

ANEJO N°1

Geología y Geotecnia

Índice

1 Objeto y antecedentes	1
1.1 Objeto	1
1.2 Metodología	1
1.3 Datos de Partida	2
1.3.1 Cartografía geológica	2
2 Geología y Geotecnia	3
2.1 Geología	3
2.2 Sismicidad	4
2.3 Campaña geotécnica	4
2.4 Ensayos de laboratorio	5
2.5 Caracterización de los materiales	6
2.5.1 Suelos Coluviales	6
2.5.2 Roca alterada	6
3 Soluciones Propuestas	8
3.1 Criterios de diseño	8
3.2 Desmontes	8
3.2.1 Estudio individualizado de desmontes	8
3.2.2 CÁLCULOS ESTABILIDAD	11
3.3 Rellenos	12
3.3.1 Consideraciones generales	12
3.3.2 Condiciones de estabilidad	12
3.3.3 Estabilidad propia del relleno	12
3.3.4 Estabilidad del conjunto relleno – cimiento	12
3.3.5 Cálculos de estabilidad de los rellenos.	13
3.3.6 Asientos	13
3.3.7 Asientos debidos a la consolidación del propio relleno	14
3.3.8 Asientos totales	14
3.3.9 Ejecución y control	14
4 Reutilización de materiales	16
4.1 Coeficientes de paso.	16

5 Cimentación de Estructuras	17
5.1 Cimentaciones Superficiales	17
5.1.1 Criterios para la determinación de las tensiones admisibles en suelos	17
5.1.2 Criterios para la determinación de las tensiones admisibles en roca	17
5.2 Escolleras y muros de contención	18
5.3 Cimentaciones de carriles hincados	20

APÉNDICE Nº1.1. CATÁLOGO
APÉNDICE Nº1.2. SONDEOS
APÉNDICE Nº1.3. PENETRÓMETROS
APÉNDICE Nº1.4. ENSAYOS DE LABORATORIO
APÉNDICE Nº1.5. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

1 Objeto y antecedentes

1.1 Objeto

El presente anejo tiene por objeto el estudio geológico y geotécnico de la rectificación del trazado en algunas zonas de la carretera Bi-630 entre los puntos kilométricos 32+500 y 37+500. Dicha rectificación consiste en la reducción de radio de algunas curvas, mediante el desplazamiento del trazado en planta, con lo que se generan nuevos desmontes y rellenos.

Las principales zonas a actuar son las siguientes:

PK BI-630	PK Proyecto	Talud actual		Alturas proyectadas	
		H	Talud	H Talud	H Relleno
32+950	2+650	2	1h/1v	2,5	3,5
33+350	3+200	2,5	1h/1v	3	0
33+600	3+440	2	1h/1v	3,3	0
33+750	3+600	2	1h/1v	2	0
34+200	4+040	3,5	1h/1v	2,8	0
34+700	4+550	5	1h/1v	1,6	0
34+950	4+780	5	1h/1v	0	8
35+300	5+100	2	3h/2v	0	4,6
35+950	5+740	4	3h/2v	16	0
36+250	6+060	4	1h/1v	5	0
36+350	6+150			0	17
36+750	6+550	3,5	1h/1v	3,5	0
36+900	6+700	2	1h/1v	6,1	0
37+200	7+000	3	3h/2v	12	0

1.2 Metodología

Para el estudio de las modificaciones del trazado, se ha realizado un reconocimiento visual de la zona, donde se han tomado datos (espesor de suelos, afloramientos de roca, toma de datos estructurales del macizo, etc...) en los taludes de la plataforma actual de la carretera.

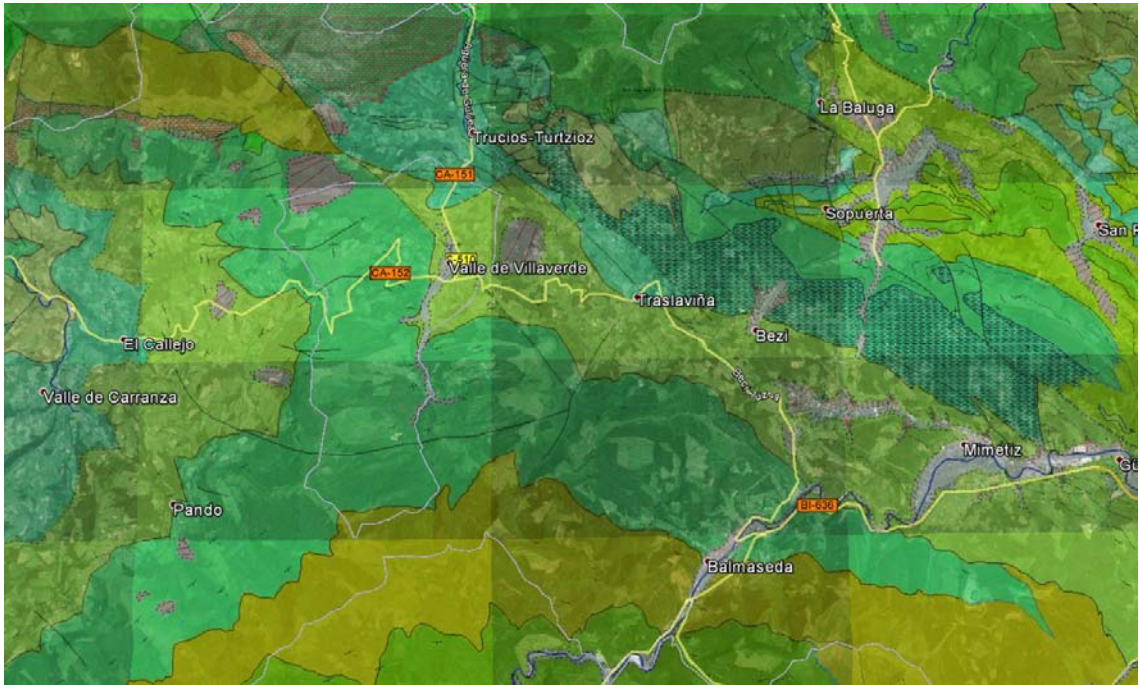
Además de la cartografía de referencia 1:25.000 del EVE, se han efectuado dos campañas de campo. En la primera fase se ha realizado para el dimensionamiento de obras de fábrica y regeneración de firmes, consistente en penetrómetros DPSH y sondeos mecánicos.

En una segunda fase se ha ejecutado otra campaña de calicatas en las zonas afectadas por el cambio de trazado, para obtener datos de espesor de suelos y características del macizo rocoso. Así mismo se han obtenido muestras de suelo y roca que han sido analizadas en laboratorio para su caracterización geológica y geotécnica.

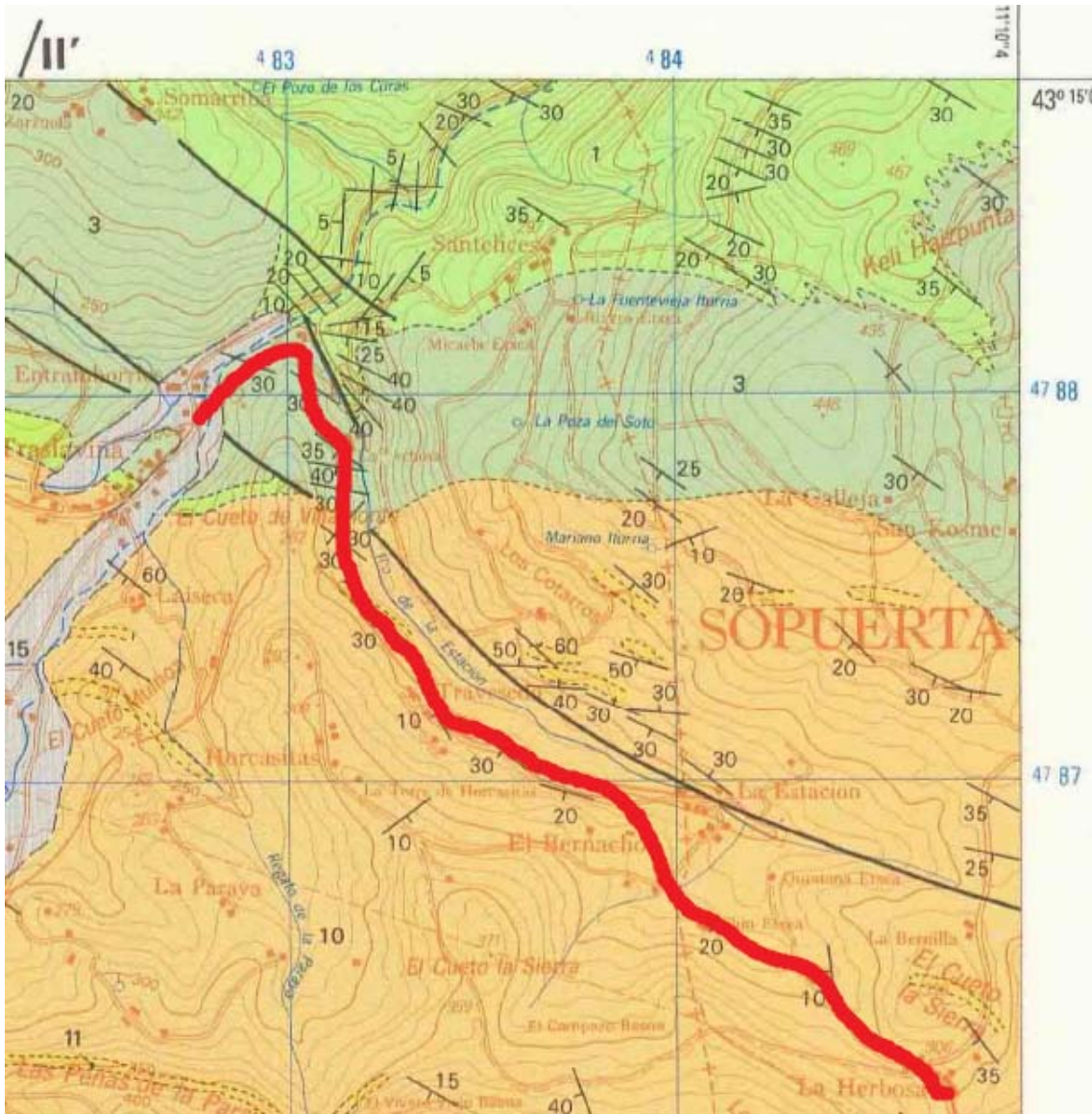
1.3 Datos de Partida

1.3.1 Cartografía geológica

Se ha usado como información geológica básica la contenida en la cartografía del EVE a escala 1:25.000 y la GEODE del IGME a escala 1:50.000



Cartografía geológica en la zona abarcada por la BI-630. Cartografía GEODE (IGME)



Cartografía Geológica 1:25.000 EVE con la traza destacada en rojo

Se ha realizado además una cartografía de detalle en las zonas donde se observan afloramientos de suelo y roca en la plataforma de la actual carretera Bi-630, que se ha complementado con la información recabada durante la ejecución de las calicatas y la campaña realizada anteriormente en el proyecto mencionado en el siguiente apartado

2 Geología y Geotecnia

En este apartado se describe la campaña geotécnica realizada, así como los ensayos de laboratorio realizados en las muestras obtenidas y se realiza una caracterización geotécnica de los materiales afectados.

2.1 Geología

El área de estudios se encuentra en una zona de materiales cretácicos y afecta a dos unidades geológicas.

La estructura general de todo el macizo en la zona de estudio es la de un flanco de un pliegue sinclinal con buzamientos suaves (20°-30°) hacia el suroeste.

Lutitas y areniscas oscuras de grano fino, que afloran desde el inicio del trazado hasta la zona del cruce con el FFCC en el pk 36+300 aproximadamente. En los reconocimientos efectuados se presentan bastante alteradas en superficie como una mezcla de cantos y bloques de limolitas y areniscas marrones en una matriz arenolimsa. En estado sano, se han reconocido como areniscas marrones oscuras de grano fino y limolitas marrones y grises.



Limolitas alteradas donde se observa la estratificación

Margocalizas, calcarenitas y margas, que están presentes desde el pk 36+300 hasta el final del proyecto. En los reconocimientos efectuados, se presentan alteradas en superficie como margas y limolitas grises envueltas en una matriz areno-limsa. En estado sano se presentan como margas en bancos estrechos (5-20cm) y calcarenitas marrones en bancos de mayor potencia (20-100cm).



Calcarenitas (bloques grandes) y margas (zona derecha)

2.2 Sismicidad

En el área estudiada, y de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02), Parte General y Edificación, actualmente en vigor, real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre, el trazado se desarrolla por zonas de intensidad sísmica calificada como de sismicidad baja, con valores a_b / g inferiores a 0,04, y de K inferiores a 1,0. Siendo a_b la aceleración sísmica básica, valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de quinientos años.

Por otro lado K es el coeficiente de contribución, que tiene en cuenta la influencia, en la peligrosidad sísmica de cada punto, de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma. Según la norma, no es preceptivo considerar la influencia de los fenómenos sísmicos en las obras y servicios situados en las zonas de dicho grado de sismicidad.



Fig. 4. Mapa Sísmico de España.

2.3 Campaña geotécnica

La primera fase de la campaña, corresponde con los trabajos realizados durante la fase de estudio de obras de fábrica y regeneración de firmes.

Se han ejecutado para dicho proyecto 2 sondeos y 9 penetrómetros dinámicos DPSH.

SONDEO	P.K.	PROFUNDIDAD	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)
SM-1	37+100	4.00	TP-1	3.60-3.80
SM-1	50+750	6.50	MI-1	1.80-2.40
			MI-2	4.20-4.60
			TP-1	5.40-5.70

ENSAYO DE PENETRACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	LOCALIZACIÓN (PK)
P-26	7.80	33+450
P-27	3.40	33+470
P-28	7.20	33+600
P-29	3.80	34+760
P-30	3,00	38+675
P-34	5.20	41+020
P-35	5.00	41+150
P-36	3.20	41+560
P-37	7.80	42+200

En la segunda fase, para el estudio de los cambios de trazado, se ha realizado una campaña consistente en 4 calicatas, ejecutadas con máquina retro-excavadora. La campaña se ha visto limitada por los accesos a las zonas de actuación y por la falta de permisos de algunos propietarios para realizar la misma. La siguiente tabla resume la campaña geotécnica realizada. Los penetrómetros DPSH se abrevian como P, las Calicatas como C y los sondeos como S.

PK Bi-630	PK Proyecto	Campaña Geotécnica			
		Fase I	Fase II	Objetivo	Observaciones
33+350	3+200	P-33+450 P-33+470	C-4	Caracterizar desmonte	
33+600	3+440	P-33+600			
34+200	4+040		1 cata	Caracterizar desmonte	No se puede realizar por falta de permisos
34+700	4+550	P-34+760			
34+950	4+780		1 cata	Pie relleno	No se puede realizar por falta de permisos
35+300	5+100		C-3	Pie relleno	
35+950	5+740	S-36+000			
36+900	6+700		C-2	Caracterizar desmonte	
37+200	7+000	S-37+100	C-1	Caracterizar desmonte	

La testificación de la campaña se adjunta en forma de apéndice.

2.4 Ensayos de laboratorio

Durante la realización de las calicatas se han obtenido muestras alteradas (con humedad inalterada) que se han llevado a analizar. Se han realizado los siguientes ensayos

- Ensayos de contenido en humedad natural
- Ensayos de granulometría por tamizado
- Ensayos de determinación del peso específico
- 4 Ensayos de determinación de los límites de Atterberg
- 3 Ensayos de Contenido en materia orgánica
- 1 Ensayo de determinación del contenido en sulfatos solubles
- 2 Ensayos de Compactación Proctor Modificado

Estos son los ensayos realizados en las muestras obtenidas

	C-1	C-2	C-3	C-4
Humedad natural (UNE 103.300/93)	X	X	X	X
Granulometría tamizado (UNE 103.101/95)	X	X	X	X
Peso específico	X	X	X	X
Límites de Atterberg (UNE 1031 03/94; UNE 103104/93)	X	X	X	X
Contenido en Materia orgánica (UNE 103-204-93)	X	X		X
Determinación contenido sulfatos solubles	X			
Proctor modificado (UNE 103.501/94 ó NLT 108/91)	X (realizado sobre muestra mezclada de C1 y C2)			X

Cata	Muestra	Granulométrico			Límites Atterberg			w (%)	D. Seca	Mat. Org (%)	S.Solubles (%)	Proctor Modificado		Clasificación PG-03
		# 2mm	# 0,4mm	#0,08	LL	LP	IP		(T/m3)			Dmáx.	W ópt	
C-1	MI-1	59,37	57,89	56,54	46,7	34,2	12,5	9,74	2,54	0,89	0	1,88	12,7	
C-2	MI-1	93,49	87,84	71,31	42,00	11,00	31,10	15,85	2,530	1,311				
C-3	MI-1	39,54	35,33	31,81	38,60	27,30	11,30	6,77	2,740					
C-4	MI-1	88,78	87,46	85,01	50,30	29,70	20,50	15,58	2,542	0,61		1,803	13,9	

2.5 Caracterización de los materiales

Dada las similitudes litológicas de las dos unidades geológicas existentes, se han agrupado los materiales por sus similitudes de comportamiento geotécnico en las siguientes unidades geotécnicas:

2.5.1 Suelos Coluviales

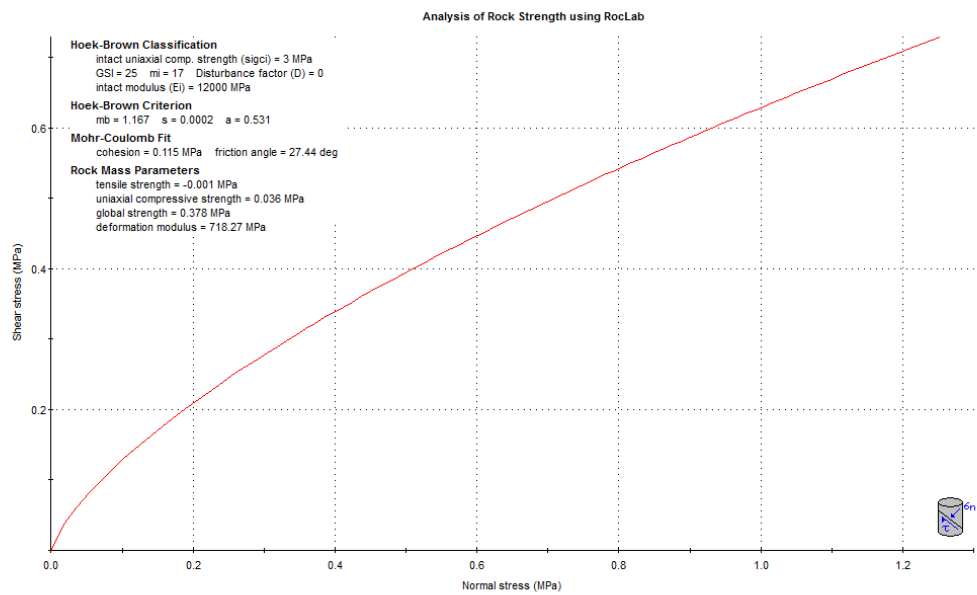
Detectada en la calicata C-2 y en los reconocimientos de campo. Formada por gravas y bloques de roca englobados en una matriz areno-limosa o limo-arcillosa. Presentan un reducido transporte y están asociados a pequeños fenómenos de reptación y deslizamientos localizados.

Suelos coluviales			
Parámetro	Valor	Uds	Procedencia
Densidad aparente	18	kN/m³	Correlación / Bibliografía
C' (cohesión efectiva)	5	kPa	Correlación / Bibliografía
Ø' (áng. Roz efectivo)	20	Grados	Correlación / Bibliografía
E (módulo elasticidad)	5	MPa	Correlación / Bibliografía

2.5.2 Roca alterada

Se ha reconocido en todos los reconocimientos realizados. Es una unidad formada por la zona más superficial del macizo rocoso. Está formada por roca alterada en grado de meteorización GM:IV o V, asimilable a un suelo areno-limoso muy firme en el que se encuentran englobados cantos y bloques de roca con menor grado de alteración (GM:III o inferior). Sus parámetros resistentes se han modelizado a partir del criterio de Hoek-Brown, asumiendo una roca matriz altamente alterada y muy diaclasada. Los datos de partida son:

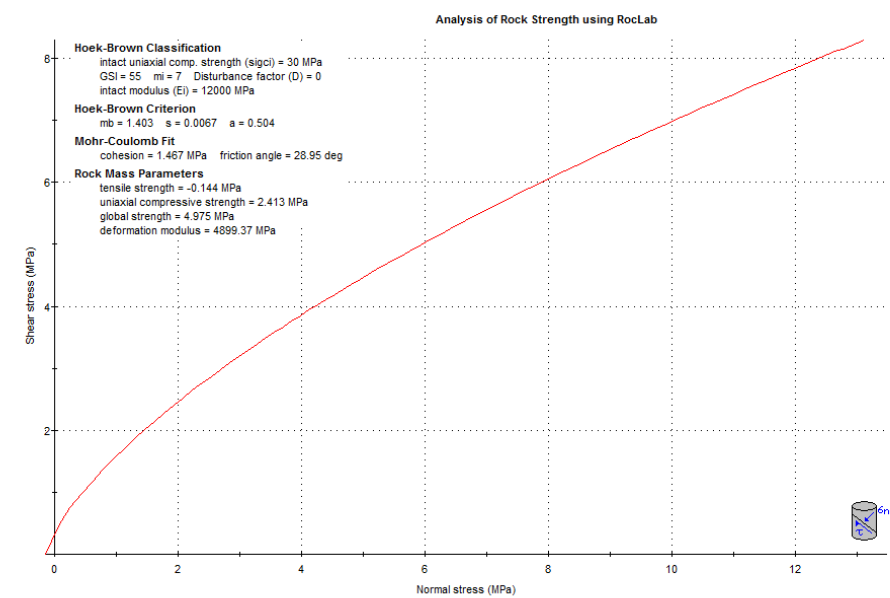
- Resistencia de la matriz rocosa =3MPa
- GSI=25
- Mi=17



Roca Alterada			
Parámetro	Valor	Uds	Procedencia
Densidad aparente	18	kN/m³	Ensayos / Correlación
C' (cohesión efectiva)	0,1	MPa	Correlación / Bibliografía
Ø' (áng. Roz efectivo)	27	Grados	Correlación / Bibliografía
E (módulo elasticidad)	15	MPa	Correlación / Bibliografía

Roca sana: Se ha reconocido en todos los reconocimientos. Está formada por alternancias de areniscas, limolitas y margas en grado de meteorización GM:III o menor. Se presenta en bancos centimétricos o decimétricos con planos de estratificación bien definidos. Sus parámetros resistentes se han modelizado a partir del criterio de Hoek-Brown, asumiendo una roca matriz altamente alterada y muy diaclasada. Los datos de partida son:

- Resistencia de la matriz rocosa =30 MPa
- GSI=55
- Mi=7



Roca Sana			
Parámetro	Valor	Uds	Procedencia
Densidad aparente	24	kN/m ³	Ensayos
C' (cohesión efectiva)	1.4	MPa	Correlación / Bibliografía
Ø' (áng. Roz efectivo)	28	Grados	Correlación / Bibliografía
E (módulo elasticidad)	>100	MPa	Correlación / Bibliografía

3 Soluciones Propuestas

3.1 Criterios de diseño

Para el diseño de desmontes y taludes se han adoptado geometrías que dispongan de un factor de seguridad mínimo de 1,6. Se ha optado siempre que sea posible por la consecución de dicho FS sin recurrir a medidas de sostenimiento o refuerzo en los taludes, pero si en alguna situación puntual fuesen necesarias, se realizará un diseño y dimensionamiento de los refuerzos necesarios.

Como criterio de diseño, en este anejo solo se calcularán desmontes de altura igual o mayor de 2m y rellenos de 3m. En el caso de grupos de rellenos o desmontes de similares características excavados o ejecutados con los mismos materiales, se realizará un cálculo de la situación pésima, que servirá como modelo para el resto del grupo.

Para los desmontes en suelos se analiza la estabilidad del desmonte mediante el criterio de rotura de Mohr-Coulomb por medios de equilibrio límite a través del programa Slide 6.0

Para los desmontes en roca, donde las roturas se produzcan a través de superficies de discontinuidad de la roca, se ha calculado el factor de seguridad del desmonte frente a la caída de cuñas, mediante el programa Swedge con los datos estructurales del macizo tomados en campo.

Para el cálculo de estabilidad de los rellenos, se ha supuesto un relleno tipo de altura igual a la máxima altura de relleno proyectada, construido con materiales de tipo tolerable provenientes del trazado y aportes externos. Estos materiales se suponen compactados al 100% de su Proctor Modificado y se les atribuyen unos parámetros geotécnicos de cálculo basadas en experiencias previas con materiales similares y dentro de la misma zona geográfica.

3.2 Desmontes

Los principales desmontes son los siguientes

Nombre	Inicio	Fin	Hmax Talud	Longitud	Talud Recomendado	Observaciones
D-1	2+350	2+830	2,5	480	3H/2V	
D-2	2+900	3+230	3	330	3H/2V	
D-3	3+270	3+490	3,3	220	3H/2V	
D-4	3+540	3+640	2	100	3H/2V	Talud actual con muro mampostería
D-5	3+960	4+100	6	40	(2m superiores 3H/2V) 1H/1V	
D-6	5+680	5+820	16	140	1H/1V	Talud Actual (3H/4V)
D-7	6+170	6+250	9	80	(2m superiores 3H/2V) 1H/1V	Proximidad a línea FFCC
D-8	6+530	6+770	7	240	(2m superiores 3H/2V) 1H/1V	Afección a deslizamiento existente
D-9	6+920	7+120	11	200	(2m superiores 3H/2V) 1H/1V	

3.2.1 Estudio individualizado de desmontes

D-1 – 2+350 a 2+830			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
480m	Izquierdo	2,5	3H / 2V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
Se toman como datos de partida los obtenidos en la calicata C-4 y las observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,2m de tierra vegetal, bajo la cual se encuentran 0,4m de areniscas alteradas que se presentan como bloques de arenisca en matriz de arenas y gravas			
Substrato: Formado por niveles de areniscas GM:III y arenas (areniscas alteradas)			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
No se han detectado inestabilidades por cuñas de roca. El desmonte es estable frente a una rotura circular a través de la matriz rocosa con FS> 1.5			
RECOMENDACIONES			
Talud 3H / 2V			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
No necesarias			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			
Se estima que el 75% del volumen del desmonte es utilizable para rellenos como suelo tipo todo-uno o tolerable. El desmonte es excavable con medios mecánicos.			

D2 – 2+900 a 3+230			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
330 m	Izquierdo	3	3H / 2V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
Se toman como datos de partida los obtenidos en la calicata C-4, los penetrómetros P-33+450 y P-33+470 y las observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,2m de tierra vegetal, bajo la cual se encuentran 0,4m de areniscas alteradas que se presentan como bloques de arenisca en matriz de arenas y gravas			
Substrato: Formado por niveles de areniscas GM:III y arenas (areniscas alteradas)			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
No se han detectado inestabilidades por cuñas de roca. El desmonte es estable frente a una rotura circular a través de la matriz rocosa con FS> 1.5			
RECOMENDACIONES			
Talud 1H / 1V			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
No necesarias			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			
Se estima que el 75% del volumen del desmonte es utilizable para rellenos como suelo tipo todo-uno o tolerable. El desmonte es excavable con medios mecánicos.			

D3 - 3+270 a 3+490			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
220m	Izquierdo	3,3	3H / 2V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
No existe investigación específica para este desmonte. Se toman como datos de partida los obtenidos en la calicata C-4, el penetrómetro P-33+600 y las observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,2m de tierra vegetal, bajo la cual se encuentran 0,4m de areniscas alteradas que se presentan como bloques de arenisca en matriz de arenas y gravas			
Substrato: Formado por niveles de areniscas GM:III y arenas (areniscas alteradas)			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
No se han detectado inestabilidades por cuñas de roca. El desmonte es estable frente a una rotura circular a través de la matriz rocosa con FS>1.5			
RECOMENDACIONES			
Talud 3H / 2V			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
No necesarias			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			
Se estima que el 75% del volumen del desmonte es utilizable para rellenos como suelo tipo todo-uno o tolerable. El desmonte es excavable con medios mecánicos.			

D4 – 3+540 a 3+640			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
100m	Izquierdo	2	3H / 2V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
No existe investigación específica para este desmonte. Se toman como datos de partida los obtenidos en la calicata C-4, el penetrómetro P-33+600 y las observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,2m de tierra vegetal, Dado que en esta zona existe actualmente un muro de mampostería, es probable que el espesor de roca alterada y/o suelos coluviales sea significativo. Dado que por problemas de acceso, no se ha podido realizar una campaña geotécnica para caracterizar el desmonte, se supone como hipótesis de trabajo, que el desmonte se excavará íntegramente en suelos coluviales.			
Substrato: Formado por niveles de areniscas GM:III y arenas (areniscas alteradas), se presupone a 0,5m por debajo de la rasante.			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
De las inspecciones de campo de taludes similares y dada su reducida altura, se asume que el desmonte es estable con un talud 3H/2V			
RECOMENDACIONES			
Ninguna			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
No necesarias			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			

D5 – 3+960 a 4+100			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
40	Ambos	6m	3H/2V + 1H / 1V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
No existe investigación específica para este desmonte. Se toman como datos de partida los obtenidos en la calicata C-4, y los penetrómetros P-33+600 y P-34+760 y las observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,2m de tierra vegetal, bajo la cual se encuentran 0,4m de areniscas alteradas que se presentan como bloques de arenisca en matriz de arenas y gravas			
Substrato: Formado por niveles de areniscas GM:III y arenas (areniscas alteradas)			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
No se han detectado inestabilidades por cuñas de roca. El desmonte es estable frente a una rotura circular a través de la matriz rocosa con FS>1.5			
RECOMENDACIONES			
Talud doble. 2m superiores con 3H/2V y por debajo 1H/1V			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
No necesarias			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			
Se estima que el 75% del volumen del desmonte es utilizable para rellenos como suelo tipo todo-uno o tolerable. El desmonte es excavable con medios mecánicos.			

D6 – 5+680 a 5+820			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
140	Izquierdo	16	1H / 1V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
No existe investigación específica para este desmonte. Se toman como datos de partida los obtenidos en la calicata C-2, C-1 y las observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,2m de tierra vegetal, bajo la cual se encuentran 2m de areniscas alteradas a GM:IV-V, asimilables a un suelo muy duro, formado por cantos de arenisca y limolitas y envueltas en una matriz de arenas y limos muy firmes.			
Substrato: Formado por niveles de areniscas GM:III y arenas (areniscas alteradas)			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
No se han detectado inestabilidades por cuñas de roca. El desmonte es estable frente a una rotura circular a través de la matriz rocosa con FS>1.5			
RECOMENDACIONES			
Talud 1H / 1V, paralelo al talud actual.			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
No necesarias			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			
Se estima que el 75% del volumen del desmonte es utilizable para rellenos como suelo tipo todo-uno o tolerable. El desmonte es excavable con medios mecánicos.			

D7 – 6+170 a 6+250			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
60	Ambos	9	3H/2V + 1H / 1V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
No existe investigación específica para este desmonte. Se toman como datos de partida los obtenidos en la calicata C-2, el sondeo S-36+000, S-37+100 y las observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,2m de tierra vegetal, bajo la cual se encuentran 4m de areniscas alteradas a GM:IV-V, asimilables a un suelo muy duro, formado por cantos de arenisca y limolitas y envueltas en una matriz de arenas y limos muy firmes. Substrato: Formado por niveles de areniscas GM:III y arenas (areniscas alteradas). Se estima que se presente en la zona baja del desmonte.			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
No se han detectado inestabilidades por cuñas de roca. El desmonte es estable frente a una rotura circular a través de la matriz rocosa con FS>1.5. Con el sostenimiento aplicado el factor de seguridad asciende a FS>2.5			
RECOMENDACIONES			
Talud doble. 2m superiores talud 3H/2V y a por debajo talud 1H / 1V			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
Dada la proximidad de la línea de FC en lado izquierdo, para evitar afecciones se reforzará este lado con un sostenimiento de aplique una tensión de 1,6 ton/m2 sobre la cara del talud. Este sostenimiento consta de 3 filas de bulones Ø25 de 9m de longitud tesados a 15 toneladas y unidos por una red de cables.			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			
Se estima que el 75% del volumen del desmonte es utilizable para rellenos como suelo tipo todo-uno o tolerable. El desmonte es excavable con medios mecánicos.			

D8 – 6+530 a 6+770			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
240	Izquierdo	7	3H/2V + 1H / 1V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
Calicata C-2, Sondeo S-36+900 y observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,2m de tierra vegetal El espesor de recubrimiento es variable. Entre los ppkk 6+620 y 6+680 existe una zona deslizada y se estima que pueden existir hasta 2m de suelos coluviales. En el resto del desmonte, se encontrarán cantos de margas y calizas, envueltas en una matriz de arenas y limos muy firmes. Substrato: Formado por niveles de areniscas y margas GM:III.			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
La zona de suelos coluviales el mecanismo de rotura sería una rotura circular en suelos. En el resto se estima que el mecanismo de rotura del desmonte será a través de cuñas de roca, generadas por las discontinuidades del macizo rocoso. De la observación de los taludes existentes, se estima que la zona del talud 3H/2V es estable frente a una rotura circular. Con los datos tomados in-situ en los afloramientos de los desmontes actuales no se obtienen cuñas con un FS<1.5 para taludes 1H/1V o más tendidos. Aun así, no se puede descartar la presencia de alguna cuña puntual de pequeño tamaño, formada por algún plano no detectado. Se recomienda revisar el desmonte por un técnico especialista en geotecnia para asegurar la estabilidad del desmonte.			
RECOMENDACIONES			
Talud doble. 2m superiores talud 3H/2V y a por debajo talud 1H / 1V			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
No necesarias			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			
Se estima que el 75% del volumen del desmonte es utilizable para rellenos como suelo tipo todo-uno o tolerable (o incluso pedraplen). El desmonte es excavable con medios mecánicos.			

D9– 6+920 a 7+120			
Longitud	Talud	Altura máxima	Talud adoptado
200	Izquierdo y Derecho	11	3H/2V + 1H / 1V
INVESTIGACIÓN UTILIZADA PARA PROYECTAR EL DESMONTE			
Calicata C-1, Sondeo S-36+900 y observaciones de campo.			
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Recubrimiento: 0,1m de tierra vegetal Por debajo aproximadamente 1m de suelos de alteración eluviales que se formados por cantos de calizas y margas envueltas en una matriz de arenas y limos muy firmes.			
Substrato: Formado por niveles de calizas y margas GM:III-II.			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
Se estima que el mecanismo de rotura del desmonte será a través de cuñas de roca, generadas por las discontinuidades del macizo rocoso. Con los datos tomados in-situ en los afloramientos de los desmontes actuales no se obtienen cuñas con un FS<1.5. Aun así, no se puede descartar la presencia de alguna cuña puntual de pequeño tamaño, formada por algún plano no detectado. Se recomienda revisar el desmonte por un técnico especialista en geotecnia para asegurar la estabilidad del desmonte.			
RECOMENDACIONES			
Talud doble. 2m superiores talud 3H/2V y a por debajo talud 1H / 1V			
SOSTENIMIENTO, DRENAJE Y MEDIDAS ADICIONALES			
No necesarias			
EXCAVACIÓN Y UTILIZACIÓN			
Se estima que el 75% del volumen del desmonte es utilizable para rellenos como suelo tipo todo-uno o tolerable. El desmonte es excavable con medios mecánicos.			

3.2.2 Cálculos estabilidad

Dado que todos los desmontes se han proyectado con la misma geometría y sobre los mismos materiales, para el cálculo de estabilidad se modelizan dos desmontes “tipo”, uno en suelos y otro en roca. Se eligen para el cálculo, los desmontes con las condiciones más desfavorables para la estabilidad.

Para el cálculo de estabilidad en suelos, se modeliza el desmonte D-6, asumiendo una altura máxima de 16m y excavado íntegramente en roca alterada. El factor de seguridad obtenido es FS>1.5. El resto de los desmontes, al tener una altura menor y una menor inclinación en su zona superior, tendrán un factor de seguridad igual o mayor que el obtenido para el desmonte D-6.

Para el cálculo de estabilidad en roca, se modeliza el desmonte D-9, asumiendo una altura máxima de 12m y teniendo en cuenta todas las posibilidades de formación de cuñas en roca.

