA  
 Fdo. D. Miguel A. Fernández Vélez

ENSAYO ACREDITADO  
 Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO LE044-SEO5  
 BOJA Nº 103 DE 30/05/2005

VºBº  
 DIRECTOR DE LABORATORIO  
 Fdo. D. Jose Luís Rojas de la Puerta

PARTES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PARTES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Nº MUESTRA: I-MLB-7670/10

Nº ACTA-2010/13923

### ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUIÁS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 15/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** S-2 MI-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 1.20 - Máx: 1.80

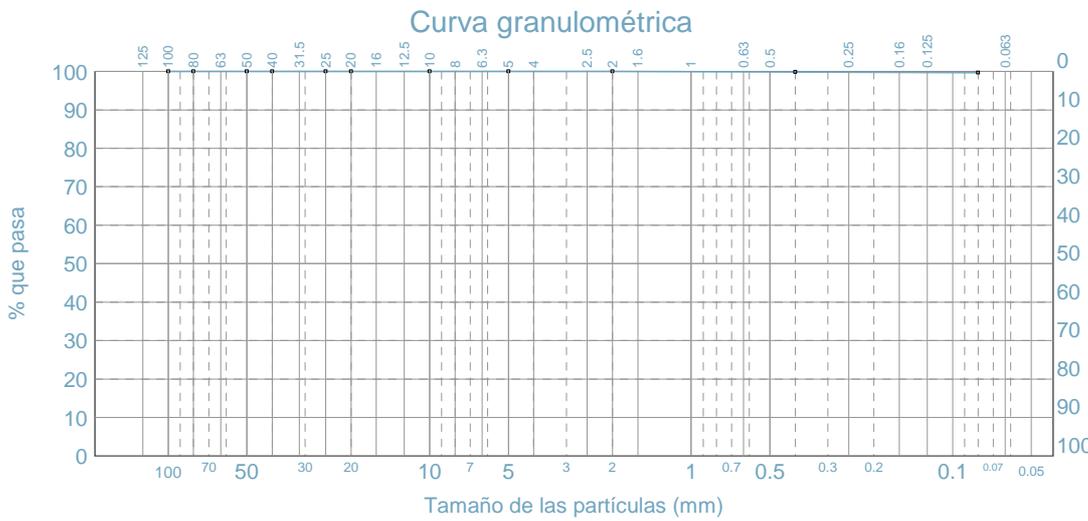
**TIPO MUESTRA:** INALTERADA (MI)

**FECHA INICIO:** 29/07/2010

**FECHA FIN:** 03/08/2010

### ENSAYOS A UN SUELO

Análisis granulométrico de suelos por tamizado UNE 103-101

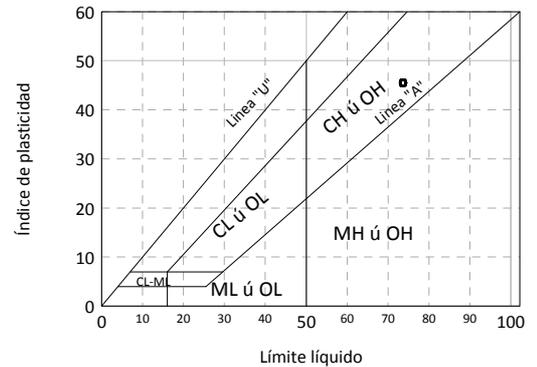


$Cu = D_{60}/D_{10} = 6.0$

$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) = 1.5$

Tamiz (mm)	Pasa (%)
100	100.0
80	100.0
50	100.0
40	100.0
25	100.0
20	100.0
10	100.0
5	100.0
2	100.0
0.4	99.9
0.08	99.7

Ábaco de Casagrande



**Preparación de muestras para ensayos de suelos UNE 103-100**

Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande UNE 103-103

**Límite líquido: 73.5**

Determinación del límite plástico de un suelo UNE 103-104

**Límite plástico: 28.0**

**Índice de Plasticidad: 45.5**

Humedad mediante secado en estufa UNE 103-300

**W: 22.6 %**

Método de ensayo normalizado de clasificación de suelo ASTM-D-2487

**CH : Arcilla grasa**

Símbolo/nombre de grupo

Clasificación de suelos AASHTO M-145, Símbolo(índice grupo)

**Descripción:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**Observaciones:** Muestreado por laboratorio

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable ensayos físicos

REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantín nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DI

<b>IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:</b>	S-2 MI-1	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
<b>FECHA DE TOMA:</b> 15/07/2010	<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	1.20	1.80
<b>LOTE:</b>	<b>TIPO DE MUESTRA:</b> INALTERADA (MI)		
<b>FECHA INICIO:</b> 29/07/2010	<b>FECHA FIN:</b> 30/07/2010		

### DENSIDAD DE UN SUELO. MÉTODO DE LA BALANZA HIDROSTÁTICA UNE 103-301

<b>M<sub>1</sub></b>	Masa de la Muestra (g)	234,100
<b>M<sub>2</sub></b>	Masa de la Muestra Parafinada (g)	239,310
<b>M<sub>3</sub></b>	Masa de la Parafina añadida (g)	5,210
<b>M<sub>4</sub></b>	Masa de la muestra + parafina sumergida (g)	109,550

<b>r<sub>p</sub></b>	Densidad de la Parafina (g/cm <sup>3</sup> )	0,879
----------------------	--	-------

<b>V<sub>1</sub></b>	Volumen de la Parafina (cm <sup>3</sup> )	5,927
<b>V<sub>2</sub></b>	Volumen de la Muestra (cm <sup>3</sup> )	123,833

<b>r</b>	Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1,890
<b>r<sub>d</sub></b>	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,542

**DESCRIPCIÓN:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**OBSERVACIONES:**

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable de ensayos físicos



REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº  
INSCRIPCIÓN LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA  
Nº 59 DE 28/03/05

Málaga, 13 de agosto de 2010

Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:** S-2 MI-1

**FECHA DE TOMA:** 15/07/2010

**PROFUNDIDAD (m):** INICIO 1.20 FIN 1.80

**LOTE:** TIPO DE MUESTRA: INALTERADA (MI)

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO UNE 103-401

#### DIMENSIONES DE LA PROBETA

Diámetro (mm): 50  
 Altura (mm): 24  
 Área (cm<sup>2</sup>): 19,63  
 Volumen (cm<sup>3</sup>): 47,12

#### PARÁMETROS FÍSICOS DE LAS PROBETAS

	I	II	III
Humedad inicial (%):	25,9	26,3	26,9
Humedad final (%):	29,1	28,8	28,3
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ):	1,52	1,51	1,51

