

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CONSIDERACIONES GEOLOGICAS DE LOS TERRENOS.....	2
3. HIDROGEOLOGÍA.....	4
4. EXPLANADA.....	4
5. ESTABILIDAD DE TALUDES.....	5
5.1. TERRAPLÉN.....	6
5.2. COEFICIENTES DE SEGURIDAD.....	7
6. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LAS CIMENTACIONES.....	7
7. CONCLUSIONES.....	8

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es analizar, desde el punto de vista de la geología, los terrenos en los que se realizará el proyecto y, a partir de dichos datos, definir los taludes a adoptar en las excavaciones en zanja, en función de los distintos tipos de terreno. Para ello se parte de la observación en campo de los afloramientos existentes, de los suelos observados en los taludes actuales y de la información contenida en el Mapa Geológico de España E. 1:50.000 Puenteareas Hoja nº 224 (05-11). Dicho mapa es editado por Instituto Geológico y Minero de España.

2. CONSIDERACIONES GEOLOGICAS DE LOS TERRENOS

Dentro del área de estudio se distinguen las siguientes formaciones:

- ROCAS MIGMÁTICAS: Ψ^2 Micasquistos, gneis y granitos inhomogéneos migmatíticos.
- ROCAS ÍGNEAS: Granitos de afinidad alcalina
 - $_{2-4}\Psi^2$ Granito equigranular de grano medio a fino

ROCAS MIGMATÍICAS

En general existen pasos graduales entre este tipo de rocas y los granitos de dos micas, salvo en puntos excepcionales donde son netos; también sucede esto con los micasquistos, entre los que se inyecta material ígneo que dificulta a veces su separación, aunque por lo general son bien deferenciales.

El criterio utilizado en cartografía ha sido el de separar ambos extremos de la migmatización; por un lado, los materiales metamórficos (PC-O), y por otro, los granitos de dos micas donde los restos metamórficos, casi totalmente asimilados, constituyen únicamente heterogeneidades (restitas y "moscas") dentro de una matriz granítica; este eslabón está representado por la facies equigranular de grano medio a grueso ($_{2-3}\Psi^2$).

Entre ambos extremos se sitúan las rocas migmatíticas que forma un grupo bastante heterogéneo, con todos los pasos intermedios entre micasquistos y gneises migmatíticos, por un lado, y granitos de dos micas inhomogéneos por otro. La característica primordial que se ha utilizado para su identificación ha sido el de poder distinguir en la roca una parte químicamente movilizada de composición granitoidea y/o pegmatoidea (paleosoma). La disposición de estas dos partes permite diferenciar, en las rocas migmatíticas, dos grupos según su estructura, denominadas metatexitas (heterogéneas) y diatexitas (homogéneas) de acuerdo con la terminología de K.R. Mehnert.

Al primero, pertenecen aquéllas en la que la esquistosidad heredada persiste; se puede por tanto diferenciar un vadeado leucocrático melanocrático que, de acuerdo con su disposición y según el mencionado autor, forman estructuras flebíticas, estromáticas, plegadas y oftalmíticas, las tres últimas más abundantes.

Al segundo pertenecen aquéllas otras en las que la esquistosidad preexistente se encuentra muy difuminada, estructuras en "schlieren", o casi borrada, "nebulitas"; la muestra de mano aparece entonces como bastante magmática y sólo una visión de conjunto del afloramiento permite reconocer las heterogeneidades; este último grupo constituye la transición a los granitos anatectónicos de dos micas.

Todos los tipos de estructuras cambian frecuentemente de unos a otros, e incluso coexisten, por lo que es muy difícil la separación de diferentes facies. Por otra parte, la proporción de las partes melanocráticas y leucocráticas, así como el espesor de ambas, también varía ostensiblemente.

La dirección de la esquistosidad, más o menos marcada, siempre coincide con la dirección de la esquistosidad de Fase I y frecuentemente se encuentra plegada por la Fase II.

Petrologicamente, las dos partes de la roca son bien diferentes entre sí. El paleosoma corresponde a una roca metamórfica de presión intermedia y alta temperatura. Se trata de metasquistos y gneises migmatíticos cuyos componentes principales son biotita, moscovita, sillimanita, cuarzo y feldespatos. Las asociaciones minerales presentes son:

1. Cuarzo-moscovita-biotita-andalucita-sillimanita.
2. Cuarzo-moscovita-biotita-andalucita-granate- sillimanita.
3. Cuarzo-moscovita-biotita-sillimanita.
4. Cuarzo-moscovita-biotita-feldespato potásico- sillimanita.