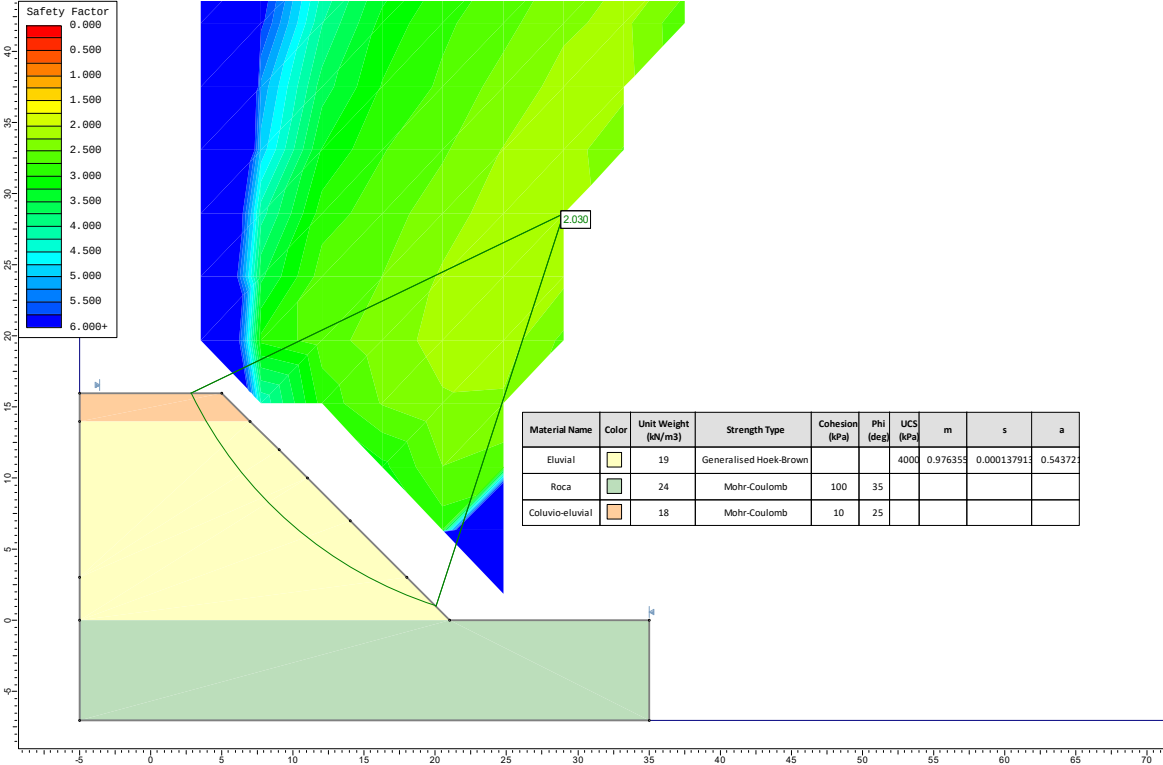


Fig 3.1 Cálculo de estabilidad del Desmonte D-6

El desmonte D-9, que será excavado casi en su totalidad en roca sana, se ha calculado mediante un análisis de rotura frente a caída de cuñas de roca. Este desmonte presenta dos taludes (izquierdo y derecho). Así mismo, presenta una zona plegada con variación de la orientación de las juntas. La tabla de tramificación que se ha realizado para el cálculo se resumen en el siguiente cuadro.

PK	Orientación Juntas	Estabilidad
6+920 a 6+980	E=220/30 J=312/75	Desmonte Izquierdo: No se forman cuñas Desmonte derecho: No se forman cuñas
6+980 a 7+020	E=175/30 J=183/30	Desmonte Derecho: Cuñas estables FS>2 Desmonte Izquierdo: No se forman cuñas
7+020 a 7+120	E=220/30 J=183/20	Desmonte Izquierdo: No se forman cuñas Desmonte derecho: No se forman cuñas

El desmonte D7, se excava próximo a la línea de ferrocarril existente. Para minimizar las afecciones a dicho servicio, se ha añadido un sostenimiento al desmonte para aumentar su factor de seguridad. La presión de sostenimiento aplicada es de 1,6 ton/m2, que se consigue mediante bulones de barra Ø25 tesados a 15 toneladas en cuadrícula de 4 x 2,25 y unidos mediante una red de cables que reparte las tensiones por la superficie del talud.

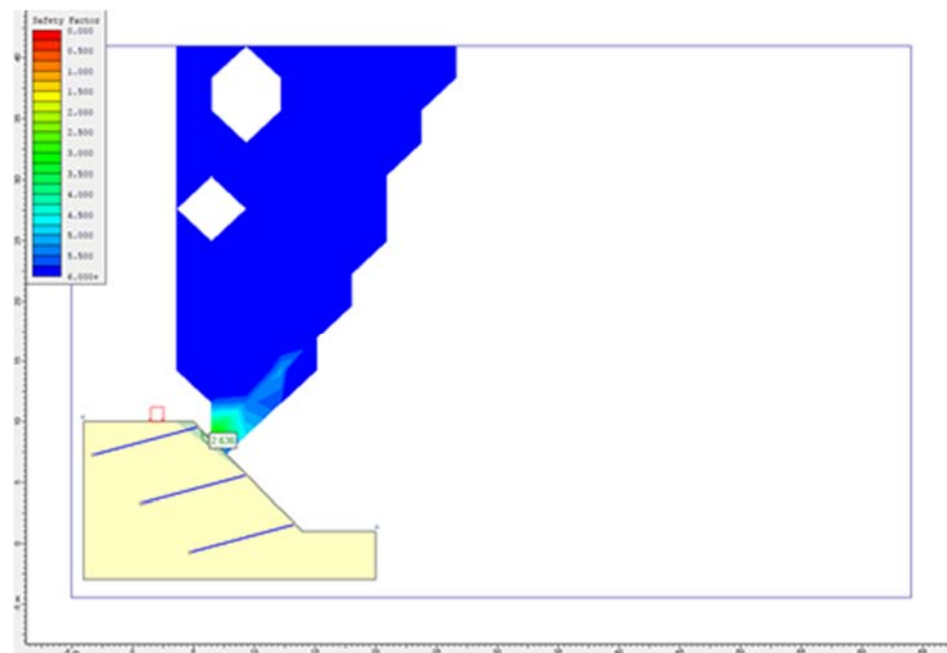


Fig 3.2 Cálculo de estabilidad del Desmorte D-7. FS>2.5

3.3 Rellenos

Los principales rellenos son los siguientes

Relleno	PK BI-630	PK Proyecto	Altura Relleno	Cimiento	Talud	Saneamiento
R-1	32+950	2+650	3,5	Roca alterada	3H/2V	0,3m
R-2	34+950	4+780	8	Roca alterada	3H/2V	0,3m
R-3	35+300	5+100	4,6	Roca alterada	3H/2V	0,3m
R-4	36+350	6+150	11	Roca alterada	Escollera	0,3m

3.3.1 Consideraciones generales

A continuación se analizan bajo el punto de vista geotécnico, los rellenos diseñados en el presente Proyecto, utilizando como criterios básicos para dicho estudio la estabilidad de las obras a ejecutar y la máxima utilización de los materiales procedentes de las excavaciones de la traza. Los rellenos de este tramo se clasifican en su totalidad como rellenos con núcleo de material tipo tolerable o “todo-uno” en función del material con el que se conformen, en su mayor parte suelos tolerables. La pendiente de los rellenos será 3(H)/2(V).

3.3.2 Condiciones de estabilidad

Respecto a la estabilidad de los rellenos, esta depende normalmente de dos factores: la estabilidad propia del relleno y la estabilidad del conjunto relleno-cimiento. Generalmente, ésta última condición es la que implica mayor peligro para los rellenos de una vía de comunicación.

La altura máxima de los rellenos a realizar alcanza los 17 y se ha realizado un estudio de estabilidad relleno-cimiento mediante el método de equilibrio límite con el programa “Slide v6.0”- En dichos cálculos se ha obtenido un factor de seguridad superior mayor de 1,5.

3.3.3 Estabilidad propia del relleno

A efectos de la estabilidad del relleno en sí, la pendiente de los taludes está condicionada por su altura y por las características resistentes del material disponible para su construcción. Se han estudiado los rellenos del tramo considerando las distintas opciones de material disponible, que será suelo tolerable en una buena parte.

Los parámetros de cálculo empleados para caracterizar la resistencia al corte de los materiales que formarán los rellenos se han asumido como c' : 20 kPa y ϕ' : 30°, de acuerdo con la composición de los terraplenes existentes y nuestra experiencia en obras similares

Se considera que las condiciones de drenaje y ejecución de los rellenos y sus cimientos, garantizará unas condiciones freáticas nulas.

Se ha realizado un cálculo de estabilidad frente a roturas circulares del relleno terminado obteniéndose valores de factor de seguridad iguales o superiores a 1.5.

3.3.4 Estabilidad del conjunto relleno – cimiento

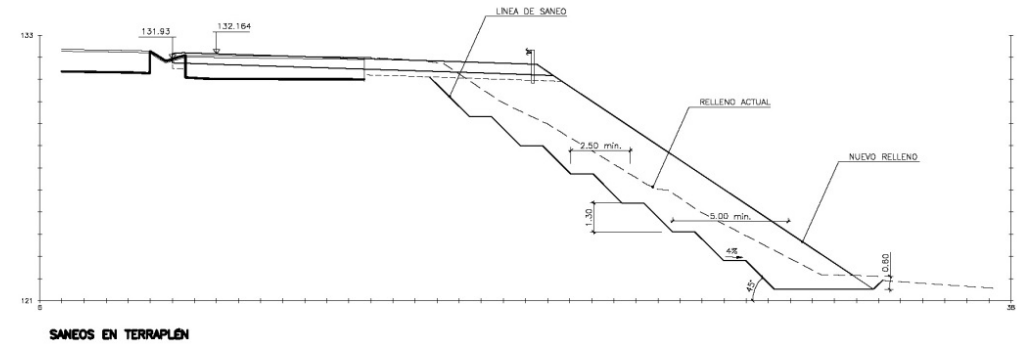
De forma general, pueden existir condiciones desfavorables a lo largo del trazado como son la fuerte pendiente de las laderas en sentido transversal a la traza y el recubrimiento de suelos. Las medidas a adoptar para evitar que por tales motivos el plano de apoyo de los rellenos se configure como un plano preferente de debilidad, serán suficientes también para evitar otro tipo de roturas a través del terreno de apoyo.

Saneamiento de la tierra vegetal y de los suelos más flojos, en aquellas zonas donde la pendiente natural del terreno sea inferior a unos 10°, en sentido transversal a la traza. Tras el saneamiento, se deberá recomprimir el terreno mediante dos a tres pasadas de rodillo.

Donde, por el contrario, el área de apoyo del terreno tenga una pendiente transversal a la traza superior a 10° y aunque no se observen indicios naturales de inestabilidad, no bastará con la desbroza y posterior recompatación, ya que el plano de apoyo se configura como una superficie de debilidad, por la que puede circular el agua y facilitar un deslizamiento global del terreno. En estos casos será necesario apoyar el relleno sobre una superficie escalonada, excavando en la ladera bermas horizontales en roca a medida que se asciende en la ejecución; la altura de las bermas deberá ser de 1 m.

En aquellas zonas donde se ha previsto la posible presencia de agua, se ha proyectado un relleno de la zona de cimiento saneada con material filtrante.

En el caso especial en el que el actual relleno se apoya sobre el relleno de la actual carretera se deberá así mismo realizar un cajeo del antiguo relleno según se especifica en planos.



3.3.5 Cálculos de estabilidad de los rellenos.

Para el cálculo de estabilidad se ha utilizado el programa comercial Slide que permite calcular el factor de seguridad de círculos de rotura en diferentes materiales con diferentes criterios de rotura. En este caso se ha usado un criterio de rotura Mohr-Coulomb. Dado que todos los rellenos presentan la misma geometría de taludes (3H/2V) y estarán formados por los mismos materiales, su única diferencia es la altura de los mismos. Por ello, de cara al cálculo de estabilidad, se ha optado por modelizar el relleno pésimo de mayor altura (relleno R-4). El factor de seguridad del resto de rellenos será mayor o igual al obtenido en el R-4.

El relleno se ha modelizado con unos parámetros resistentes sancionados por la experiencia local en este tipo de rellenos. El resto de materiales del cimiento, se han caracterizado según lo establecido en el apartado de caracterización geotécnica de los materiales del presente anejo.

Material	C (kPa)	Ø	γ (kN/m3)
Relleno compactado	20	30	19

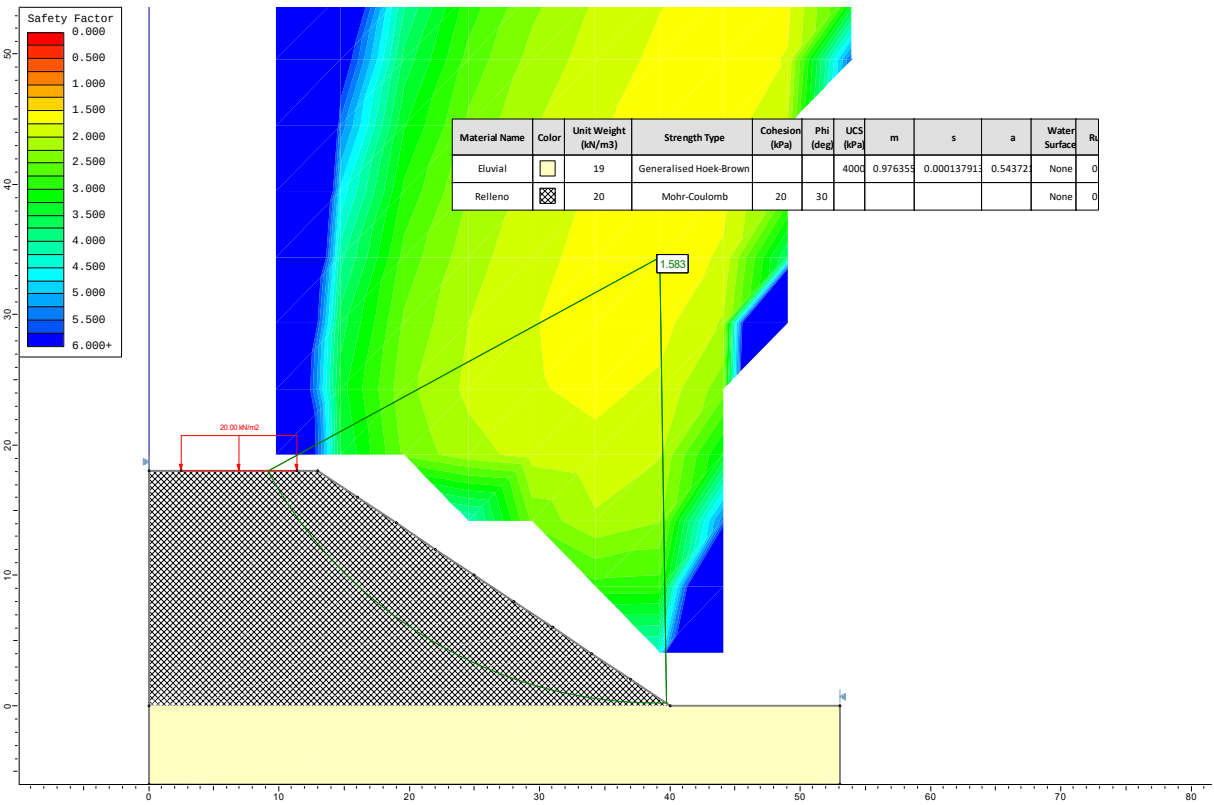


Fig 3.2 Cálculo de estabilidad para un relleno de 8m de altura con sobre carga de tráfico (Relleno R-2, pk 4+780). FS>1.5

Las salidas completas del programa de cálculo de estabilidad se adjuntan en forma de apéndice en el presente anejo.

3.3.6 Asientos

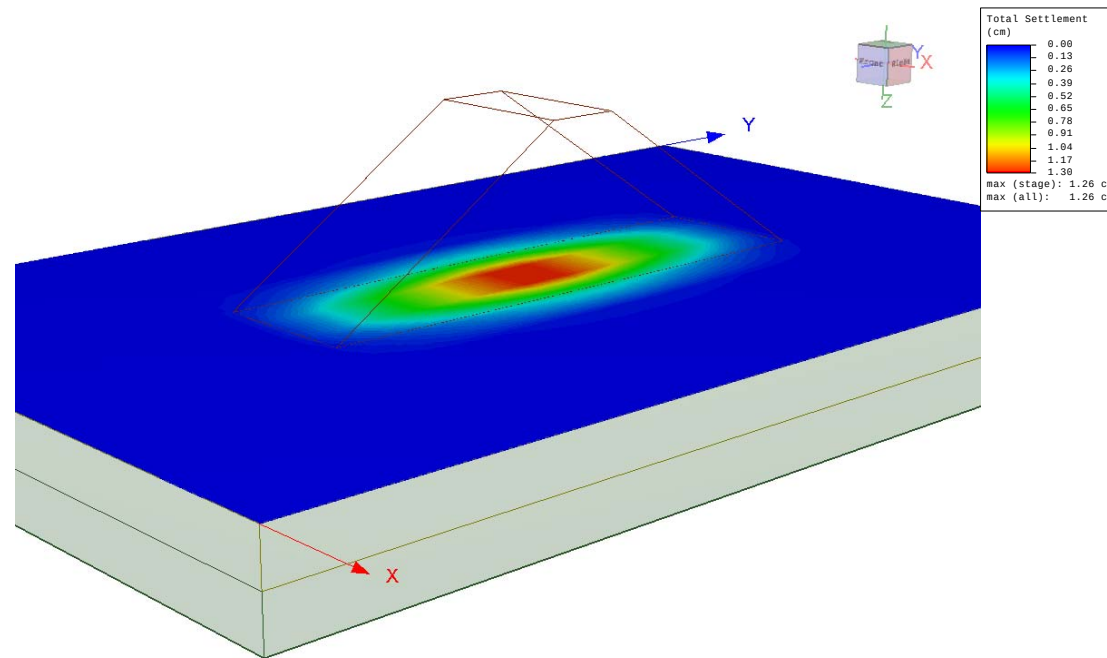
Los asientos que experimentan los rellenos se deben a la consolidación propia del relleno y a la del terreno de apoyo.

En el tramo que nos ocupa, la mayor parte de los rellenos se apoyarán sobre el relleno compactado existente que forma el tronco de la carretera. Tras más de 30 años de servicio, se puede considerar que estos rellenos han finalizado su periodo de asientos. Por lo que los asientos se limitan a los originados durante el proceso constructivo que serán en general reducidos.

Las transiciones de rellenos a desmontes se deben realizar gradualmente con objeto de que los asientos diferenciales no sean excesivos. Para ello, se recomienda excavar en la zona de relleno y apoyar este sobre roca más o menos sana o sobre un nivel compactado de suelo, proporcionando uniformidad sobre el terreno de apoyo.

Para calcular el asiento del terreno de apoyo, se ha utilizado el programa comercial Settle3d, que permite calcular asientos por diferentes métodos. En este caso, dada la naturaleza de los materiales

existentes, se ha calculado por el método de Boussinesq asumiendo un comportamiento elástico del terreno. Para ello se ha modelizado un relleno tipo usando como modelo el relleno de máxima altura del proyecto, el relleno nº 4. Este relleno presenta una altura máxima de 17m en su punto más alto. Dado que todos los rellenos se ejecutarán con materiales de similares características, realizando el cálculo pésimo con el relleno de mayor altura se obtienen los asentamientos esperados.



Se ha modelizado una sección tipo del terreno de cimiento, asumiendo un espesor de roca alterada de 5m, siendo este valor superior al espesor detectado que no sobrepasa los 2m, para estar de lado de la seguridad. Se han usado valores conservadores para el módulo de elasticidad de las unidades “Roca Alterada” ($E=15 \text{ MPa}$). El asentamiento máximo obtenido es $Scim=1,26 \text{ cm}$.

3.3.7 Asientos debidos a la consolidación del propio relleno

En los rellenos tipo terraplén, que serán los más frecuentes en este tramo, se estima que los asentamientos residuales serán ligeramente inferiores o del orden del 0,3% de la altura de los rellenos; siempre que se alcance un grado de compactación adecuado.

Para un relleno de 17m de altura máxima, los asentamientos debidos a la consolidación del propio relleno se estima en $Scons=0,9\text{cm}$.

Parte de estos asentamientos, del orden del 50 %, se producirán durante los seis meses posteriores al término de la construcción y hasta el 75 % en el año siguiente.

3.3.8 Asientos totales

En función de lo explicado en los dos apartados anteriores, se puede estimar que el asentamiento máximo para el relleno de mayor altura será la suma de los asentamientos sufridos por el cimiento del relleno ($Scim$) y los asentamientos producidos dentro del propio relleno ($Scons$). El asentamiento total será por tanto : $Stotal=Scim+Scons = 1+1,2=2,2 \text{ cm}$.

A partir de este último dato, cabe pensar que los asentamientos máximos diferidos en los rellenos objeto de este estudio, serán en general inferiores a unos 2,5 cm. y en su mayor parte tendrán lugar durante la ejecución de la obra.

3.3.9 Ejecución y control

En los rellenos tipo todo – uno y pedraplén, el espesor máximo de tongada puede ser de 70 centímetros a un metro. La compactación debe realizarse mediante rodillos vibradores lisos cuyo peso estático exceda de las 10 toneladas, y con frecuencias de vibración de 2.500 a 3.000 ciclos por minuto.

La compactación puede controlarse mediante el número de pasadas contabilizado en un tramo de prueba en el que se haya medido la densidad seca; ésta deberá ser la equivalente a una porcentaje de huecos no superior al 20 por ciento. La densidad se medirá en calicatas abiertas con igual profundidad que el espesor de tongadas, y del ensayo, se deducirá el espesor óptimo de la tongada y el número de pasadas; si bien, en principio, cabe pensar que el número de pasadas oscilará entre cuatro y seis.

Se recomienda controlar las condiciones de drenaje en todas las fases de obra, incluida la excavación de los desmontes, e impedir, en lo posible, el contacto directo del agua con los materiales. Antes de iniciar cada relleno, debe estar terminada la obra de drenaje y canalizadas hacia la misma las aguas de escorrentía, que tenderían a invadir la explanación y a saturar los rellenos.

Las tongadas deberán extenderse con pendientes transversales del orden de un seis por ciento, para facilitar la escorrentía de las aguas de lluvia y evitar la saturación del relleno.

En las zonas donde la construcción del relleno constituya un recrecimiento del relleno existente del tronco de la carretera actual, se realizará un cajeo del espaldón del terraplén según se indica en la figura 1. De esta manera se asegura una buena unión entre ambos materiales y se elimina la zona más alterada del relleno existente..

Se ha diseñado un saneo de 0,6m bajo el terreno natural para todas las cimentaciones de rellenos. Este espesor se considera suficiente dada la inexistencia de suelos blandos o zonas potencialmente inestables que requieran mayores espesores de saneo. Si en alguna zona se detectase la presencia de agua al realizar el saneo se deberá rellenar dicho saneo con material de carácter drenante (rechazo cantera, escollera o similar).

La ejecución de rellenos tipo se realizará siempre según lo especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

4 Reutilización de materiales

En función de los ensayos de laboratorio efectuados se estima que los materiales excavados, una vez retirada la tierra vegetal son aptos para su uso como rellenos compactados y asimilables a un suelo tipo: todo-uno. Los materiales cumplen con las exigencias de un suelo tolerable según el PG-3.

4.1 Coeficientes de paso

Sobre las muestras obtenidas en las calicatas se han realizado dos ensayos de compactación Proctor Modificado, obteniéndose los siguientes valores:

Cata	Muestra	Proctor Modificado	
		Dmáx.	Wópt
C-1	MI-1	1,88	12,7
C-2	MI-1		
C-4	MI-1	1,803	13,9

Las densidades obtenidas son ligeramente bajas, debido a la heterogeneidad del material ya que no presenta una buena granoselección al existir gravas y cantos de matriz rocosa. Se considera que durante la puesta en obra, al no existir el efecto escala del ensayo, se deberían poder conseguir densidades del orden de 2ton/m3.

Por ello los coeficientes de paso adoptados son los siguientes

Origen	Relleno Compactado	Depósito Sobrantes
Excavación en Suelos	1,1	1,2
Excavación roca alterada	1,2	1,25
Excavación en roca	1,25	1,35

La entidad de los desmontes proyectados hace difícil la separación durante la excavación de las fracciones de excavación en suelos, roca alterada y roca sana, por lo que la ejecución de los rellenos compactados se realizará con una mezcla de los materiales anteriores, de tal forma que constituyan un material tipo “todo-uno”. Por ello, el coeficiente de paso medio deberá ser un valor único y se puede estimar asimilar al de excavación en roca alterada (1,25) ya que será el material predominante.

5 Cimentación de Estructuras

5.1 Cimentaciones Superficiales

5.1.1 Criterios para la determinación de las tensiones admisibles en suelos

La formulación más habitual para el cálculo de la carga de hundimiento es la fórmula de Brich-Hansen.

En dicha formulación, la carga de hundimiento viene dada por:

$$P_{vh} = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot s_q \cdot t_q \cdot r_q + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot s_\gamma \cdot t_\gamma \cdot r_\gamma$$

Donde P_{vh} es la presión vertical de hundimiento

q = Sobrecarga actuante al nivel del plano de cimentación

c = Cohesión de cálculo

γ = Peso específico del terreno

B^* = Anchura equivalente del cimiento

N_q, N_c, N_γ = Factores de capacidad de carga adimensionales

d_q, i_q, s_q, t_q, r_q = Factores adimensionales en función de la resistencia al corte del terreno, la inclinación de la carga, la forma de la cimentación, la proximidad a un talud y la inclinación del plano de apoyo.

En el caso de materiales fundamentalmente arcillosos, la situación más crítica se produce a corto plazo, donde para el análisis de la cimentación se supone un ángulo de rozamiento interno $\phi=0^\circ$, con lo que la anterior ecuación se puede describir como:

$$P_{vh} = (\phi + 2) \times C_u \times (1 + s_c + d_c) + q$$

Siendo:

$$s_c = 0.2 \times B/L$$

$$d_c = 0.4 \times D/B,$$

donde B y L son el ancho y largo de la zapata y D es la profundidad de empotramiento de la misma.

5.1.2 Criterios para la determinación de las tensiones admisibles en roca

La metodología empleada para calcular la presión admisible es la recogida en la “Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera”, editada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, con fecha septiembre de 2002:

$$p_{v adm} = p_0 \times \square_1 \times \square_2 \times \square_3 \times (q_u / p_0)^{1/2}$$

Donde:

$p_{v adm}$: Presión admisible

p_0 : presión de referencia ($p_0 = 1 \text{ MPa}$)

q_u : Resistencia a compresión simple de la roca sana.

$\square_1 \square_2 \square_3$: Parámetros adimensionales que dependen del tipo de roca, grado de meteorización y grado de fracturación respectivamente, según se indica a continuación:

Influencia del tipo de roca

Según las recomendaciones citadas, existen rocas cuya estructura es más proclive a contener planos de debilidad no detectados en los sondeos ni en los ensayos de compresión simple.

Atendiendo a este aspecto, las rocas pueden clasificarse en varios grupos, partiendo de un primer grupo en el que no se temen fracturas ni grietas no detectables por los reconocimientos y terminando en un cuarto grupo en el que el tipo de formación rocosa es proclive a contener otros planos de debilidad a parte de los detectables con los trabajos de censos de litoclasas o con los ensayos de compresión simple realizados en laboratorio a pequeña escala.

Influencia del grado de meteorización

El valor de este parámetro se toma de la tabla aportada por las citadas recomendaciones, con los siguientes valores:

Grado de meteorización I (Roca sana o fresca): $\square_2 = 1.0$

Grado de meteorización II (Roca ligeramente meteorizada): $\square_2 = 0.7$

Grado de meteorización III (Roca moderadamente meteorizada): $\square_2 = 0.5$

Para grados de meteorización superiores deberá realizarse el cálculo como un suelo.

Se ha de tener en cuenta que en este proyecto se ha utilizado la escala de meteorización de D.G. Moye y la escala recogida en la Guía es la propuesta por la ISRM.

Influencia del espaciamiento entre litoclasas

El espaciamiento entre litoclasas se caracteriza mediante dos métodos:

Censo de litoclasas en afloramientos próximos a la zona de cimentación.

Mediante el valor del RQD en los sondeos realizados

De esta forma el valor del parámetro α_3 será el mínimo de los obtenidos mediante las fórmulas:

$$\alpha_{3a} = (s / 1m)^{1/2}$$

$$\alpha_{3b} = (RQD/100)^{1/2}$$

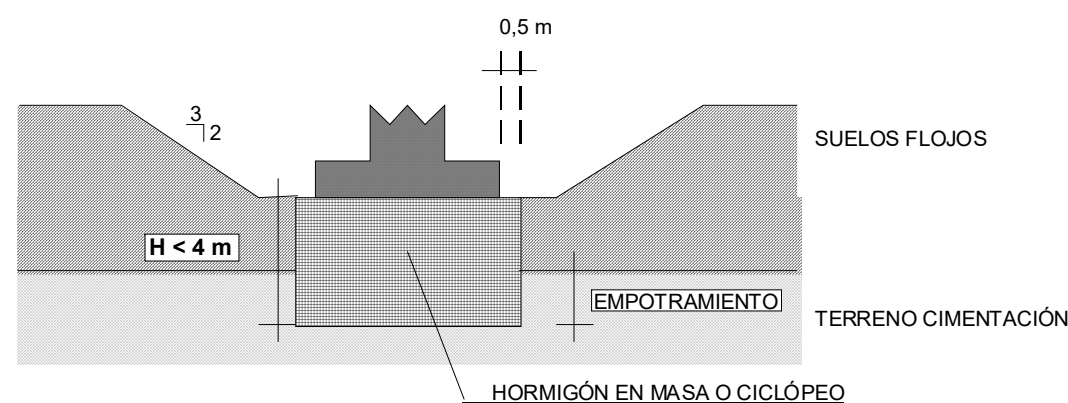
Donde:

S: Espaciamiento entre las litoclasas expresado en metros. (familia de litoclasas de mayor densidad)

1m: Valor que se utiliza para hacer adimensional la expresión correspondiente.

RQD: Valor del parámetro "Rock Quality Designation" expresado en tanto por ciento.

En aquellos casos en los que para la cimentación de las zapatas se requiera realizar saneos o excavaciones de profundidad tal que aún siendo de dimensiones elevadas, no se considere necesario llegar al empleo de cimentaciones profundas, puede elevarse la cota de cimentación de las zapatas apoyando estas sobre pozos de cimentación. Estos pozos deberán contar con un sobrecancho mínimo, en planta, de 0,5 m sobre el contorno de la zapata, y su altura no deberá superar los 6 m. En este caso se hablaría de cimentaciones semiprofundas



Criterios para las excavaciones de las distintas cimentaciones

Los materiales que forman los niveles de apoyo de las cimentaciones, en general, se detectan después de realizar una somera excavación para eliminar los espesores de la capa vegetal y las zonas meteorizadas. Puede darse el caso, sin embargo, en algunas zonas, que los apoyos de las estructuras se encuentren próximos a otras obras (viales, vías, caminos, edificios, etc.) o, también que la topografía en pendiente de estos exija una excavación adicional en alguno de los lados del perímetro de la cimentación para conseguir un nivel de apoyo horizontal en el terreno sano.

En las condiciones descritas anteriormente, los asientos totales esperados se pueden considerar despreciables

A la hora de seleccionar los parámetros geotécnicos de cimentación para cada una de las estructuras se han tenido en cuenta los datos locales suministrados por los reconocimientos más próximos y donde la información aportada por los reconocimientos efectuados no sea concluyente, se ha optado por aplicar parámetros geotécnicos conservadores basados en la experiencia local de proyectos realizados en la zona y en materiales de similares características.

En el caso de cimentaciones en roca alterada, esta se ha tratado como suelos cuando el grado de alteración es IV o superior. En el caso de la roca sana, dado que no siempre se dispone de información suficiente para caracterizar el macizo rocoso y efectuar un cálculo fiable de la tensión admisible, se ha optado también por asumir un macizo rocoso altamente fracturado, con valores de RQD bajos, para estar del lado de la seguridad a la hora de calcular la tensión admisible. Los valores de tensión admisible adoptados, son por lo general bajos y ligeramente inferiores a los sancionados por la experiencia en materiales similares, de esta manera se asegura la posible incertidumbre que pudiese existir en el cálculo de las tensiones admisibles.

5.2 Escolleras y muros de contención

Para el diseño de estos tipos de muros de contención, se han señalado una serie de datos y características que se tienen que cumplir para la realización de dicha obra de forma correcta. Dichos datos se adjuntan en cada una de las fichas geotécnicas en las que se ha adoptado como medida de contención la realización de una escollera.

Aunque no se han realizado ensayos de laboratorio para el cálculo de la dureza o resistencia del sustrato rocoso, podemos utilizar como base de identificación del sustrato rocoso, los sondeos realizados en la zona, cuya litología en todos pertenece a una roca de tipo LUTITA (limolita).

Tomando como referencia bibliográfica GEOTECNIA Y CIMENTOS I: Propiedades de los suelos y de las rocas, J.A. Jiménez Salas; J.L. de Justo Alpañes (1975), en la Tabla 8.3 VALORES TÍPICOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE TESTIGOS DE ROCA Y ALGUNOS SUELOS DUROS, se puede observar que para una roca sana o poco alterada de este tipo (asimilable a una marga o argilita) los valores mínimos se encuentran en un rango de entre 35-280 Kp/cm², respectivamente. Por tanto, del lado de la seguridad se cree conveniente utilizar como valor de cálculo la media de dichos valores, siendo $q_u = 157 \text{ Kp/cm}^2$.

Para el cálculo de la carga admisible sobre la roca, se ha utilizado el criterio que se expone a continuación:

Parson y Teng: $\alpha_{adm} = 0,12 - 0,20 \cdot \alpha_C$

Donde α_C es la resistencia a compresión simple de la roca.

Por tanto, para una roca más o menos sana se obtiene una capacidad portante del sustrato rocoso de 18 kp/cm², aconsejando no superar para los cálculos estructurales una carga admisible de 5 Kp/cm².

Anejo nº3. Geología y geotecnia

BI160000100-PC-AN-GE0-2

El relleno R-4 se sostiene con un muro de escollera para reducir los derrames laterales de tierras. Este muro tiene una altura máxima de 11 m en su punto más bajo y se cimienta sobre roca alterada.

Los detalles del mismo se pueden ver en el apéndice de planos.

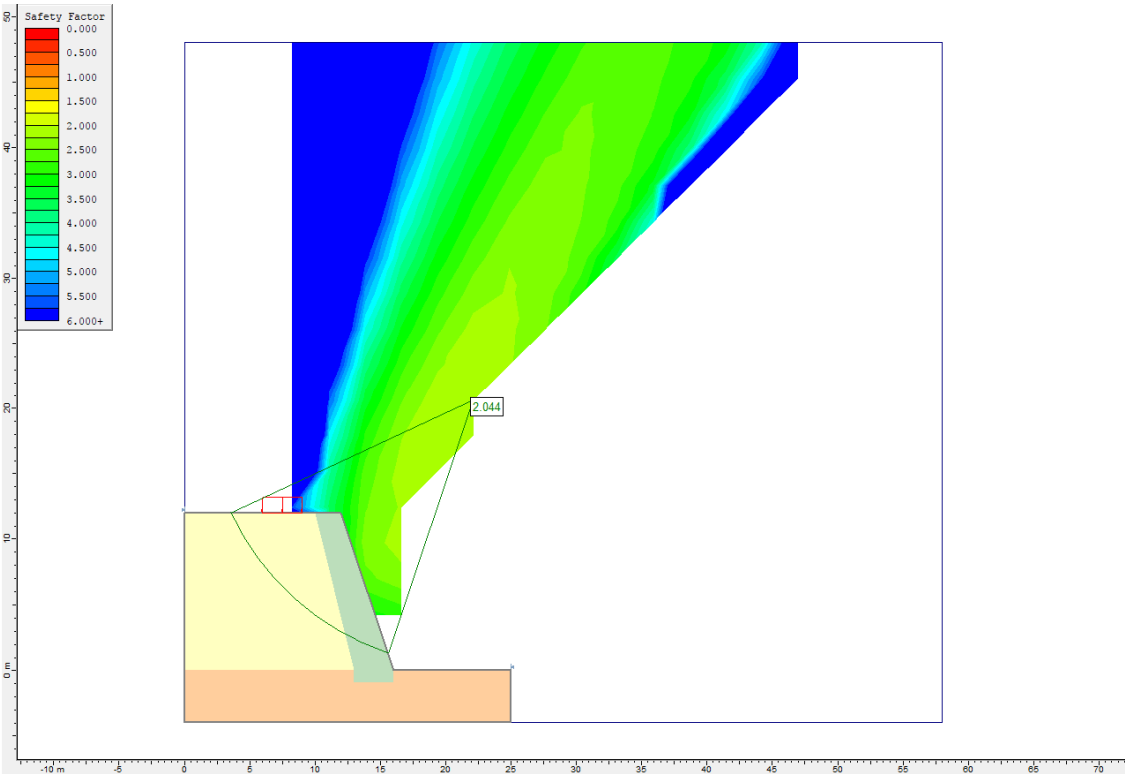


Fig 5.1 Cálculo de estabilidad del relleno con escollera y sobrecarga de tráfico. FS>2

Las dimensiones serán las especificadas en la Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de Carretera editada por el Ministerio de Fomento (2006) Con un ancho mínimo de 1.50 m en su parte superior.