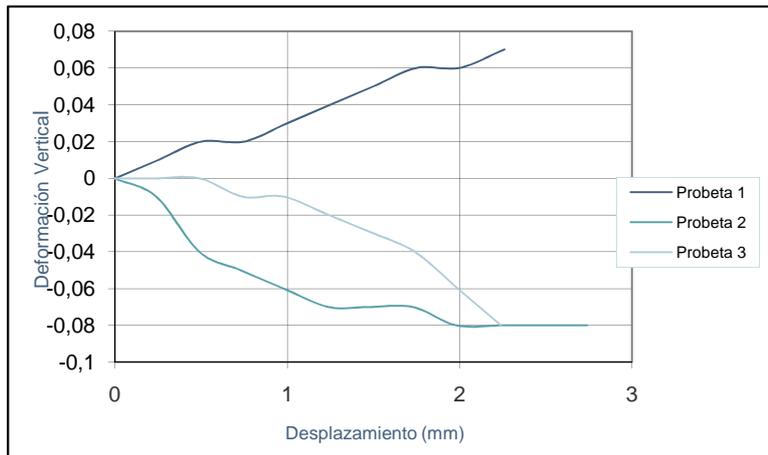
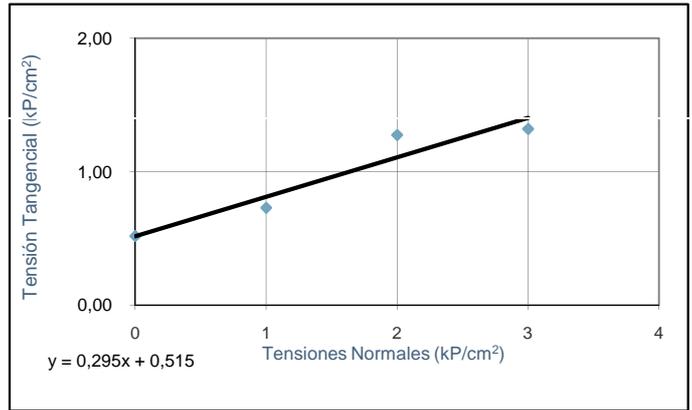
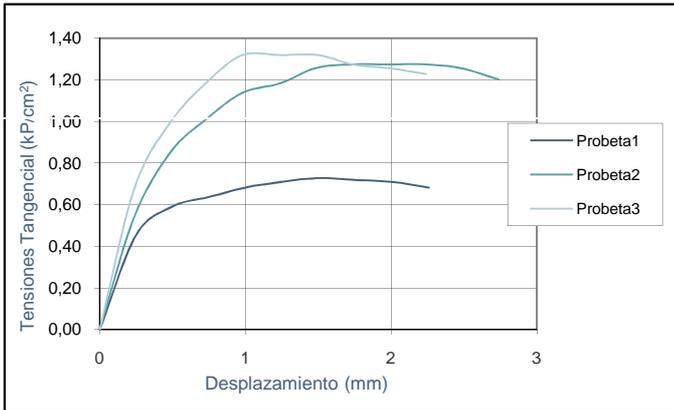
#### PARÁMETROS DEL ENSAYO

Velocidad del Ensayo (mm/min): 0,05  
 Tipo de Ensayo: CD

#### TENSIONES APLICADAS A LAS PROBETAS

	I	II	III
T. Normal (kp/cm <sup>2</sup> ):	1,0	2,0	3,0
T. Tangencial (kp/cm <sup>2</sup> ):	0,73	1,27	1,32

Vorsevi S.A. Polig. Guadalhorce C./ Alejandro Casón, 30 - 29004 MÁLAGA



**COHESIÓN EFECTIVA**  
 (kp/cm<sup>2</sup>): c' = 0,52  
**Ángulo de rozamiento**  
 efectivo interno (º): ϕ' = 16,47

**DESCRIPCIÓN:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**OBSERVACIONES:**

Juan Carlos Illescas Navarro  
 Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Responsable de ensayos físicos

REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN  
 LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05



Matías Camacho Parrilla  
 Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
 Director del laboratorio

Nº MUESTRA: I-MLB-7670/10

Nº ACTA-2010/13925

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 15/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** S-2 MI-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 1.20 - Máx: 1.80

**TIPO MUESTRA:** INALTERADA (MI)

**FECHA INICIO:** 10/08/2010

**FECHA FIN:** 11/08/2010

## ENSAYOS A UN SUELO IDENTIFICACIÓN QUÍMICA DE SUELOS

		Agresividad	
Sulfatos (EHE-08 UNE 83963)	0 mg/Kg	No agresivo	-
Acidez Bauman - Gully (EHE-08 UNE 83962)	5 ml/kg	No agresivo	-
		<b>No agresivo</b>	<b>-</b>

**Descripción:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**Observaciones:** Muestreado por laboratorio

Silvia Heredia  
Químico  
Responsable de Ensayos Químicos



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



Málaga, 13 de agosto de 2010

Vorsevi, S.A., Málaga

Página 1 de 1

Nº MUESTRA: I-MLB-7671/10

Nº ACTA-2010/13927

### ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUIÁS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 15/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** S-2 MI-2

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 5.40 - Máx: 6.00

**TIPO MUESTRA:** INALTERADA (MI)

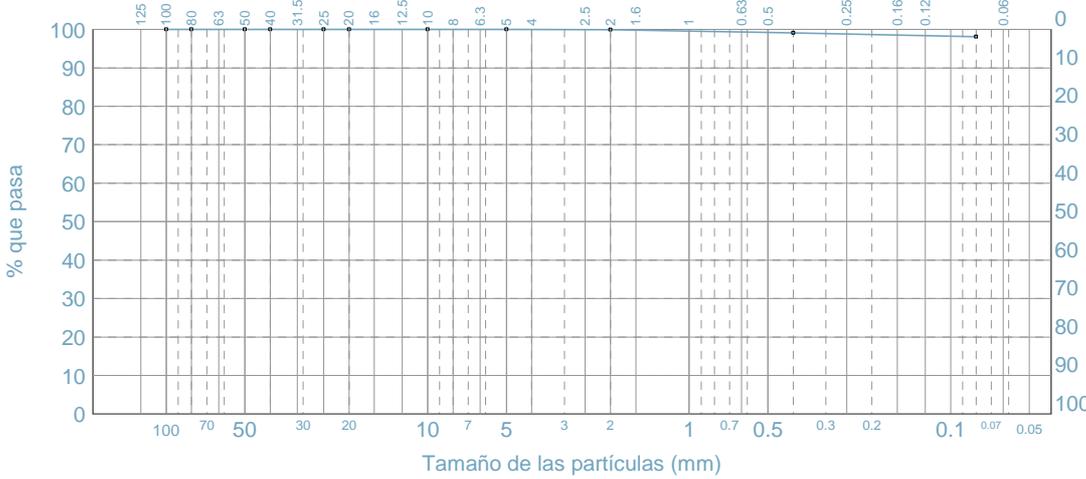
**FECHA INICIO:** 29/07/2010

**FECHA FIN:** 03/08/2010

### ENSAYOS A UN SUELO

Análisis granulométrico de suelos por tamizado UNE 103-101

Curva granulométrica

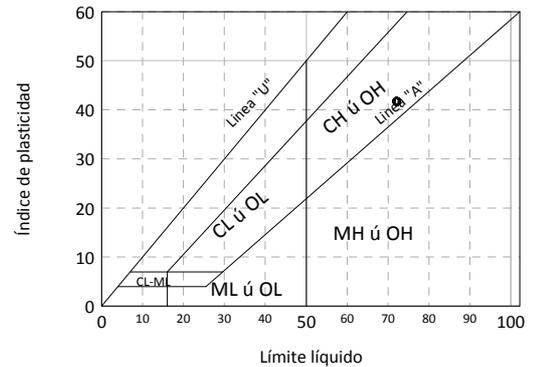


$Cu = D_{60}/D_{10} = 6.0$

$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) = 1.5$

Tamiz (mm)	Pasa (%)
100	100.0
80	100.0
50	100.0
40	100.0
25	100.0
20	100.0
10	100.0
5	100.0
2	99.9
0.4	99.1
0.08	98.1