La plagioclasa está presente en los gneises. Estas paragénesis, al igual que las encontradas en las rocas de la formación PC-O, son también características del metamorfismo regional tipo Abukama (MIYASHIRO, A., 1958) y corresponden a un grado más elevado de metamorfismo que aquéllas, se sitúan en la facies de las anfibolitas, zona de la sillimanita. La paragénesis, cuarzo-moscovita-biotita-feldespato- potásico-sillimanita, corresponde al estado más avanzado, próximo ya a la anatexis; esa misma paragénesis se encuentra habitualmente en los granitos relacionados con estas rocas migmatíticas.

Al microscopio, el paleosoma se presenta en bandas o hileras continuas con textura lepidoblástica, o bien mezcladas ambas partes con tendencia a la homogeneización.

El cuarzo se presenta recristalizado frecuentemente, englobando a otros minerales.

La plagioclasa generalmente oligoclasa, se encuentra en cristales individuales rodeados por minerales micáceos o agrupados en hileras. Son frecuentes las texturas poiquiloblásticas.

La biotita es muy abundante, marca la esquistosidad principal y presenta sustituciones de moscovita y alteraciones a clorita con agujas de rutilo formadas en el proceso.

La moscovita aparece o bien en sustituciones de biotita o bien con cruceros transversales a la esquistosidad.

La sillimanita se forma a partir de la biotita, en paquetes fibrosos de aspecto afieltrado (fibrolita) y en finas agujas en ocasiones dentro de las moscovitas tardías que reemplazan a la biotita. También se presentan en cristales prismáticos dentro del cuarzo.

La presencia de turmalinas indica riqueza en boro de los fluidos y siempre está relacionada con los procesos de moscovitización y albitización, que afectan a los macizos graníticos.

El neosoma está constituido por la parte granítica de la roca. Su textura es granuda alotriomorfa. Los minerales esenciales siempre son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y más raramente granates. La composición modal varía mucho y corresponde a granitos alcalinos, adamellíticos, granodioríticos y en algún caso a cuarzdioritas.

El cuarzo aparece frecuentemente recristalizado con estructura en mortero, extinción ondulante.

El feldespato potásico es microclina, con crecimientos peritéticos y poiquiloblásticos. Puede presentarse en fenocristales, sobre todo cuando la composición es adamellítica o granodiorítica, y presenta sustituciones de plagioclasa y moscovita.

La plagioclasa contiene algo más de anortita que en los granitos de dos micas, el término más frecuente es oligoclasa.

La bitotia, generalmente abundante, aparece o bien en lechos, o en cristales pequeños aislados, e incluye algunas agujas de sillimanita.

La moscovita reemplaza en parte a la biotita y a los feldespatos y se observan entrecrecimientos simplectíticos.

Los granates están alterados a óxidos de hierro y contienen inclusiones de cuarzo.

Entre los minerales accesorios más importantes destacan los apatitos, muy bien formados. También suelen acompañar circón, clorita (secundaria de biotita) y opacos.

Existen diversas interpretaciones en cuanto al origen del neosoma de las migmatitas encontradas en Galicia Occidental, las más importantes son:

- Que se trata de inyecciones en la roca encajante cuando se emplazan los macizos graníticos.
- Que se forman como movilizados granitoideos/pegmatoides durante el metamorfismo regional.

Ambas hipótesis, y alguna otra, no deben ser excluyentes en todo el ámbito regional, e incluso localmente coexisten.

Las observaciones hechas durante la realización de este trabajo, permiten comprobar que aunque aparezcan inyecciones graníticas, a todas las escalas, entre los esquistos de la formación PC-O, es improbable que el granito en el momento de emplazarse tuviera bastante exceso de calor para producir la fusión parcial de los metasedimentos, mientras que los mismos granitos no causan anatexia en los esquistos circundantes; por otra parte, éstos pertenecen a la zona de la biotita y a la zona de la andalucita-estaurolita de la facies de las anfibolitas, mientras que los paleosomas de las migmatitas pertenecen a la zona de la sillimanita de la misma facies metamórfica, esto induce a pensar que la diferencia en el grado de metamorfismo se debe a una diferencia de profundidad en el momento de su formación. Las migmatitas, en la zona de la sillimanita, deben haberse formado en un nivel estructural más profundo que los esquistos de la zona de la andalucita estaurolita. Una fase de deformación posterior, haría ascender a las migmatitas y a los granitos anactéticos, aún más profundos, al mismo nivel que los esquistos. Esta hipótesis parece estar de acuerdo con observaciones realizadas en áreas próximas.

