

ANEJO Nº 1

Geología y geotecnia

Índice

1 Introducción	1
1.1 Metodología	1
1.2 Información geológica utilizada	1
2 Encuadre geológico	3
2.1 Estratigrafía y litología	4
2.2 Tectónica	4
2.3 Geomorfología	4
2.4 Hidrogeología	5
2.5 Sismicidad	5
3 Geología de la zona	6
3.1 Estratigrafía y litología	6
3.1.1 Complejo supraurgoniano	6
3.1.2 Recubrimiento Cuaternario	6
3.2 Tectónica	6
3.3 Geomorfología	7
3.4 Hidrogeología	7
3.5 Riesgos geológicos	7
3.5.1 Riesgos asociados a deslizamientos	7
3.5.2 Riesgos asociados a la sismicidad	7
3.5.3 Agresividad de los suelos por sulfatos	7
4 Campaña geotécnica	8
4.1 Sondeos	8
4.2 Calicatas	8
5 Geotecnia de las obras de tierra	9
5.1 Desmontes	9
5.2 Rellenos	9
5.2.1 Criterios generales	9
5.2.2 Estudio particularizado	10
6 Geotecnia de las estructuras	11
6.1 Escollera 1 (0+000 – 0+030)	11
6.1.1 Carga admisible	11
6.1.2 Estabilidad global	11
6.2 Escollera 2	12
6.2.1 Carga admisible	12
6.2.2 Estabilidad global	12

6.3 Muro geomallas	12
7 Estudio de materiales	13
7.1 Prescripciones a satisfacer por los materiales	13
7.2 Disponibilidad y necesidades de materiales	15
7.3 Necesidades de material	15
7.4 Estudio de procedencias	15
7.4.1 Disponibilidad de los materiales excavados en la traza.	15
7.4.2 Coeficientes de paso y aprovechabilidad.	15
7.5 Préstamos, canteras y yacimientos granulares	15
7.5.1 Préstamos	15
7.5.2 Canteras	15

APÉNDICE Nº1: CARTOGRAFIA GEOLÓGICA
APÉNDICE Nº2: CAMPAÑA GEOTÉCNICA

1 Introducción

En este anejo se introducen las principales características geotécnicas de los trabajos asociados al Proyecto de Reordenación del Acceso a San Juan de Gaztelugatxe de la BI-3101. A continuación se presentan los datos utilizados así como los resultados obtenidos dentro de este entorno.

El estudio ha tenido por objeto determinar las características del terreno en la zona del enlace, y aportar los datos geológicos y geotécnicos necesarios para encajar el movimiento de tierras: definir la inclinación máxima recomendable de los taludes manteniendo un adecuado factor de seguridad, las medidas de estabilización de los mismos en caso necesario, el uso y aprovechamiento de los materiales procedentes de las excavaciones, las pendientes de los rellenos y su proceso constructivo, etc.

El área de estudio se sitúa en el ámbito geográfico comprendido en la zona del enlace de San Juan de Gaztelugatxe dentro del municipio de Bakio.



1.1 Metodología

El desarrollo del proyecto ha tenido en cuenta los siguientes apartados:

- Recopilación, análisis y evaluación de la información geológica y geotécnica sobre la zona.
- Reconocimiento geológico en campo de los diversos materiales aflorantes, su litología y disposición estructural, plasmándose en una cartografía geológica a escala 1/500 de una franja alrededor de la traza.
- Determinación de las discontinuidades que afectan a los materiales. Estaciones de medida.
- Características geomorfológicas, con especial atención a aquellas que pueden afectar al trazado. Reconocimiento de campo y estudio fotogeológico.
- Reconocimiento y delimitación de rellenos antrópicos.
- Hidrogeología de los materiales. Determinación de formaciones acuíferas y afecciones al trazado.

En el apartado geotécnico se presenta la metodología de cálculo empleada para cada uno de los elementos estudiados de la obra. A partir de los datos tomados en campo y los reconocimientos geotécnicos recogidos de proyectos previos se elaboran los cálculos necesarios para determinar la idoneidad de los elementos diseñados.

1.2 Información geológica utilizada

En primer lugar se ha consultado la información geológica general existente de la zona estudiada, básicamente los estudios realizados por el IGME dentro del plan MAGNA y por el EVE.