Ábaco de Casagrande



Preparación de muestras para ensayos de suelos UNE 103-100

Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande UNE 103-103

**Límite líquido: 72.0**

Determinación del límite plástico de un suelo UNE 103-104

**Límite plástico: 30.3**

**Índice de Plasticidad: 41.7**

Humedad mediante secado en estufa UNE 103-300

**W: 27.7 %**

Método de ensayo normalizado de clasificación de suelo ASTM-D-2487

**CH : Arcilla grasa**

Símbolo/nombre de grupo

Clasificación de suelos AASHTO M-145, Símbolo(índice grupo)

**Descripción:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**Observaciones:** Muestreado por laboratorio

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable ensayos físicos

REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantín nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DI

<b>IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:</b>	S-2 MI-2	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
<b>FECHA DE TOMA:</b> 15/07/2010	<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	5.40	6.00
<b>LOTE:</b>	<b>TIPO DE MUESTRA:</b> INALTERADA (MI)		
<b>FECHA INICIO:</b> 29/07/2010	<b>FECHA FIN:</b> 30/07/2010		

### DENSIDAD DE UN SUELO. MÉTODO DE LA BALANZA HIDROSTÁTICA UNE 103-301

<b>M<sub>1</sub></b>	Masa de la Muestra (g)	291,350
<b>M<sub>2</sub></b>	Masa de la Muestra Parafinada (g)	293,440
<b>M<sub>3</sub></b>	Masa de la Parafina añadida (g)	2,090
<b>M<sub>4</sub></b>	Masa de la muestra + parafina sumergida (g)	139,150

<b>r<sub>p</sub></b>	Densidad de la Parafina (g/cm <sup>3</sup> )	0,879
----------------------	--	-------

<b>V<sub>1</sub></b>	Volumen de la Parafina (cm <sup>3</sup> )	2,378
<b>V<sub>2</sub></b>	Volumen de la Muestra (cm <sup>3</sup> )	151,912

<b>r</b>	Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1,918
<b>r<sub>d</sub></b>	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,502

**DESCRIPCIÓN:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**OBSERVACIONES:**

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable de ensayos físicos



REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05
--

Málaga, 13 de agosto de 2010

Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantín nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:** S-2 MI-2

**INICIO**

**FIN**

**FECHA DE TOMA:** 15/07/2010

**PROFUNDIDAD (m):** 5.40

6.00

**FECHA INICIO:** 29/07/2010

**FECHA FIN:** 30/07/2010

**LOTE:**

**TIPO DE MUESTRA:** INALTERADA (MI)

### ENSAYO DE ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS DE SUELO UNE 103-400

#### DIMENSIONES DE LA PROBETA

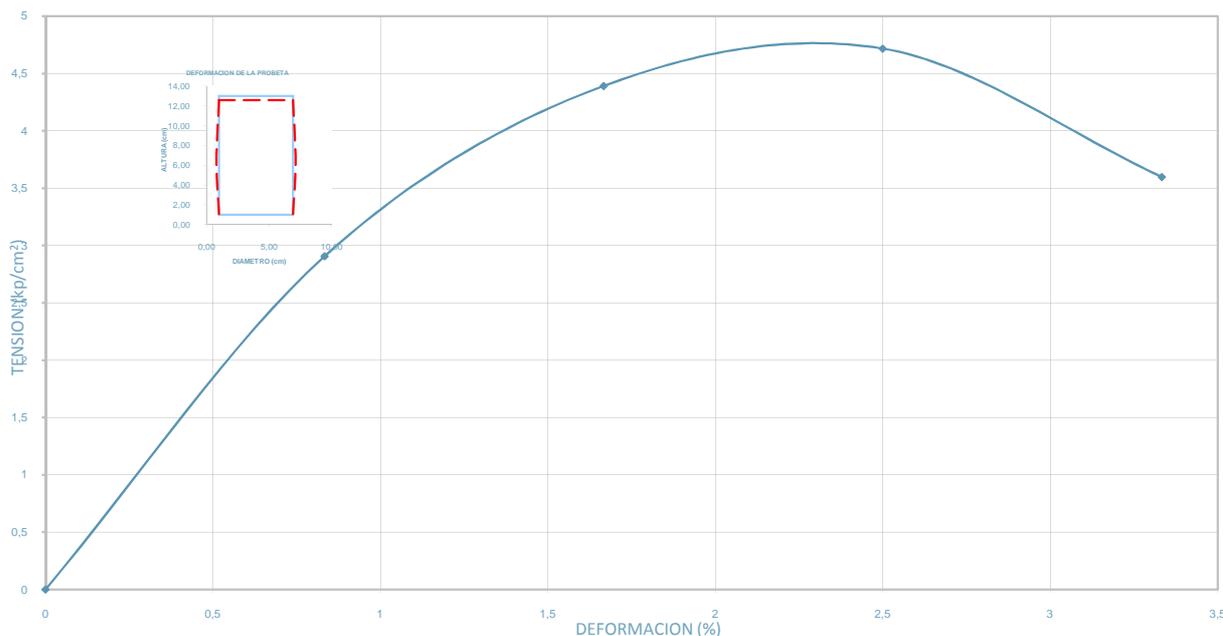
Diámetro (cm): 5,90  
Sección (cm<sup>2</sup>): 27,33  
Altura (cm): 12,00  
Volumen (cm<sup>3</sup>): 328,08

#### PARÁMETROS FÍSICOS DE LA PROBETA

Humedad (%): 41,46  
Densidad húmeda (g/cm<sup>3</sup>): 2,02  
Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>): 1,43

#### PARÁMETROS DEL ENSAYO

Constante (K): 1,271  
Vel. Rotura (%): 2,40



Resistencia a compresión simple ( $q_u$ ):	4,72 kP/cm <sup>2</sup> »	462,54 kPa
Deformación en rotura:	2,50 %	3,00 mm

**DESCRIPCIÓN:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**OBSERVACIONES:**

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Responsable de ensayos físicos




Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



Nº MUESTRA: I-MLB-7671/10

Nº ACTA-2010/13929

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 15/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** S-2 MI-2

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 5.40 - Máx: 6.00

**TIPO MUESTRA:** INALTERADA (MI)

**FECHA INICIO:** 10/08/2010

**FECHA FIN:** 11/08/2010

## ENSAYO A UN SUELO IDENTIFICACIÓN QUÍMICA DE SUELOS

		Agresividad	
Sulfatos (EHE-08 UNE 83963)	2969 mg/Kg	Debil	Qa
Acidez Bauman - Gully (EHE-08 UNE 83962)	-----	-----	-----