ROCAS ÍGNEAS

Se establece una división de las rocas graníticas hercínicas del NW peninsular, en dos grandes grupos de acuerdo con criterios petrográficos y cuyas características son:

- Serie calcoalina, rocas bastante oscuras, con plagioclasa de composición oligoclasa y/o andesina (zonación magmática), con precursores básicos comunes (microcuarzodioritas), abundantes crecimientos mirmequíticos y perfiticos entre sus minerales, generalmente ricos en biotita, contenido en moscovita bajo o ausente, a veces con hornblenda y/o piroxenos.
- Serie alcalina, rocas bastante claras (leucogranitos o leucogranodioritas), con plagioclasa de composición albita y/o oligoclasa ácida (generalmente sin zonación), con mirmequitas y perfitas de exolución menos abundantes y contenidos equivalentes de moscovita y biotita, jamás con hornblenda o piroxeno.

A ambas series de rocas pertenecen distintos tipos de granitos, subdivididos, a su vez, según la edad de emplazamiento y por tanto según estén afectados o no por las distintas fases de deformación. En este sentido los criterios texturales y estructurales definen un conjunto de subtipos muy variables, relacionados entre sí.

Los granitos de la serie alcalina parecen haberse originado por anatexia, a profundidades moderadas de la corteza, son frecuentes los granitos palingenéticos más o menos autóctonos (parautóctonos). Los granitos de la

serie calcoalina tienen un carácter más evolucionado que los anteriores, formados a más alta temperatura, que indican un origen de mayor profundidad.

Granito equigranular de grano medio a fino $_{3,4}V^2$

Se presenta un tamaño de grano, normalmente muy homogéneo, menor de 3 mm, aunque localmente puede aumentar. La textura también es homogénea, granuda, sin apenas restitas y lechos biotíticas, tan frecuentes en otros tipos.

Presenta una foliación marcada por la orientación de los minerales planares, el grado de orientación varía notablemente de un sector a otro, aunque siempre se mantiene paralela a la dirección de deformación regional.

En la parte oriental se presenta en contacto con micasquitos entre los que se inyecta en capas delgadas a favor de la esquistosidad.

Presentan contacto difuso con el resto de los granitos de dos micas y con las rocas migmatíticas, a las que se pasa gradualmente.

La aparición de pegmatitas y aplitas es menos abundante que en otros tipos de granitos.

Los componentes mineralógicos principales son comunes a la mayoría de los granitos diferenciados.

Estos son: cuarzo, microclina, plagioclasa, moscovita y biotita. Suelen acompañar, apatito, circón, clorita y opacos. La composición modal media es:

Cuarzo	Microclina	Plagioclasa	Moscovita	Biotita	Accesorios
25,6	26,43	30,73	11,66	5,7	0,2

El cuarzo se presenta con frecuente extinción ondulante en cristales subidiomorfos o alotriomorfos. Forma agregados intersticiales entre los dos feldespatos y en general de menor tamaño que ellos.

El feldespato potásico es siempre microclina y se presenta en cristales subidiomorfos. Es frecuente observar crecimientos mirmequíticos y microperlíticos con el cuarzo y las plagioclasas. Comúnmente aparecen maclas en enrejado y Carlsbad. Se observan sustituciones de microclina por moscovita y plagioclasas.

La plagioclasa es albita-oligoclasa ácida, es más básica en los pequeños cristales encerrados en las microclina, perfitas. Presenta frecuentes maclas plisintéticas, algunas aligeraciones a sericita y más escasamente sausurtización. En general no está zonada.

La moscovita es mucho más abundante y de mayor tamaño que la biotita, se presenta asociada en grupos de pocas láminas, con o sin orientación preferente. Es relativamente frecuente que forme crecimientos simplectíticos con el cuarzo. En general es secundaria y crece a expensas de la biotita y de los dos feldespatos. Suele presentar inclusiones de sillimanita en cristales prismáticos y agujas, y de otros minerales, pero no es frecuente encontrarla incluida en otros.