- Mapa Geológico del País Vasco 1/25.000. Hoja nº 38-I "Bermeo". (1991). EVE
- Mapa Geológico de España 1/50.000. Hoja nº 38 "Bermeo". (1973). Serie MAGNA

Dentro de los proyectos realizados para las infraestructuras viarias de la DFB se ha consultado el:

- Proyecto de Construcción de la Variante de la Carretera BI-3101 en San Juan de Gaztelugatxe, de fecha agosto 2009 y redactado por FULCRUM y EUROESTUDIOS

Para la determinación de las características geotécnicas de los materiales presentes a lo largo del tramo se ha partido de la información geotécnica incluida dentro de los proyectos arriba señalados así como de la nueva campaña geotécnica realizada.

La información recabada en las referencias bibliográficas ha sido la siguiente:

- Características geológicas generales del terreno; determinación de los diversos dominios geológicos atravesados.
- Características litológicas del terreno; naturaleza, características geotécnicas de las formaciones rocosas atravesadas; características estructurales y tectónica. Determinación de la estratificación como discontinuidad que más condiciona la estabilidad de un desmonte, juntas, accidentes tectónicos y ejes de pliegues.
- Determinación de espesores de suelos, naturaleza y origen.
- Características hidrogeológicas del terreno. Determinación de acuíferos generales, cursos de agua permanentes o intermitentes, manantiales afectados.

En la zona actualmente en estudio no llegaron a realizarse sondeos durante el proyecto de la variante de la BI-3101, siendo el más cercano el SDS-8 en el que afloraba la misma unidad geológica.

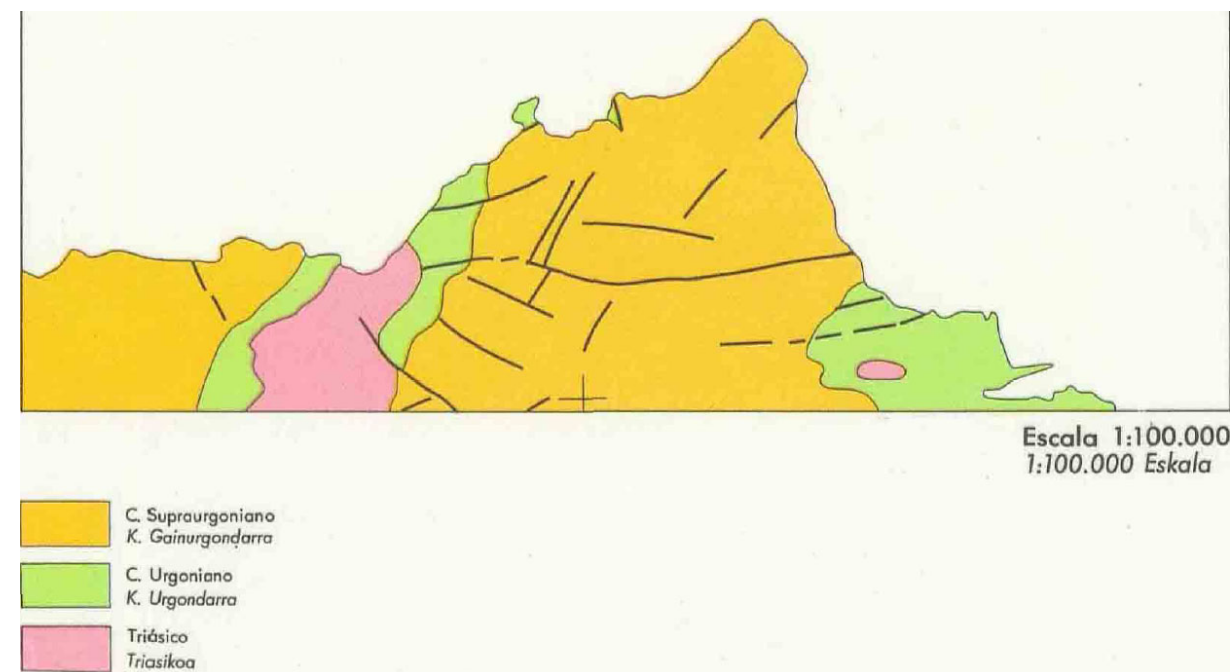
Sin embargo existe una importante base de datos acerca de las discontinuidades geotécnicas, con varias estaciones de toma de datos en las inmediaciones.