Para el cálculo de escolleras apoyadas en roca alterada, que pueda asimilarse a un suelo duro, se aplica la formulación de Brinch-Hansen, donde se obtiene la siguiente tensión admisible:

CÁLCULO DE CARGA ADMISIBLE EN CIMENTACIONES SOBRE SUELOS			
MÉTODO DE BRINCH-HANSEN			
PROYECTO: BI-630			
ESTRUCTURA: ESCOLLERA			
APOYO: ZAPATA CORRIDA			
SITUACIÓN: VER PLANO			
FORMACIÓN GEOLOGICA: ROCA ALTERADA			
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CIMENTACIÓN			
(B) ANCHO CIMENTACIÓN	1,5	m	
(D) PROFUNDIDAD DEL PLANO DE CIMENTACIÓN	1	m	
(L) LONGITUD	10	m	
RELACIÓN D/B	0,67		
RELACION L/B	6,67		
CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO			
DENSIDAD DEL SUELO BAJO LA CIMENTACIÓN	20,00	kN/m³	
DENSIDAD DEL SUELO LATERAL	20,00	kN/m³	
SOBRECARGA DEL TERRENO A COTA DE CIMENTACIÓN	20,00	kPa	
COHESION	100	kPa	
ANGULO DE ROZAMIENTO	25,00	°	
COEFICIENTES DE CARGA DE HUNDIMIENTO			
Nc	5,14		
Nq	1,00		
Nγ	0,00		
COEFICIENTES DE FORMA			
sc	1,03		
sq	1,03		
sγ	1,00		
COEFICIENTES DE PROFUNDIDAD			
dc	1,23		
dq	1,11		
dγ	1,00		
RESULTADOS OBTENIDOS: CARGA ADMISIBLE			
Qh (Carga de hundimiento)	672,90	kPa	
FACTOR DE SEGURIDAD	3,00		
Qadm (Carga admisible)	224,30	kPa	
	2,24	kp/cm²	
	0,22	MPa	

Por tanto se adopta como criterio general para la cimentación de muros y escolleras 0,22 MPa como tensión admisible.

5.3 Cimentaciones de carriles hincados

Se han diseñado 3 muros de carriles hincados para contener hundimientos existentes en la calzada actual en servicio. Se trata de muros a pie de talud en los ppkk: 3+294, 3+314 y 4+608.

Para la cimentación de estos muros, se asume que los carriles funcionan como elementos resistentes similares a micropilotes apoyados en el sustrato rocoso (hincados hasta rechazo) o bien introducidos en una perforación previa del terreno, donde se atraviesa el sustrato rocoso.

En el primero de los casos se considera solamente la colaboración por fuste de los carriles y en el segundo caso se consideran “empotrados en roca”.

En el caso de los micropilotes empotrados en roca, su resistencia unitaria por punta q_p se obtiene de la tabla 3.3 de la “Guía para el proyecto y ejecución de micropilotes en obras de carretera.”

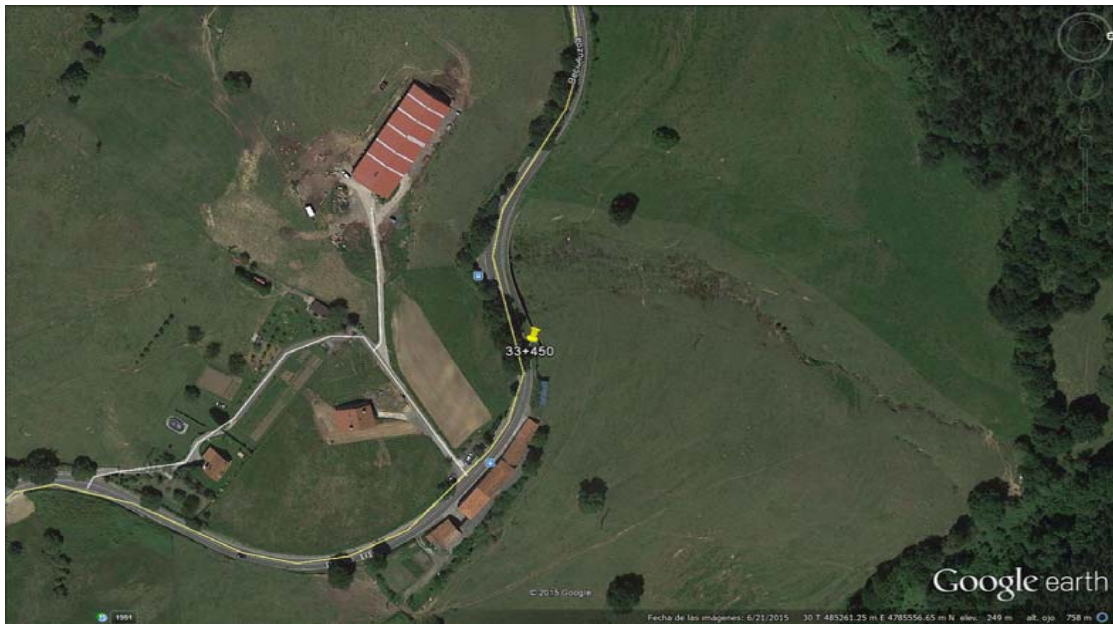
La resistencia por fuste en suelos y rocas alteadas se puede obtener a través de los ábacos de Bustamante así como de las recomendaciones de la FWHA, la “Guía para el proyecto y ejecución de micropilotes en obras de carretera” del Ministerio de Fomento y las recomendaciones de diseño y ejecución de la publicación de las “Jornadas Técnicas SEMSIG-AETESS: 3ª Sesión Micropilotes”, mientras que la resistencia unitaria por fuste en rocas sanas se obtiene de la expresión: $0.07 \times q_u$, donde q_u es la resistencia a la compresión simple, como se recomienda en la del Ministerio de Fomento. Para la determinación de la resistencia por punta en roca de los micropilotes se ha reducido el valor de la resistencia a compresión simple teniendo en cuenta el efecto escala, debido a que el área de la punta de los micropilotes es reducida en relación al tamaño de las posibles zonas de alteración puntual y discontinuidades de la roca. Por ello, se ha reducido dicho valor a 10 MPa, en función del grado de la litología dominante, la alteración existente y la densidad de fracturación.

APÉNDICE N° 1.1

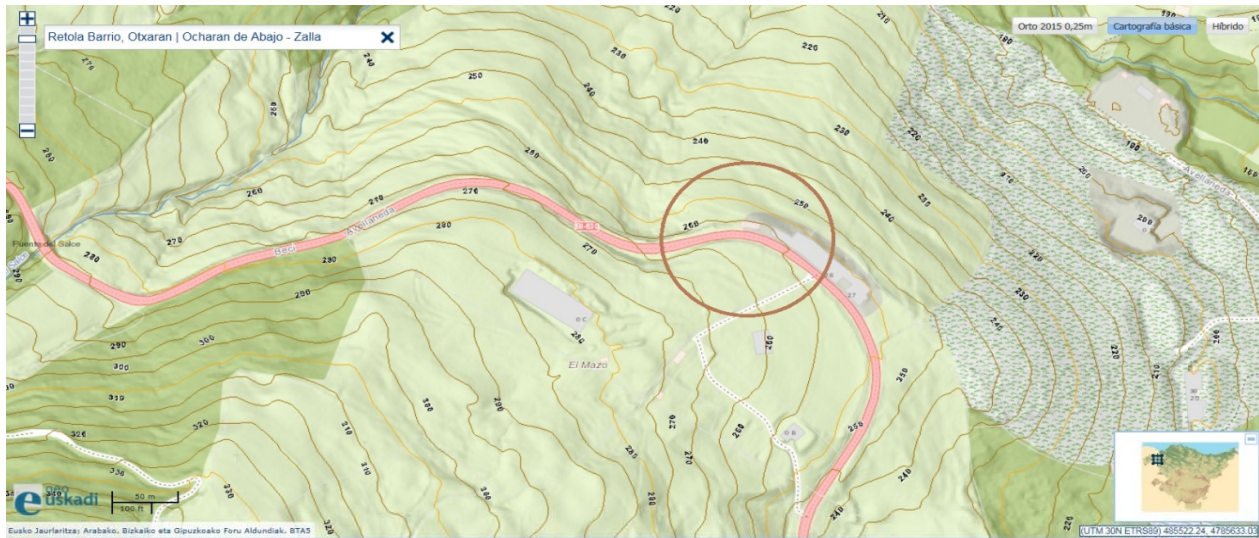
Catálogo

IDENTIFICACIÓN: BI-630 33450

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	4875287
		Y:	4785538
P.K.	33+450 - 33+453	Z:	250
ORTOFOTO DEL ÁREA DEL ESTUDIO			



TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO:



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO

Se ha detectado la presencia de grietas situadas a 1.50 m hacia el interior de la línea blanca

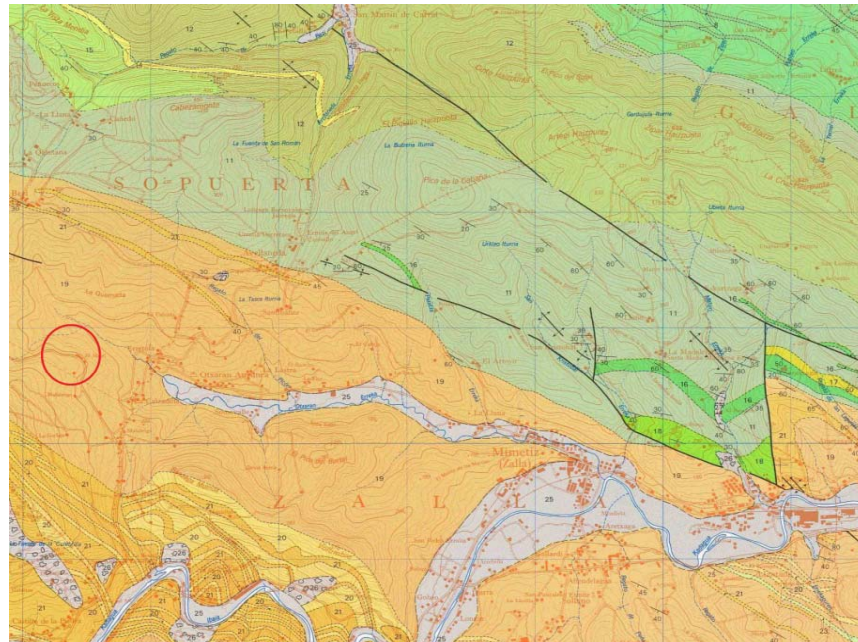
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO

Se ha realizado una Penetración Dinámica (**P-26**), y el rechazo se localiza a **2.60m** de profundidad. El espesor de relleno y roca meteorizado es escaso. A partir de la profundidad de rechazo se presume la presencia del macizo rocoso no meteorizado M(II)

SOLUCIÓN ADOPTADA

Se propone la ejecución en este tramo de una escollera.

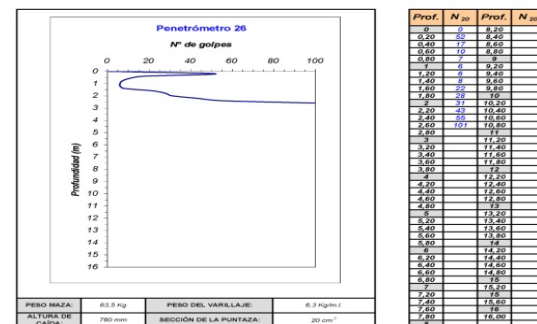
GEOLOGÍA REGIONAL



Cartografía geológica

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS

GTK Laboratorio Geotécnico Laboratorio de Control de Calidad, Edificación y Obra Civil ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (Dynamic Probing Super Heavy) (UNE 103 801)		Página 33 de 53 P-578-10-15
PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Eibarbogi	
SOLICITANTE:	FULCRUM	
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015	
REFERENCIA:	P28 (Carretera BI 630 - Pk 33+450)	



OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

Laboratorio de ensayos para el Control de Calidad de la Edificación acreditado por la Dirección General de Vivienda y Arquitectura del Gobierno de Cantabria, según Real Decreto 419/2010 de 31 de marzo, con número de acreditación CTB-L-008

DPSH p.k. 33+450

FOTOGRAFÍAS



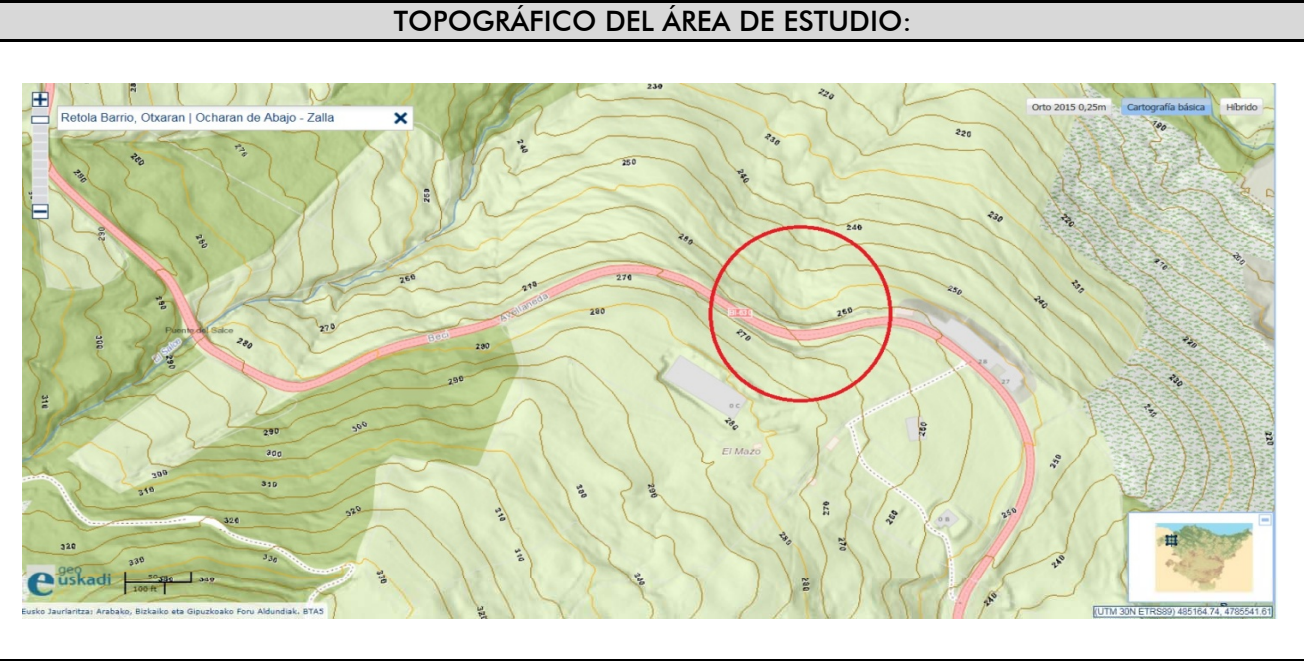
Grietas a 1.5m de la línea blanca



Vista general de las grietas en el carril derecho

IDENTIFICACIÓN: BI-630 33470

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	485161,191
		Y:	4785560,469
P.K.:	33+470 - 33+478	Z:	263



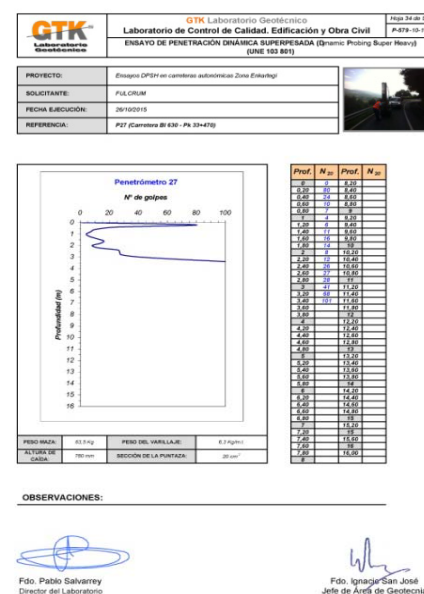
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
La carretera se sitúa a media ladera sobre una zona de elevada pendiente. La roca aflora en el talud por encima de la plataforma. El deslizamiento queda localizado en la zona de relleno. Se observa una grieta que afecta a la mitad del carril más exterior.
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-27), y el rechazo se localiza a 3.40m de profundidad. Por debajo de esta profundidad se espera la presencia de la roca sana M(II)
SOLUCIÓN ADOPTADA
Se propone para esta zona la realización de una escollera.

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Margas y Margocalizas con niveles calcareníticos aislados

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 33+470

FOTOGRAFÍAS

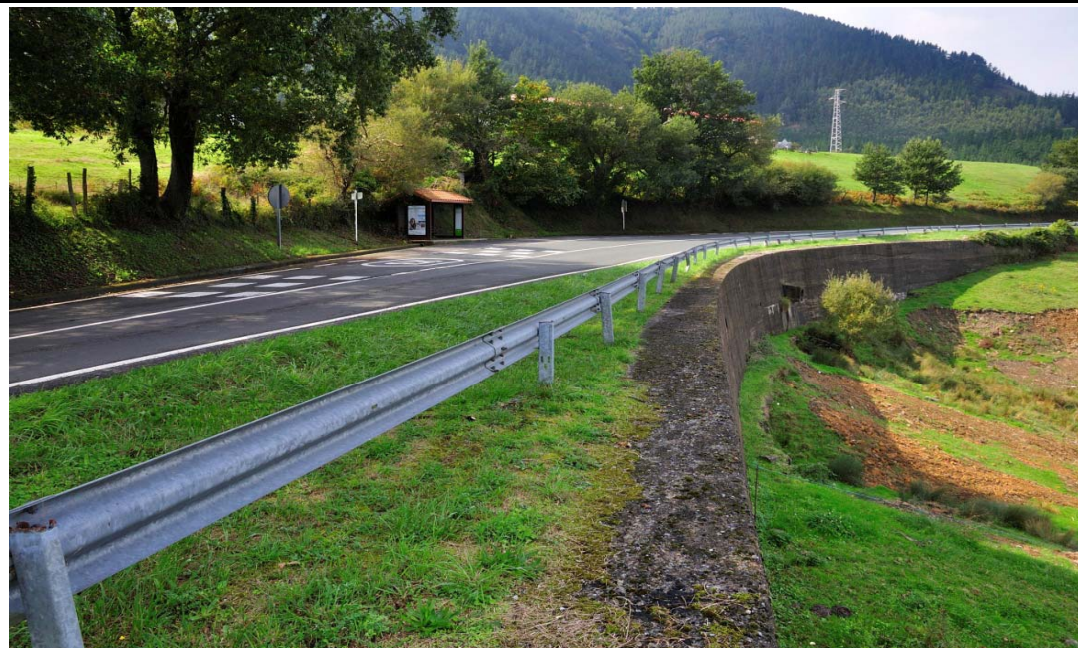


Vista de las grietas sobre la carretera



Vista general

FOTOGRAFÍAS

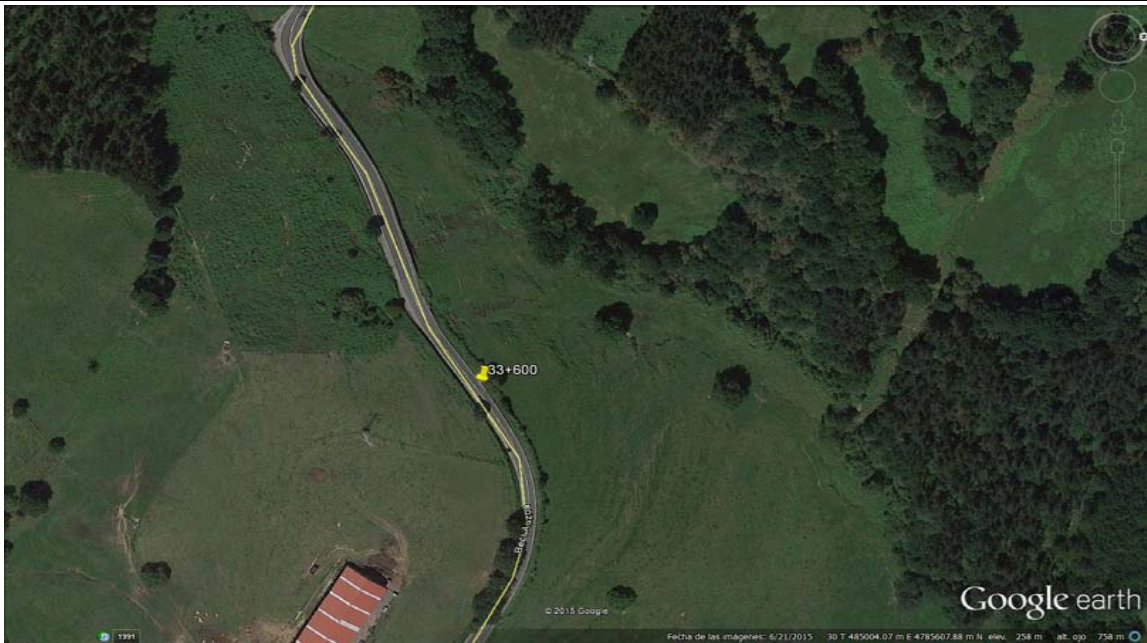


Vista del muro existente en la zona exterior de la vía

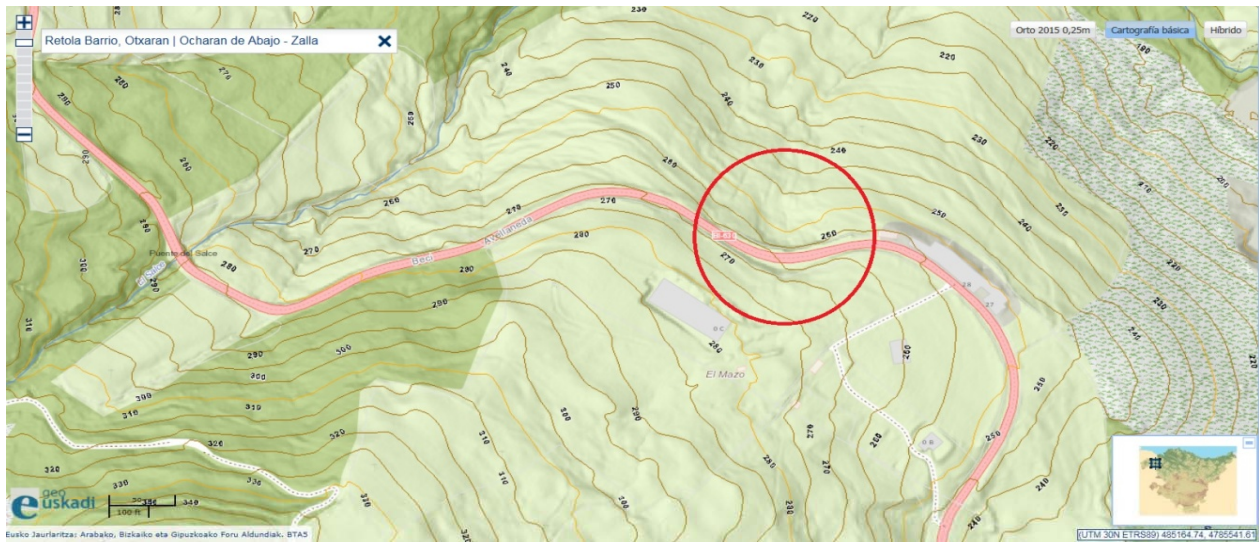
IDENTIFICACIÓN: BI-630 33600

CARRETERA:	BI-630	X:	485035
		Y:	4785558
P.K.:	33+600 - 33+620	Z:	270

ORTOFOTO DEL ÁREA DEL ESTUDIO



TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO:



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO

Una serie de grietas localizadas al final de un muro de hormigón marcan la presencia de un movimiento no resuelto con la presencia del muro de gravedad

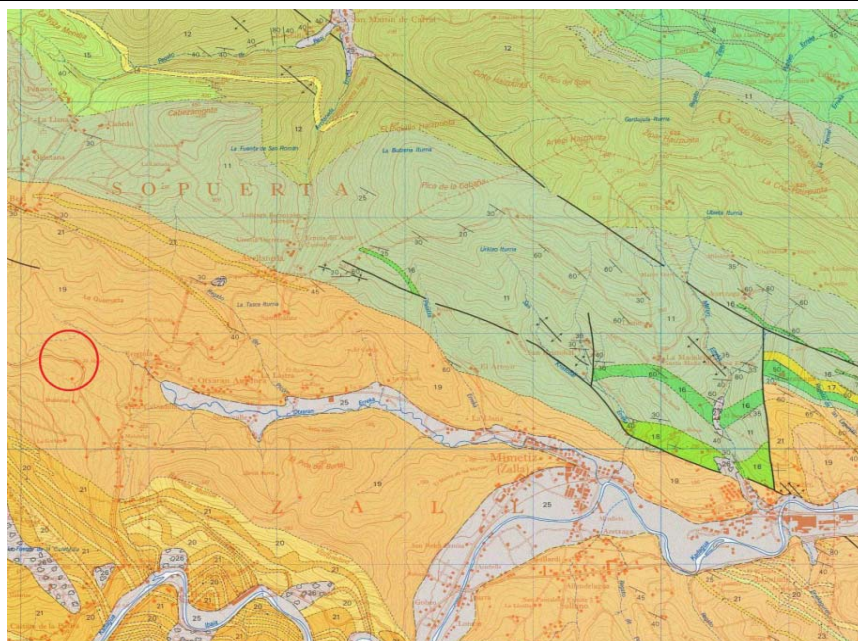
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO

Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-28), y el rechazo se localiza a 7.20m de profundidad. A partir de esa profundidad se espera la presencia de la roca sana M(II)

SOLUCIÓN ADOPTADA

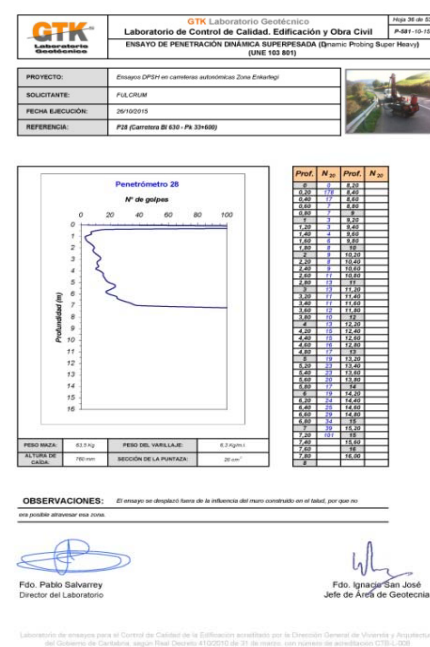
Se propone la ejecución de una hinca de carriles

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Margas y Margocalizas con niveles calcareníticos aislados

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 33+600

FOTOGRAFÍAS



Vista general de la Calzada



Detalle de las Grietas

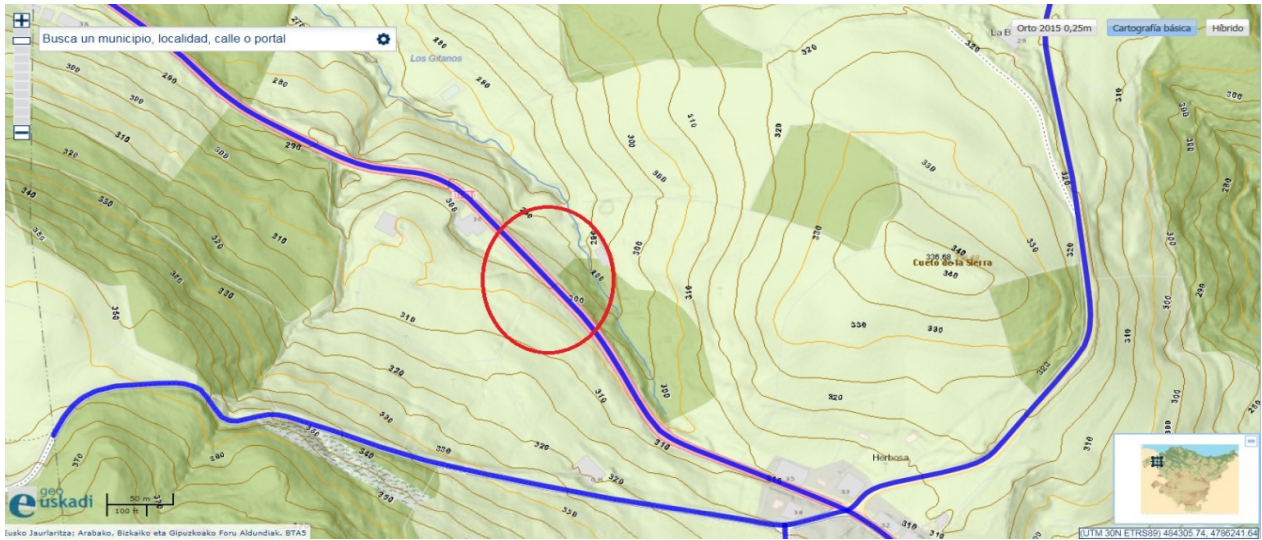
IDENTIFICACIÓN: BI-630 34760

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	484308
		Y:	4786199
P.K.:	34+760 - 34+768	Z:	294

ORTOFOTO DEL ÁREA DEL ESTUDIO



TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO:



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO

Se encuentra situado muy proximo a la terminación de un muro recientemente ejecutado. Las grietas se sitúan a 1.50 m de la línea blanca, hacia el interior.

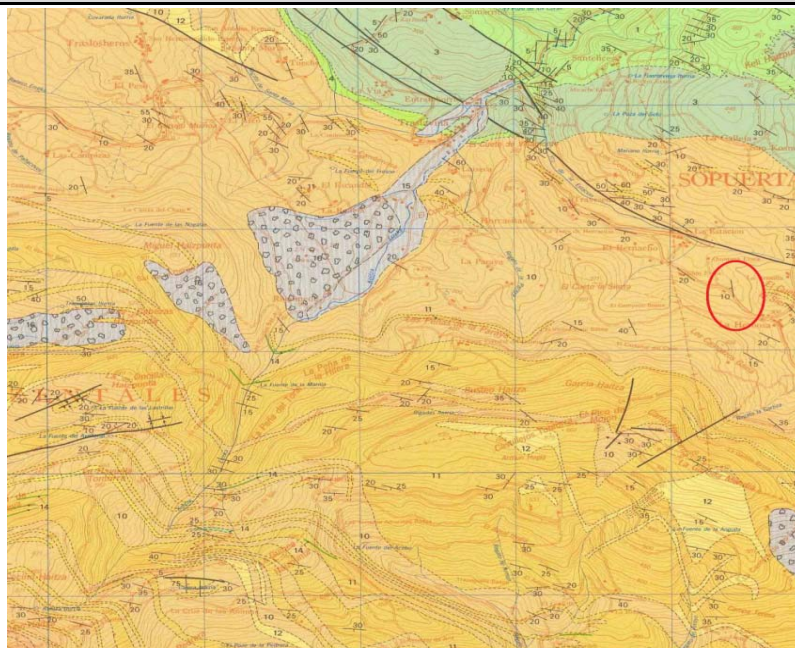
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO

Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-29), y el rechazo se localiza a **3.80m** de profundidad. A partir de esta profundidad se espera la presencia del macizo rocoso no alterado M(II)

SOLUCIÓN ADOPTADA

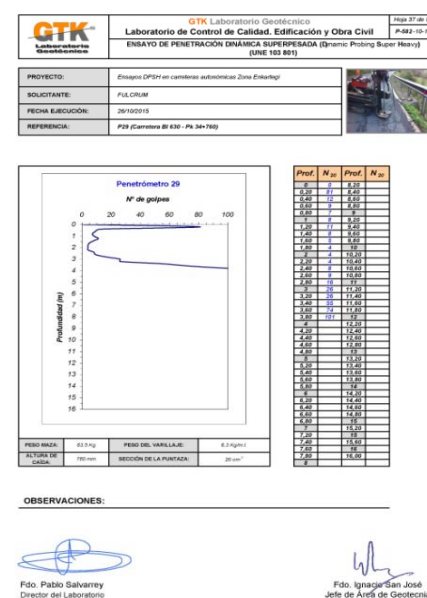
Se recomienda la ejecución de una escollera

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Margas y Margocalizas con niveles calcareníticos aislados

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 33+760

FOTOGRAFÍAS



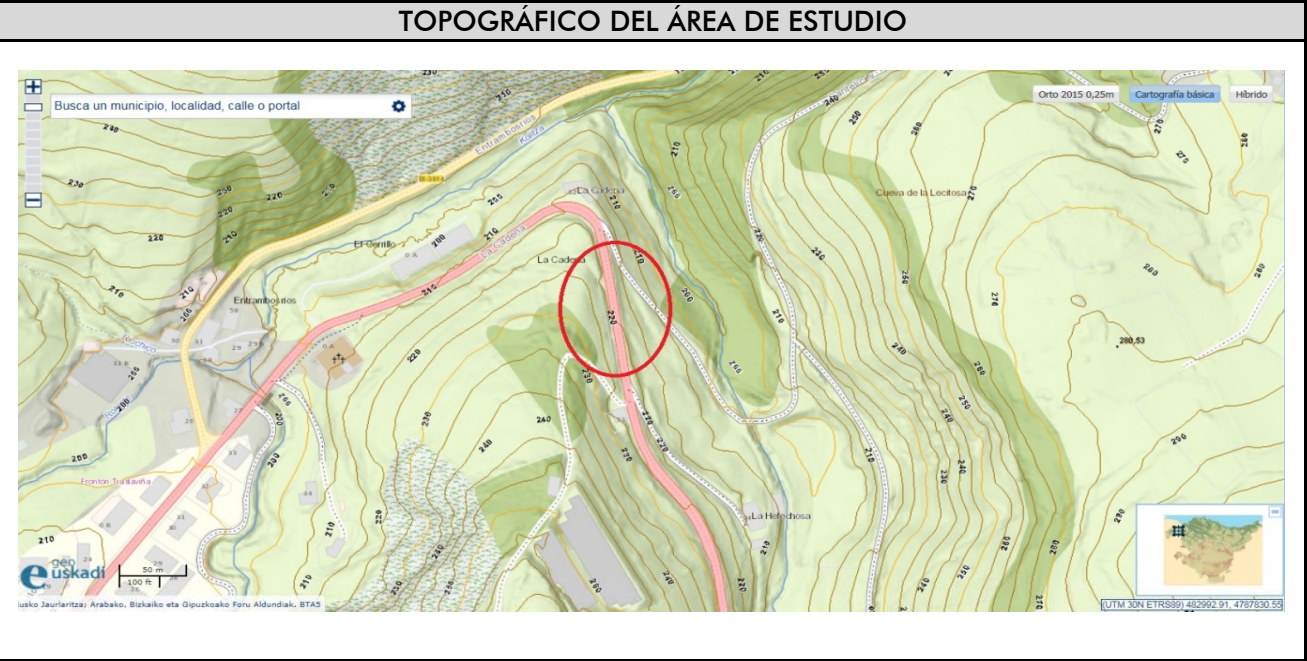
Vista general de la calzada



Detalle de las grietas a 1.5m de la línea blanco.