La biotita presenta pleocroísmo marrón rojizo y es, generalmente, menos abundante que la moscovita; se altera fácilmente a biotita verde y a clorita. Son comunes las inclusiones de circones radioactivos de pequeños apatitos y de algún mineral opaco.

Los accesorios más frecuentes son: apatito, circón, opacos, clorita (secundaria de biotita), rutilo y frecuentemente sillimanita procedente de la asimilación de metasedimentos.

A continuación se incluyen fotografías de los taludes actuales de la carretera, donde se observa la presencia de los granitos citados.

PK 2+540



3. HIDROGEOLOGÍA

Prácticamente la totalidad de los materiales son ígneos, que cuando no están alterados presentan una porosidad, en general, menor de 1%. Los escasos poros existentes son muy pequeños y normalmente sin conexión entre sí, en consecuencia, las permeabilidades son tan bajas que pueden ser consideradas como nulas desde el punto de vista práctico. Sin embargo, a través de las fracturas y zonas descompuestas, puede desarrollarse una considerable porosidad y permeabilidad, ocasionando acuíferos locales de relativa importancia. Así la alteración superficial y la degradación mecánica de las rocas puede dar lugar a formaciones muy sueltas que alcanzan porosidades totales mayores del 35% (lehms graníticos), las cuales van disminuyendo con la profundidad, hasta alcanzar la roca inalterada.

El acuífero más importante está localizado en los aluviones, del río Tea que recoge las aguas de escorrentía de una gran área. La acusada fracturación y alteración del substrato junto a la acumulación de materiales aluviales y las excelentes condiciones de recarga, unido a la elevada pluviometría y a la frecuencia de precipitaciones, hacen de este aluvial el lugar más idóneo para la captación de aguas subterráneas.

4. EXPLANADA

A efectos de definir la estructura del firme en cada caso, se establecen tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinan según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga, obtenido de acuerdo con la NLT-357 "Ensayo de carga con placa", cuyos valores se recogen en la siguiente tabla:

Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga

Categoría de explanada	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

La formación de explanadas de las distintas categorías se recoge en la siguiente figura, dependiendo del tipo de suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente, y de las características y espesores de los materiales disponibles, según se definen en el artículo 330 del PG-3.