A fin de completar la información se han llevado a cabo 3 sondeos a rotación con recuperación de testigo así como 2 calicatas que permiten establecer las relaciones geométricas entre los diferentes materiales presentes en la zona.

2.1 Estratigrafía y litología

La formación así denominada se encuentra presente en la totalidad del proyecto. Está formada por un conjunto de facies detríticas que pertenecen al Complejo Supraurgoniano. Han sido diferenciados dos términos, aunque es posible realizar otras diferenciaciones en función del contenido en arenisca o el tamaño de grano de la misma.

La más representada agrupa areniscas, en bancos decimétricos e intercalaciones lutíticas minoritarias que afloran en la zona alta de la ladera. Estos bancos son de tamaño centimétrico a decimétrico y los porcentajes entre areniscas y lutitas son variables. En ocasiones las argilitas y limolitas se presentan en bancos métricos con niveles centimétricos de arenisca intercalados. En las zonas de la cantera y el cabo Matxitxako la formación consiste en una sucesión de bancos de arenisca y conglomerados, con intercalaciones lutíticas muy escasas. Estos bancos son decimétricos a métricos con aspecto flyschoides.



Se ha diferenciado otro nivel constituido por argilitas y limolitas con intercalaciones ocasionales de areniscas, que aflora en la ladera a la altura de Gaztelugatxe. Su composición es preferentemente lutítica (argilitas y limolitas) y con intercalaciones de areniscas en baja proporción (inferior al 30%) y en estratos centimétricos.

Sobre la ladera con pendiente hacia el norte existen numerosas acumulaciones de suelos coluviales, a menudo con desplazamientos importantes, de potencia también considerable, que sin embargo no llegan a afectar a la zona estudiada.

2.2 Tectónica

Estructuralmente los materiales corresponden al flanco septentrional del Sinclinorio de Bizkaia. A nivel regional la traza discurre en el flanco común del denominado Anticlinal de Bakio y Sinclinal de Matxitxako.

La estructura del macizo rocoso es, en general, bastante uniforme, con dirección de la estratificación NW-SE y buzamientos hacia el NE con valores desde subhorizontales a 40°. Esta estructura únicamente se altera en zonas próximas a fallas importantes.

Existen dos sistemas importantes de fracturas: NE-SW, perpendicular a la dirección de los estratos, y NW-SE con dirección coincidente con la estratificación. En los dos casos las fallas son subverticales. El efecto de las fallas sobre el macizo rocoso es la aparición de pliegues asociados en un entorno de algunas decenas de metros, el aumento en la fracturación de las areniscas y la milonitización de los niveles lutíticos.

Las familias de juntas principales, que junto a la estratificación suponen las discontinuidades que compartimentan el macizo rocoso coinciden en dirección con las fracturas principales descritas.

En los niveles areniscosos que forman el escarpe superior de la ladera se observa una fracturación con espaciados decimétricos a algunos metros de los sistemas de juntas.