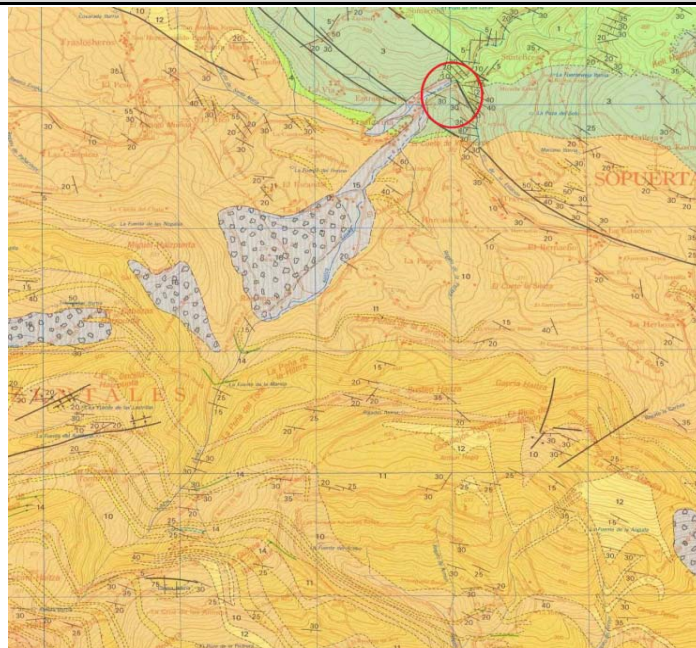
IDENTIFICACIÓN: BI-630 37100

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	479335,558
		Y:	4787937,892
P.K.:	37+100 - 37+200	Z:	217



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
Se ha apreciado la existencia de una serie de grietas a lo largo del tramo, separadas de la línea blanca 2.0 m como máximo. Afecta a la zona más exterior de un relleno a media ladera.
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado un sondeo mecánico a rotación con recuperación de testigo: S-37+100. Se estima que la potencia de suelos y roca meteorizada será reducida, del orden de 1.80 m.
SOLUCIÓN ADOPTADA
Se propone la ejecución de una escollera

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Margocalizas, calcarenitas y margas



Sondeo Mecánico S-37+100

FOTOGRAFÍAS



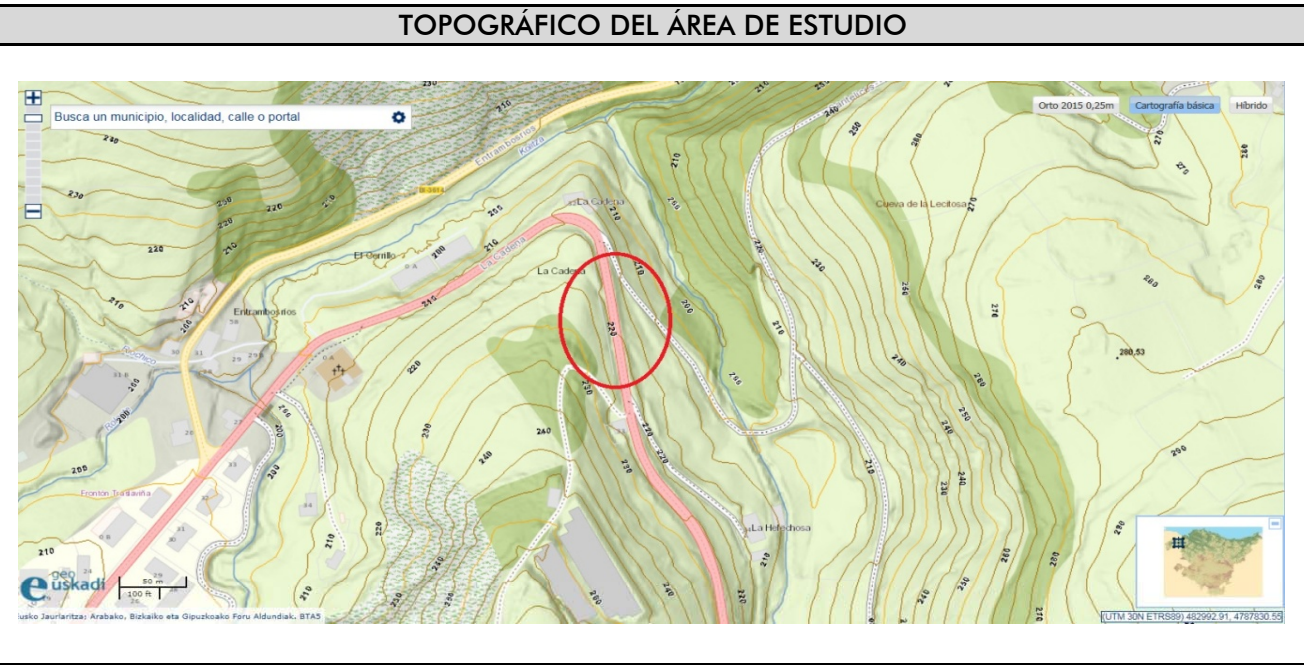
Vista general de la Calzada



Detalle de un parche de aglomerado

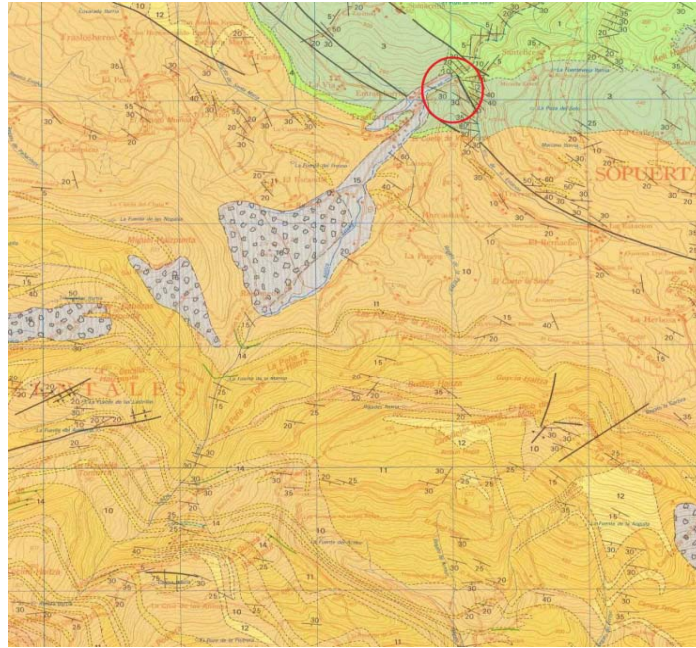
IDENTIFICACIÓN: BI-630 38675

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	481693,24
		Y:	4787657,909
P.K.:	38+675 - 38+679	Z:	226



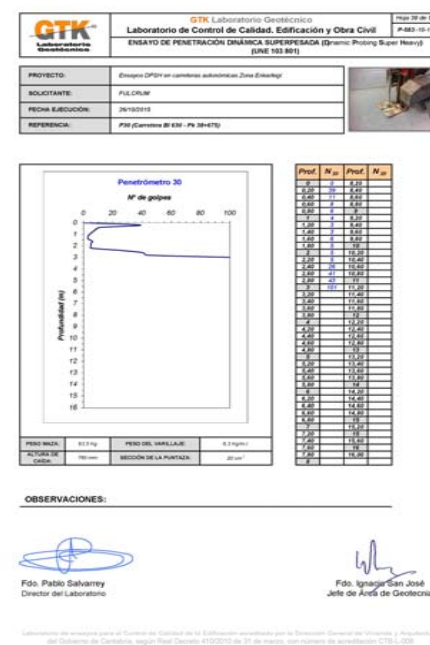
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
Grietas situadas a menos de 1.00 m de la línea blanca. Zona situada a continuación de un muro de gravedad. Fuerte pendiente por debajo de la base del muro.
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-30), y el rechazo se localiza a 3.00m de profundidad. Se estima que a partir de esta profundidad aparece el macizo rocoso sano M(II)
SOLUCIÓN ADOPTADA
Se propone la ejecución de una escollera

GEOLOGÍA REGIONAL



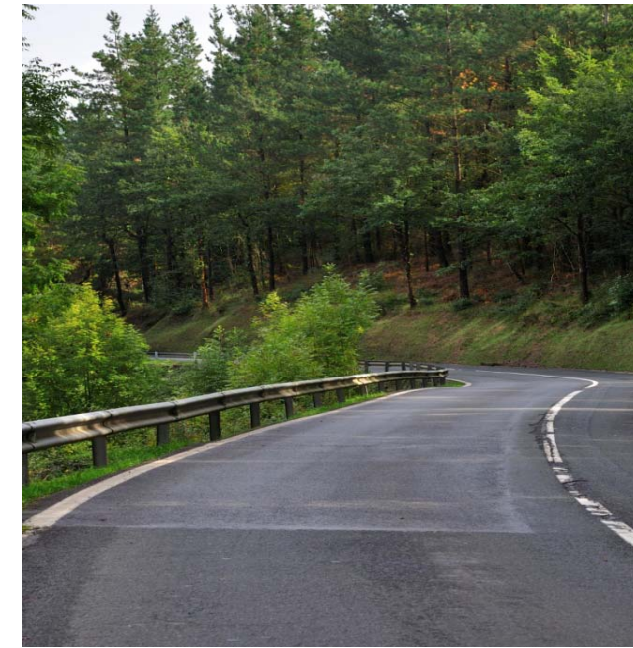
Macizo rocoso: Lutitas y areniscas oscuras de grano muy fino

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 38+675

FOTOGRAFÍAS



Vista general de la Calzada



Vista de las grietas sobre el carril derecho de la carretera

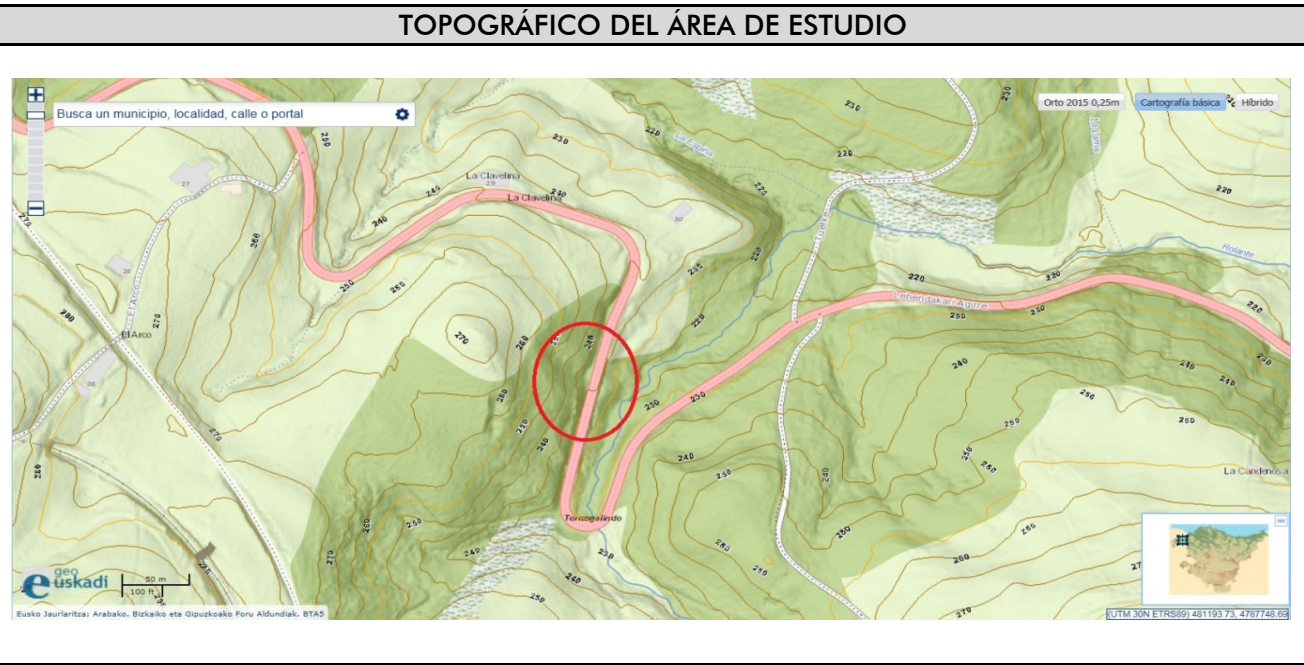
FOTOGRAFÍAS



Vista de las grietas sobre la carretera, antes de un muro existente

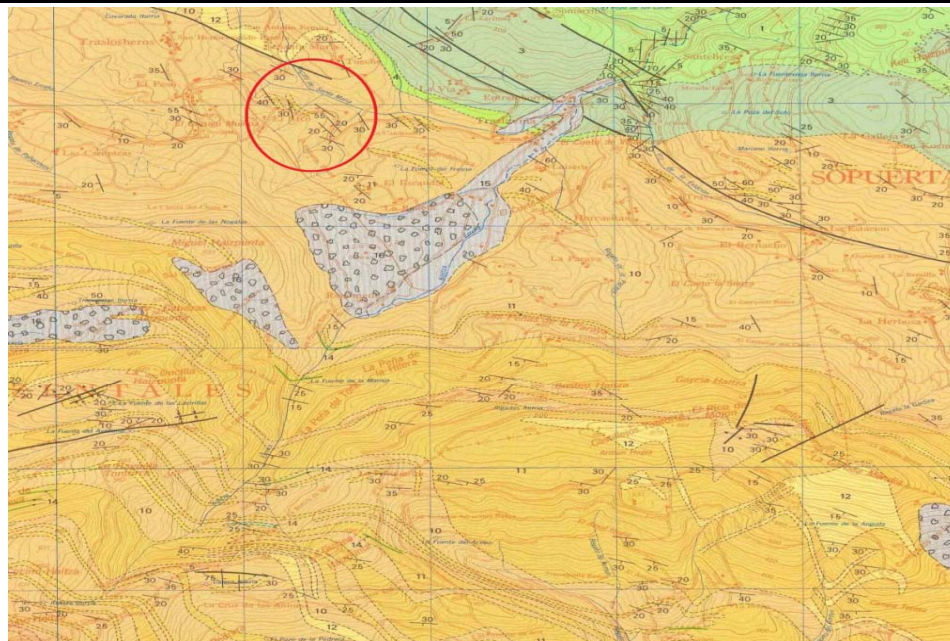
IDENTIFICACIÓN: BI-630 39200

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	481399
		Y:	4787620
P.K.:	39+200 - 39+220	Z:	236



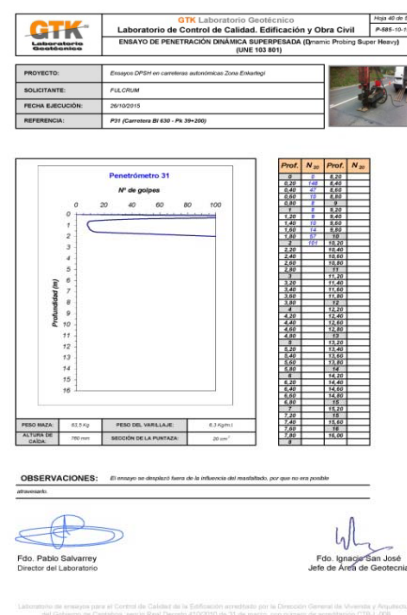
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
Una serie de grietas localizadas al final de un muro de hormigón marcan la presencia de un movimiento no resuelto al final de este muro
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-40), y el rechazo se localiza a 2.00m de profundidad. A partir de esta profundidad se estima que aparece la roca sana M(II)
SOLUCIÓN ADOPTADA
Se propone la ejecución de un muro de escollera

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Calcarenitas y margas

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 39+200

FOTOGRAFÍAS



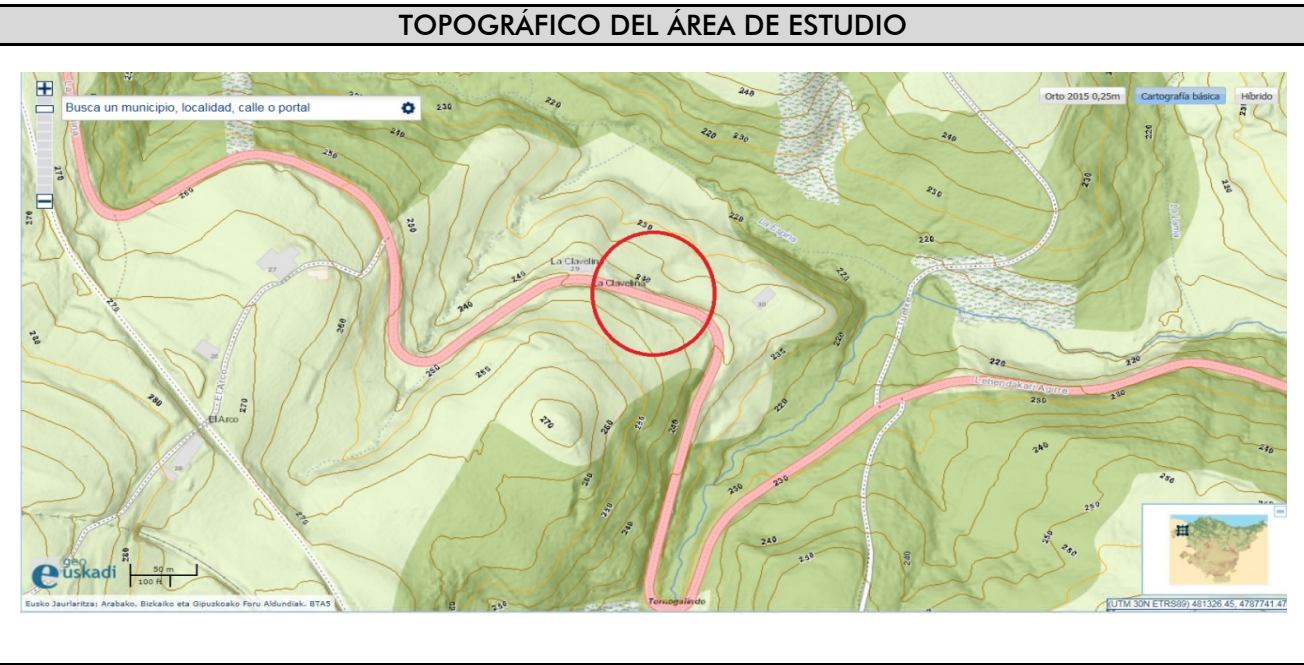
Vista de un parche de aglomerado sobre la carretera



Vista general de la Calzada

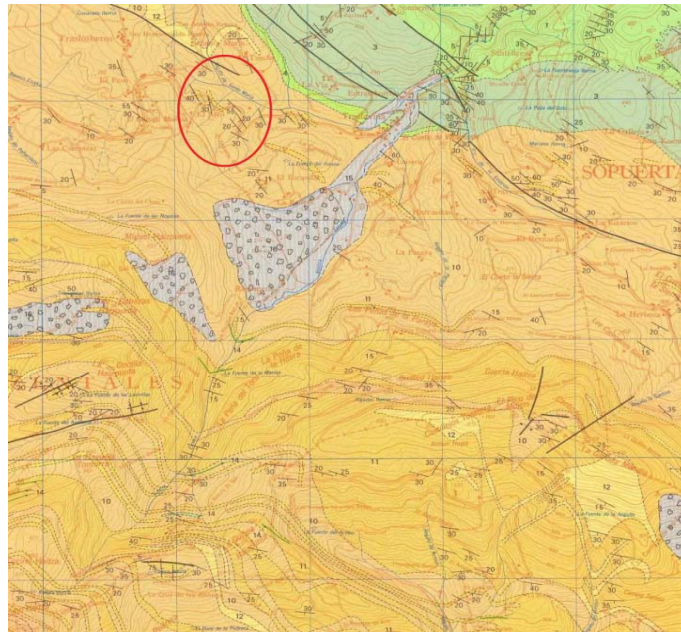
IDENTIFICACIÓN: BI-630 39312

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	481366,005
		Y:	4787736,155
P.K.:	39+312 - 39+335	Z:	235



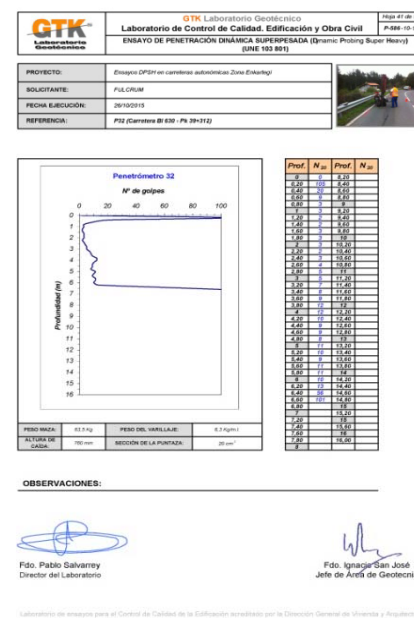
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
Zona situada entre dos muros de gravedad, afecta al carril más externo.
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-32), y el rechazo se localiza a 6.60m de profundidad. A partir de este nivel se estima que aflorará la roca sana M(IV)
SOLUCIÓN ADOPTADA
Se propone la ejecución de una pantalla de carriles hincados

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Lutitas y areniscas oscuras de grano muy fino

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 39+312

FOTOGRAFÍAS



Vista de las grietas sobre el carril derecho de la carretera



Vista de la grieta desde el sentido contrario

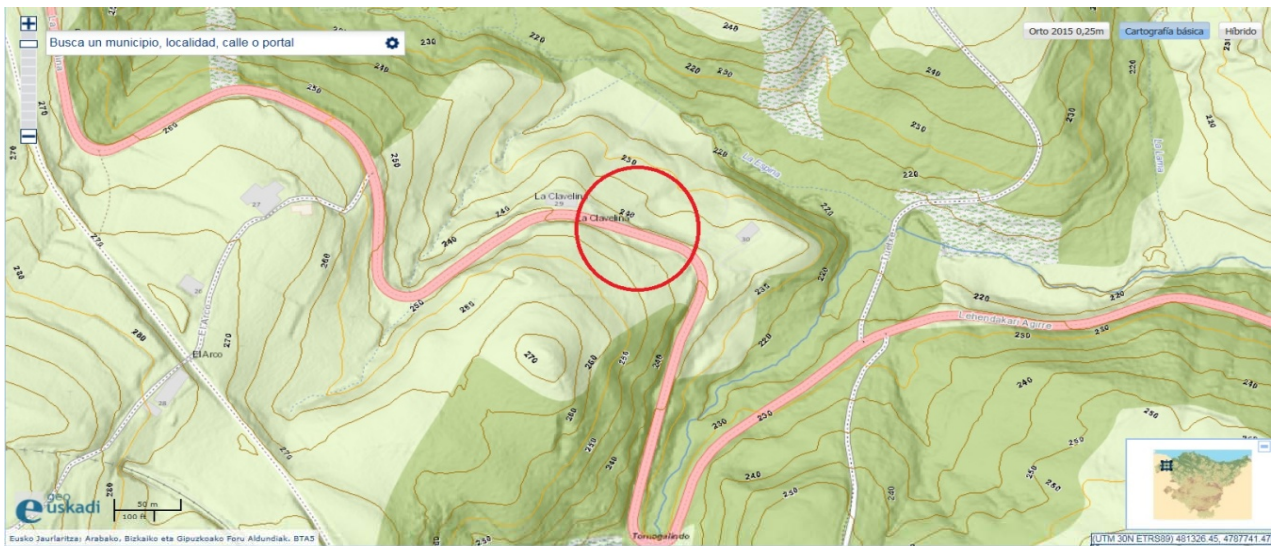
IDENTIFICACIÓN: BI-630 39345

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	481356
		Y:	4787735
P.K.:	39+345	Z:	236

ORTOFOTO DEL ÁREA DEL ESTUDIO



TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO

Una serie de grietas localizadas al final de un muro de hormigón marcan la presencia de un movimiento no resuelto con la presencia del muro de gravedad.

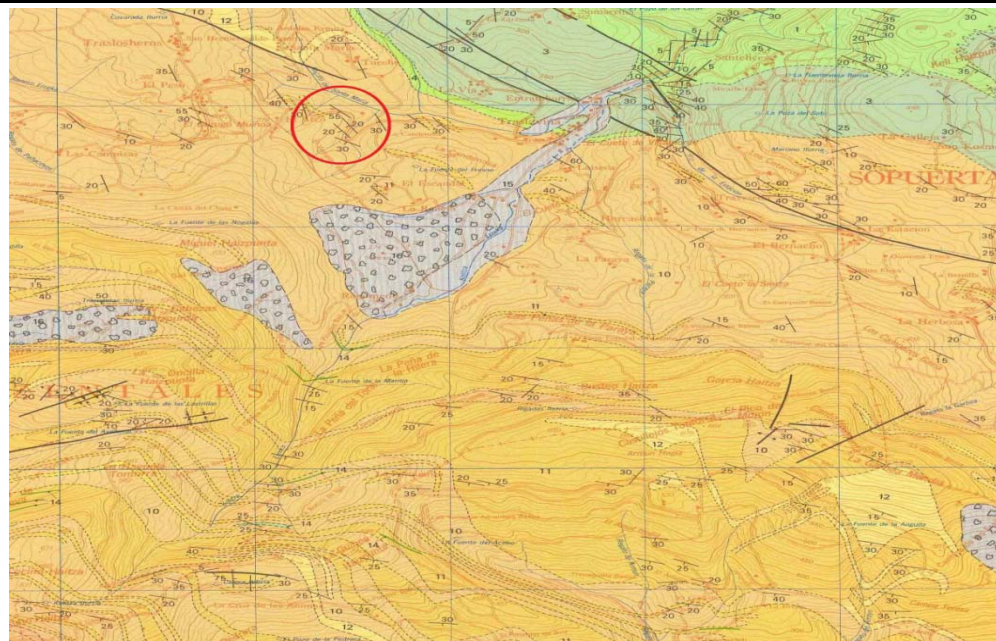
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO

Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-33), y el rechazo se localiza a 6.20m de profundidad. La roca sana M(II) se sitúa a partir de este nivel de rechazo

SOLUCIÓN ADOPTADA

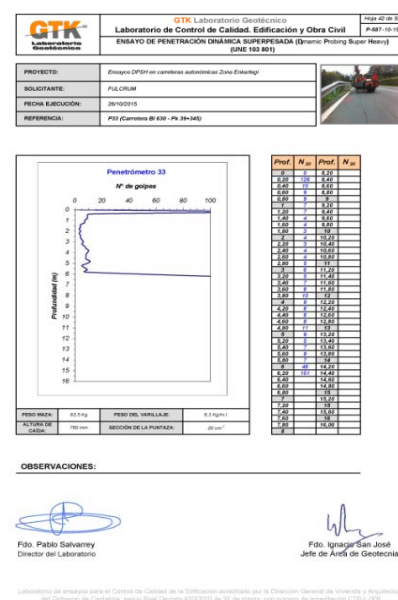
Se propone la ejecución de una pantalla hincada de carriles

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Calcarenitas y margas

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 39+345

FOTOGRAFÍAS



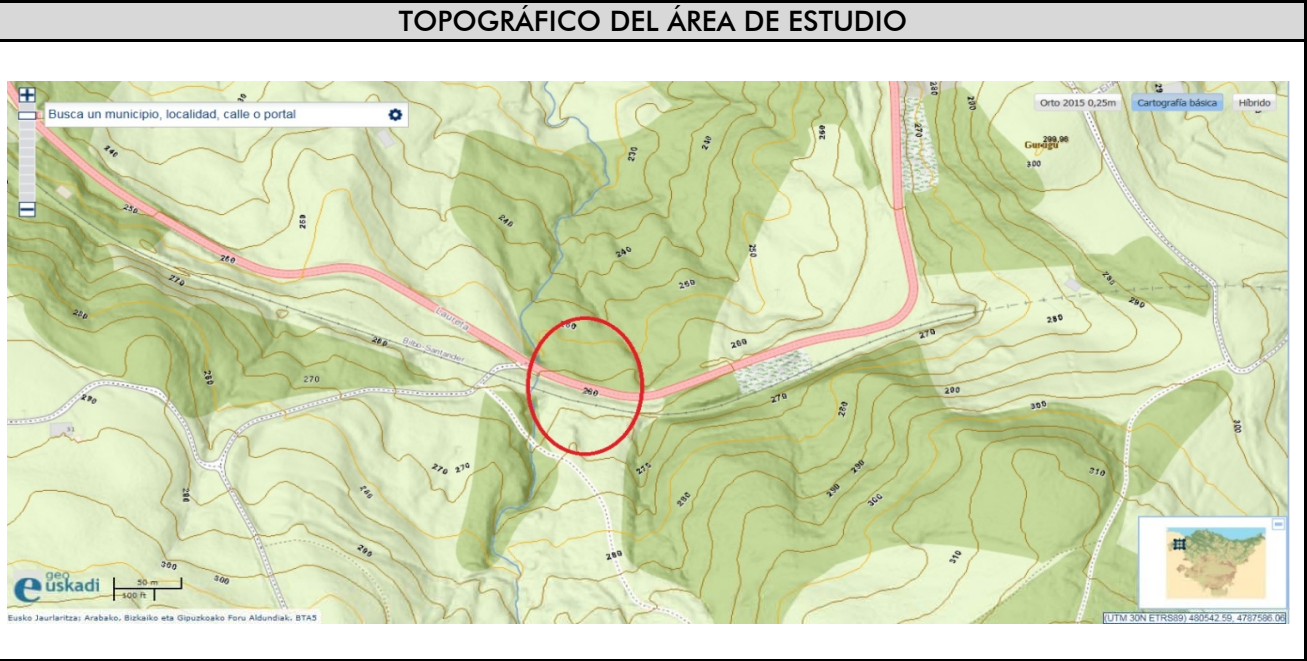
Vista de las grietas sobre la carretera



Vista del muro en la zona exterior de la vía

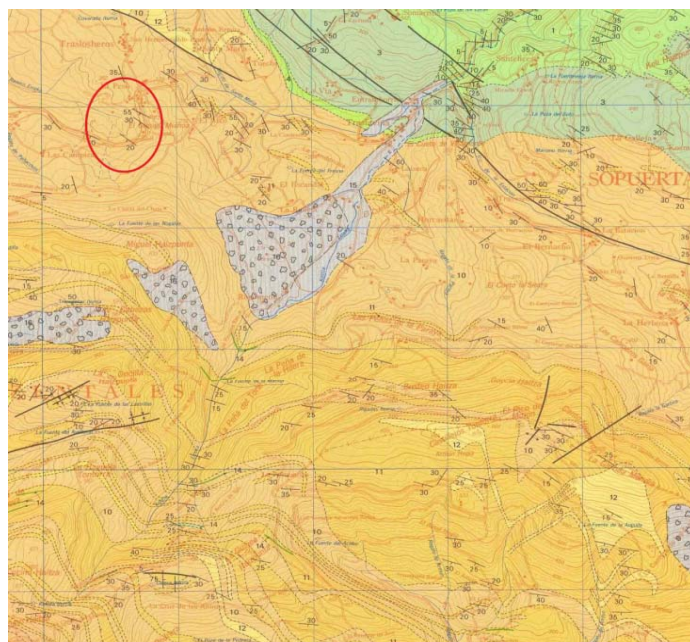
IDENTIFICACIÓN: BI-630 41020

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	480424,814
		Y:	4787475,631
P.K.:	41+020 - 41+050	Z:	253



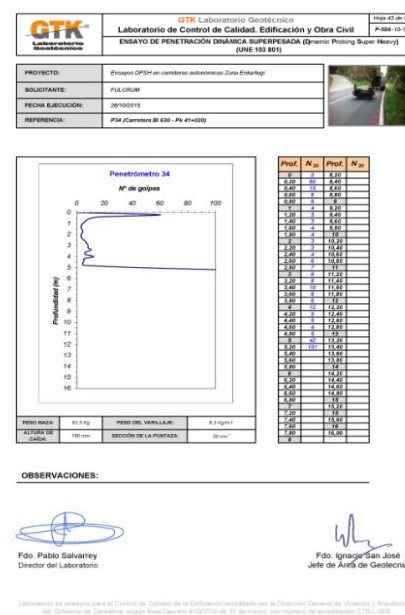
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
Grieta que afecta a la parte más exterior de la calzada. Ha sido reparada con aglomerado. Coincide con la intersección de un camino.
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-33), y el rechazo se localiza a 6.20m de profundidad. A partir de este nivel se espera la presencia de la roca sana M(II)
SOLUCIÓN ADOPTADA
Dada la considerable acumulación de suelos se propone la ejecución de una pantalla hincada de carriles.

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Lutitas y areniscas oscuras de grano muy fino

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS

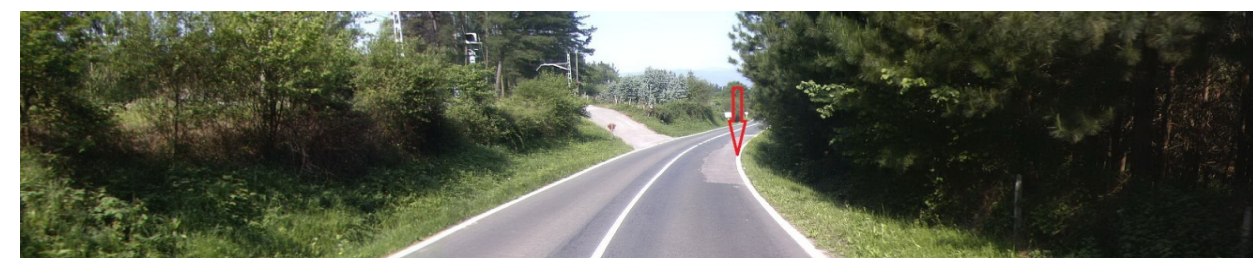


DPSH p.k. 41+020

FOTOGRAFÍAS



Vista de las grietas sobre la carretera



Vista general de la calzada

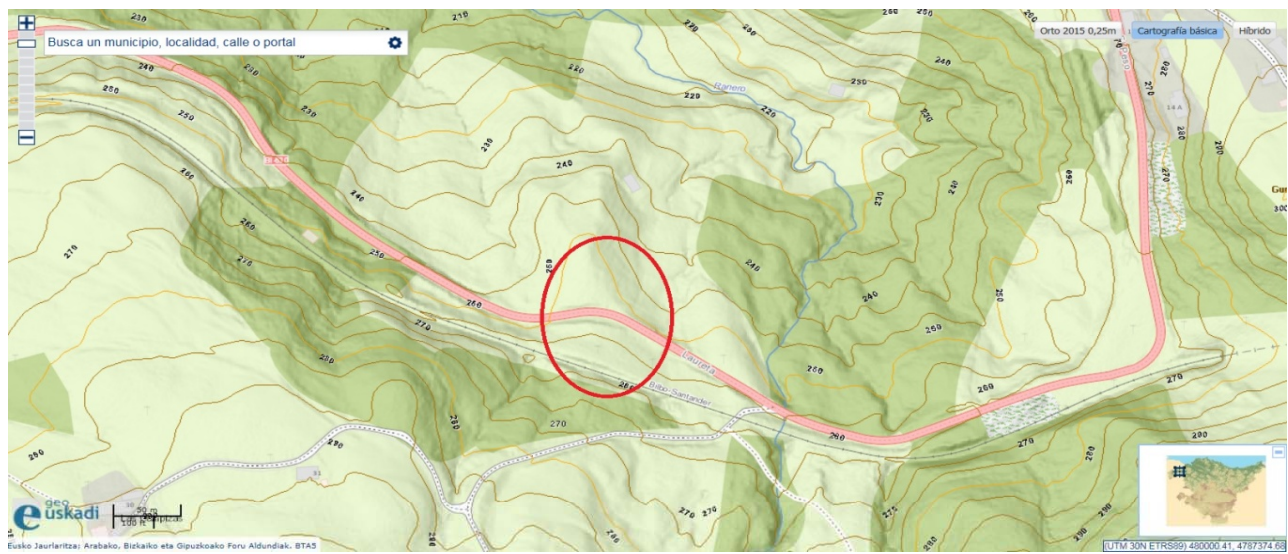
IDENTIFICACIÓN: BI-630 41150

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	480304,12
		Y:	4787546,71
P.K.:	41+150 - 41+160	Z:	251

ORTOFOTO DEL ÁREA DEL ESTUDIO



TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO

Situado en la zona exterior de la calzada tiene escaso desarrollo y se situa a continuación de un muro antiguo de gravedad

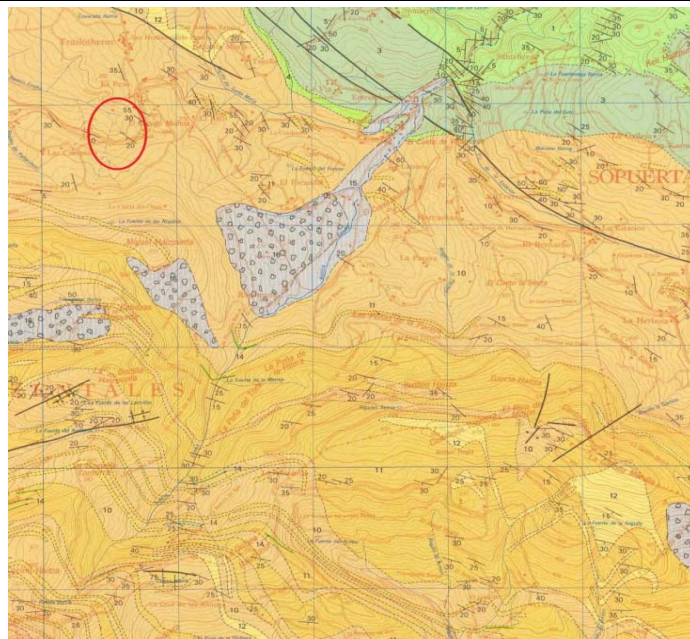
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO

Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-35), y el rechazo se localiza a 5.00m de profundidad. A partir de este nivel se supone la presencia de roca sana con grado de meteorización M(II)

SOLUCIÓN ADOPTADA

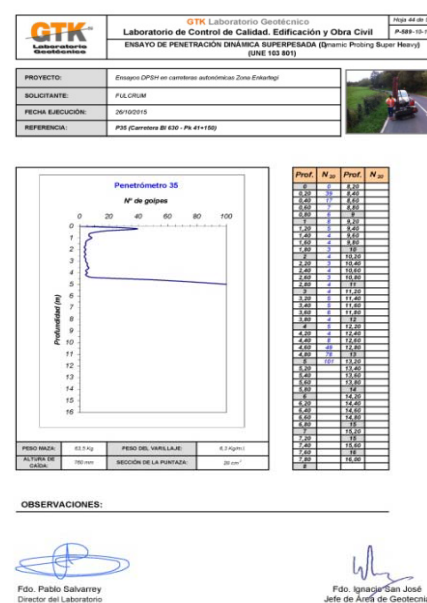
Se propone la ejecución de una pantalla hincada de carriles.