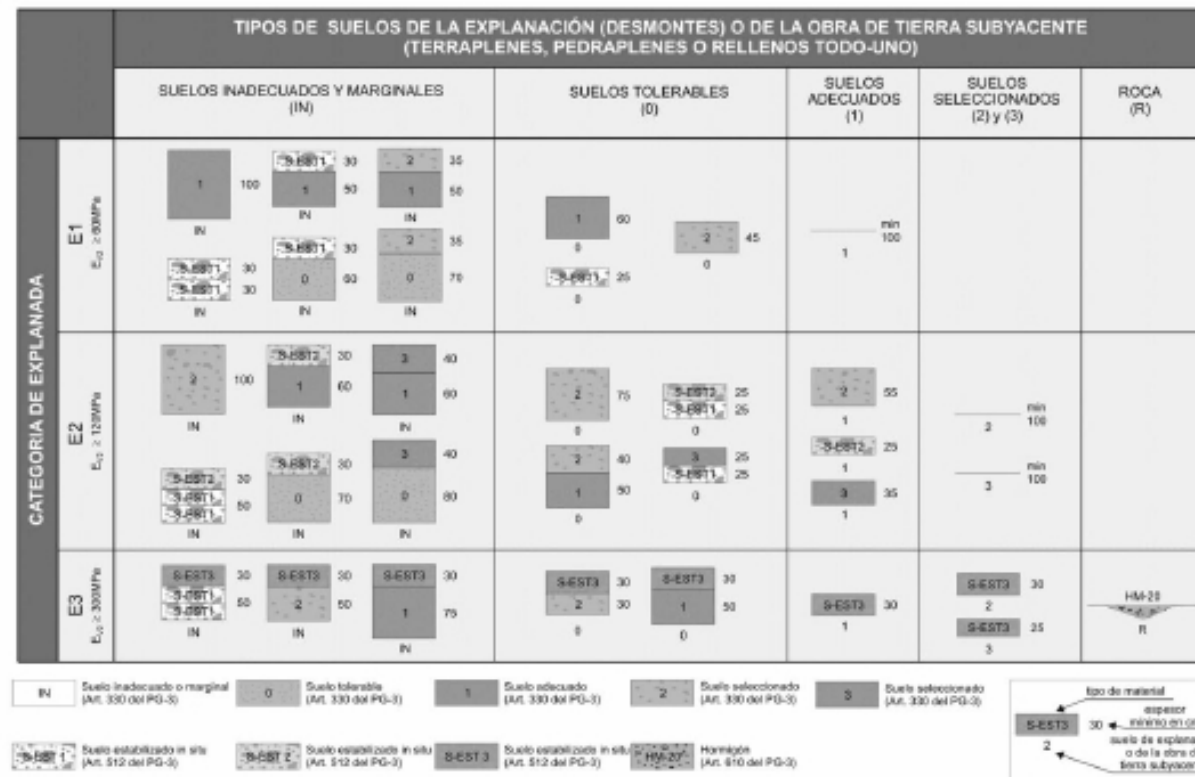


FIGURA 1 - FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Todos los espesores que se indican son los mínimos especificados para cualquier punto de la sección transversal de la explanada. Los materiales empleados han de cumplir las prescripciones contenidas en los correspondientes artículos del PG-3, además de las complementarias recogidas en la siguiente tabla:

Materiales para la formación de las explanadas

Símbolo	Definición del material	Artículo del PG-3	Prescripciones complementarias
IN	Suelo inadecuado o marginal.	330	Su empleo sólo será posible si se estabiliza con cal o con cemento para conseguir S-EST1 o S-EST2.
0	Suelo tolerable.	330	CBR ≥ 3*. Contenido en materia orgánica < 1%. Contenido en sulfatos solubles (SO ₃) < 1%. Hinchamiento libre < 1%.
1	Suelo adecuado.	330	CBR ≥ 5* **.
2	Suelo seleccionado.	330	CBR ≥ 10* **.
3	Suelo seleccionado.	330	CBR ≥ 20*.
S-EST1 S-EST2 S-EST3	Suelo estabilizado in situ con cemento o con cal.	512	Espesor mínimo: 25 cm. Espesor máximo: 30 cm.

* El CBR se determinará de acuerdo con las condiciones especificadas de puesta en obra, y su valor se empleará exclusivamente para la aceptación o rechazo de los materiales utilizables en las diferentes capas, de acuerdo con la figura 1.

** En la capa superior de las empleadas para la formación de la explanada, el suelo adecuado definido como tipo 1 deberá tener, en las condiciones de puesta en obra, un CBR ≥ 6 y el suelo seleccionado definido como tipo 2 un CBR ≥ 12. Asimismo, se exigirán esos valores mínimos de CBR cuando, respectivamente, se forme una explanada de categoría E1 sobre suelos tipo 1, o una explanada de categoría E2 sobre suelos tipo 2.

En los desmontes no se prevé que sea necesario realizar ningún saneo, ya que se observa en campo en general el afloramiento de roca, con lo que cabe esperar una explanada E-2. En el caso de los terraplenes, se procederá al saneo de la tierra vegetal o material inadecuado y se extenderá y compactará en tongadas suelo seleccionado, en el espesor que sea necesario en cada caso para obtener una E-2.

5. ESTABILIDAD DE TALUDES

Se ha realizado un análisis de la estabilidad de los taludes, tanto de desmonte como de terraplén.

En el caso de los desmontes, la altura máxima es de 6m y los taludes considerados varían en función de la bondad del material. Dado que se trata de reataluzados, se mantienen los taludes de las excavaciones existentes.

En el caso de los terraplenes se trata de rellenos de poca entidad. La pendiente del talud considerada es de 1V/1,5H.

Los cálculos se han realizado con el programa geo slope, se presentan a continuación los datos de cálculo y los resultados obtenidos.