**Descripción:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**Observaciones:** Muestreado por laboratorio

Silvia Heredia  
Químico  
Responsable de Ensayos Químicos



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



Málaga, 13 de agosto de 2010

Vorsevi, S.A., Málaga

Página 1 de 1

Nº MUESTRA: I-MLB-7672/10

Nº ACTA-2010/13879

### ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUIÁS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** C-1 MA-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 0.40 - Máx: 3.00

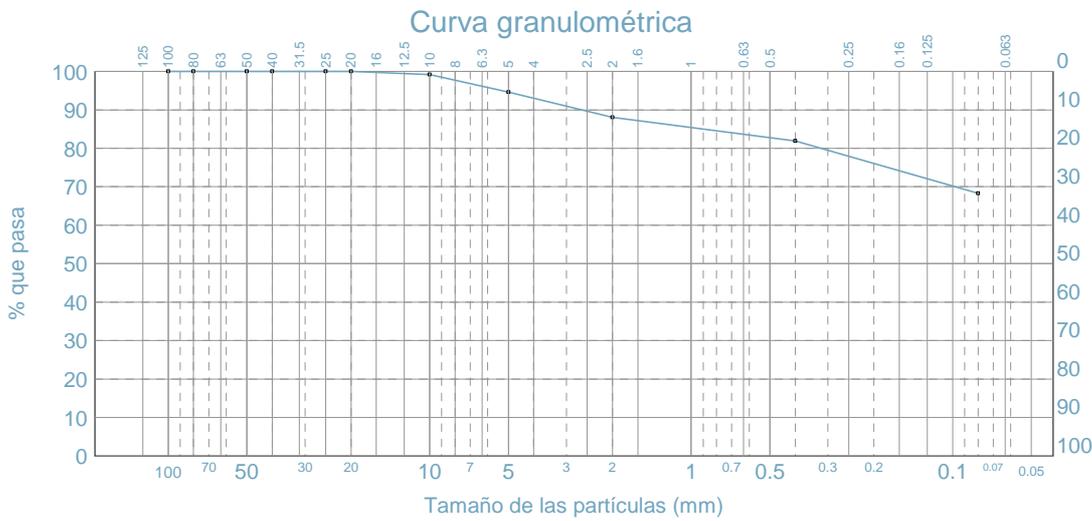
**TIPO MUESTRA:** ALTERADA (MA)

**FECHA INICIO:** 02/08/2010

**FECHA FIN:** 04/08/2010

### ENSAYOS A UN SUELO

Análisis granulométrico de suelos por tamizado UNE 103-101

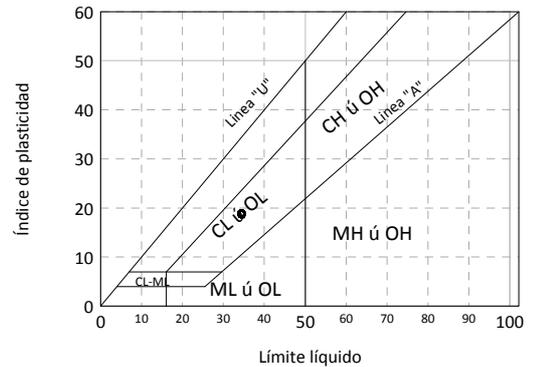


$Cu = D_{60}/D_{10} = 6.0$

$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) = 1.5$

Tamiz (mm)	Pasa (%)
100	100.0
80	100.0
50	100.0
40	100.0
25	100.0
20	100.0
10	99.2
5	94.6
2	88.1
0.4	81.9
0.08	68.3

Ábaco de Casagrande



**Preparación de muestras para ensayos de suelos UNE 103-100**

Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande UNE 103-103

**Límite líquido: 34.3**

Determinación del límite plástico de un suelo UNE 103-104

**Límite plástico: 15.5**

**Índice de Plasticidad: 18.8**

**Humedad mediante secado en estufa UNE 103-300**

**W:**

Método de ensayo normalizado de clasificación de suelo ASTM-D-2487

**CL : Arcilla magra arenosa**

Símbolo/nombre de grupo

Clasificación de suelos AASHTO M-145, Símbolo(índice grupo)

**Descripción:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**Observaciones:** Muestreado por laboratorio

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable ensayos físicos

REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio

Nº MUESTRA: I-MLB-7672/10

Nº ACTA-2010/13883

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** C-1 MA-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 0.40 - Máx: 3.00

**TIPO MUESTRA:** ALTERADA (MA)

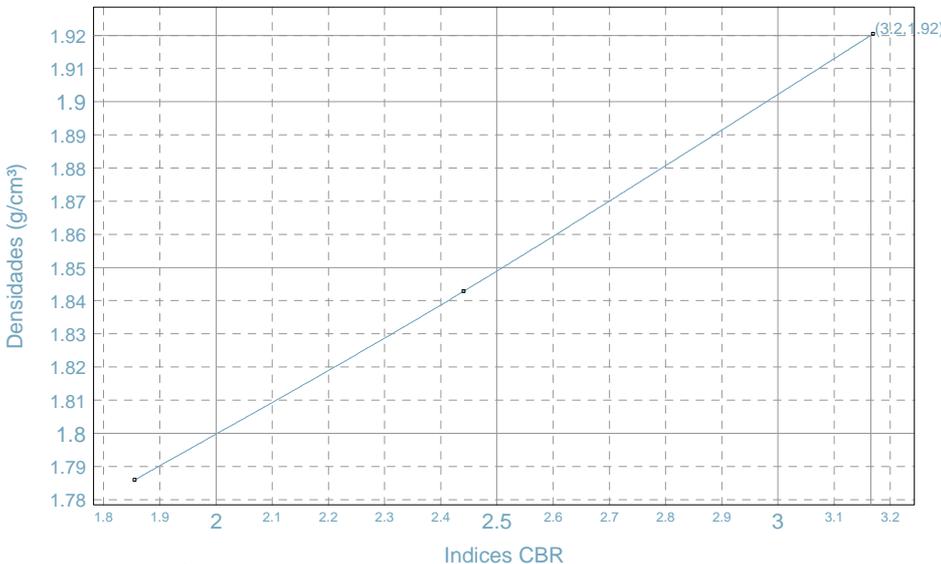
**FECHA INICIO:** 05/08/2010

**FECHA FIN:** 09/08/2010

### ENSAYO A UN SUELO INDICE CBR EN EL LABORATORIO UNE 103-502

	MOLDE A	MOLDE B	MOLDE C
<b>Energía compactación</b>	25% (15 golpes)	50% (30 golpes)	100% (60 golpes)
<b>Densidad</b>	1.79 g/cm <sup>3</sup>	1.84 g/cm <sup>3</sup>	1.92 g/cm <sup>3</sup>
<b>Humedad</b>	10.5 %	10.8 %	10.1 %
<b>Absorción</b>	12.1 %	9.7 %	7.9 %
<b>Hinchamiento</b>	4.96 %	4.84 %	4.72 %
<b>Índice C.B.R.</b>	1.9	2.4	3.2