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Lutitas y areniscas oscuras de grano muy fino

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS

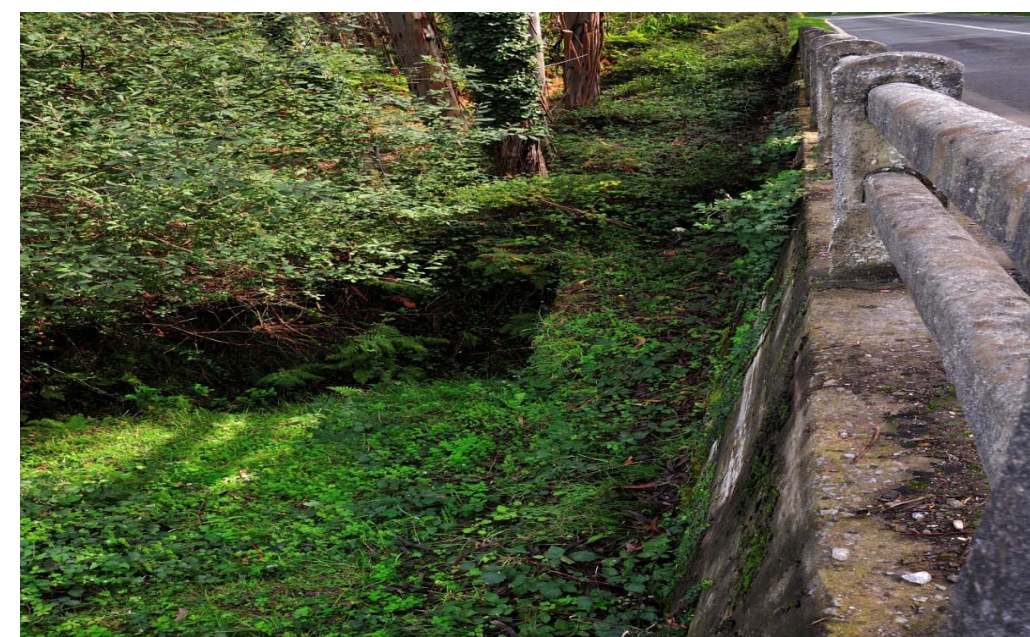


DPSH p.k. 41+150

FOTOGRAFÍAS



Vista General de la calzada



Detalle de un muro existente

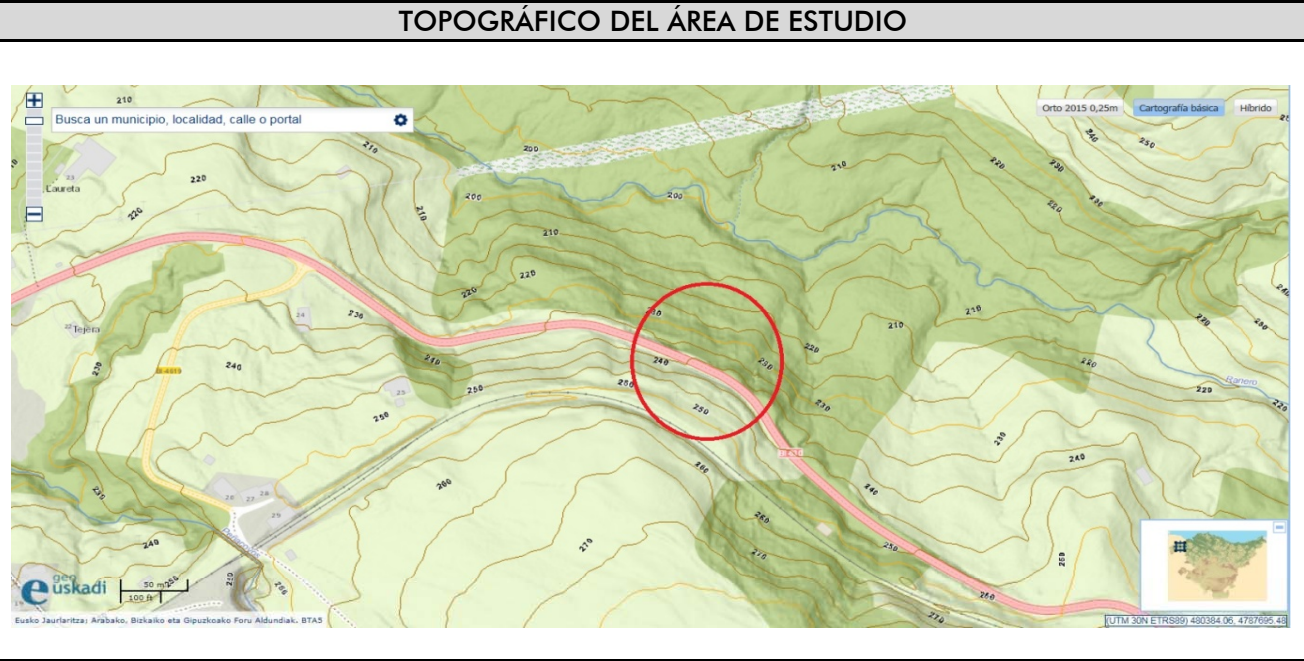
FOTOGRAFÍAS



Detalle de un parche en la capa de aglomerado

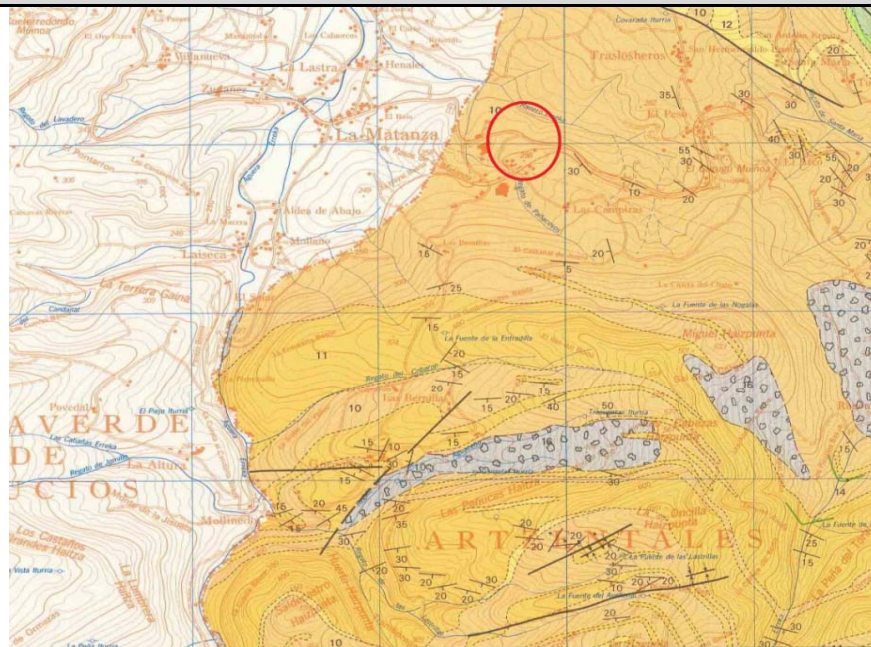
IDENTIFICACIÓN: BI-630 41560

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	480304,12
		Y:	4787546,71
P.K.:	41+560 - 41+600	Z:	251



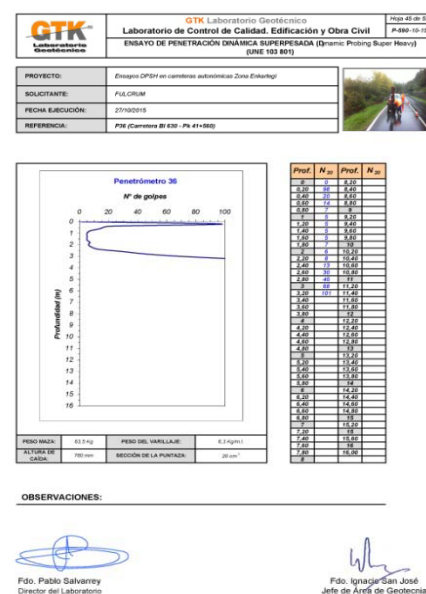
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
Situado al final de un muro existente, las grietas aparecen a unos 3 m de la raya blanca
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-36), y el rechazo se localiza a 3.20m de profundidad. La roca sana M(II) aparecerá a partir de esta profundidad
SOLUCIÓN ADOPTADA
Se propone la ejecución de una escollera

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Lutitas y areniscas oscuras de grano muy fino

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 41+560

FOTOGRAFÍAS



Vista general de la Calzada



Detalle de un parche de aglomerado

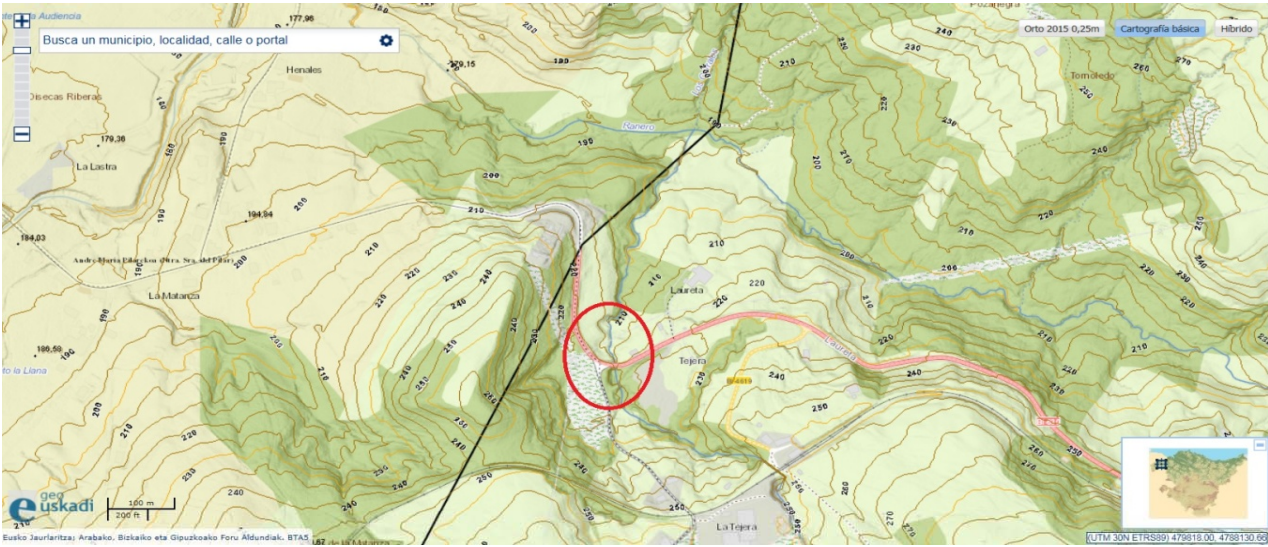
IDENTIFICACIÓN: BI-630 42200

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	479409,446
		Y:	4787789,774
P.K.:	42+200 - 42+220	Z:	215

ORTOFOTO DEL ÁREA DEL ESTUDIO



TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO

Zona situada en la zona exterior del estribo de una obra de drenaje espués de puente

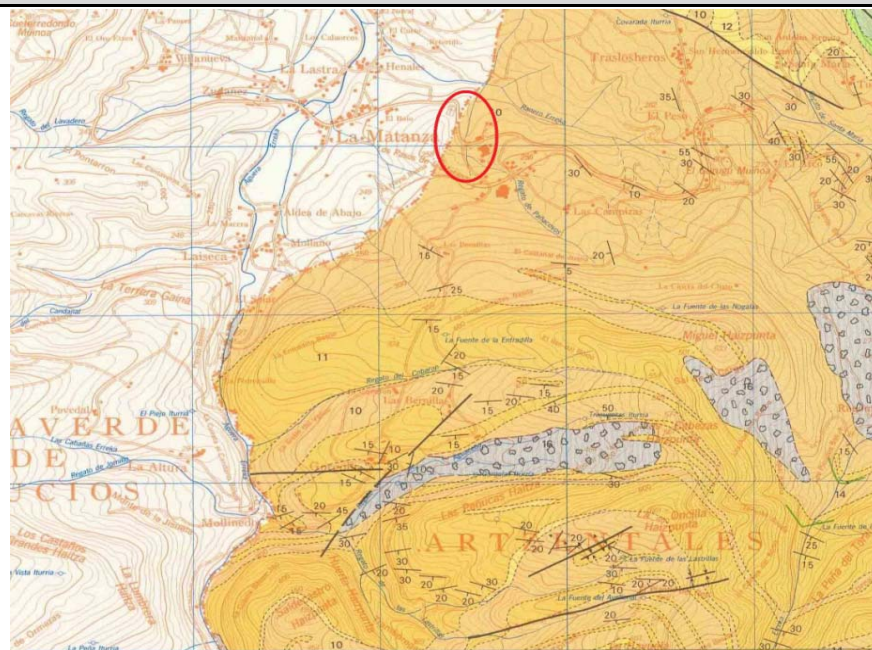
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO

Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-37), y el rechazo se localiza a 7.80m de profundidad. A partir de esta profundidad se espera la presencia de roca sana M(II)

SOLUCIÓN ADOPTADA

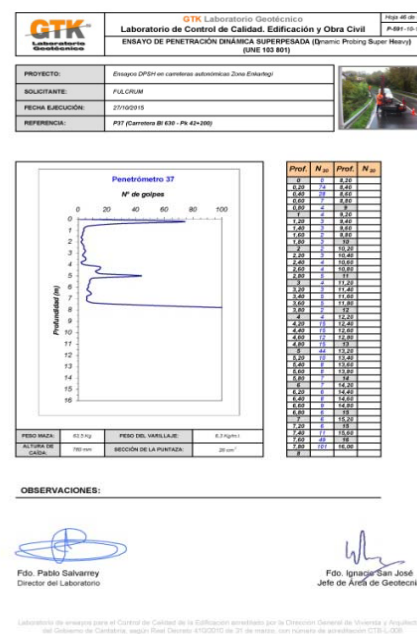
Se propone la ejecución de una pantalla de carriles hincados

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Lutitas y areniscas oscuras de grano muy fino

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 41+020

FOTOGRAFÍAS



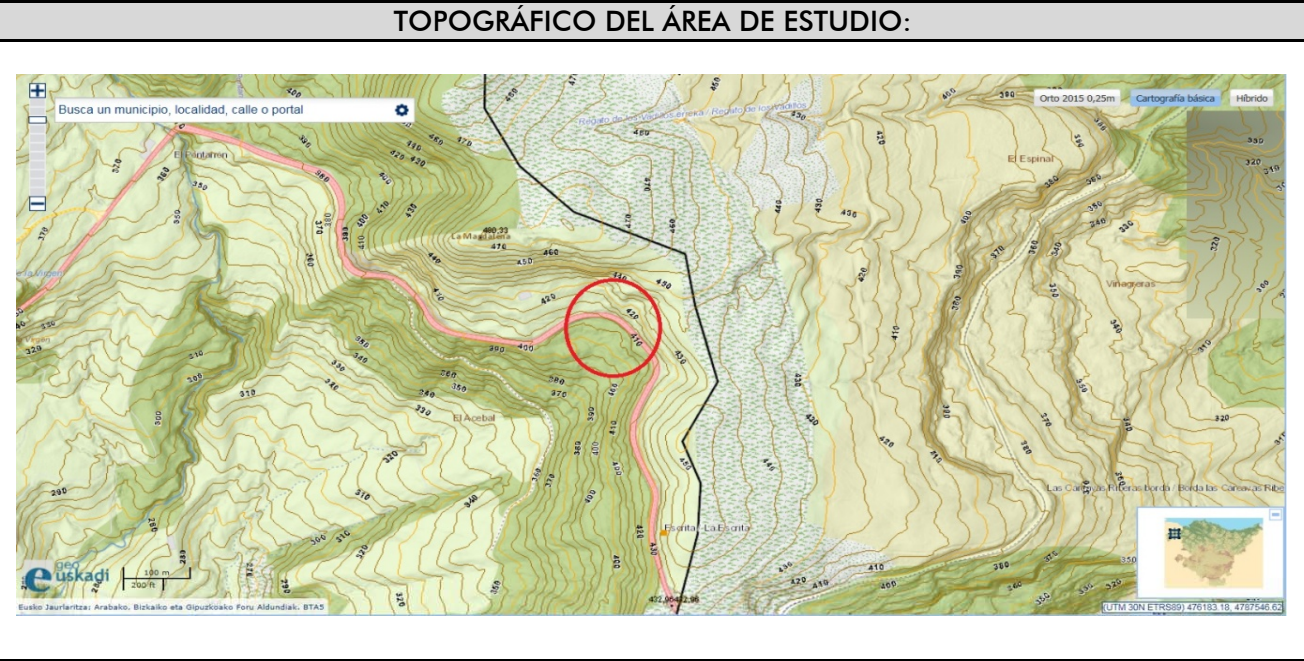
Vista General de la calzada



Detalle de un parche de aglomerado en el carril derecho

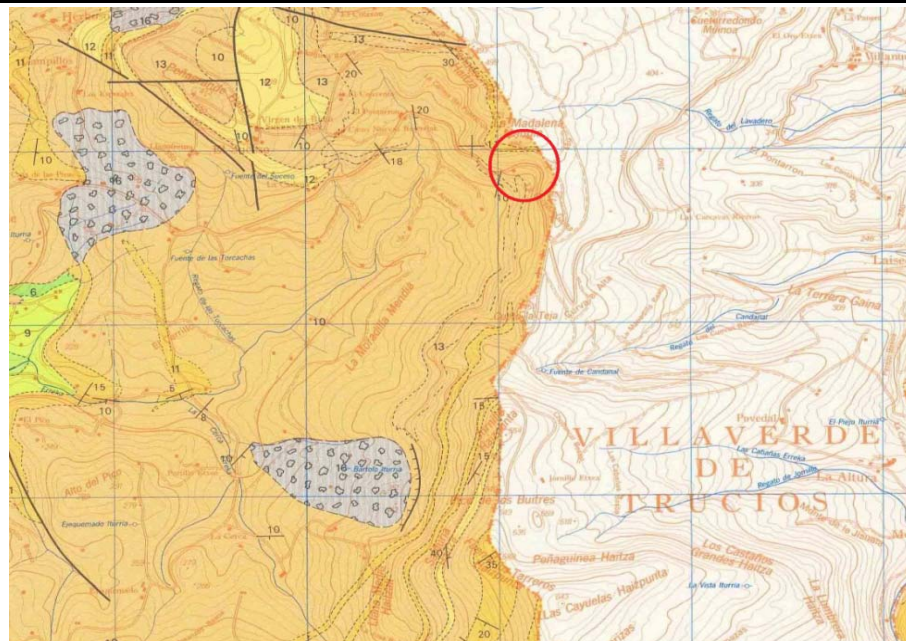
IDENTIFICACIÓN: BI-630 49450

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	476126
		Y:	4787671
P.K.:	49+450 49+459	Z:	418



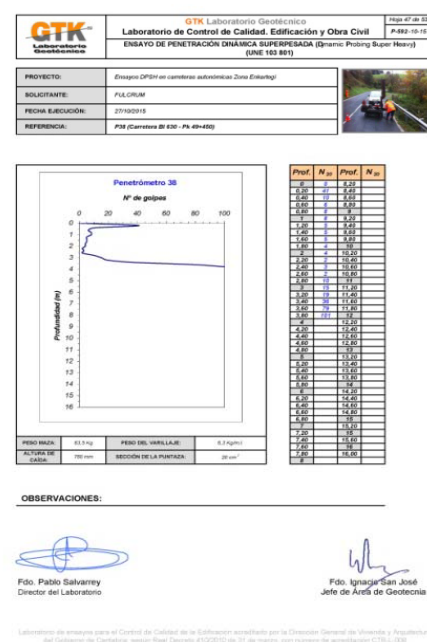
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
Una serie de grietas localizadas al final de un muro de hormigón marcan la presencia de un movimiento no resuelto con la presencia del muro de gravedad
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado una Penetración Dinámica (P-38), y el rechazo se localiza a 3.80m de profundidad. A partir de esta profundidad se espera la presencia del macizo rocoso poco alterado M(II)
SOLUCIÓN ADOPTADA
Se propone la ejecución de un muro de escollera.

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Calcarenitas y margas

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



DPSH p.k. 49+450

FOTOGRAFÍAS

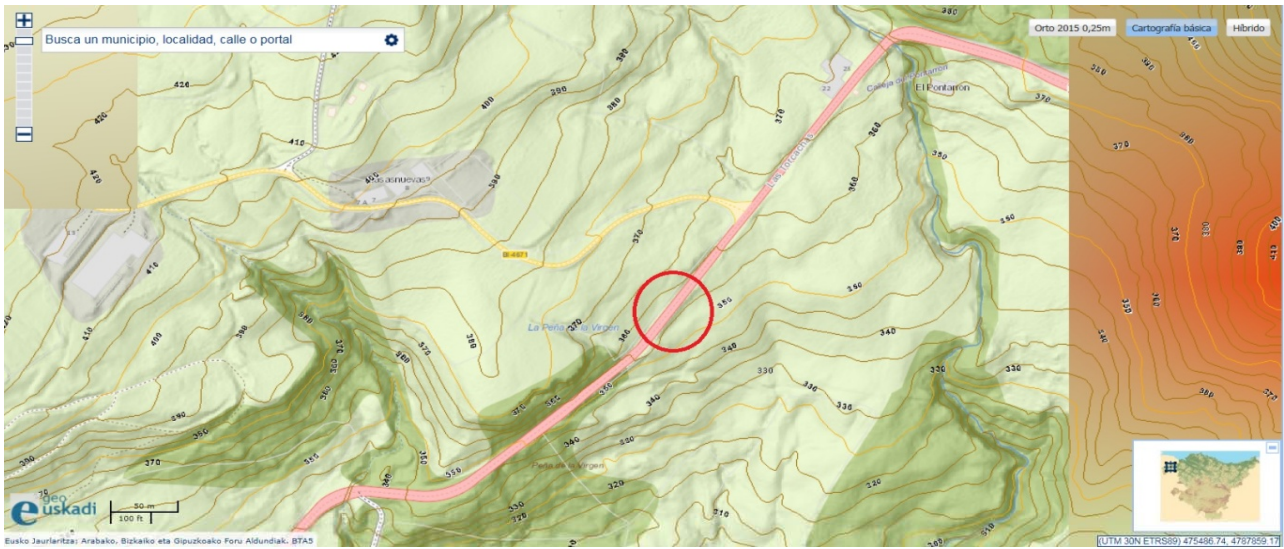


Vista general de la calzada



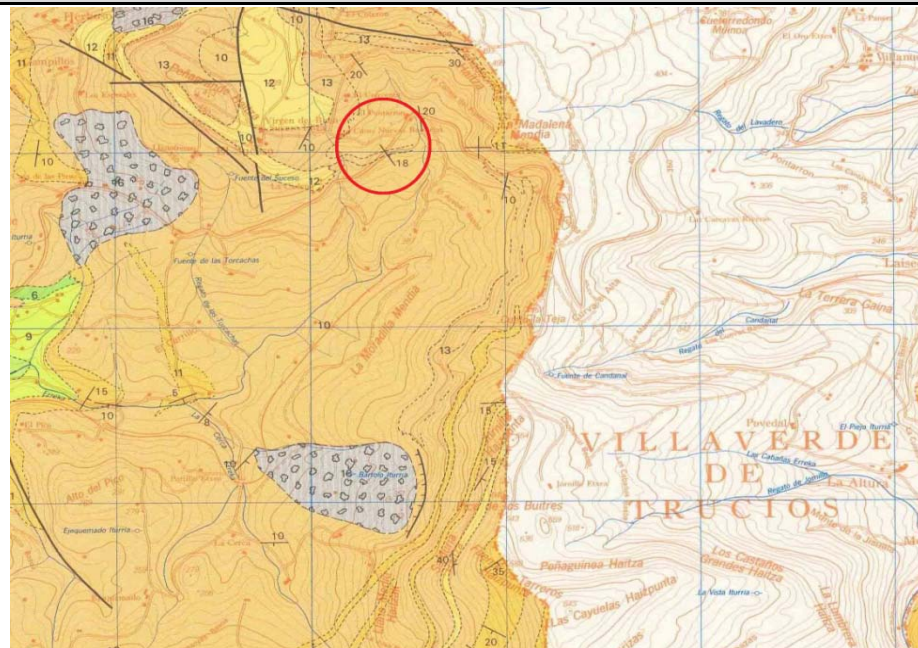
Detalle de las grietas en el carril izquierdo

IDENTIFICACIÓN: BI-630 50750

LOCALIZACIÓN			
CARRETERA:	BI-630	X:	475292,345
		Y:	4787787,682
P.K.:	50+750 - 50+790	Z:	356
ORTOFOTO DEL ÁREA DEL ESTUDIO			
			
TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO			
			

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DETECTADO
Esta zona se encuentra situada en el borde de un muro de gravedad existente. Una grieta paralela a la traza discurre más o menos alejada del borde del relleno. El trazado en esta zona es a media ladera, con excavación en el lado interno y relleno en el externo.
RECONOCIMIENTO DEL CAMPO REALIZADO
Se ha realizado un sondeo mecánico a rotación con recuperación de testigo: S-50+750. El terreno se encuentra constituido por un relleno de 1.50 m de espesor, seguido por una acumulación de depósitos coluviales hasta los 2.80 m, donde se encuentra el macizo rocoso. La primera parte del macizo rocoso se encuentra afectada por una intensa meteorización hasta los 4.60 m en el que aparece sano M(II). Se trata de una alternancia de limolitas y areniscas de edad cretácico inferior. En este sondeo se colocó tubería inclinométrica hasta el fondo del mismo, comprobándose que existe movimiento con componente horizontal a través del contacto entre suelos y roca a los 4.60 m de profundidad.
SOLUCIÓN ADOPTADA
Para esta zona se recomienda la ejecución de un muro de hormigón armado

GEOLOGÍA REGIONAL



Macizo rocoso: Lutitas y areniscas oscuras de grano muy fino

TRABAJOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS



Sondeo Mecánico S-50+750

FOTOGRAFÍAS



Vista general de la calzada



Afloramiento rocoso en el talud del desmonte de la carretera

APÉNDICE N° 1.2

Sondeos y catas

FULCRUM

FULCRUM



REGISTRO DE CALICATA

PROYECTO CONSTRUCTIVO PLATAFORMA TRAMO: HERNANI-ASTIGARRAGA Y ACCESO A DONOSTIA DE N.R.F.P.V.

Fecha ejecución: 22/08/2016
Máquina: Retroexcavadora JCB
Maquinista:
Supervisor: N.B.A.

COORDENADAS

X:
Y:
Z:

Situación:
P.K.: 7 + 000
Distancia al eje: 0
Localización:

CALICATA

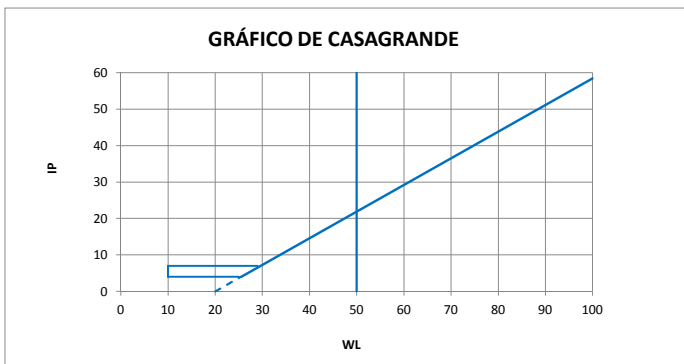
C-1

[illegible]

FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA



ENSAYOS DE LABORATORIO

[illegible]



REGISTRO DE CALICATA

PROYECTO CONSTRUCTIVO PLATAFORMA TRAMO: HERNANI-ASTIGARRAGA Y ACCESO A DONOSTIA DE N.R.F.P.V.

Fecha ejecución: 22/08/2016
Máquina: Retroexcavadora JCB
Maquinista:
Supervisor: N.B.A.

COORDENADAS

X:
Y:
Z:

Situación:
P.K.: 6 + 700
Distancia al eje: 0
Localización:

CALICATA

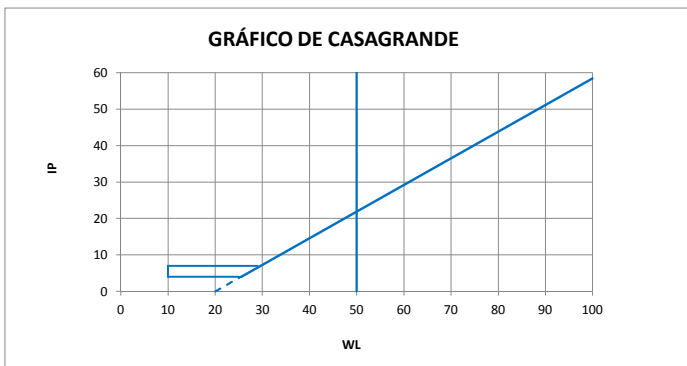
C-2

[illegible]

FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA



ENSAYOS DE LABORATORIO

[illegible]



REGISTRO DE CALICATA

PROYECTO CONSTRUCTIVO PLATAFORMA TRAMO: HERNANI-ASTIGARRAGA Y ACCESO A DONOSTIA DE N.R.F.P.V.

Fecha ejecución:	22/08/2016
Máquina:	Retroexcavadora JCB
Maquinista:	
Supervisor:	N.B.A.

COORDENADAS

X:
Y:
Z:

Situación:	
P.K.:	5 + 100
Distancia al eje:	10
Localización:	

CALICATA

C-3

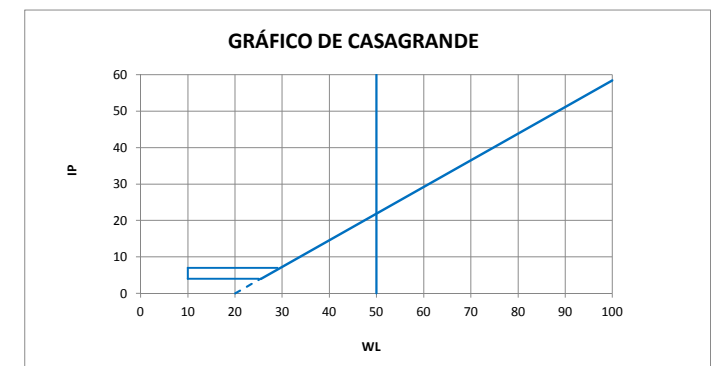


Profundidad (m)	Columna litológica	Profundidad inferior (m)		Descripción litológica	OBSERVACIONES					
		Profundidad inferior (m)	Esesor nivel (m)		MUESTRAS	Prof. (m)	Nivel Freático	Estructura (Buzam./Dir. Buzam.)	Estabilidad	Excavabilidad
0,2		0,20	0,2	Tierra vegetal: Arenas, limos y gravas.	1 saco	No detectado	No detectado	Buena	Difícil	
0,5		0,80	Limolitas y margas grises, GM:III							
1,0		1,00	Limolitas y Margas grises GM:II no excavables							
1,5		1,20								
2,0										
2,5										
3,0										
3,5										
4,0										
4,5										
5,0										





ENSAYOS DE LABORATORIO

[illegible]



REGISTRO DE CALICATA

PROYECTO CONSTRUCTIVO PLATAFORMA TRAMO: HERNANI-ASTIGARRAGA Y ACCESO A DONOSTIA DE N.R.F.P.V.

Fecha ejecución: 22/08/2016
Máquina: Retroexcavadora JCB
Maquinista:
Supervisor: N.B.A.