5.1. TERRAPLÉN

Project Settings

Length(L) Units: meters
 Time(t) Units: Seconds
 Force(F) Units: kN
 Pressure(p) Units: kPa
 Strength Units: kPa
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 View: 2D

Analysis Settings

DESMONTE 01

Kind: SLOPE/W
 Method: Morgenstern-Price
 Settings
 Side Function
 Interslice force function option: Half-Sine
 PWP Conditions Source: (none)
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Grid and Radius
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack
 Tension Crack Option: (none)
 FOS Distribution
 FOS Calculation Option: Constant
 Advanced
 Number of Slices: 30
 Optimization Tolerance: 0.01
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Optimization Maximum Iterations: 2000
 Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
 Starting Optimization Points: 8
 Ending Optimization Points: 16
 Complete Passes per Insertion: 1
 Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °
 Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Materials

TERRAPLÉN

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa
 Phi: 30 °
 Phi-B: 0 °

Slip Surface Grid

Upper Left: (10, 22) m

Lower Left: (6, 13) m
 Lower Right: (16, 9) m
 Grid Horizontal Increment: 5
 Grid Vertical Increment: 5
 Left Projection Angle: 0 °
 Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (1, 9) m
 Upper Right Coordinate: (16, 2) m
 Lower Left Coordinate: (1, 1) m
 Lower Right Coordinate: (16, 1) m
 Number of Increments: 2
 Left Projection: No
 Left Projection Angle: 135 °
 Right Projection: No
 Right Projection Angle: 45 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 10.11) m
 Right Coordinate: (17.18, 2.77) m

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	TERRAPLÉN	1,2,3,4,5	131.6047

Points

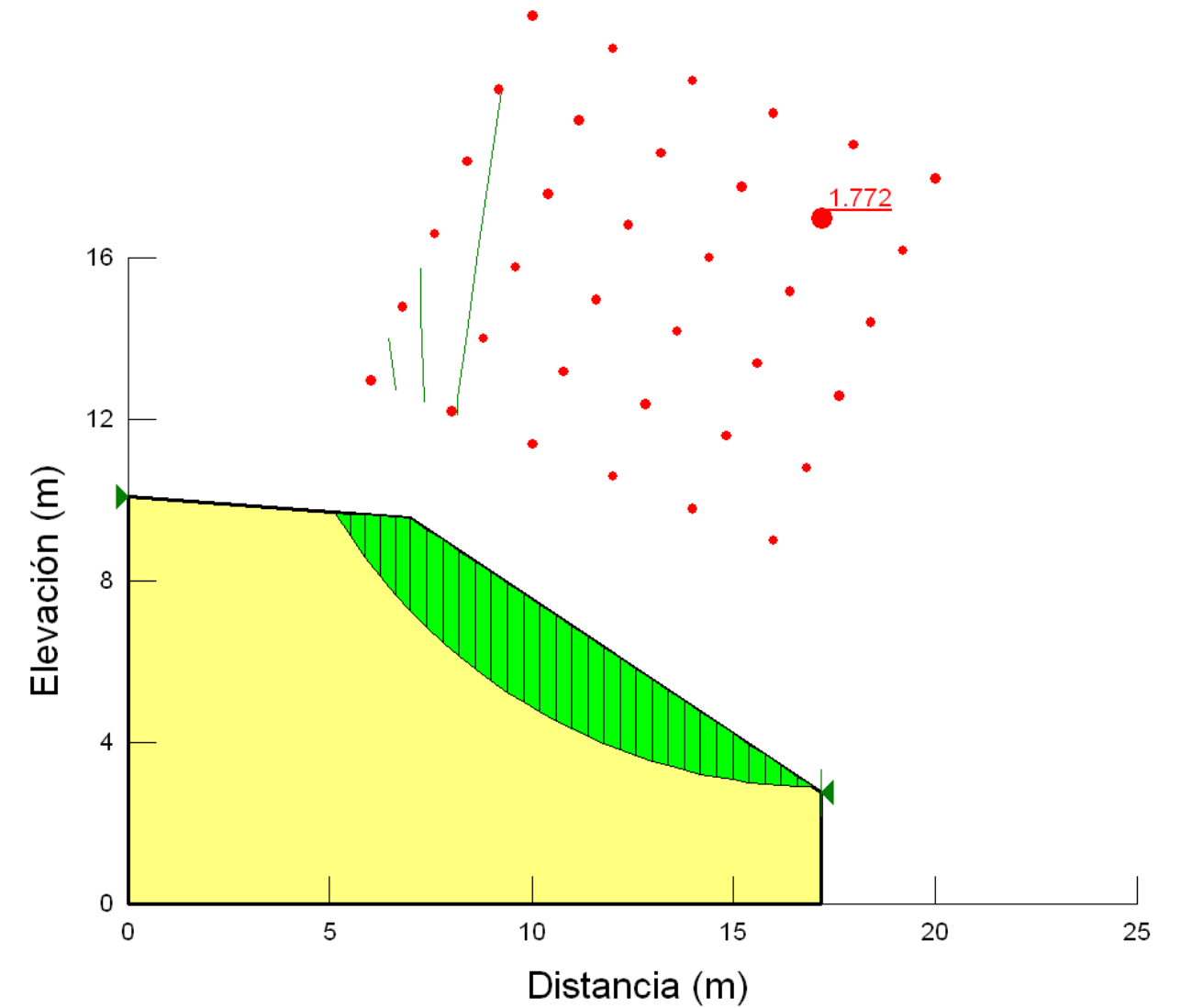
	X (m)	Y (m)
Point 1	0	10.11
Point 2	7	9.56
Point 3	17.18	2.77
Point 4	17.18	0
Point 5	0	0