Grafica Índice CBR/Densidad



Proctor de referencia:

PROCTOR MODIFICADO	
<b>Densidad máxima</b>	1.92 g/cm <sup>3</sup>
<b>Humedad óptima</b>	10.6 %
<b>Compactación (100%)</b>	1.92 g/cm <sup>3</sup>

Índice de CBR:

Compactación	Densidad	Índice CBR
95 %	1.82 g/cm <sup>3</sup>	2.3
98 %	1.88 g/cm <sup>3</sup>	2.8
100 %	1.92 g/cm <sup>3</sup>	3.2

Condiciones ejecución ensayo:

Material retenido tamiz 20 mm. UNE: 0.00 %	Sobrecarga utilizada: 5.5 Kg.	Se ha efectuado sustitución de material: No
--	-------------------------------	---

**Descripción:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**Observaciones:** Muestreado por laboratorio

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable de Ensayos Físicos



REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN  
LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05

**ENSAYO  
ACREDITADO**  
JUNTA DE ANDALUCÍA  
VORSEVI, S.A.  
INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD

Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



Nº MUESTRA: I-MLB-7672/10

Nº ACTA-2010/13882

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** C-1 MA-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 0.40 - Máx: 3.00

**TIPO MUESTRA:** ALTERADA (MA)

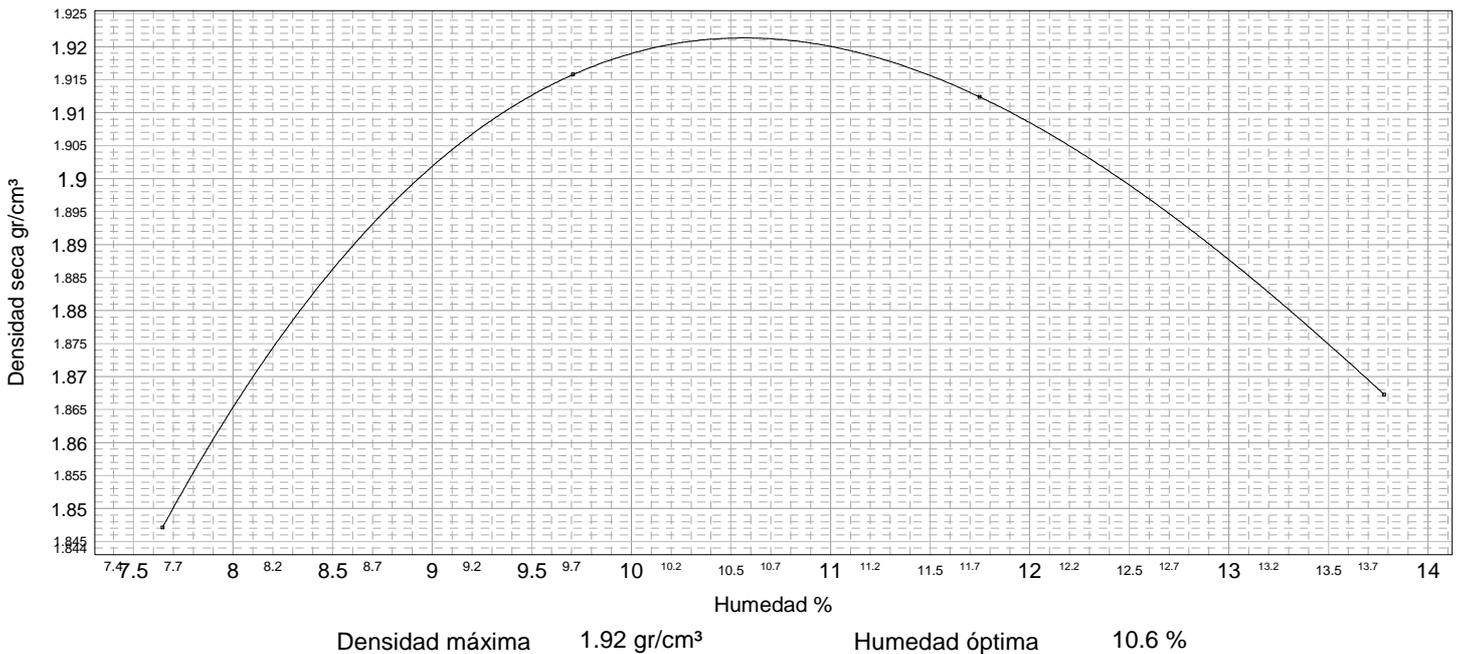
**FECHA INICIO:** 02/08/2010

**FECHA FIN:** 03/08/2010

### ENSAYO A UN SUELO

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO UNE 103-501

Punto número	1	2	3	4
Humedad (%)	7.6	9.7	11.7	13.8
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.92	1.91	1.87



Condiciones ejecución ensayo:

Tipo Molde: Pequeño    Peso maza (Kg): 4,535 Kg    Altura caída (mm): 457 mm    Nº Capas: 5    Nº Golpes por capa: 26  
Se ha efectuado sustitución de gruesos: No

Descripción: ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

Observaciones: Muestreado por laboratorio

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable de Ensayos Físicos



REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN  
LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05

ENSAYO  
ACREDITADO  
JUNTA DE ANDALUCÍA  
VORSEVI, S.A.  
INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD

Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUIÁS DEL G

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:** C-1 MA-1 **INICIO** **FIN**  
**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010 **PROFUNDIDAD (m):** 0.40 3.00

**LOTE:** **TIPO DE MUESTRA:** ALTERADA (MA)

**FECHA INICIO:** 04/08/2010 **FECHA FIN:** 06/08/2010

### ENSAYO DE COLAPSO EN SUELOS NLT-254

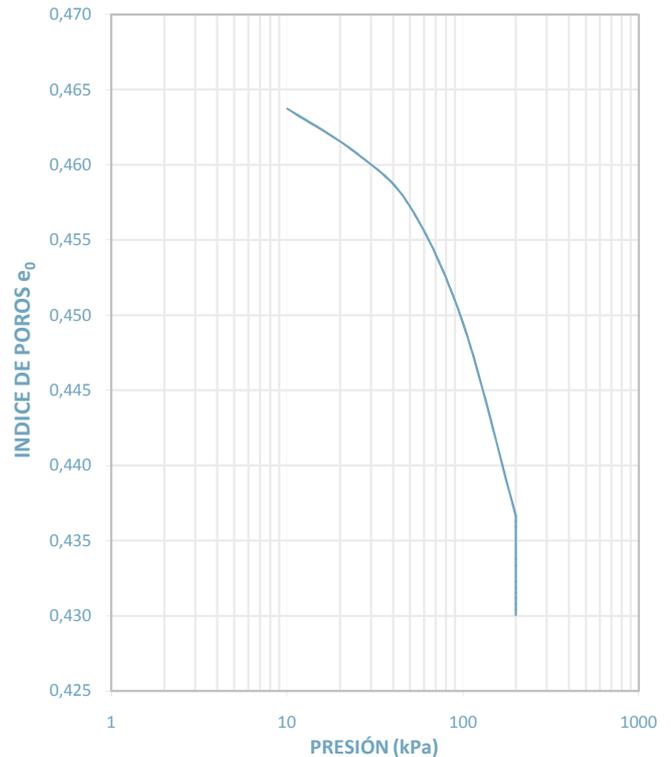
**DIMENSIONES DE LA PROBETA**

Diámetro (mm): 50,00  
 Altura (mm): 20,00  
 Área (cm<sup>2</sup>): 19,63  
 Colapso-Expansión (%): 0,45