COORDENADAS

X:
Y:
Z:

Situación:

P.K.: 3 + 200

Distancia al eje:

Localización

CALICATA

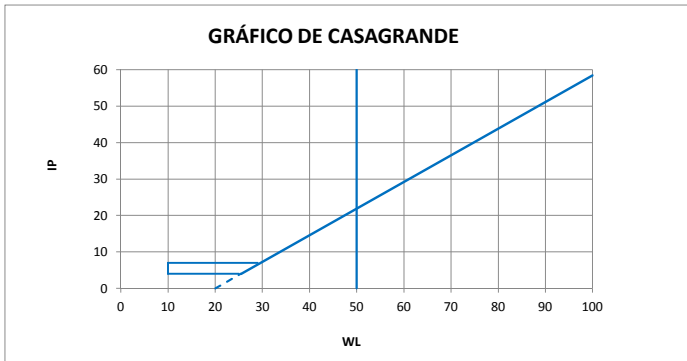
C-4

[illegible]

FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA



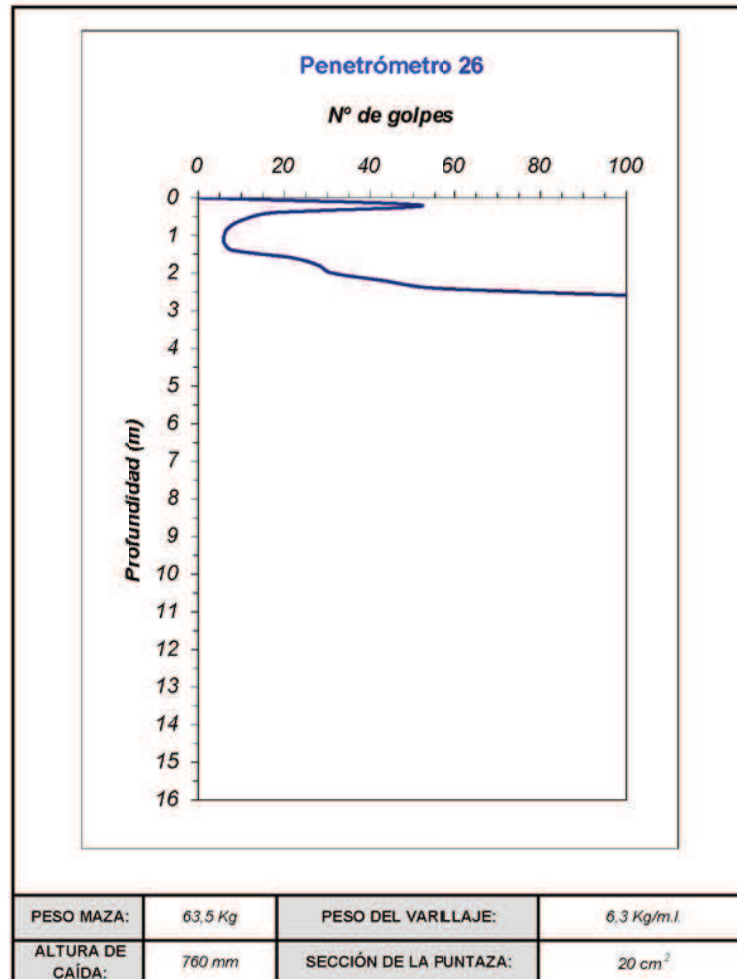
ENSAYOS DE LABORATORIO

[illegible]

APÉNDICE N° 1.3

Penetrómetros

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P26 (Carretera BI 630 - Pk 33+450)



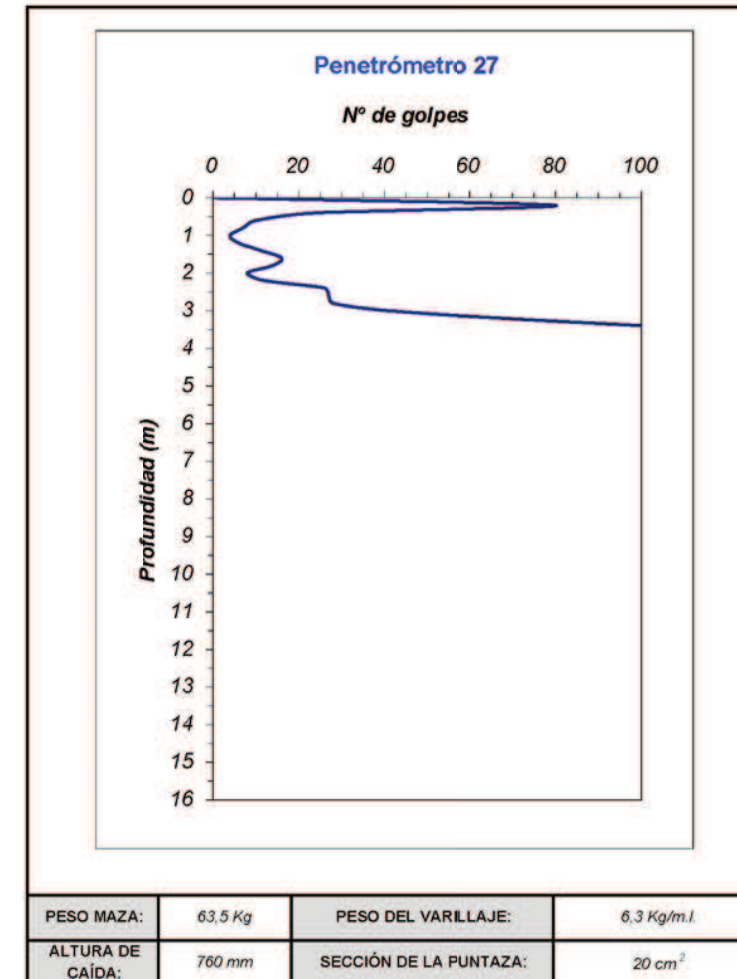
Prof.	N ₂₀	Prof.	N ₂₀
0	0	8,20	
0,20	52	8,40	
0,40	17	8,60	
0,60	10	8,80	
0,80	7	9	
1	6	9,20	
1,20	6	9,40	
1,40	8	9,60	
1,60	22	9,80	
1,80	28	10	
2	31	10,20	
2,20	43	10,40	
2,40	55	10,60	
2,60	101	10,80	
2,80		11	
3		11,20	
3,20		11,40	
3,40		11,60	
3,60		11,80	
3,80		12	
4		12,20	
4,20		12,40	
4,40		12,60	
4,60		12,80	
4,80		13	
5		13,20	
5,20		13,40	
5,40		13,60	
5,60		13,80	
5,80		14	
6		14,20	
6,20		14,40	
6,40		14,60	
6,60		14,80	
6,80		15	
7		15,20	
7,20		15	
7,40		15,60	
7,60		16	
7,80		16,00	
8			

OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P27 (Carretera BI 630 - Pk 33+470)



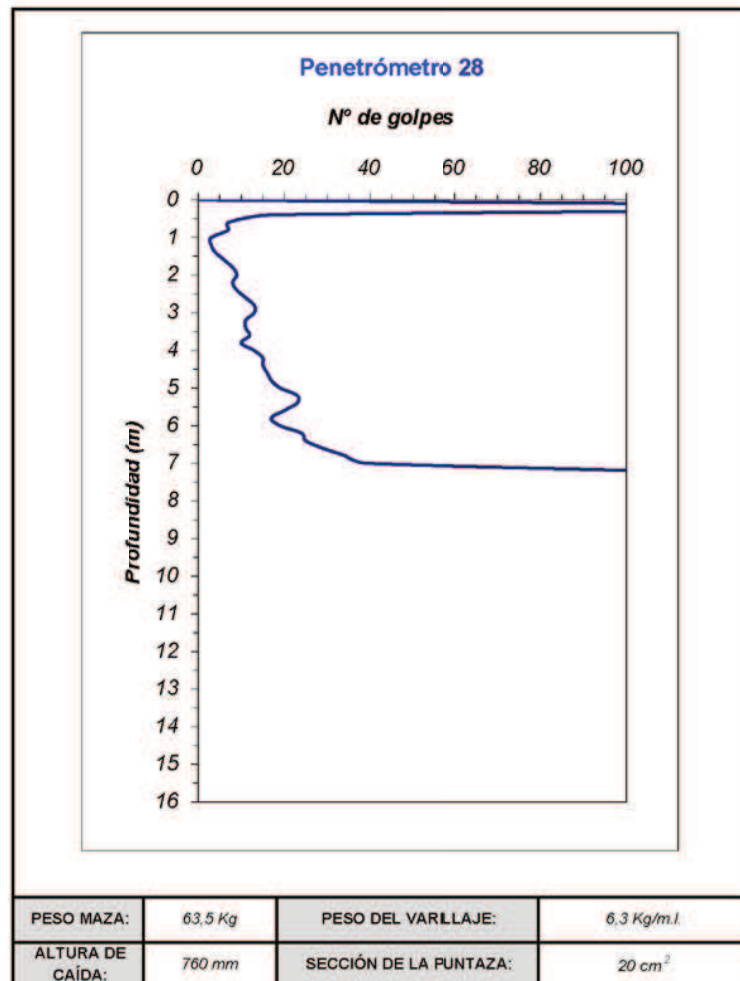
Prof.	N ₂₀	Prof.	N ₂₀
0	0	8,20	
0,20	80	8,40	
0,40	24	8,60	
0,60	10	8,80	
0,80	7	9	
1	4	9,20	
1,20	6	9,40	
1,40	11	9,60	
1,60	16	9,80	
1,80	14	10	
2	8	10,20	
2,20	12	10,40	
2,40	26	10,60	
2,60	27	10,80	
2,80	28	11	
3	41	11,20	
3,20	68	11,40	
3,40	101	11,60	
3,60		11,80	
3,80		12	
4		12,20	
4,20		12,40	
4,40		12,60	
4,60		12,80	
4,80		13	
5		13,20	
5,20		13,40	
5,40		13,60	
5,60		13,80	
5,80		14	
6		14,20	
6,20		14,40	
6,40		14,60	
6,60		14,80	
6,80		15	
7		15,20	
7,20		15	
7,40		15,60	
7,60		16	
7,80		16,00	
8			

OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P28 (Carretera El 630 - Pk 33+600)

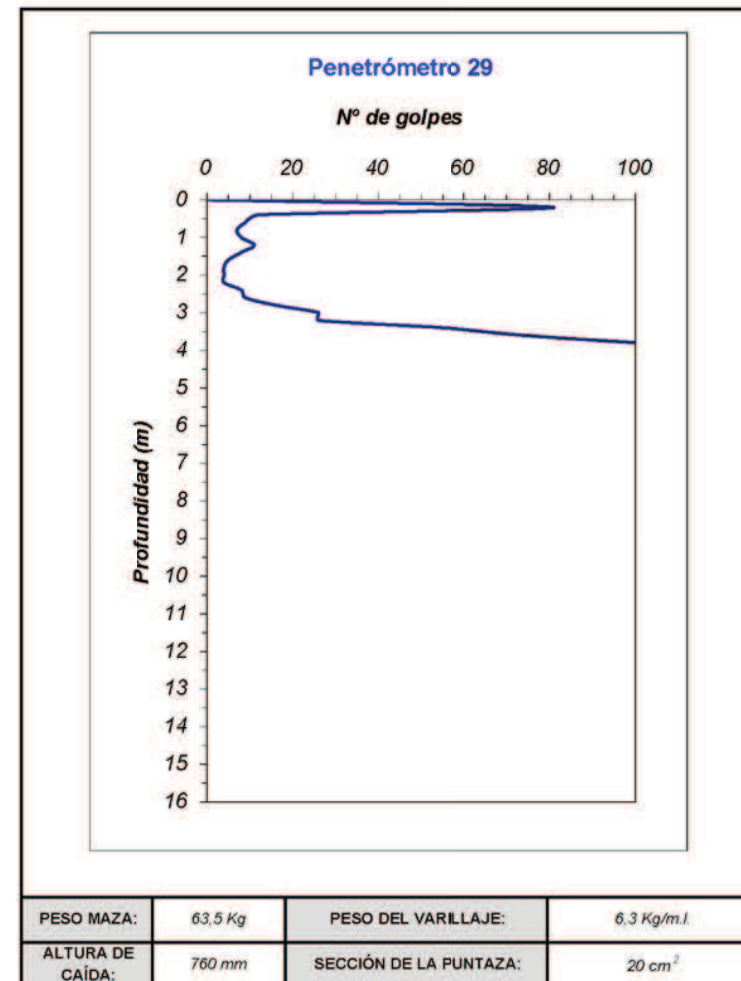


OBSERVACIONES: El ensayo se desplazó fuera de la influencia del muro ccnstruido en el talud, por que no era posible atravesar esa zona.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P29 (Carretera El 630 - Pk 34+760)

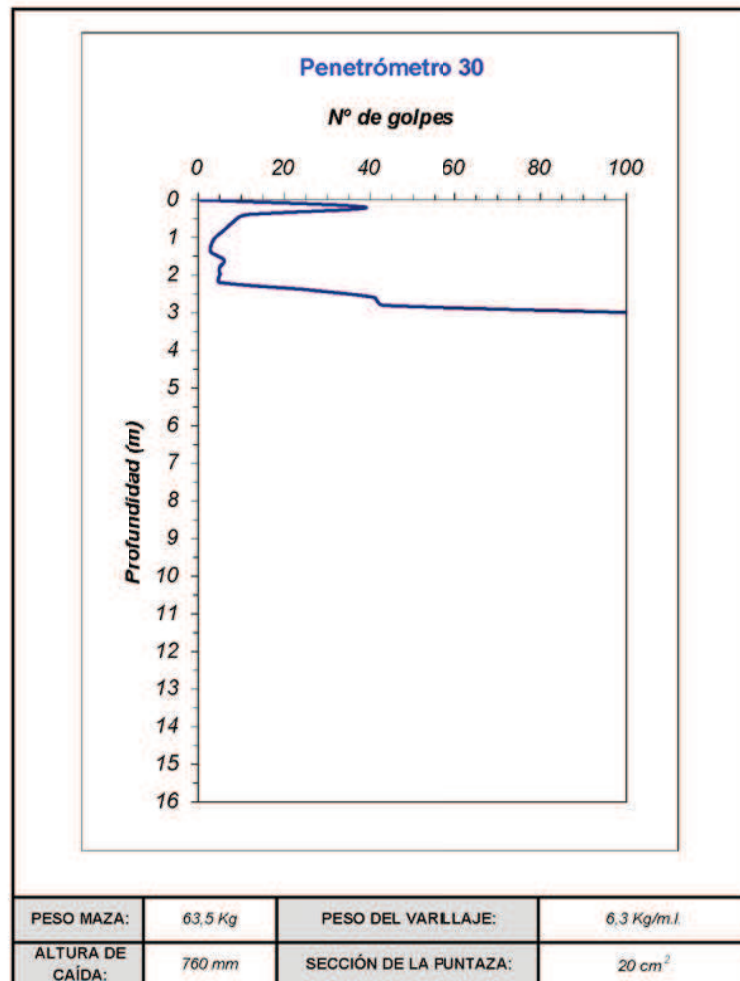


OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P30 (Carretera El 630 - Pk 38+675)

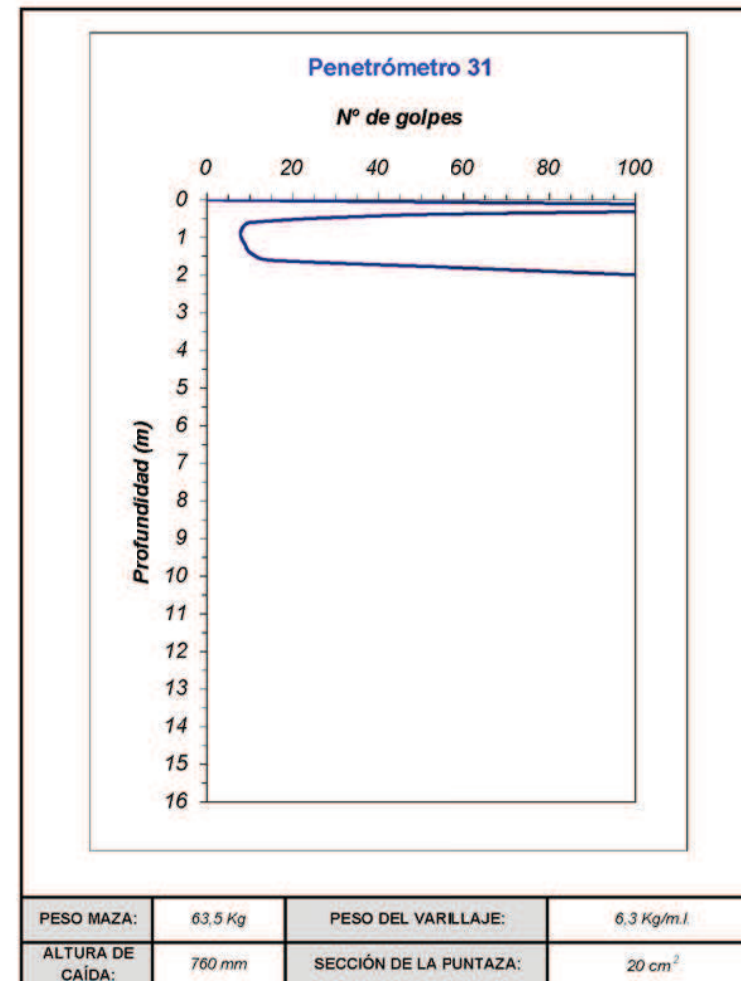


OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P31 (Carretera El 630 - Pk 39+200)

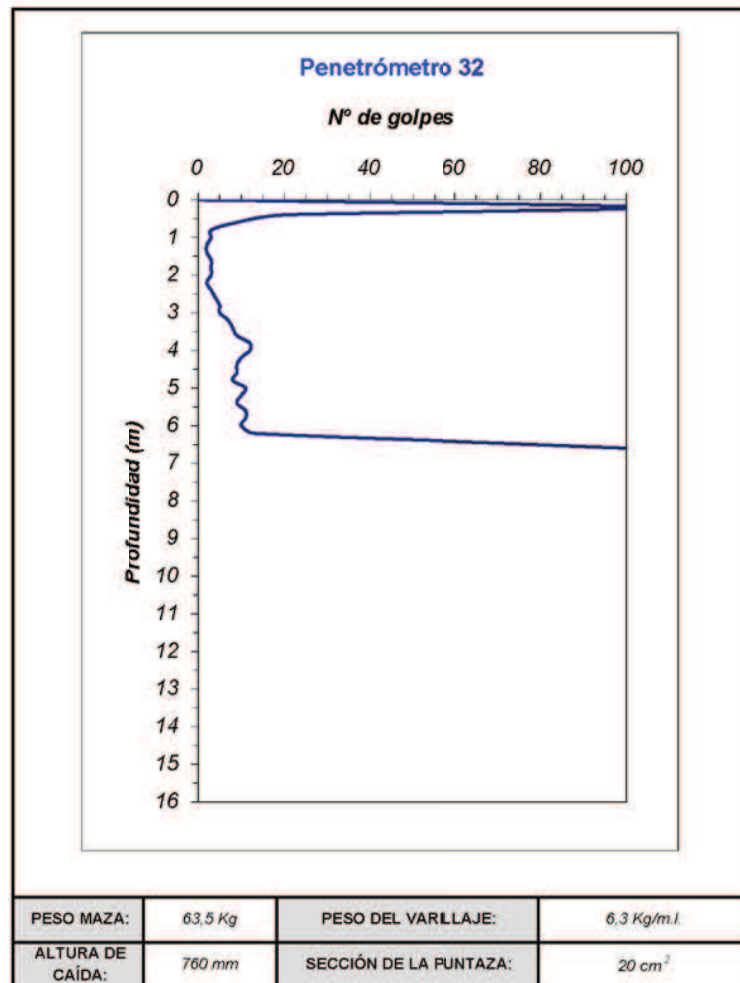


OBSERVACIONES: El ensayo se desplazó fuera de la influencia del reasfaltado, por que no era posible atravesarlo.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P32 (Carretera BI 630 - Pk 39+312)



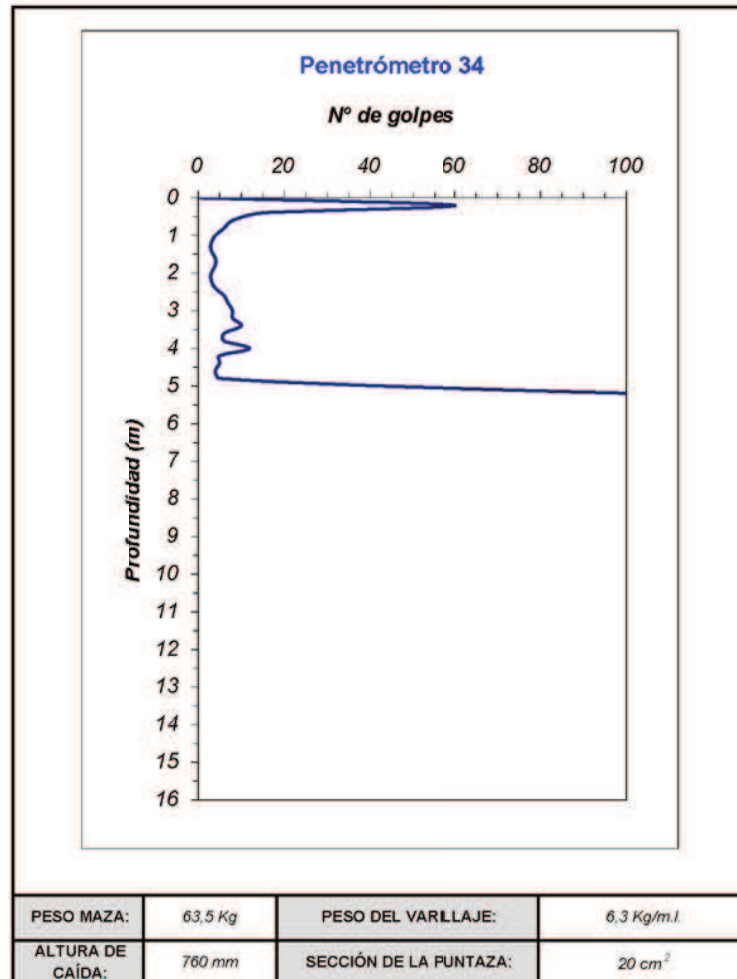
Prof.	N ₂₀	Prof.	N ₂₀
0	0	8,20	
0,20	105	8,40	
0,40	20	8,60	
0,60	9	8,80	
0,80	3	9	
1	3	9,20	
1,20	2	9,40	
1,40	2	9,60	
1,60	3	9,80	
1,80	3	10	
2	3	10,20	
2,20	2	10,40	
2,40	3	10,60	
2,60	4	10,80	
2,80	5	11	
3	5	11,20	
3,20	7	11,40	
3,40	8	11,60	
3,60	9	11,80	
3,80	12	12	
4	12	12,20	
4,20	10	12,40	
4,40	9	12,60	
4,60	9	12,80	
4,80	8	13	
5	11	13,20	
5,20	10	13,40	
5,40	9	13,60	
5,60	11	13,80	
5,80	11	14	
6	10	14,20	
6,20	13	14,40	
6,40	56	14,60	
6,60	101	14,80	
6,80		15	
7		15,20	
7,20		15	
7,40		15,60	
7,60		16	
7,80		16,00	
8			

OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P34 (Carretera BI 630 - Pk 41+020)



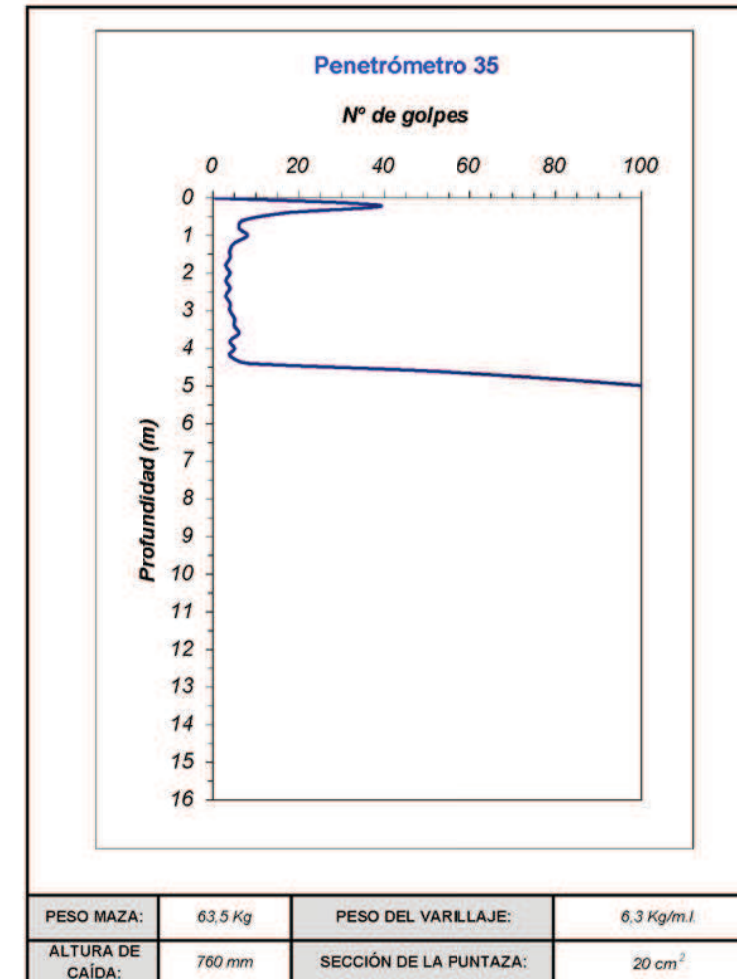
Prof.	N ₂₀	Prof.	N ₂₀
0	0	8,20	
0,20	60	8,40	
0,40	15	8,60	
0,60	8	8,80	
0,80	6	9	
1	4	9,20	
1,20	3	9,40	
1,40	3	9,60	
1,60	4	9,80	
1,80	4	10	
2	3	10,20	
2,20	3	10,40	
2,40	4	10,60	
2,60	6	10,80	
2,80	7	11	
3	8	11,20	
3,20	8	11,40	
3,40	10	11,60	
3,60	6	11,80	
3,80	6	12	
4	12	12,20	
4,20	5	12,40	
4,40	5	12,60	
4,60	4	12,80	
4,80	5	13	
5	42	13,20	
5,20	101	13,40	
5,40		13,60	
5,60		13,80	
5,80		14	
6		14,20	
6,20		14,40	
6,40		14,60	
6,60		14,80	
6,80		15	
7		15,20	
7,20		15	
7,40		15,60	
7,60		16	
7,80		16,00	
8			

OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	26/10/2015
REFERENCIA:	P35 (Carretera BI 630 - Pk 41+150)



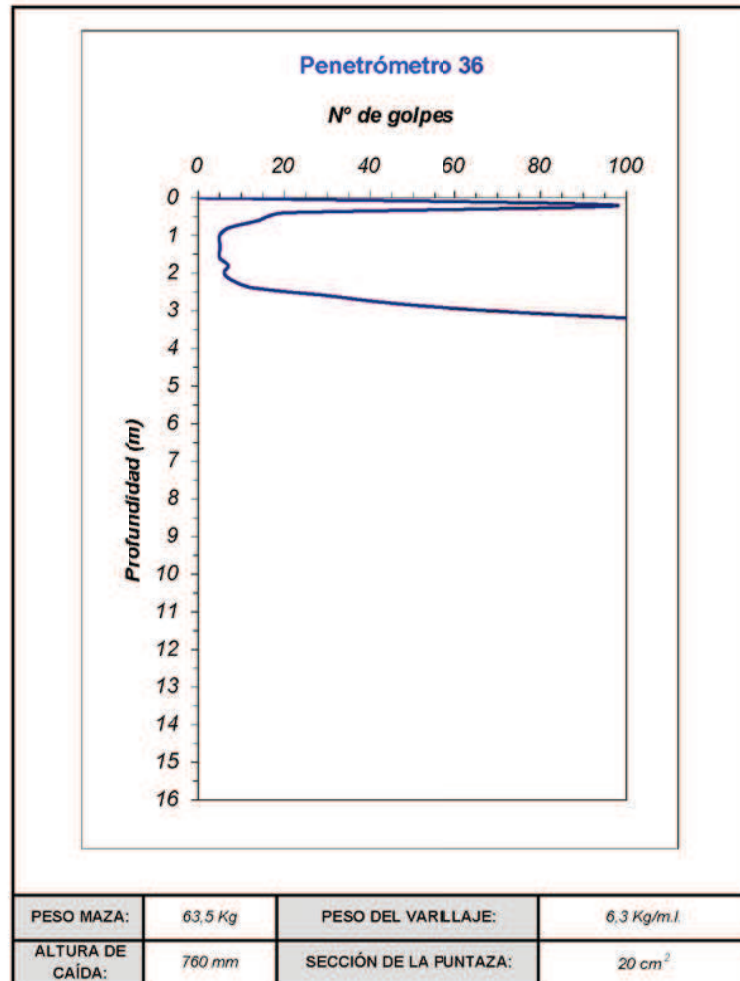
Prof.	N ₂₀	Prof.	N ₂₀
0	0	8,20	
0,20	39	8,40	
0,40	17	8,60	
0,60	7	8,80	
0,80	6	9	
1	8	9,20	
1,20	5	9,40	
1,40	4	9,60	
1,60	4	9,80	
1,80	3	10	
2	4	10,20	
2,20	3	10,40	
2,40	4	10,60	
2,60	3	10,80	
2,80	4	11	
3	4	11,20	
3,20	5	11,40	
3,40	5	11,60	
3,60	6	11,80	
3,80	4	12	
4	5	12,20	
4,20	4	12,40	
4,40	8	12,60	
4,60	49	12,80	
4,80	78	13	
5	101	13,20	
5,20		13,40	
5,40		13,60	
5,60		13,80	
5,80		14	
6		14,20	
6,20		14,40	
6,40		14,60	
6,60		14,80	
6,80		15	
7		15,20	
7,20		15	
7,40		15,60	
7,60		16	
7,80		16,00	
8			

OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	27/10/2015
REFERENCIA:	P36 (Carretera El 630 - Pk 41+560)

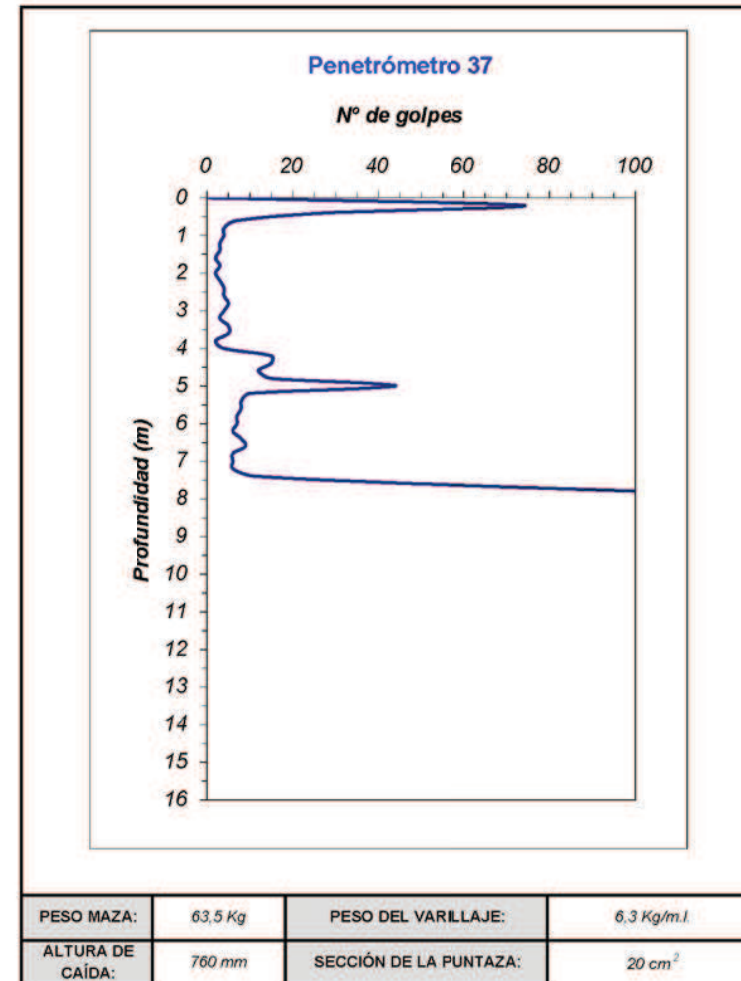


OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	27/10/2015
REFERENCIA:	P37 (Carretera El 630 - Pk 42+200)

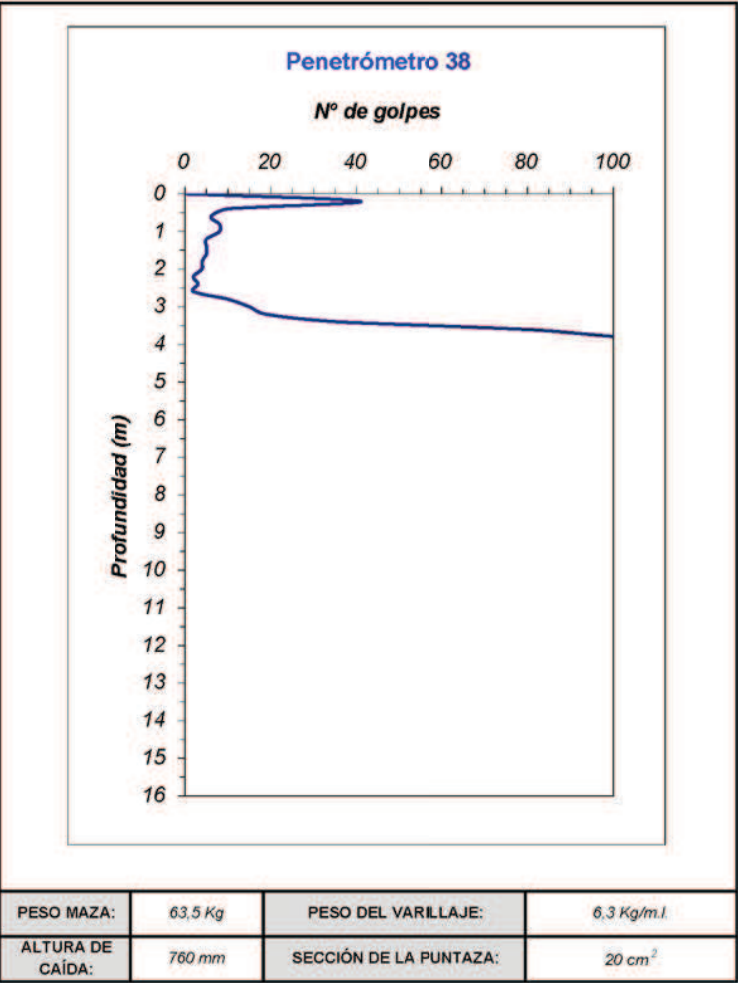


OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

PROYECTO:	Ensayos DPSH en carreteras autonómicas Zona Enkartegi
SOLICITANTE:	FULCRUM
FECHA EJECUCIÓN:	27/10/2015
REFERENCIA:	P38 (Carretera BI 630 - Pk 49+450)



Prof.	N ₂₀	Prof.	N ₂₀
0	0	8,20	
0,20	41	8,40	
0,40	10	8,60	
0,60	6	8,80	
0,80	8	9	
1	8	9,20	
1,20	5	9,40	
1,40	5	9,60	
1,60	5	9,80	
1,80	4	10	
2	4	10,20	
2,20	2	10,40	
2,40	3	10,60	
2,60	2	10,80	
2,80	10	11	
3	15	11,20	
3,20	19	11,40	
3,40	36	11,60	
3,60	79	11,80	
3,80	101	12	
4		12,20	
4,20		12,40	
4,40		12,60	
4,60		12,80	
4,80		13	
5		13,20	
5,20		13,40	
5,40		13,60	
5,60		13,80	
5,80		14	
6		14,20	
6,20		14,40	
6,40		14,60	
6,60		14,80	
6,80		15	
7		15,20	
7,20		15	
7,40		15,60	
7,60		16	
7,80		16,00	
8			

OBSERVACIONES:



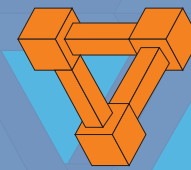
Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Jefe de Área de Geotecnia

APÉNDICE N° 1.4

Ensayos de laboratorio



TRIAX,S.A.

LABORATORIO ACREDITADO
(EHC) (GTL) (GTC) (VSG)
(AFC) (AFH) (ACH) (AMC)

Septiembre, 2016

REF.: 096/16



TRIAX S.A. Posee los Sistemas de Gestión Certificados
según ISO9001 e ISO 14001

ENSAYOS DE LABORATORIO

**REALIZADOS SOBRE MUESTRAS PROCEDENTES
DE LAS CALICATAS LLEVADAS A CABO EN LA
CARRETERA BI-630 EN ARCENTALES, VIZCAYA.**

PETICIONARIO: **FULCRUM**

1.- RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.

ENSAYOS DE LAS CALICATAS					
Ensayos Realizados		C-1	C-2	C-3	C-4
% Pasa tamiz 2,00 mm		59,37	93,49	39,54	88,78
% Pasa tamiz 0,40 mm		57,89	87,84	35,33	87,46
% Pasa tamiz 0,08 mm		56,54	71,31	31,81	85,01
Limites	Limite Liquido	46,7	42,0	38,6	50,3
	Limite Plástico	34,2	11,0	27,3	29,7
	Indice de Plasticidad	12,5	31,1	11,3	20,5
Humedad (%)		9,74	15,85	6,77	15,68
Peso específico(Mg/m³)		2,542	2,533	2,749	2,542
Contenido en Sulfatos Solubles (%)		0,00	-	-	-
Contenido en Materia Orgánica (%)		0,89	1,31	-	0,61
Proctor Modifica do	Densidad Máxima (T/m³)	1,880		-	1,803
	Humedad Optima (%)	12,70		-	13,90

Santander a 20 de Septiembre de 2.016

Fdo.: Belén Rodríguez Rebollar

 Licenciada en Ciencias Geológicas

 Responsable de área

Fdo.: Ana Isabel Cimentada Hernández

 Dra. Ingeniera de Caminos,

 Canales y Puertos

 Directora de Laboratorio

Nota:El presente informe concierne única y exclusivamente a la muestra sometidas a ensayo y al momento y condiciones en que se realizan las medidas

GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

UNE 103101:1995

FECHA: 08/09/2016

 CLIENTE: FULCRUM

 OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA

 MUESTRA: C-1

 FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016

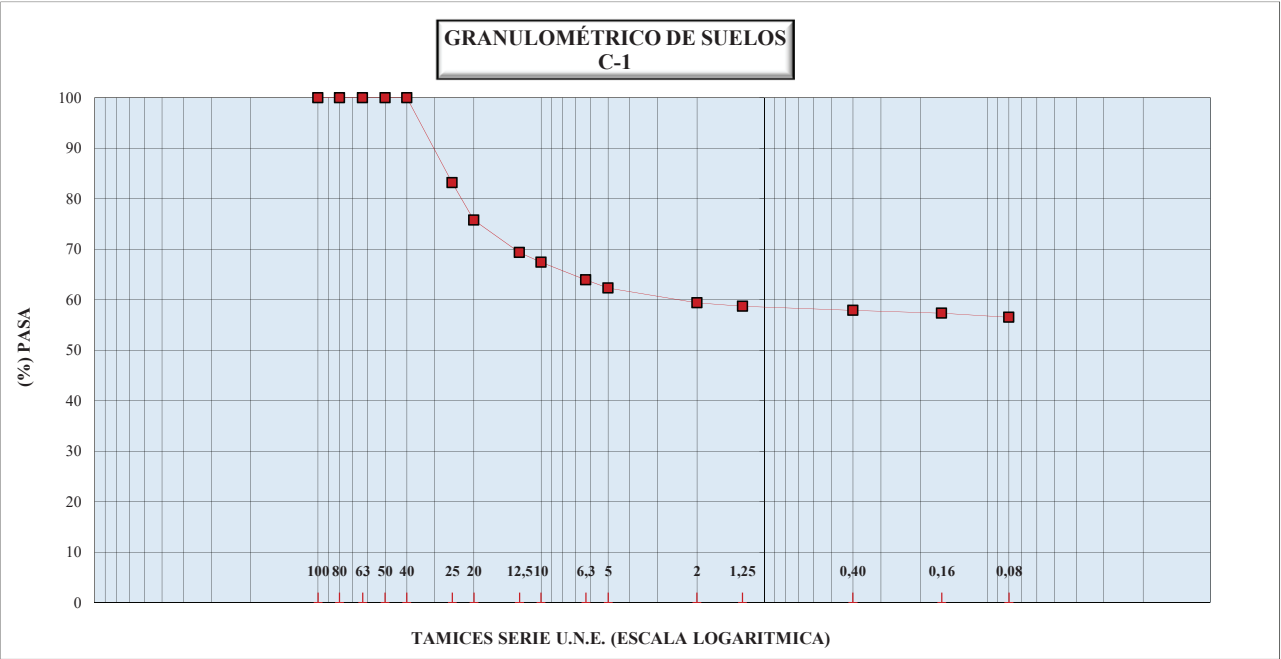
 REFERENCIA: 643/16

 OBSERVACIONES:

CALCULOS PREVIOS	
MUESTRA TOTAL SECA AL AIRE (grs)	
GRUESOS SIN LAVAR (grs)	
GRUESOS LAVADOS (grs)	
FRAC.FINA SECA AIRE (grs)	
FRACCION FINA SECA (grs)	
MUESTRA TOTAL SECA (grs)	1.094,8
FRAC.FINA ENS.SECA AL AIRE (grs)	
FRAC.FINA ENSAYADA SECA (grs)	

HUMEDAD HIGROSCOPICA	
REFERENCIA TARA	
TARA+SUELO (grs)	
AGUA (grs)	
HUDAD. HIGROSC. %	
FACTOR DE CORREC.	