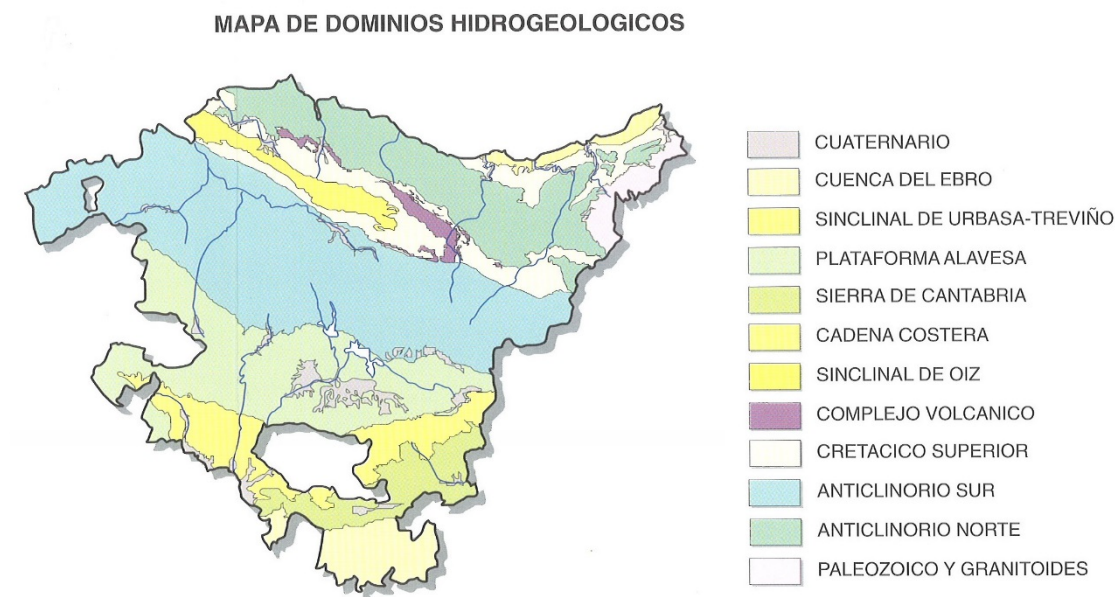
2.3 Geomorfología

El área estudiada se encuentra fuertemente antropizada debido a la creación de la variante de la BI-3101, con la creación de rellenos y desmontes y la ejecución de la plataforma de la carretera. Las laderas que dan hacia el Mar Cantábrico presentan unas pendientes medias a elevadas, situándose la zona de estudio sobre una arista de cambio de dirección de la ladera.

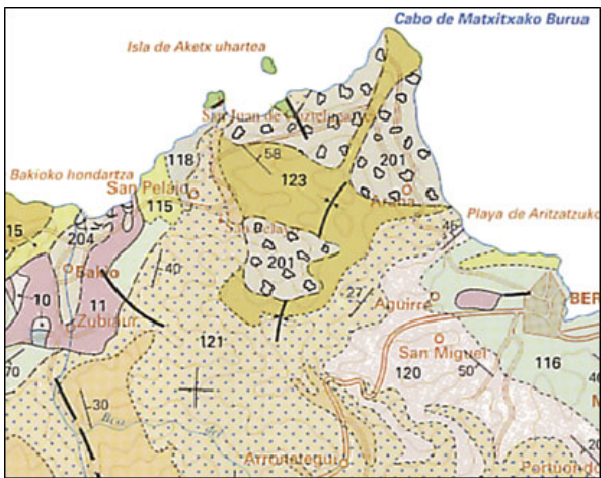
Se tiene constancia de la presencia de grandes deslizamientos desarrollados sobre la ladera, sin embargo no llegan a interferir dentro del ámbito de este proyecto.

2.4 Hidrogeología

La zona de estudio se encuentra situada sobre el dominio hidrogeológico denominado anticlinorio Norte.



La baja permeabilidad de los materiales supraurgonianos hace que no se esperen flujos en las excavaciones a realizar, toda vez que los desmontes se encuentran ladera debajo de otras zonas que limitan el desarrollo de posibles niveles acuíferos.



Vista de las condiciones hidrogeológicas del entorno.

2.5 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.