**PARÁMETROS DE LA PROBETA**

Humedad Inicial (%): 10,98  
 Humedad Final (%): 15,15  
 Densidad Seca (cm<sup>3</sup>): 1,82  
 Peso Esp. Part. (g/cm<sup>3</sup>): 2,67  
 Índice de Poros Inicial (e<sub>0</sub>): 0,465

**CURVA EDOMÉTRICA**



Densidad (g/cm<sup>3</sup>): 1,92  
 Humedad (%): 10,60

Cargas (kPa)	Tiempos	Lecturas (0,001mm)	Índice de Poros (e)
0,00	0	5000	0,465
10,00	1 h.	4980	0,464
25,00	1 h.	4939	0,461
50,00	1 h.	4891	0,457
100,00	1 h.	4785	0,449
200,00	1 h.	4610	0,437
200,00	0	4610	0,437
200,00	10''	4605	0,436
200,00	30''	4600	0,436
200,00	1'	4571	0,434
200,00	2'	4565	0,433
200,00	5'	4550	0,432
200,00	10'	4545	0,432
200,00	20'	4540	0,432
200,00	30'	4540	0,432
200,00	1h.	4535	0,431
200,00	2h	4530	0,431
200,00	5h	4525	0,430
200,00	24h	4520	0,430

<b>ÍNDICE DE COLAPSO PARA 200 kPa</b>	I =	0,459	%
<b>POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO</b>	I <sub>c</sub> =	0,450	

**DESCRIPCION:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**OBSERVACIONES:**

Juan Carlos Illescas Navarro  
 Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Responsable de ensayos físicos

REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº  
 INSCRIPCIÓN LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA  
 Nº 59 DE 28/03/05

**ENSAYO ACREDITADO**  
 JUNTA DE ANDALUCÍA

VORSEVI, S.A.  
 INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD

Matías Camacho Parrilla  
 Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
 Director del laboratorio

Nº MUESTRA: I-MLB-7672/10

Nº ACTA-2010/13881

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** C-1 MA-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 0.40 - Máx: 3.00

**FECHA INICIO:** 04/08/2010

**FECHA FIN:** 06/08/2010

## ENSAYOS A UN SUELO

Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo UNE 103-201+ Err, % SO<sub>3</sub> -----

Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico UNE 103-204+ Err

0.00 %

Determinación del contenido en sales solubles de los suelos NLT-114

0.02 %

Contenido de yeso en suelos NLT-115, % CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O

0.00 %

**Descripción:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**Observaciones:** Muestreado por laboratorio

Silvia Heredia  
Químico  
Responsable de Ensayos Químicos



REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN  
LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



Nº MUESTRA: I-MLB-7673/10

Nº ACTA-2010/13884

### ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUIÁS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** C-2 MA-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 0.50 - Máx: 2.70

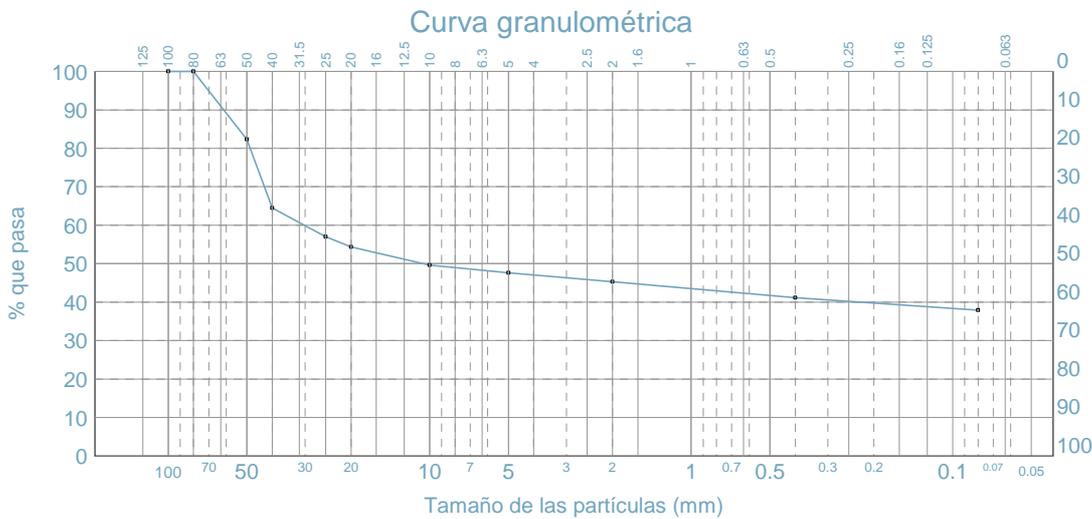
**TIPO MUESTRA:** ALTERADA (MA)

**FECHA INICIO:** 02/08/2010

**FECHA FIN:** 03/08/2010

### ENSAYOS A UN SUELO

Análisis granulométrico de suelos por tamizado UNE 103-101

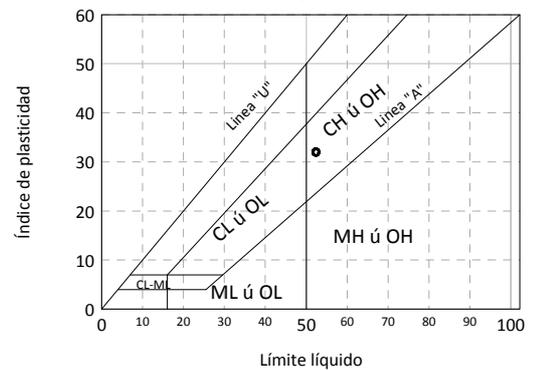


$Cu = D_{60}/D_{10} = 1468.0$

$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) = 0.0$

Tamiz (mm)	Pasa (%)
100	100.0
80	100.0
50	82.3
40	64.5
25	57.0
20	54.4
10	49.6
5	47.7
2	45.3
0.4	41.2
0.08	37.9

Ábaco de Casagrande



Preparación de muestras para ensayos de suelos UNE 103-100

Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande UNE 103-103

**Límite líquido: 52.2**

Determinación del límite plástico de un suelo UNE 103-104

**Límite plástico: 20.2**

**Índice de Plasticidad: 32.0**

Humedad mediante secado en estufa UNE 103-300

**W:**

Método de ensayo normalizado de clasificación de suelo ASTM-D-2487

**GC : Grava arcillosa**

Símbolo/nombre de grupo

Clasificación de suelos AASHTO M-145, Símbolo(índice grupo)