NORMAS U.N.E. ABERT mm	GR. RETENIDO ACUMULADO	EN MUESTRA TOTAL	
		% RETEN.	% PASA
100	0,00	0,00	100,00
80	0,00	0,00	100,00
63	0,00	0,00	100,00
50	0,00	0,00	100,00
40	0,00	0,00	100,00
25	184,40	16,84	83,16
20	265,20	24,22	75,78
12,5	335,40	30,64	69,36
10	356,40	32,55	67,45
6,3	394,80	36,06	63,94
5	412,80	37,71	62,29
2	444,80	40,63	59,37
1,25	452,40	41,32	58,68
0,40	461,00	42,11	57,89
0,16	467,40	42,69	57,31
0,08	475,80	43,46	56,54





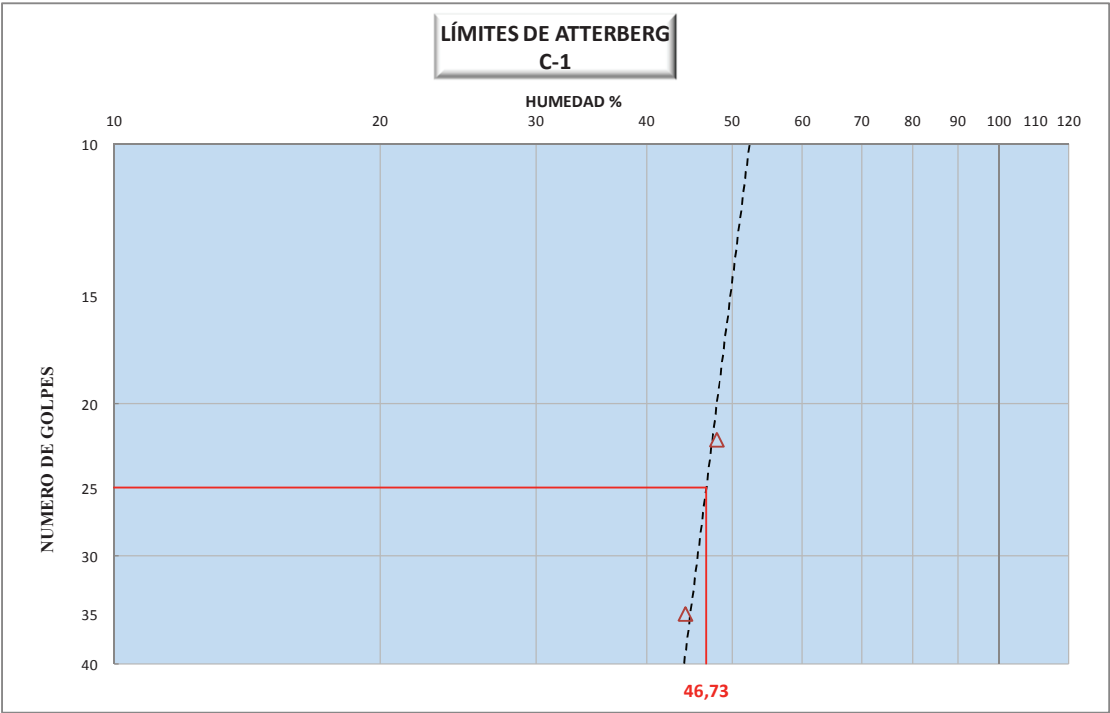
LÍMITES DE ATTERBERG
UNE 103103:1994 // UNE 103104:1993

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-1
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 643/16
OBSERVACIONES:

LIMITE LIQUIDO				
NÚMERO DE GOLPES	35	22		
REFERENCIA TARA	48	49		
TARA+SUELO+AGUA (grs)	42,38	38,71		
TARA+SUELO (grs)	38,78	36,09		
TARA (grs)	30,65	30,64		
SUELO (grs)	8,13	5,45		
AGUA (grs)	3,60	2,62		
HUMEDAD (%)	44,28	48,07		

LIMITE PLASTICO			
REFERENCIA TARA	F	A	MEDIA 34,20
TARA+SUELO+AGUA (grs)	32,6	32,35	
TARA+SUELO (grs)	31,67	31,43	
TARA (grs)	28,97	28,72	
SUELO (grs)	2,70	2,71	
AGUA (grs)	0,93	0,92	
HUMEDAD (%)	34,44	33,95	

LÍMITE LÍQUIDO	46,7
LÍMITE PLASTICO	34,2
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	12,5



ENSAYOS DE ESTADO, DESCRIPTIVOS Y DE RESISTENCIA

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-1
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 643/16
OBSERVACIONES:

ENSAYOS DE ESTADO	
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL (%) SEGÚN UNE 103300:1993	9,74



ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-1
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2016
REFERENCIA: 643/16
OBSERVACIONES:

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA
DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
REFERENCIA: 643/16
OBSERVACIONES:

FECHA DE ENSAYO: 02/09/2016
MUESTRA: C-1
ALBARÁN TRIAX:
LOCALIZACIÓN:

Densidad relativa de partículas (Mg/m³) <i>UNE-103302</i>	2,542
---	-------

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) SEGÚN NLT-118	0,89

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES	
CONTENIDO EN SULFATOS SOLUBLES (% SO ₃) SEGÚN NLT-120	0,00

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
UNE 103501

FECHA: 07/10/2015
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
REFERENCIA: 643-644/16
OBSERVACIONES:

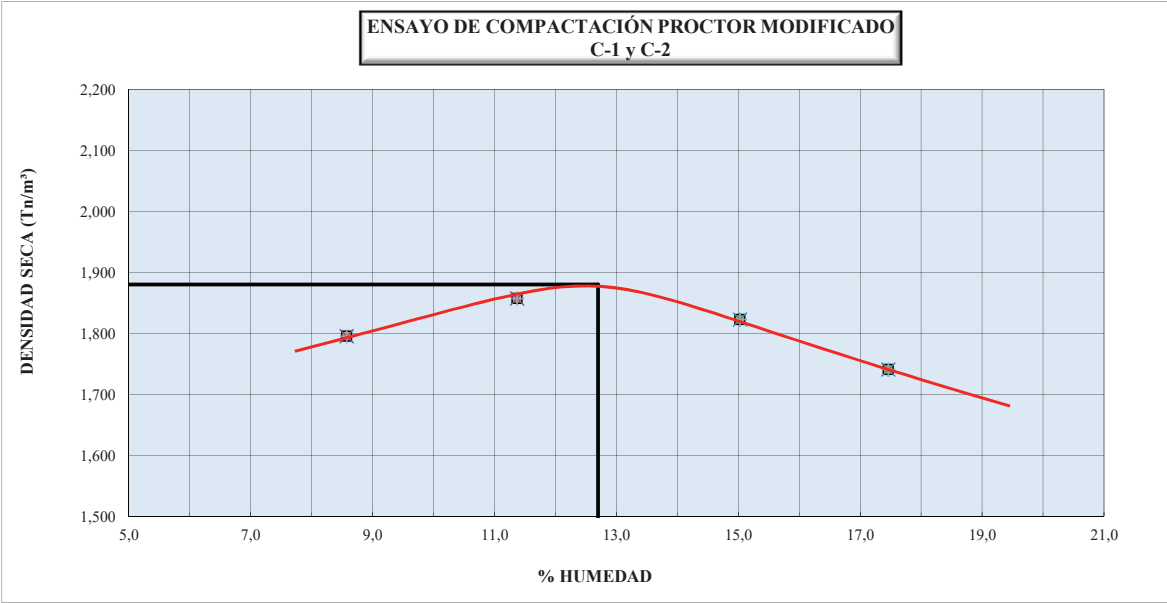
FECHA DE ENSAYO: 06 al 07/10/2015
MUESTRA: C-1 y C-2
ALBARÁN TRIAX:

Volumen del molde (cm³):	2320	Nº de capas:	5
Peso de la maza (kg):	4,54	Nº de golpes por capa:	60

Punto Nº	1	2	3	4	5
% Agua Añadido	10%	12%	14%	16%	
CÁLCULO DE DENSIDAD					
DENSIDAD SECA (Tn/m³)	1,795	1,857	1,822	1,741	
CÁLCULO DE HUMEDAD					
% HUMEDAD	8,57	11,37	15,03	17,46	

DENSIDAD MÁXIMA (Tn/m³)	1,880
-------------------------	-------

HUMEDAD ÓPTIMA (%)	12,7
--------------------	------



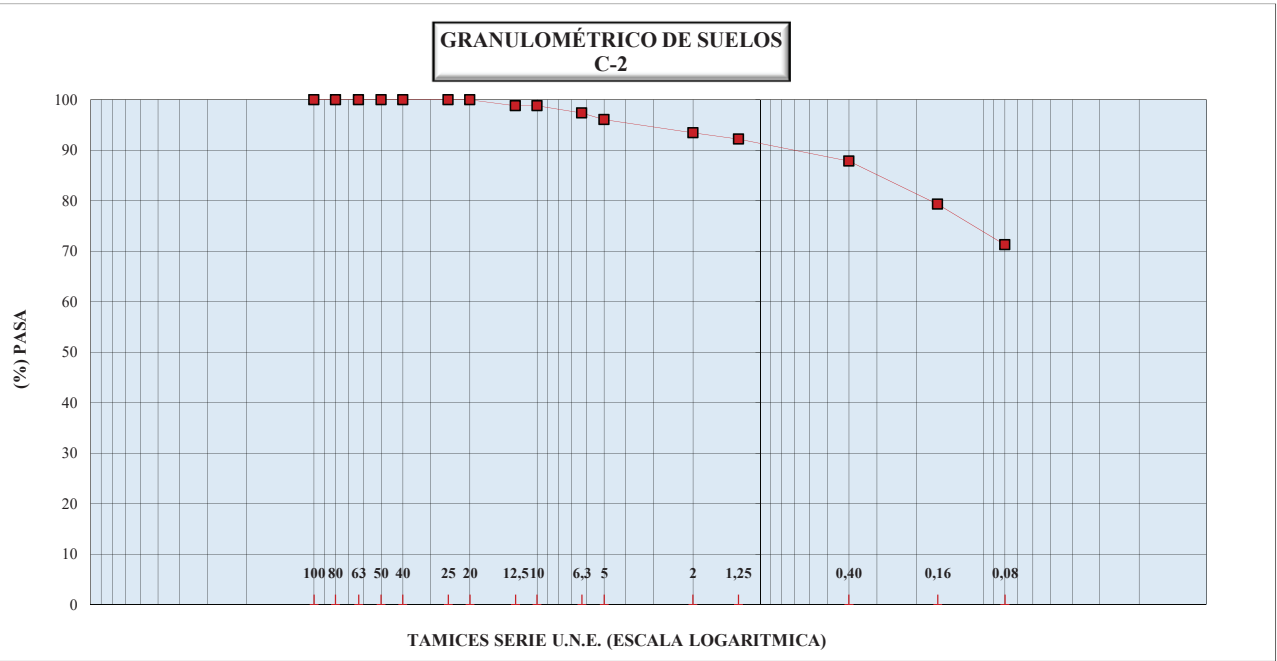
GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
UNE 103101:1995

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-2
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 644/16
OBSERVACIONES:

CALCULOS PREVIOS	
MUESTRA TOTAL SECA AL AIRE (grs)	
GRUESOS SIN LAVAR (grs)	
GRUESOS LAVADOS (grs)	
FRAC.FINA SECA AIRE (grs)	
FRACCION FINA SECA (grs)	
MUESTRA TOTAL SECA (grs)	531,2
FRAC.FINA ENS.SECA AL AIRE (grs)	
FRAC.FINA ENSAYADA SECA (grs)	

HUMEDAD HIGROSCOPICA	
REFERENCIA TARA	
TARA+SUELO (grs)	
AGUA (grs)	
HUDAD. HIGROSC. %	
FACTOR DE CORREC.	

NORMAS U.N.E. ABERT mm	GR. RETENIDO ACUMULADO	EN MUESTRA TOTAL	
		% RETEN.	% PASA
100	0,00	0,00	100,00
80	0,00	0,00	100,00
63	0,00	0,00	100,00
50	0,00	0,00	100,00
40	0,00	0,00	100,00
25	0,00	0,00	100,00
20	0,00	0,00	100,00
12,5	6,40	1,20	98,80
10	6,40	1,20	98,80
6,3	14,00	2,64	97,36
5	20,80	3,92	96,08
2	34,60	6,51	93,49
1,25	41,40	7,79	92,21
0,40	64,60	12,16	87,84
0,16	109,80	20,67	79,33
0,08	152,40	28,69	71,31





LÍMITES DE ATTERBERG

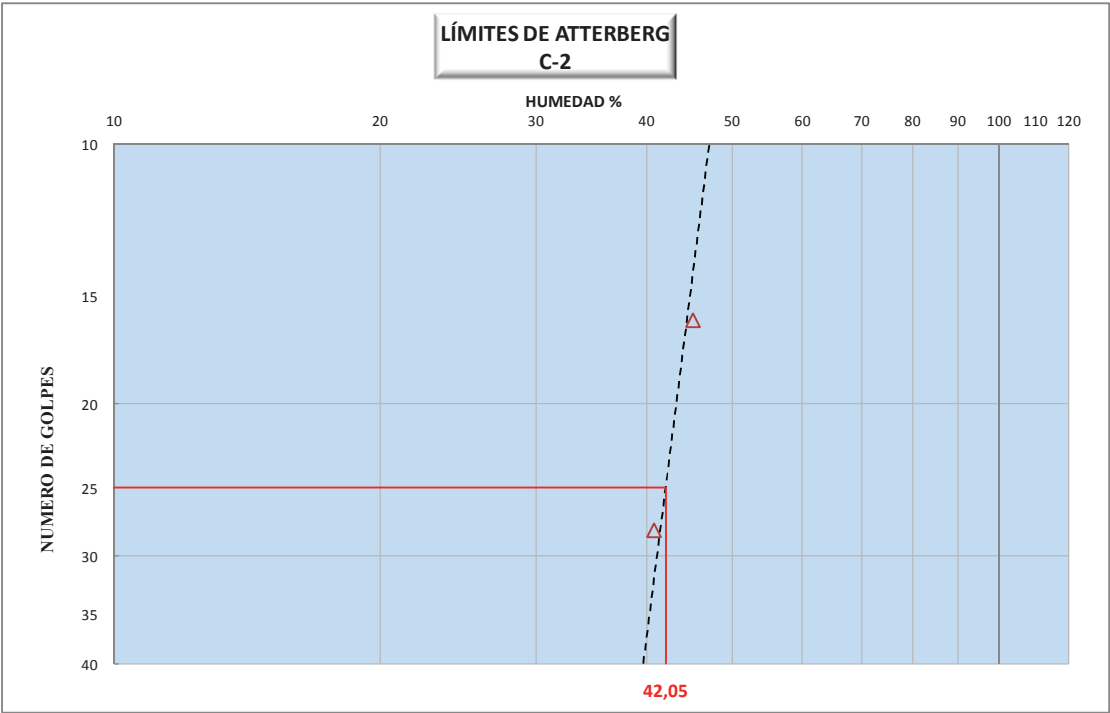
UNE 103103:1994 // UNE 103104:1993

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-2
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 644/16
OBSERVACIONES:

LIMITE LIQUIDO				
NÚMERO DE GOLPES	28	16		
REFERENCIA TARA	15	47		
TARA+SUELO+AGUA (grs)	43,97	38,75		
TARA+SUELO (grs)	40,01	35,62		
TARA (grs)	30,3	28,69		
SUELO (grs)	9,71	6,93		
AGUA (grs)	3,96	3,13		
HUMEDAD (%)	40,78	45,17		

LIMITE PLASTICO			
REFERENCIA TARA	I	B	MEDIA 10,95
TARA+SUELO+AGUA (grs)	33,62	31,62	
TARA+SUELO (grs)	32,76	31,72	
TARA (grs)	29,27	28,06	
SUELO (grs)	3,49	3,66	
AGUA (grs)	0,86	-0,10	
HUMEDAD (%)	24,64	-2,73	

LÍMITE LÍQUIDO	42,0
LÍMITE PLASTICO	11,0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	31,1



ENSAYOS DE ESTADO, DESCRIPTIVOS Y DE RESISTENCIA

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-2
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 644/16
OBSERVACIONES:

ENSAYOS DE ESTADO	
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL (%) SEGÚN UNE 103300:1993	15,85

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA
DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO

FECHA: 08/09/2016

CLIENTE: FULCRUM

OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA

REFERENCIA: 644/16

OBSERVACIONES:

FECHA DE ENSAYO: 02/09/2016

MUESTRA: C-2

ALBARÁN TRIAX:

LOCALIZACIÓN:

Densidad relativa de partículas (Mg/m³) <i>UNE-103302</i>	2,533
---	-------

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-2
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2016
REFERENCIA: 644/16
OBSERVACIONES:

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) SEGÚN NLT-118	1,31

GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

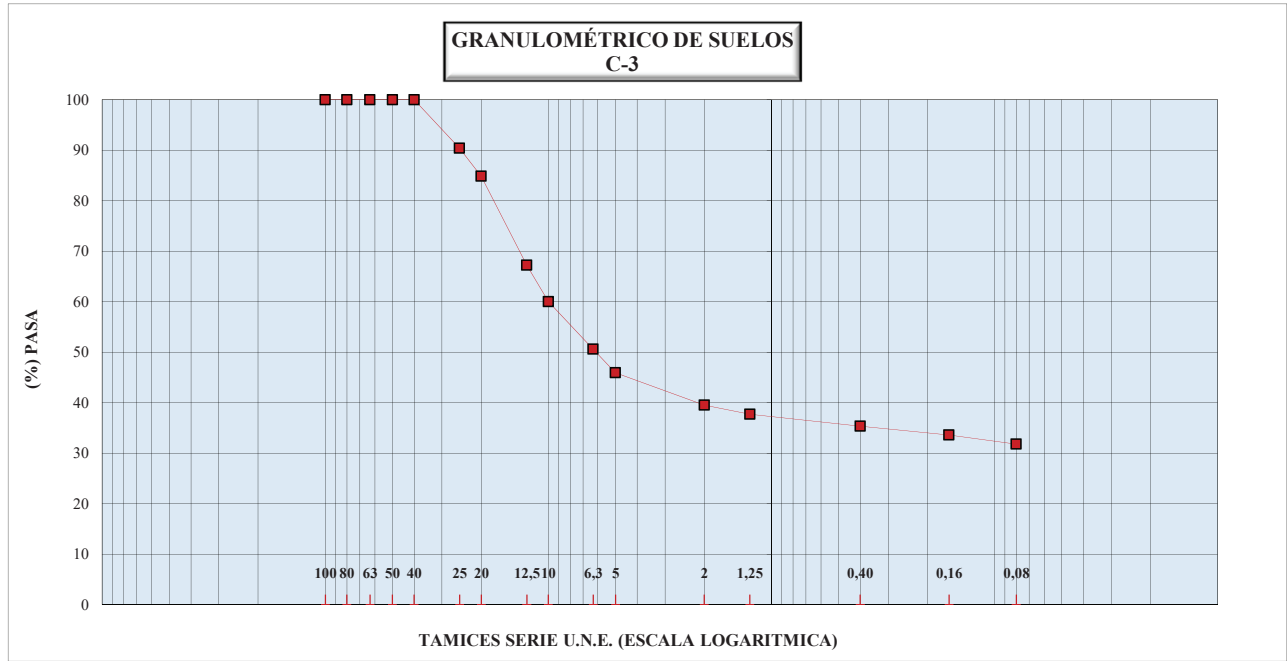
UNE 103101:1995

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-3
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 645/16
OBSERVACIONES:

CALCULOS PREVIOS	
MUESTRA TOTAL SECA AL AIRE (grs)	
GRUESOS SIN LAVAR (grs)	
GRUESOS LAVADOS (grs)	
FRAC.FINA SECA AIRE (grs)	
FRACCION FINA SECA (grs)	
MUESTRA TOTAL SECA (grs)	784,3
FRAC.FINA ENS.SECA AL AIRE (grs)	
FRAC.FINA ENSAYADA SECA (grs)	

HUMEDAD HIGROSCOPICA	
REFERENCIA TARA	
TARA+SUELO (grs)	
AGUA (grs)	
HUDAD. HIGROSC. %	
FACTOR DE CORREC.	

NORMAS U.N.E. ABERT mm	GR. RETENIDO ACUMULADO	EN MUESTRA TOTAL	
		% RETEN.	% PASA
100	0,00	0,00	100,00
80	0,00	0,00	100,00
63	0,00	0,00	100,00
50	0,00	0,00	100,00
40	0,00	0,00	100,00
25	75,00	9,56	90,44
20	118,60	15,12	84,88
12,5	257,00	32,77	67,23
10	313,60	39,98	60,02
6,3	387,60	49,42	50,58
5	424,00	54,06	45,94
2	474,20	60,46	39,54
1,25	488,40	62,27	37,73
0,40	507,20	64,67	35,33
0,16	520,80	66,40	33,60
0,08	534,80	68,19	31,81



LÍMITES DE ATTERBERG

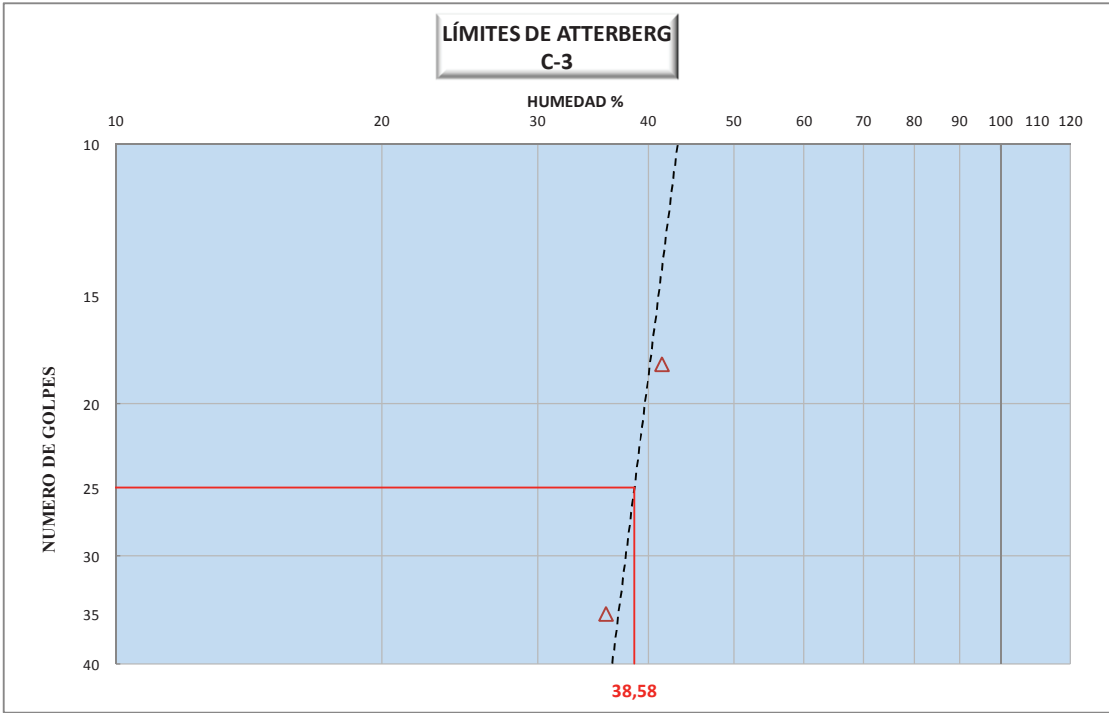
UNE 103103:1994 // UNE 103104:1993

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-3
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 645/16
OBSERVACIONES:

LIMITE LIQUIDO				
NÚMERO DE GOLPES	35	18		
REFERENCIA TARA	35	60		
TARA+SUELO+AGUA (grs)	39,48	41,71		
TARA+SUELO (grs)	36,45	38,23		
TARA (grs)	28	29,84		
SUELO (grs)	8,45	8,39		
AGUA (grs)	3,03	3,48		
HUMEDAD (%)	35,86	41,48		

LIMITE PLASTICO			
REFERENCIA TARA	P	C	MEDIA 27,29
TARA+SUELO+AGUA (grs)	31,66	31,63	
TARA+SUELO (grs)	30,95	30,94	
TARA (grs)	28,36	28,4	
SUELO (grs)	2,59	2,54	
AGUA (grs)	0,71	0,69	
HUMEDAD (%)	27,41	27,17	

LÍMITE LÍQUIDO	38,6
LÍMITE PLASTICO	27,3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11,3





ENSAYOS DE ESTADO, DESCRIPTIVOS Y DE RESISTENCIA

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-3
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 645/16
OBSERVACIONES:

ENSAYOS DE ESTADO	
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL (%) SEGÚN UNE 103300:1993	6,77

C/ Faustino Cavadas 28 • 39011 PEÑACAST LLO, SANTANDER (Cantabria) • Teéfono 942 260 099 - Fax 942 260 100



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA
DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
REFERENCIA: 645/16
OBSERVACIONES:

FECHA DE ENSAYO: 02/09/2016
MUESTRA: C-3
ALBARÁN TRIAX:
LOCALIZACIÓN:

Densidad relativa de partículas (Mg/m³) <i>UNE-103302</i>	2,749
---	-------

C/ Faustino Cavadas 28 • 39011 PEÑACAST LLO, SANTANDER (Cantabria) • Teéfono 942 260 099 - Fax 942 260 100



GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

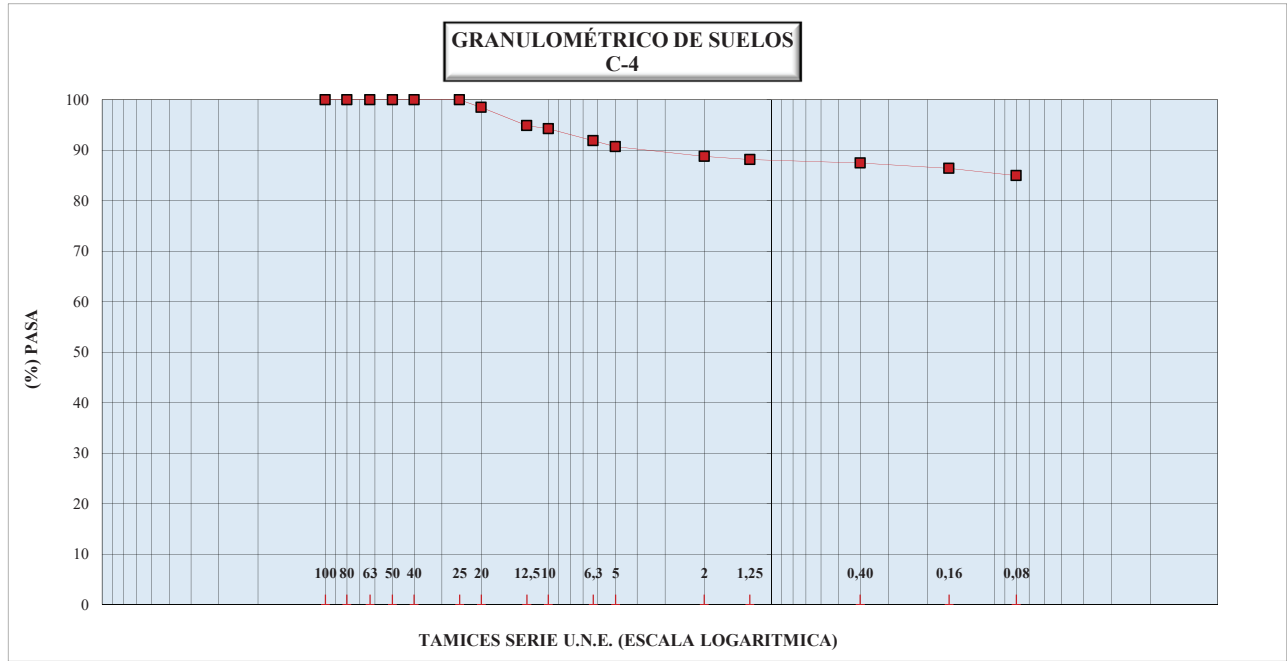
UNE 103101:1995

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-4
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 646/16
OBSERVACIONES:

CALCULOS PREVIOS	
MUESTRA TOTAL SECA AL AIRE (grs)	
GRUESOS SIN LAVAR (grs)	
GRUESOS LAVADOS (grs)	
FRAC.FINA SECA AIRE (grs)	
FRACCION FINA SECA (grs)	
MUESTRA TOTAL SECA (grs)	831,0
FRAC.FINA ENS.SECA AL AIRE (grs)	
FRAC.FINA ENSAYADA SECA (grs)	

HUMEDAD HIGROSCOPICA	
REFERENCIA TARA	
TARA+SUELO (grs)	
AGUA (grs)	
HUDAD. HIGROSC. %	
FACTOR DE CORREC.	

NORMAS U.N.E. ABERT mm	GR. RETENIDO ACUMULADO	EN MUESTRA TOTAL	
		% RETEN.	% PASA
100	0,00	0,00	100,00
80	0,00	0,00	100,00
63	0,00	0,00	100,00
50	0,00	0,00	100,00
40	0,00	0,00	100,00
25	0,00	0,00	100,00
20	12,40	1,49	98,51
12,5	42,20	5,08	94,92
10	47,60	5,73	94,27
6,3	67,40	8,11	91,89
5	77,20	9,29	90,71
2	93,20	11,22	88,78
1,25	98,20	11,82	88,18
0,40	104,20	12,54	87,46
0,16	112,60	13,55	86,45
0,08	124,60	14,99	85,01



LÍMITES DE ATTERBERG

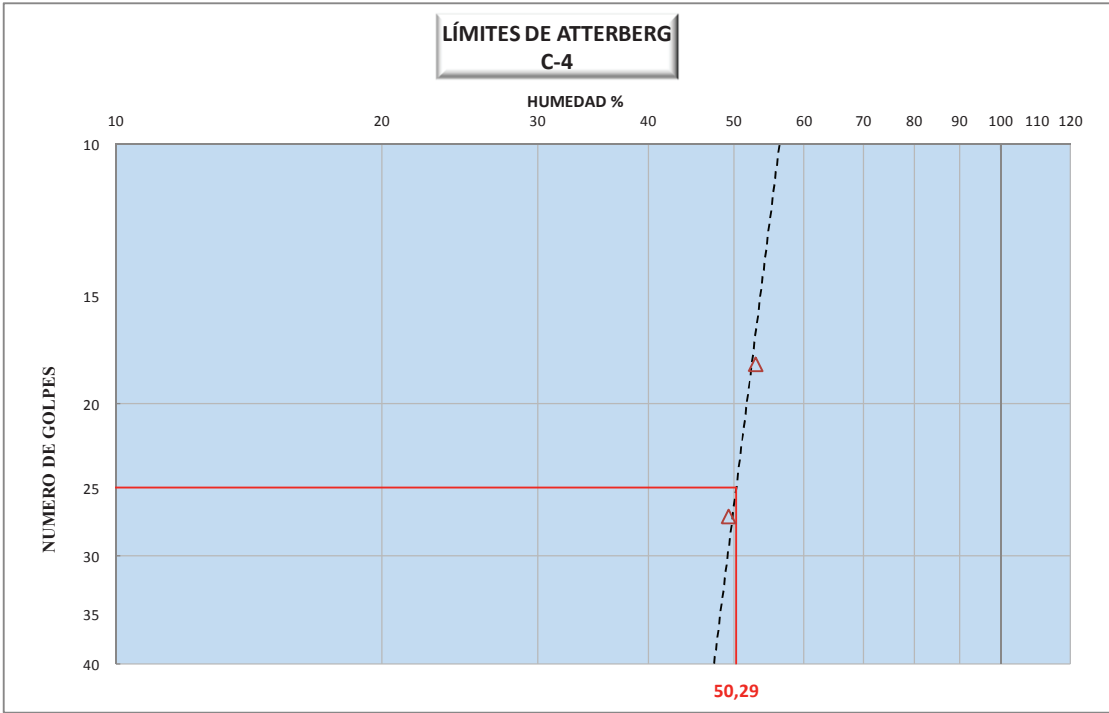
UNE 103103:1994 // UNE 103104:1993

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-4
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 646/16
OBSERVACIONES:

LIMITE LIQUIDO				
NÚMERO DE GOLPES	18	27		
REFERENCIA TARA	24	17		
TARA+SUELO+AGUA (grs)	40,62	39,55		
TARA+SUELO (grs)	36,41	34,8		
TARA (grs)	28,45	25,17		
SUELO (grs)	7,96	9,63		
AGUA (grs)	4,21	4,75		
HUMEDAD (%)	52,89	49,33		

LIMITE PLASTICO			
REFERENCIA TARA	N	C	MEDIA 29,74
TARA+SUELO+AGUA (grs)	31,56	31,26	
TARA+SUELO (grs)	30,92	30,57	
TARA (grs)	28,74	28,28	
SUELO (grs)	2,18	2,29	
AGUA (grs)	0,64	0,69	
HUMEDAD (%)	29,36	30,13	

LÍMITE LÍQUIDO	50,3
LÍMITE PLASTICO	29,7
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	20,5





ENSAYOS DE ESTADO, DESCRIPTIVOS Y DE RESISTENCIA

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-4
FECHA DE ENSAYO: 25/08/2016
REFERENCIA: 646/16
OBSERVACIONES:

ENSAYOS DE ESTADO	
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL (%) SEGÚN UNE 103300:1993	15,68

C/ Faustino Cavadas 28 • 39011 PEÑACAST LLO, SANTANDER (Cantabria) • Teéfono 942 260 099 - Fax 942 260 100



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA
DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
REFERENCIA: 646/16
OBSERVACIONES:

FECHA DE ENSAYO: 02/09/2016
MUESTRA: C-4
ALBARÁN TRIAX:
LOCALIZACIÓN:

Densidad relativa de partículas (Mg/m³) <i>UNE-103302</i>	2,542
---	-------

C/ Faustino Cavadas 28 • 39011 PEÑACAST LLO, SANTANDER (Cantabria) • Teéfono 942 260 099 - Fax 942 260 100

ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS

FECHA: 08/09/2016
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
MUESTRA: C-4
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2016
REFERENCIA: 645/16
OBSERVACIONES:

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) SEGÚN NLT-118	0,61

C/ Faustino Cavadas 28 • 39011 PEÑACAST LLO, SANTANDER (Cantabria) • Teéfono 942 260 099 - Fax 942 260 100

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

UNE 103501

FECHA: 07/10/2015
CLIENTE: FULCRUM
OBRA: CRA. BI-630 EN ARCENTALES; VIZCAYA
REFERENCIA: 646/16
OBSERVACIONES:

FECHA DE ENSAYO: 06 al 07/10/2015
MUESTRA: C-4
ALBARÁN TRIAX:

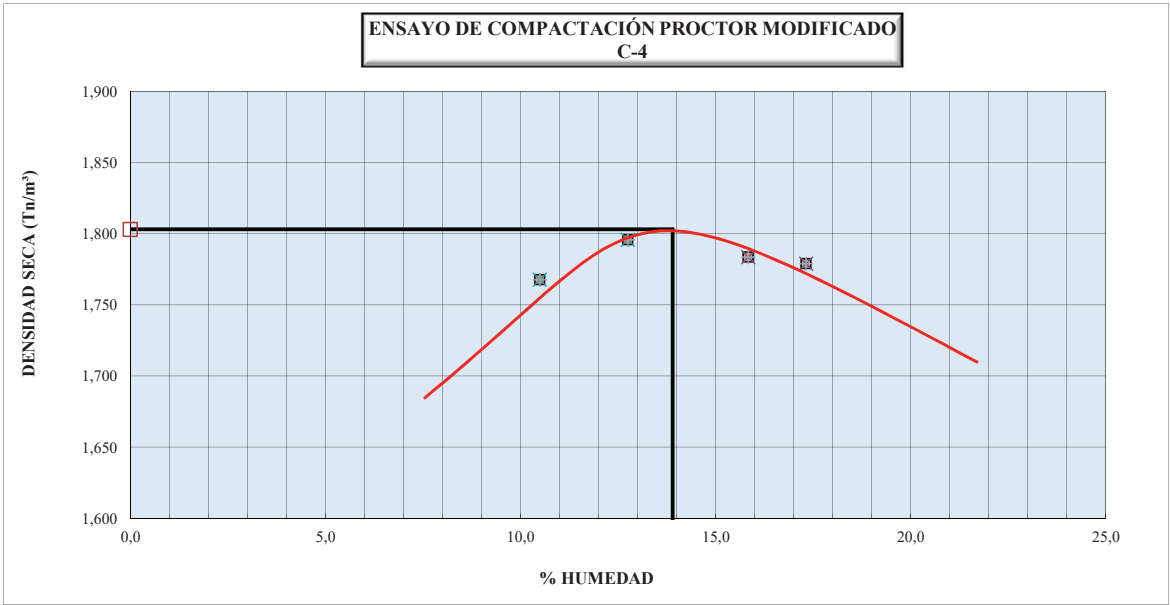
Volumen del molde (cm³):	2320
Peso de la maza (kg):	4,54