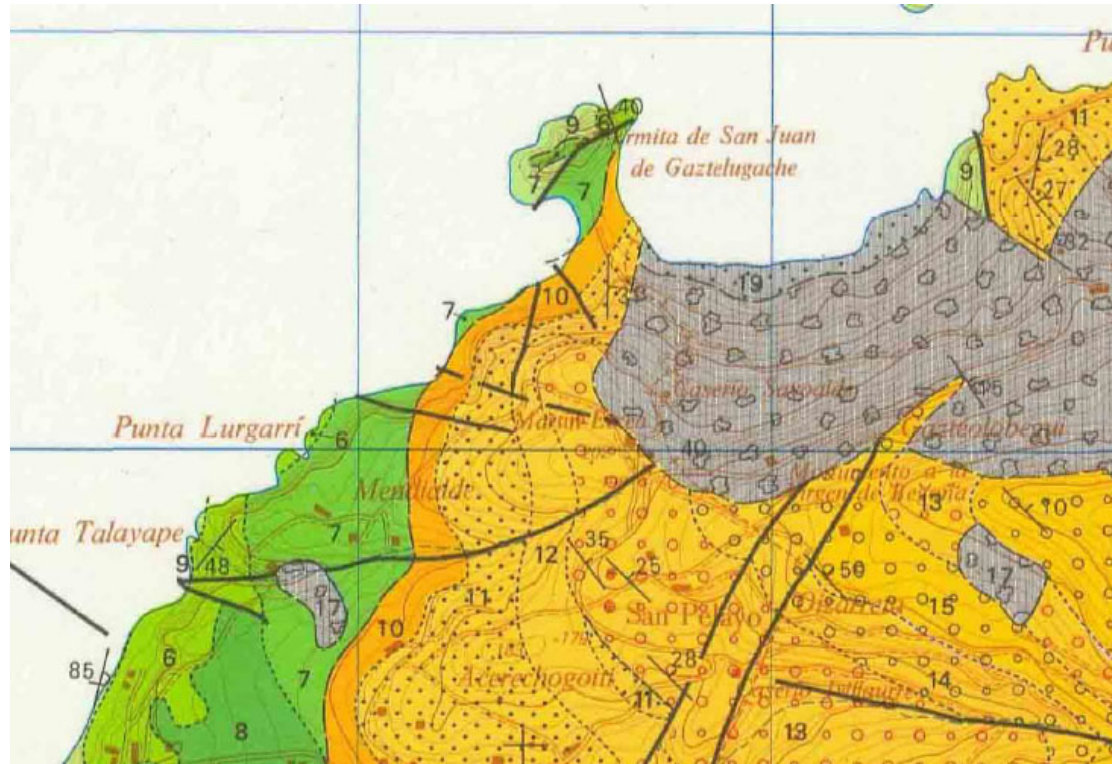


Fig. 4. Mapa Sísmico de España.

3 Geología de la zona

3.1 Estratigrafía y litología

A continuación se detallan las características de cada de las unidades reconocidas a lo largo del trazado estudiado:



Extracto de la hoja 38-I Bermeo de la cartografía geológica 1:25.000 del EVE (1993)

3.1.1 Complejo supraurgoniano

La formación así denominada se encuentra presente en la totalidad del proyecto. Está formada por un conjunto de facies detríticas que pertenecen al tránsito entre el cretácico inferior y el superior. Han sido diferenciados dos términos, aunque es posible realizar otras diferenciaciones en función del contenido en arenisca o el tamaño de grano de la misma.

La más representada agrupa areniscas, en bancos decimétricos e intercalaciones lutíticas minoritarias que afloran en la zona alta de la ladera. Estos bancos son de tamaño centimétrico a decimétrico y los porcentajes entre areniscas y lutitas son variables. En ocasiones las argilitas y limolitas se presentan en bancos métricos con niveles centimétricos de arenisca intercalados. En las zonas de la cantera y el cabo

Matxitxako la formación consiste en una sucesión de bancos de arenisca y conglomerados, con intercalaciones lutíticas muy escasas. Estos bancos son decimétricos a métricos con aspecto flyschoides.

Se ha diferenciado otro nivel constituido por argilitas y limolitas con intercalaciones ocasionales de areniscas, que aflora en la ladera a la altura de Gaztelugatxe. Su composición es preferentemente lutítica (argilitas y limolitas) y con intercalaciones de areniscas en baja proporción (inferior al 30%) y en estratos centimétricos.

Sobre la ladera con pendiente hacia el norte existen numerosas acumulaciones de suelos coluviales, a menudo con desplazamientos importantes, de potencia también considerable, que sin embargo no llegan a afectar a la zona estudiada.

3.1.2 Recubrimiento Cuaternario

Atendiendo a su génesis y litología diferenciamos entre:

1.- Depósitos eluvio-coluviales. Ocupan la parte superior del macizo rocoso del tramo. Se encuentran constituidos por materiales limo arcillosos en el que ocasionalmente pueden aparecer cantos de diverso tamaño tapizando la superficie del sustrato rocoso.

Proviene de la meteorización del macizo rocoso en ocasiones con un pequeño transporte facilitado por la pendiente de la ladera. Los materiales de tamaño de grano superior presentan bordes angulosos lo que revela la ausencia o limitación del transporte.

2.- Rellenos antrópicos. Formados por materiales de variada granulometría constituyen los principales rellenos de la actual plataforma de la carretera. En esta zona se superponen varias Fares sobre el mismo relleno, coincidiendo con modificaciones del trazado

3.2 Tectónica

Estructuralmente los materiales corresponden al flanco septentrional del Sinclinorio de Bizkaia. A nivel regional la traza discurre en el flanco común del denominado Anticlinal de Bakio y Sinclinal de Matxitxako.