**Descripción:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**Observaciones:** Muestreado por laboratorio

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable ensayos físicos

REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio

Nº MUESTRA: I-MLB-7673/10

Nº ACTA-2010/13888

### ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** C-2 MA-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 0.50 - Máx: 2.70

**TIPO MUESTRA:** ALTERADA (MA)

**FECHA INICIO:** 05/08/2010

**FECHA FIN:** 09/08/2010

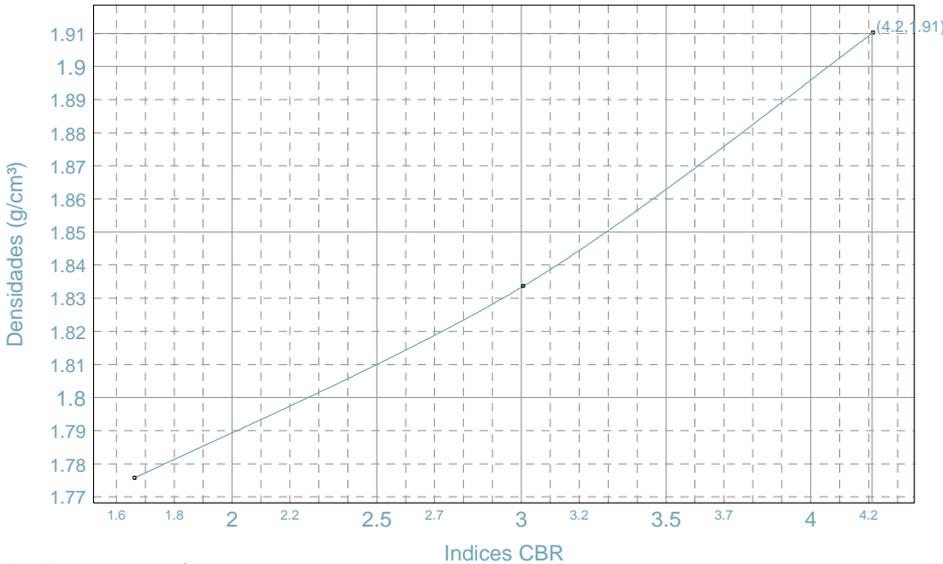
Indice CBR (100%)	4.2
Hinchamiento (100%)	7.36 %
Absorción (100%)	8.3 %

### ENSAYO A UN SUELO

### INDICE CBR EN EL LABORATORIO UNE 103-502

	MOLDE A	MOLDE B	MOLDE C
Energía compactación	25% (15 golpes)	50% (30 golpes)	100% (60 golpes)
Densidad	1.78 g/cm³	1.83 g/cm³	1.91 g/cm³
Humedad	10.4 %	9.9 %	10.1 %
Absorción	12.4 %	10.6 %	8.3 %
Hinchamiento	7.87 %	7.64 %	7.36 %
Indice C.B.R.	1.7	3.0	4.2

Grafica Indice CBR/Densidad



Proctor de referencia:

PROCTOR MODIFICADO	
Densidad máxima	1.91 g/cm³
Humedad óptima	10.6 %
Compactación (100%)	1.91 g/cm³.

Indice de CBR:

Compactación	Densidad	Indice CBR
95 %	1.81 g/cm³	2.6
98 %	1.87 g/cm³	3.6
100 %	1.91 g/cm³	4.2

Condiciones ejecución ensayo:

Material retenido tamiz 20 mm. UNE: 45.60 %	Sobrecarga utilizada: 5.5 Kg.	Se ha efectuado sustitución de material: Si
---	-------------------------------	---

Descripción: ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

Observaciones: Muestreado por laboratorio

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable de Ensayos Físicos

REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN  
LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio

Nº MUESTRA: I-MLB-7673/10

Nº ACTA-2010/13887

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** C-2 MA-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 0.50 - Máx: 2.70

**TIPO MUESTRA:** ALTERADA (MA)

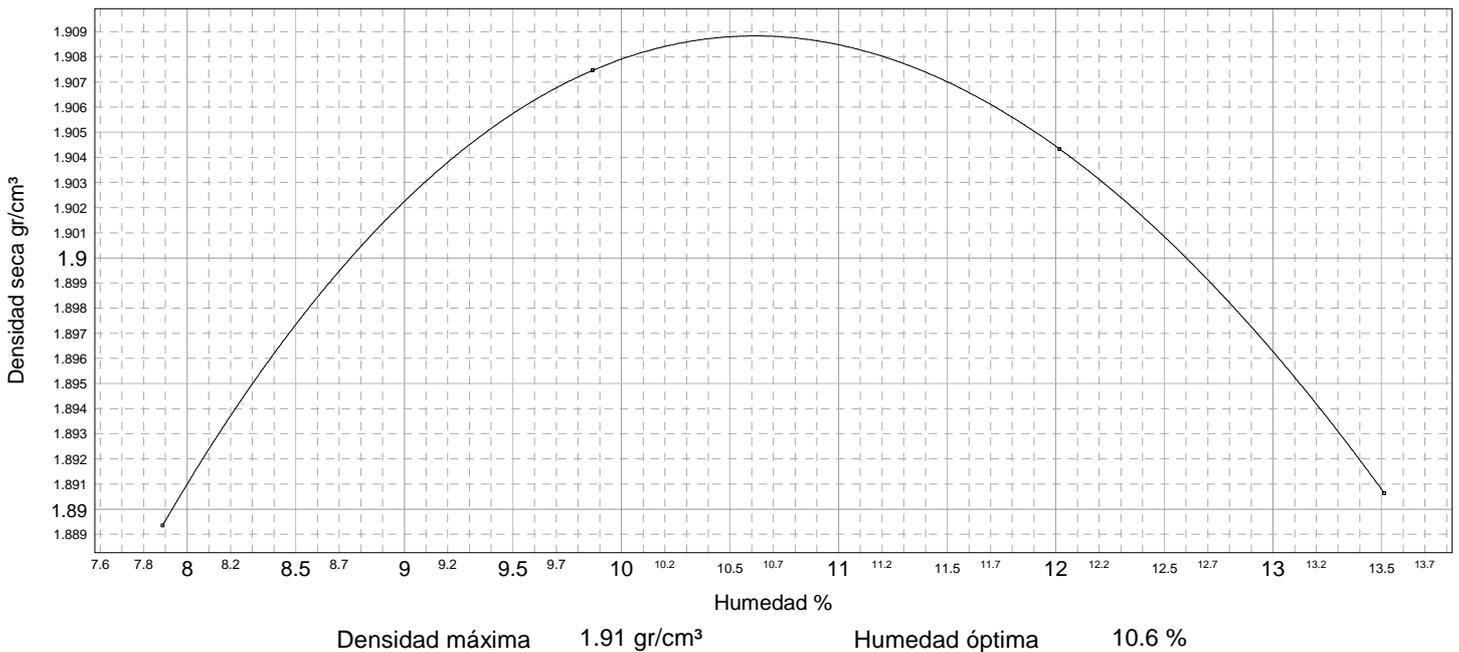
**FECHA INICIO:** 02/08/2010

**FECHA FIN:** 03/08/2010

### ENSAYO A UN SUELO

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO UNE 103-501

Punto número	1	2	3	4
Humedad (%)	7.9	9.9	12.0	13.5
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.89	1.91	1.90	1.89