Nº de capas:	5
Nº de golpes por capa:	60

Punto Nº	1	2	3	4	5
% Agua Añadido	14%	16%	12%	10%	
CÁLCULO DE DENSIDAD					
DENSIDAD SECA (Tn/m³)	1,783	1,779	1,796	1,768	
CÁLCULO DE HUMEDAD					
% HUMEDAD	15,84	17,32	12,75	10,50	

DENSIDAD MÁXIMA (Tn/m³)	1,803
-------------------------	-------

HUMEDAD ÓPTIMA (%)	13,9
--------------------	------



C/ Faustino Cavadas 28 • 39011 PEÑACAST LLO, SANTANDER (Cantabria) • Teéfono 942 260 099 - Fax 942 260 100

APÉNDICE N° 1.5

Cálculos de estabilidad

Swedge Analysis Information

Document Name:

- 6+920 a 6+980 (talud izquierdo).swd

Project Summary:

- [Job Title](#): Taludes Bi-630
- [Date Created](#): 23/08/2016, 8:35:15

Comments:

- o PK 36+800 a 37+100

Analysis Results:

- Wedge Not Found

Swedge Analysis Information

Document Name:

- 6+980 a 7+020 (talud derecho).swd

Project Summary:

- Job Title: Taludes Bi-630
- Date Created: 23/08/2016, 8:35:15

Comments:

- PK 37+100 a 37+300 Talud Izquierdo

Analysis Results:

- Analysis type: Deterministic
- Safety Factor: 2.0167
- Wedge height (on slope) [m]: 7.35
- Bench width (on upper face) [m]: 14.08
- Wedge volume [m³]: 531.660
- Wedge weight [tonnes]: 1275.983
- Wedge area (joint1) [m²]: 469.08
- Wedge area (joint2) [m²]: 51.47
- Wedge area (slope) [m²]: 203.45
- Wedge area (upper face) [m²]: 281.86

Effective Normal and Strength Properties:

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [tonnes]	1159.77	466.36
Effective Normal stress [t/m²]	2.47	9.06
Shear Strength [t/m²]	0.90	4.22
Strength due to Waviness [t/m²]	0.44	0.79

- Driving force [tonnes]: 438.79
- Resisting force [tonnes]: 884.89

Failure Mode:

- Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
20.11	230.63	30.07

Trace Lengths:

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	33.28	52.03
Joint 2	12.84	18.02

Persistence:

- Joint 1 [m]: 52.03
- Joint 2 [m]: 30.07

Intersection Angles:

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	107.80	36.96
Joint 1 & Crest	18.19	16.06
Joint 2 & Crest	54.00	126.98

Dip and Dip Direction:

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	30.00	180.00
Joint Set 2	75.00	315.00
Slope	45.00	190.00
Upper Face	12.00	190.00

Joint Set 1 Data:

- Cohesion [t/m²]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 20.00

Joint Set 2 Data:

- Cohesion [t/m²]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 25.00

Slope Data:

- Slope height [m]: 16.00
- Rock unit weight [t/m³]: 2.40
- Water pressures in the slope: NO
- Overhanging slope face: NO
- Externally applied force: NO
- Tension crack: NO

Wedge Vertices:

- Coordinates in Easting,Northing,Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	x	y	z
124	0.000	0.000	0.000
134	-29.859	12.725	7.347
234	8.709	5.925	7.347
123	21.827	17.909	10.340

Swedge Analysis Information

Document Name:

- 7+020 a 7+120 (talud derecho).swd

Project Summary:

- Job Title: Taludes Bi-630
- Date Created: 23/08/2016, 8:35:15

Comments:

- PK 37+100 a 37+300 Talud Izquierdo

Analysis Results:

- Analysis type: Deterministic
- Safety Factor: 1.3781
- Wedge height (on slope) [m]: 5.00
- Bench width (on upper face) [m]: 0.07
- Wedge volume [m³]: 0.005
- Wedge weight [tonnes]: 0.012
- Wedge area (joint1) [m²]: 0.38
- Wedge area (joint2) [m²]: 0.24
- Wedge area (slope) [m²]: 0.40
- Wedge area (upper face) [m²]: 0.00

Effective Normal and Strength Properties:

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [tonnes]	0.01	0.00
Effective Normal stress [t/m²]	0.03	0.00
Shear Strength [t/m²]	0.01	0.00
Strength due to Waviness [t/m²]	0.00	0.00

- Driving force [tonnes]: 0.01
- Resisting force [tonnes]: 0.01

Failure Mode:

- Sliding on joint1

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
24.83	232.12	11.94

Trace Lengths:

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	11.91	0.07
Joint 2	11.82	0.12

Persistence:

- Joint 1 [m]: 11.94
- Joint 2 [m]: 11.94

Intersection Angles:

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	0.32	64.21
Joint 1 & Crest	36.41	82.00
Joint 2 & Crest	143.27	33.79

Dip and Dip Direction:

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	25.00	225.00
Joint Set 2	75.00	315.00
Slope	45.00	170.00
Upper Face	12.00	170.00

Joint Set 1 Data:

- Cohesion [t/m²]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 25.00

Joint Set 2 Data:

- Cohesion [t/m²]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Slope Data:

- Slope height [m]: 5.00
- Rock unit weight [t/m³]: 2.40
- Water pressures in the slope: NO
- Overhanging slope face: NO
- Externally applied force: NO
- Tension crack: NO

Wedge Vertices:

- Coordinates in Easting,Northing,Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	x	y	z
124	0.000	0.000	0.000
134	8.575	6.589	5.000
234	8.464	6.570	5.000
123	8.554	6.654	5.014

Swedge Analysis Information

Document Name:

- 7+020 a 7+120 (talud izquierdo).swd

Project Summary:

- [Job Title](#): Taludes Bi-630
- [Date Created](#): 23/08/2016, 8:35:15

Comments:

- o PK 37+100 a 37+300 Talud Izquierdo

Analysis Results:

- Wedge Not Found

Slide Analysis Information

Bi-630 pk33+300

Project Summary

- File Name: Desmonte 5+760
- Slide Modeler Version: 6.039
- Project Title: Bi-630 pk33+300
- Date Created: 24/08/2016, 7:51:32

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
 - GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
 - Janbu simplified
 - Janbu corrected
 - Spencer
-
- Number of slices: 25
 - Tolerance: 0.005
 - Maximum number of iterations: 50
 - Check malpha < 0.2: Yes
 - Initial trial value of FS: 1
 - Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Invalid Surfaces
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Eluvial	Roca	Coluvio-eluvial
Color			
Strength Type	Generalised Hoek-Brown	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19	24	18
Cohesion [kPa]		100	10
Friction Angle [deg]		35	25
Unconfined Compressive Strength (intact) [kPa]	4000		
nmb	0.976355		
ns	0.000137913		
na	0.543721		
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 2.030240
- Center: 29.000, 28.600
- Radius: 29.055
- Left Slip Surface Endpoint: 2.819, 16.000
- Right Slip Surface Endpoint: 20.039, 0.961
- Resisting Moment=37428.4 kN-m
- Driving Moment=18435.5 kN-m
- Total Slice Area=52.3518 m2

Method: janbu simplified

- FS: 1.907280
- Center: 24.750, 24.150
- Radius: 24.153
- Left Slip Surface Endpoint: 2.014, 16.000
- Right Slip Surface Endpoint: 20.653, 0.347
- Resisting Horizontal Force=1351.89 kN
- Driving Horizontal Force=708.803 kN
- Total Slice Area=77.4083 m2

Method: janbu corrected

- FS: 2.011800
- Center: 24.750, 24.150
- Radius: 24.153
- Left Slip Surface Endpoint: 2.014, 16.000
- Right Slip Surface Endpoint: 20.653, 0.347
- Resisting Horizontal Force=1425.97 kN
- Driving Horizontal Force=708.803 kN
- Total Slice Area=77.4083 m2

Method: spencer

- FS: 2.040600
- Center: 29.000, 28.600
- Radius: 29.055
- Left Slip Surface Endpoint: 2.819, 16.000
- Right Slip Surface Endpoint: 20.039, 0.961
- Resisting Moment=37619.5 kN-m
- Driving Moment=18435.5 kN-m
- Resisting Horizontal Force=983.201 kN
- Driving Horizontal Force=481.819 kN
- Total Slice Area=52.3518 m2

Method: gle/morgenstern-price

- FS: 2.028730
- Center: 29.000, 28.600
- Radius: 29.055
- Left Slip Surface Endpoint: 2.819, 16.000
- Right Slip Surface Endpoint: 20.039, 0.961
- Resisting Moment=37400.7 kN-m
- Driving Moment=18435.5 kN-m
- Resisting Horizontal Force=976.302 kN
- Driving Horizontal Force=481.237 kN
- Total Slice Area=52.3518 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

- Number of Valid Surfaces: 1657
- Number of Invalid Surfaces: 3194

Error Codes:

- Error Code -103 reported for 287 surfaces
- Error Code -106 reported for 1 surface
- Error Code -108 reported for 315 surfaces
- Error Code -112 reported for 1 surface
- Error Code -114 reported for 170 surfaces
- Error Code -1000 reported for 2420 surfaces

Method: janbu simplified

- Number of Valid Surfaces: 1603
- Number of Invalid Surfaces: 3248

Error Codes:

- Error Code -103 reported for 287 surfaces
- Error Code -106 reported for 1 surface
- Error Code -108 reported for 369 surfaces
- Error Code -112 reported for 1 surface
- Error Code -114 reported for 170 surfaces
- Error Code -1000 reported for 2420 surfaces

Method: janbu corrected

- Number of Valid Surfaces: 1603
- Number of Invalid Surfaces: 3248

Error Codes:

- o Error Code -103 reported for 287 surfaces
- o Error Code -106 reported for 1 surface
- o Error Code -108 reported for 369 surfaces
- o Error Code -112 reported for 1 surface
- o Error Code -114 reported for 170 surfaces
- o Error Code -1000 reported for 2420 surfaces

Method: spencer

- Number of Valid Surfaces: 1570
- Number of Invalid Surfaces: 3281

Error Codes:

- o Error Code -103 reported for 287 surfaces
- o Error Code -106 reported for 1 surface
- o Error Code -108 reported for 382 surfaces
- o Error Code -111 reported for 20 surfaces
- o Error Code -112 reported for 1 surface
- o Error Code -114 reported for 170 surfaces
- o Error Code -1000 reported for 2420 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

- Number of Valid Surfaces: 1596
- Number of Invalid Surfaces: 3255

Error Codes:

- o Error Code -103 reported for 287 surfaces
- o Error Code -106 reported for 1 surface
- o Error Code -108 reported for 372 surfaces
- o Error Code -111 reported for 4 surfaces
- o Error Code -112 reported for 1 surface
- o Error Code -114 reported for 170 surfaces
- o Error Code -1000 reported for 2420 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- o -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.
- o -106 = Average slice width is less than $0.0001 \times (\text{maximum horizontal extent of soil region})$. This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- o -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).
- o -111 = safety factor equation did not converge
- o -112 = The coefficient $M\text{-}\alpha = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F) < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- o -114 = Surface with Reverse Curvature.
- o -1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.03024

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.530192	4.99608	Coluvio-eluvial	10	25	4.87941	9.90637	-	0	-
2	0.530192	14.5395	Coluvio-eluvial	10	25	7.94724	16.1348	13.1561	0	13.1561
3	0.702612	32.9498	Eluvial	9.8513	55.7304	17.7878	36.1136	17.8945	0	17.8945
4	0.702612	46.8168	Eluvial	13.8574	52.2875	25.3802	51.5278	29.1282	0	29.1282
5	0.702612	52.792	Eluvial	15.9972	50.8152	29.326	59.5389	35.4925	0	35.4925
6	0.702612	56.1012	Eluvial	17.4675	49.9056	32.0021	64.972	39.9946	0	39.9946
7	0.702612	58.4005	Eluvial	18.6632	49.2166	34.1595	69.3519	43.7278	0	43.7278
8	0.702612	59.5182	Eluvial	19.5197	48.7475	35.695	72.4695	46.4398	0	46.4398
9	0.702612	59.868	Eluvial	20.1373	48.421	36.7974	74.7076	48.4141	0	48.4141
10	0.702612	59.5727	Eluvial	20.5424	48.2118	37.5185	76.1715	49.7176	0	49.7176
11	0.702612	58.6926	Eluvial	20.746	48.1081	37.8803	76.9061	50.3753	0	50.3753
12	0.702612	57.2778	Eluvial	20.7571	48.1024	37.9	76.9461	50.4112	0	50.4112
13	0.702612	55.3698	Eluvial	20.5826	48.1912	37.59	76.3168	49.8475	0	49.8475
14	0.702612	53.004	Eluvial	20.2278	48.3739	36.9587	75.035	48.7047	0	48.7047
15	0.702612	50.2105	Eluvial	19.696	48.6533	36.0102	73.1093	47.0018	0	47.0018
16	0.702612	47.0151	Eluvial	18.9891	49.0358	34.7446	70.5399	44.7559	0	44.7559
17	0.702612	43.4404	Eluvial	18.1068	49.5319	33.1577	67.318	41.9829	0	41.9829
18	0.702612	39.5058	Eluvial	17.0472	50.1582	31.2399	63.4244	38.6973	0	38.6973
19	0.702612	35.2286	Eluvial	15.8055	50.9394	28.9751	58.8264	34.913	0	34.913
20	0.702612	30.6238	Eluvial	14.374	51.9136	26.3389	53.4742	30.6434	0	30.6434
21	0.702612	25.7047	Eluvial	12.7409	53.1418	23.2939	47.2922	25.9024	0	25.9024
22	0.702612	20.4832	Eluvial	10.8876	54.728	19.7823	40.1629	20.7066	0	20.7066
23	0.702612	14.9696	Eluvial	8.78551	56.8735	15.709	31.893	15.0787	0	15.0787
24	0.702612	9.17347	Eluvial	6.38763	60.0574	10.8941	22.1176	9.06072	0	9.06072
25	0.702612	3.1029	Eluvial	3.63486	66.1314	4.87309	9.89355	2.76934	0	2.76934

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.90728

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.819651	14.7537	Coluvio-eluvial	10	25	6.0404	11.5207	3.26122	0	3.26122
2	0.742487	37.0961	Eluvial	9.05003	56.5777	17.274	32.9464	15.7701	0	15.7701
3	0.742487	56.3565	Eluvial	14	52.183	27.2985	52.0659	29.545	0	29.545
4	0.742487	73.0372	Eluvial	18.721	49.1842	36.4723	69.5628	43.9098	0	43.9098
5	0.742487	82.1024	Eluvial	21.8595	47.5569	42.4209	80.9085	54.0007	0	54.0007
6	0.742487	85.4705	Eluvial	23.6629	46.717	45.794	87.3419	59.9724	0	59.9724
7	0.742487	87.5489	Eluvial	25.1029	46.0879	48.4657	92.4377	64.8251	0	64.8251
8	0.742487	88.1614	Eluvial	26.1211	45.663	50.3443	96.0206	68.3004	0	68.3004
9	0.742487	87.7515	Eluvial	26.8179	45.381	51.6247	98.4628	70.6985	0	70.6985
10	0.742487	86.5297	Eluvial	27.2417	45.2127	52.4017	99.9447	72.1651	0	72.1651
11	0.742487	84.5803	Eluvial	27.4106	45.1464	52.7109	100.535	72.7512	0	72.7512
12	0.742487	81.9708	Eluvial	27.3386	45.1746	52.5791	100.283	72.5011	0	72.5011
13	0.742487	78.7564	Eluvial	27.036	45.2941	52.0248	99.2259	71.4527	0	71.4527
14	0.742487	74.9826	Eluvial	26.5104	45.5045	51.0601	97.386	69.6382	0	69.6382
15	0.742487	70.6873	Eluvial	25.7663	45.8093	49.6907	94.774	67.0853	0	67.0853
16	0.742487	65.9027	Eluvial	24.8055	46.2151	47.9155	91.3883	63.817	0	63.817
17	0.742487	60.6559	Eluvial	23.6271	46.7331	45.7273	87.2147	59.8525	0	59.8525
18	0.742487	54.9703	Eluvial	22.2268	47.3808	43.1104	82.2236	55.207	0	55.207
19	0.742487	48.8657	Eluvial	20.5966	48.1841	40.0398	76.3671	49.8924	0	49.8924
20	0.742487	42.3593	Eluvial	18.7235	49.1829	36.477	69.5719	43.9177	0	43.9177
21	0.742487	35.466	Eluvial	16.5878	50.4409	32.3644	61.7279	37.2889	0	37.2889
22	0.742487	28.1984	Eluvial	14.1587	52.0679	27.6121	52.6641	30.0102	0	30.0102
23	0.742487	20.5674	Eluvial	11.387	54.2769	22.0719	42.0973	22.0864	0	22.0864
24	0.742487	12.5823	Eluvial	8.18547	57.5788	15.4605	29.4876	13.5299	0	13.5299
25	0.742487	4.2512	Eluvial	4.37772	63.9851	7.02532	13.3993	4.40296	0	4.40296

• Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 2.0118

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.819651	14.7537	Coluvio-eluvial	10	25	5.72658	11.5207	3.26122	0	3.26122
2	0.742487	37.0961	Eluvial	9.05003	56.5777	16.3766	32.9464	15.7701	0	15.7701
3	0.742487	56.3565	Eluvial	14	52.183	25.8803	52.0659	29.545	0	29.545
4	0.742487	73.0372	Eluvial	18.721	49.1842	34.5774	69.5628	43.9098	0	43.9098
5	0.742487	82.1024	Eluvial	21.8595	47.5569	40.217	80.9085	54.0007	0	54.0007
6	0.742487	85.4705	Eluvial	23.6629	46.717	43.4148	87.3419	59.9724	0	59.9724
7	0.742487	87.5489	Eluvial	25.1029	46.0879	45.9478	92.4377	64.8251	0	64.8251
8	0.742487	88.1614	Eluvial	26.1211	45.663	47.7287	96.0206	68.3004	0	68.3004
9	0.742487	87.7515	Eluvial	26.8179	45.381	48.9426	98.4628	70.6985	0	70.6985
10	0.742487	86.5297	Eluvial	27.2417	45.2127	49.6792	99.9447	72.1651	0	72.1651
11	0.742487	84.5803	Eluvial	27.4106	45.1464	49.9724	100.535	72.7512	0	72.7512
12	0.742487	81.9708	Eluvial	27.3386	45.1746	49.8474	100.283	72.5011	0	72.5011
13	0.742487	78.7564	Eluvial	27.036	45.2941	49.322	99.2259	71.4527	0	71.4527
14	0.742487	74.9826	Eluvial	26.5104	45.5045	48.4074	97.386	69.6382	0	69.6382
15	0.742487	70.6873	Eluvial	25.7663	45.8093	47.1091	94.774	67.0853	0	67.0853
16	0.742487	65.9027	Eluvial	24.8055	46.2151	45.4261	91.3883	63.817	0	63.817
17	0.742487	60.6559	Eluvial	23.6271	46.7331	43.3516	87.2147	59.8525	0	59.8525
18	0.742487	54.9703	Eluvial	22.2268	47.3808	40.8707	82.2236	55.207	0	55.207
19	0.742487	48.8657	Eluvial	20.5966	48.1841	37.9596	76.3671	49.8924	0	49.8924
20	0.742487	42.3593	Eluvial	18.7235	49.1829	34.5819	69.5719	43.9177	0	43.9177
21	0.742487	35.466	Eluvial	16.5878	50.4409	30.6829	61.7279	37.2889	0	37.2889
22	0.742487	28.1984	Eluvial	14.1587	52.0679	26.1776	52.6641	30.0102	0	30.0102
23	0.742487	20.5674	Eluvial	11.387	54.2769	20.9252	42.0973	22.0864	0	22.0864
24	0.742487	12.5823	Eluvial	8.18547	57.5788	14.6573	29.4876	13.5299	0	13.5299
25	0.742487	4.2512	Eluvial	4.37772	63.9851	6.66033	13.3993	4.40296	0	4.40296

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 2.0406

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.530192	4.99608	Coluvio-eluvial	10	25	4.68349	9.55712	0.949757	0	0.949757
2	0.530192	14.5395	Coluvio-eluvial	10	25	7.52093	15.3472	11.4672	0	11.4672
3	0.702612	32.9498	Eluvial	8.61381	57.0703	15.2931	31.207	14.6329	0	14.6329
4	0.702612	46.8168	Eluvial	11.8971	53.8351	21.5929	44.0625	23.5113	0	23.5113
5	0.702612	52.792	Eluvial	13.8288	52.3086	25.1984	51.4198	29.0447	0	29.0447
6	0.702612	56.1012	Eluvial	15.2946	51.2774	27.8952	56.9229	33.3776	0	33.3776
7	0.702612	58.4005	Eluvial	16.5829	50.4439	30.2411	61.7099	37.2741	0	37.2741
8	0.702612	59.5182	Eluvial	17.6313	49.8087	32.1346	65.5739	40.5021	0	40.5021
9	0.702612	59.868	Eluvial	18.5079	49.3037	33.7082	68.7849	43.2394	0	43.2394
10	0.702612	59.5727	Eluvial	19.2253	48.9066	34.9895	71.3995	45.5039	0	45.5039
11	0.702612	58.6926	Eluvial	19.7838	48.6068	35.9833	73.4276	47.2821	0	47.2821
12	0.702612	57.2778	Eluvial	20.1829	48.3973	36.6914	74.8725	48.5604	0	48.5604
13	0.702612	55.3698	Eluvial	20.4203	48.2744	37.112	75.7308	49.3241	0	49.3241
14	0.702612	53.004	Eluvial	20.4927	48.2373	37.2401	75.9921	49.5573	0	49.5573
15	0.702612	50.2105	Eluvial	20.3947	48.2876	37.0667	75.6383	49.2417	0	49.2417
16	0.702612	47.0151	Eluvial	20.1193	48.4304	36.5787	74.6425	48.3563	0	48.3563
17	0.702612	43.4404	Eluvial	19.6567	48.6743	35.7574	72.9666	46.8763	0	46.8763
18	0.702612	39.5058	Eluvial	18.9942	49.033	34.5773	70.5585	44.7721	0	44.7721
19	0.702612	35.2286	Eluvial	18.1145	49.5275	33.0031	67.3461	42.007	0	42.007
20	0.702612	30.6238	Eluvial	16.9943	50.1904	30.9857	63.2295	38.5348	0	38.5348
21	0.702612	25.7047	Eluvial	15.6006	51.0737	28.4544	58.064	34.2958	0	34.2958
22	0.702612	20.4832	Eluvial	13.8846	52.2675	25.3016	51.6304	29.2075	0	29.2075
23	0.702612	14.9696	Eluvial	11.767	53.946	21.3478	43.5624	23.1466	0	23.1466
24	0.702612	9.17347	Eluvial	9.09946	56.5234	16.2417	33.1428	15.8998	0	15.8998
25	0.702612	3.1029	Eluvial	5.57398	61.4388	9.15063	18.6728	7.1301	0	7.1301

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 2.02873

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.530192	4.99608	Coluvio-eluvial	10	25	4.95325	10.0488	0.104654	0	0.104654
2	0.530192	14.5395	Coluvio-eluvial	10	25	7.60176	15.4219	11.6274	0	11.6274
3	0.702612	32.9498	Eluvial	9.1654	56.4513	16.4657	33.4045	16.0732	0	16.0732
4	0.702612	46.8168	Eluvial	12.3892	53.4253	22.6492	45.9492	24.9009	0	24.9009
5	0.702612	52.792	Eluvial	13.912	52.2474	25.5006	51.7338	29.2876	0	29.2876
6	0.702612	56.1012	Eluvial	14.9567	51.5067	27.4359	55.66	32.3691	0	32.3691
7	0.702612	58.4005	Eluvial	15.9117	50.8703	29.1914	59.2215	35.2341	0	35.2341
8	0.702612	59.5182	Eluvial	16.746	50.3427	30.7152	62.3128	37.773	0	37.773
9	0.702612	59.868	Eluvial	17.5472	49.8583	32.1704	65.2651	40.2415	0	40.2415
10	0.702612	59.5727	Eluvial	18.3266	49.4063	33.5787	68.1221	42.6703	0	42.6703
11	0.702612	58.6926	Eluvial	19.0713	48.9906	34.9181	70.8393	45.0161	0	45.0161
12	0.702612	57.2778	Eluvial	19.7586	48.6201	36.1488	73.3362	47.2016	0	47.2016
13	0.702612	55.3698	Eluvial	20.3572	48.307	37.2167	75.5027	49.1208	0	49.1208
14	0.702612	53.004	Eluvial	20.8278	48.0666	38.0539	77.201	50.6401	0	50.6401
15	0.702612	50.2105	Eluvial	21.1232	47.9184	38.5782	78.2647	51.5981	0	51.5981
16	0.702612	47.0151	Eluvial	21.1873	47.8864	38.6918	78.4953	51.8065	0	51.8065
17	0.702612	43.4404	Eluvial	20.9566	48.0018	38.2826	77.665	51.0573	0	51.0573
18	0.702612	39.5058	Eluvial	20.3639	48.3035	37.2287	75.5269	49.1423	0	49.1423
19	0.702612	35.2286	Eluvial	19.3457	48.8413	35.41	71.8373	45.8861	0	45.8861
20	0.702612	30.6238	Eluvial	17.8526	49.6791	32.7231	66.3863	41.19	0	41.19
21	0.702612	25.7047	Eluvial	15.861	50.9033	29.0985	59.0329	35.0807	0	35.0807
22	0.702612	20.4832	Eluvial	13.3832	52.6422	24.5148	49.7339	27.7497	0	27.7497
23	0.702612	14.9696	Eluvial	10.4731	55.1175	19.0016	38.5492	19.5734	0	19.5734
24	0.702612	9.17347	Eluvial	7.22548	58.8227	12.6122	25.5867	11.1101	0	11.1101
25	0.702612	3.1029	Eluvial	3.7972	65.6031	5.26656	10.6844	3.12371	0	3.12371

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.03024

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Interslice Bottom Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2.8187	16	0	0	0
2	3.34889	14.953	-2.79406	0	0
3	3.87909	14	5.53515	0	0
4	4.5817	12.853	13.577	0	0
5	5.28431	11.8135	26.0461	0	0
6	5.98692	10.8625	39.22	0	0
7	6.68954	9.98647	51.7993	0	0
8	7.39215	9.17525	63.3011	0	0
9	8.09476	8.42102	73.2783	0	0
10	8.79737	7.71761	81.5107	0	0
11	9.49999	7.06004	87.8749	0	0
12	10.2026	6.44423	92.3141	0	0
13	10.9052	5.86679	94.8276	0	0
14	11.6078	5.32485	95.4631	0	0
15	12.3104	4.816	94.311	0	0
16	13.013	4.33814	91.501	0	0
17	13.7157	3.88949	87.199	0	0
18	14.4183	3.46847	81.6062	0	0
19	15.1209	3.07373	74.9593	0	0
20	15.8235	2.70405	67.5327	0	0
21	16.5261	2.35838	59.6419	0	0
22	17.2287	2.03579	51.6516	0	0
23	17.9313	1.73543	43.9887	0	0
24	18.6339	1.45658	37.1698	0	0
25	19.3366	1.19857	31.8626	0	0
26	20.0392	0.960827	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.90728

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Interslice Bottom Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2.0136	16	0	0	0
2	2.83325	14	1.57147	0	0
3	3.57574	12.5303	11.9229	0	0
4	4.31823	11.2694	28.9071	0	0
5	5.06072	10.1608	50.5081	0	0
6	5.8032	9.17051	72.4866	0	0
7	6.54569	8.27646	92.104	0	0
8	7.28818	7.46315	108.842	0	0
9	8.03067	6.71928	122.269	0	0
10	8.77315	6.03629	132.225	0	0
11	9.51564	5.40752	138.693	0	0
12	10.2581	4.82768	141.74	0	0
13	11.0006	4.29249	141.503	0	0
14	11.7431	3.79842	138.179	0	0
15	12.4856	3.34254	132.014	0	0
16	13.2281	2.92239	123.306	0	0
17	13.9706	2.53588	112.395	0	0
18	14.7131	2.18125	99.6694	0	0
19	15.4555	1.85697	85.5636	0	0
20	16.198	1.56173	70.5651	0	0
21	16.9405	1.29441	55.2219	0	0
22	17.683	1.05403	40.1553	0	0
23	18.4255	0.83977	26.0839	0	0
24	19.168	0.65091	13.8672	0	0
25	19.9105	0.48684	4.60796	0	0
26	20.653	0.34705	0	0	0

• Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 2.0118

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Interslice Bottom Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2.0136	16	0	0	0
2	2.83325	14	1.57147	0	0
3	3.57574	12.5303	11.9229	0	0
4	4.31823	11.2694	28.9071	0	0
5	5.06072	10.1608	50.5081	0	0
6	5.8032	9.17051	72.4866	0	0
7	6.54569	8.27646	92.104	0	0
8	7.28818	7.46315	108.842	0	0
9	8.03067	6.71928	122.269	0	0
10	8.77315	6.03629	132.225	0	0
11	9.51564	5.40752	138.693	0	0
12	10.2581	4.82768	141.74	0	0
13	11.0006	4.29249	141.503	0	0
14	11.7431	3.79842	138.179	0	0
15	12.4856	3.34254	132.014	0	0
16	13.2281	2.92239	123.306	0	0
17	13.9706	2.53588	112.395	0	0
18	14.7131	2.18125	99.6694	0	0
19	15.4555	1.85697	85.5636	0	0
20	16.198	1.56173	70.5651	0	0
21	16.9405	1.29441	55.2219	0	0
22	17.683	1.05403	40.1553	0	0
23	18.4255	0.83977	26.0839	0	0
24	19.168	0.65091	13.8672	0	0
25	19.9105	0.48684	4.60796	0	0
26	20.653	0.34705	0	0	0

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 2.0406

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2.8187	16	0	0	0
2	3.34889	14.953	-3.47438	-2.95205	40.3533
3	3.87909	14	3.47115	2.9493	40.3533
4	4.5817	12.853	9.52311	8.09143	40.3533
5	5.28431	11.8135	18.8118	15.9837	40.3533
6	5.98692	10.8625	28.7511	24.4287	40.3533
7	6.68954	9.98647	38.4166	32.6412	40.3534
8	7.39215	9.17525	47.4336	40.3026	40.3533
9	8.09476	8.42102	55.4321	47.0986	40.3533
10	8.79737	7.71761	62.1935	52.8435	40.3533
11	9.49999	7.06004	67.5628	57.4056	40.3533
12	10.2026	6.44423	71.4295	60.691	40.3533
13	10.9052	5.86679	73.7236	62.6401	40.3533
14	11.6078	5.32485	74.412	63.2251	40.3533
15	12.3104	4.816	73.4976	62.4481	40.3533
16	13.013	4.33814	71.0177	60.341	40.3533
17	13.7157	3.88949	67.0451	56.9656	40.3533
18	14.4183	3.46847	61.6892	52.415	40.3533
19	15.1209	3.07373	55.0993	46.8158	40.3533
20	15.8235	2.70405	47.4695	40.3331	40.3533
21	16.5261	2.35838	39.0466	33.1765	40.3534
22	17.2287	2.03579	30.1435	25.6118	40.3533
23	17.9313	1.73543	21.1616	17.9802	40.3533
24	18.6339	1.45658	12.636	10.7363	40.3532
25	19.3366	1.19857	5.34122	4.53824	40.3533
26	20.0392	0.960827	0	0	0

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 2.02873

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2.8187	16	0	0	0
2	3.34889	14.953	-2.51846	-0.247083	5.60329
3	3.87909	14	4.52893	0.884504	11.0508
4	4.5817	12.853	11.3871	3.65681	17.8037
5	5.28431	11.8135	21.3474	9.42923	23.8312
6	5.98692	10.8625	31.27	17.3556	29.0313
7	6.68954	9.98647	40.3361	26.5911	33.3944
8	7.39215	9.17525	48.3941	36.4231	36.9664
9	8.09476	8.42102	55.2873	46.0921	39.8174
10	8.79737	7.71761	60.9742	54.9409	42.0205
11	9.49999	7.06004	65.4233	62.3901	43.6405
12	10.2026	6.44423	68.5934	67.947	44.7288
13	10.9052	5.86679	70.4332	71.2263	45.3208
14	11.6078	5.32485	70.886	71.9743	45.4365
15	12.3104	4.816	69.8984	70.0931	45.0797
16	13.013	4.33814	67.4301	65.6611	44.2385
17	13.7157	3.88949	63.4685	58.9476	42.885
18	14.4183	3.46847	58.0476	50.4162	40.9754
19	15.1209	3.07373	51.2705	40.7111	38.4512
20	15.8235	2.70405	43.3365	30.6185	35.2423
21	16.5261	2.35838	34.5666	20.9965	31.2754
22	17.2287	2.03579	25.4241	12.67	26.4892
23	17.9313	1.73543	16.5224	6.2966	20.8616
24	18.6339	1.45658	8.62022	2.22049	14.4448
25	19.3366	1.19857	2.61896	0.340101	7.39909
26	20.0392	0.960827	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X Y
35 -7
35 0
21 0
18 3
14 7
11 10
9 12
7 14
5 16
-5 16
-5 14
-5 3
-5 0
-5 -7

Material Boundary

X Y
-5 14
7 14

Material Boundary

X Y
-5 0
21 0

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

- File Name: Relleno 17m
- Last saved with Slide version: 6.039
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
- Date Created: 19/10/2016, 11:43:59

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
 - GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
 - Janbu simplified
 - Janbu corrected
 - Spencer
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

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

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary

Material Properties

Property	Eluvial	Relleno
Color		
Strength Type	Generalised Hoek-Brown	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19	20
Cohesion [kPa]		20
Friction Angle [deg]		30
Unconfined Compressive Strength (intact) [kPa]	4000	
nmb	0.976355	
ns	0.000137913	
na	0.543721	
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X Y
0 -6
53 -6
53 0
40 0
37 2
34 4
31 6
28 8
25 10
22 12
19 14
16 16
13 18
0 18
0 0

Material Boundary

X Y
0 0
40 0

Distributed Load

X Y
11.3464 18
2.50096 18

Settle3D Analysis Information

Project Settings

Document Name	Relleno 17m
Date Created	19/10/2016, 12:48:31
Stress Computation Method	Boussinesq
Use average properties to calculate layered stresses	
Improve consolidation accuracy	
Ignore negative effective stresses in settlement calculations	

Stage Settings

Stage # Name

1 Stage 1

Results

- Time taken to compute: 0.292504 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	1.25719
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	1.25719
Loading Stress [kPa]	0	323
Total Stress [kPa]	0	409.215
Total Strain	0	0.00215333
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.9	409.161
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Undrained Shear Strength	0	47.995

Embankments

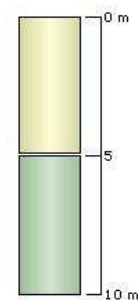
1. Embankment

Center Line	(0.105, 3.063) to (15.846, 3.063)
Number of Layers	1
Near End Angle	90 degrees
Far End Angle	90 degrees
Base Width	60

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Stage 1	0	33	17	19	33	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	Roca alterada	5	0
2	Roca sana	5	5



Soil Properties

Property	Roca alterada	Roca sana
Color		
Unit Weight [kN/m³]	18	24
Immediate Settlement	Enabled	Enabled
Es [kPa]	150000	500000
Esur [kPa]	10000	10000
Undrained Su A [kN/m2]	0	0
Undrained Su S	0.2	0.2
Undrained Su m	0.8	0.8

Field Point Grid

Number of points 308
Expansion Factor 2

Grid Coordinates

X [m] Y [m]
45.846 63.063
45.846 -56.937
-29.895 -56.937
-29.895 63.063