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	85	1.772	(17.2, 17)	14.1	(5.13252, 9.70673)	(16.9829, 2.90146)

Slices of Slip Surface: 85

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	85	5.3192655	9.4142475	0	-1.8826118	-1.0869264	10
2	85	5.692762	8.8578345	0	5.8056097	3.3518703	10
3	85	6.0662585	8.353439	0	12.454139	7.1904004	10
4	85	6.439755	7.892339	0	18.364868	10.602961	10
5	85	6.8132515	7.4682065	0	23.75631	13.715712	10
6	85	7.199658	7.063762	0	27.431285	15.83746	10
7	85	7.598974	6.6771195	0	29.483	17.022018	10
8	85	7.9982905	6.31941	0	31.340968	18.094716	10
9	85	8.397607	5.9878045	0	33.051158	19.082095	10
10	85	8.796923	5.6800015	0	34.636239	19.997242	10
11	85	9.196239	5.394101	0	36.112731	20.849695	10
12	85	9.595555	5.128517	0	37.47871	21.638343	10
13	85	9.9948715	4.881911	0	38.717682	22.353664	10
14	85	10.39419	4.653144	0	39.808081	22.983206	10
15	85	10.793505	4.441239	0	40.711962	23.505062	10
16	85	11.19282	4.245354	0	41.387595	23.895139	10
17	85	11.592135	4.0647605	0	41.780458	24.121959	10
18	85	11.99145	3.8988255	0	41.832251	24.151861	10
19	85	12.39077	3.746997	0	41.47888	23.947842	10
20	85	12.790085	3.608795	0	40.655405	23.472409	10
21	85	13.1894	3.4838015	0	39.30381	22.692066	10
22	85	13.588715	3.3716515	0	37.380997	21.581928	10
23	85	13.98803	3.2720305	0	34.852433	20.122061	10
24	85	14.38735	3.184668	0	31.70983	18.307679	10
25	85	14.786665	3.109332	0	27.974478	16.151072	10
26	85	15.18598	3.045827	0	23.688456	13.676537	10
27	85	15.5853	2.993992	0	18.924219	10.925903	10
28	85	15.984615	2.9536985	0	13.772672	7.9516561	10
29	85	16.38393	2.9248465	0	8.3392752	4.8146828	10
30	85	16.783245	2.907366	0	2.7329798	1.5778866	10



5.2. COEFICIENTES DE SEGURIDAD

El coeficiente de seguridad obtenido es de 1,77.

6. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LAS CIMENTACIONES

De acuerdo a todo lo anterior y teniendo en cuenta los diferentes materiales en la zona, se adopta un valor de la capacidad portante del terreno de 2,5 kg/cm².

Este valor de la tensión admisible es conservador, dado que para realizar los muros se realizará una excavación de 0,5m de profundidad, por lo que se retirará la capa superficial que pueda estar más alterada. En cualquier caso, este valor deberá ser contrastado en obra, una vez se disponga de los terrenos afectados por las obras y se realice la excavación para la cimentación.

7. CONCLUSIONES

De lo arriba descrito y a la vista de los afloramientos observados en campo y de los taludes de la carretera es previsible que el porcentaje de suelos y de roca alterada sea muy bajo. En general, la excavación se realizará en roca, para lo que será necesario el empleo de picador y/o explosivos.

En el Documento n ° 2: Planos se definen dichas inclinaciones.