Condiciones ejecución ensayo:

Tipo Molde: Pequeño    Peso maza (Kg): 4,535 Kg    Altura caída (mm): 457 mm    Nº Capas: 5    Nº Golpes por capa: 26  
Se ha efectuado sustitución de gruesos: No

Descripción: ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

Observaciones: Muestreado por laboratorio

Juan Carlos Illescas Navarro  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Responsable de Ensayos Físicos



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUIÁS DEL G

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:** C-2 MA-1

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**INICIO** 0.50  
**FIN** 2.70  
**PROFUNDIDAD (m):**

**LOTE:**  
**FECHA INICIO:** 04/08/2010

**TIPO DE MUESTRA:** ALTERADA (MA)  
**FECHA FIN:** 06/08/2010

### ENSAYO DE COLAPSO EN SUELOS NLT-254

#### DIMENSIONES DE LA PROBETA

Diámetro (mm): 50,00  
 Altura (mm): 20,00  
 Área (cm<sup>2</sup>): 19,63  
 Colapso-Expansión (%): 0,35

#### PARÁMETROS DE LA PROBETA

Humedad Inicial (%): 10,57  
 Humedad Final (%): 15,47  
 Densidad Seca (cm<sup>3</sup>): 1,82  
 Peso Esp. Part. (g/cm<sup>3</sup>): 2,67  
 Índice de Poros Inicial (e<sub>0</sub>): 0,467

#### CURVA EDOMÉTRICA

Densidad (g/cm<sup>3</sup>): 1,91  
 Humedad (%): 10,60

Cargas (kPa)	Tiempos	Lecturas (0,001mm)	Índice de Poros (e)
0,00	0	5000	0,467
10,00	1 h.	4978	0,466
25,00	1 h.	4930	0,462
50,00	1 h.	4890	0,459
100,00	1 h.	4820	0,454
200,00	1 h.	4699	0,445
200,00	0	4699	0,445
200,00	10''	4696	0,445
200,00	30''	4689	0,445
200,00	1'	4670	0,443
200,00	2'	4660	0,443
200,00	5'	4632	0,440
200,00	10'	4626	0,440
200,00	20'	4620	0,440
200,00	30'	4619	0,440
200,00	1h.	4619	0,440
200,00	2h	4628	0,440
200,00	5h	4629	0,440
200,00	24h	4630	0,440



<b>ÍNDICE DE COLAPSO PARA</b>	200 kPa	I =	0,350	%
<b>POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO</b>		I <sub>c</sub> =	0,345	

**DESCRIPCION:** ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

**OBSERVACIONES:**

Juan Carlos Illescas Navarro  
 Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Responsable de ensayos físicos

REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº  
 INSCRIPCIÓN LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA  
 Nº 59 DE 28/03/05

**ENSAYO ACREDITADO**  
 JUNTA DE ANDALUCÍA

**VORSEVI, S.A.**  
 INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD

Matías Camacho Parrilla  
 Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
 Director del laboratorio

Nº MUESTRA: I-MLB-7673/10

Nº ACTA-2010/13886

## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**PETICIONARIO:** 104958: DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO S.A., C/ Bergantin nº 39, 41012-Sevilla, Sevilla

**CONTRATISTA:**

**OBRA:** 40036321: BALSAS 1 Y 2. REGADÍOS DE LA COM. DE REGANTES ACEQUÍAS DEL G

**FECHA DE TOMA:** 27/07/2010

**DESCRIPCIÓN MATERIAL:** SUELO

**LOCALIZACIÓN:** C-2 MA-1

**LOTE:**

**PROFUNDIDAD (m):** Mín: 0.50 - Máx: 2.70

**FECHA INICIO:** 04/08/2010

**FECHA FIN:** 06/08/2010

## ENSAYOS A UN SUELO

Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo UNE 103-201+ Err, % SO<sub>3</sub> -----

Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico UNE 103-204+ Err

0.00 %

Determinación del contenido en sales solubles de los suelos NLT-114

0.01 %

Contenido de yeso en suelos NLT-115, % CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O

0.00 %

Descripción: ARCILLA MARGOSA MARRON VERDOSA

Observaciones: Muestreado por laboratorio

Silvia Heredia  
Químico  
Responsable de Ensayos Químicos



REGISTRO DE LABORATORIOS DE ENSAYO. Nº INSCRIPCIÓN  
LABORATORIO: LE032-MA05. BOJA Nº 59 DE 28/03/05



Matías Camacho Parrilla  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director del laboratorio



REPORTAJE FOTOGRÁFICO

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

## SONDEOS GEOTÉCNICOS CON EXTRACCIÓN CONTÍNUA

Peticionario: ENTE PÚBLICO DE DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO.  
Obra: Balsa 2. Cortijo Viuda La Fresnada. Alhaurín el Grande. Málaga.



SONDEO S-1: CAJA 1 DE 3 DE 0,00 A 3,45 m.



SONDEO S-1: CAJA 2 DE 3 DE 3,45 A 6,50 m.



SONDEO S-1: CAJA 3 DE 3 DE 6,50 A 10,00 m.

SONDEOS GEOTÉCNICOS CON EXTRACCIÓN CONTÍNUA

Peticionario: ENTE PÚBLICO DE DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO.  
 Obra: Balsa 1 y 2. Cortijo Viuda La Fresnada. Alhaurín. Málaga.



EMPLAZAMIENTO SONDEO S-2



SONDEO S-2: CAJA 1 DE 6 DE 0,00 A 2,40 m.



SONDEO S-2: CAJA 2 DE 6 DE 2,40 A 5,40 m.



SONDEO S-2: CAJA 3 DE 6 DE 5,40 A 8,55 m.



SONDEO S-2: CAJA 4 DE 6 DE 8,55 A 11,40 m.



SONDEO S-2: CAJA 5 DE 6 DE 11,40 A 14,40 m.



SONDEO S-2: CAJA 6 DE 6 DE 14,40 A 15,60 m.

## CALICATAS DE RECONOCIMIENTO

Peticionario: ENTE PÚBLICO DE DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO.  
Obra: Balsa 2. Cortijo Viuda La Fresnada. Alhaurín el Grande. Málaga.



EMPLAZAMIENTO C-1



DETALLE EXCAVACIÓN C-1

## CALICATAS DE RECONOCIMIENTO

Peticionario: ENTE PÚBLICO DE DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO.  
Obra: Balsa 1 y 2. Cortijo Viuda La Fresnada. Alhaurín. Málaga.



EMPLAZAMIENTO C-2



DETALLE EXCAVACIÓN C-2

## ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO "DPSH"

Peticionario: ENTE PÚBLICO DE DESARROLLO AGRARIO Y PESQUERO.

Obra: Balsa 2. Cortijo Viuda La Fresnada. Alhaurín el Grande. Málaga.



ENSAYO DPSH 1



ENSAYO DPSH 2