La estructura del macizo rocoso es, en general, bastante uniforme, con dirección de la estratificación NW-SE y buzamientos hacia el NE con valores desde subhorizontales a 40°. Esta estructura únicamente se altera en zonas próximas a fallas importantes.

Existen dos sistemas importantes de fracturas: NE-SW, perpendicular a la dirección de los estratos, y NW-SE con dirección coincidente con la estratificación. En los dos casos las fallas son subverticales. El efecto de las fallas sobre el macizo rocoso es la aparición de pliegues asociados en un entorno de algunas decenas de metros, el aumento en la fracturación de las areniscas y la milonización de los niveles lutíticos.

Las familias de juntas principales, que junto a la estratificación suponen las discontinuidades que compartimentan el macizo rocoso coinciden en dirección con las fracturas principales descritas.

En los niveles areniscosos que forman el escarpe superior de la ladera se observa una fracturación con espaciados decimétricos a algunos metros de los sistemas de juntas.

3.3 Geomorfología

El área estudiada se encuentra fuertemente antropizada debido a la creación de la variante de la BI-3101, con la creación de rellenos y desmontes y la ejecución de la plataforma de la carretera. Las laderas que dan hacia el Mar Cantábrico presentan unas pendientes medias a elevadas, situándose la zona de estudio sobre una arista de cambio de dirección de la ladera.

Se tiene constancia de la presencia de grandes deslizamientos desarrollados sobre la ladera, sin embargo no llegan a interferir dentro del ámbito de este proyecto.

3.4 Hidrogeología

La red de drenaje superficial está constituida por vaguadas que no tienen curso de agua permanente, presentando un curso de agua ocasional o discontinuo. No se han observado manantiales en la zona.

Con los datos obtenidos de los niveles piezométricos de los sondeos realizados durante el proyecto de variante y las observaciones realizadas durante la elaboración de la geología de superficie, se puede considerar una situación hidrogeológica en la que las rocas tan solo pueden almacenar y transmitir agua en zonas puntualmente fracturadas y poco meteorizadas, por lo que se consideran en conjunto impermeables.

Los datos recogidos en los sondeos realizados son los siguientes:

Sondeo	Fecha	Profundidad
S-2G	13/2/2019	-15.40

A efectos prácticos tanto el macizo rocoso, compuesto por una alternancia de lutitas y niveles de areniscas, como los depósitos eluviales principalmente limo arcillosos pueden considerarse como impermeables.

Solamente, con carácter estacional puede esperarse un cierto flujo de agua en el contacto suelo/roca en el que las discontinuidades pueden encontrarse abiertas y con capacidad transmitiva a favor de la pendiente.

En la zona de salida del drenaje de fondo del actual terraplén se produce encharcamiento a su salida y sería conveniente encauzarla debidamente.

No se espera, dada la escasa entidad de las obras a ejecutar, modificaciones de importancia en el comportamiento hidrogeológico del macizo afectado, no afectándose aprovechamientos actuales.

3.5 Riesgos geológicos

En el presente apartado se aborda la descripción y valoración de los fenómenos geológicos que pueden, en potencia, crear una situación de riesgo geológico, observados en los diferentes reconocimientos efectuados en la zona estudiada.

Algunos de los riesgos geológicos tratados en este capítulo referidos a las afecciones superficiales tendrán escasa influencia en el proyecto. Por otra parte, el riesgo sísmico tendrá una mínima consideración.

3.5.1 Riesgos asociados a deslizamientos

Las zonas de fuerte pendiente de la región favorecen los riesgos geológicos relacionados con la inestabilidad del terreno. En este caso las únicas zonas con cierta peligrosidad se centran en los rellenos antrópicos.

3.5.2 Riesgos asociados a la sismicidad

De acuerdo a lo establecido en la Normativa Sísmica Española (NCSE-02) el tramo a estudiar se encuentra por debajo de una aceleración sísmica de 0.04g y por tanto no sería obligatorio el cumplimiento de la Norma Sismorresistente.

3.5.3 Agresividad de los suelos por sulfatos

En el proyecto de referencia no se han realizado análisis químicos de sulfatos sin embargo en base a la experiencia en estas formaciones se estima que no existirán porcentajes elevados de estos elementos.

4 Campaña geotécnica

Se ha llevado a cabo la realización de una campaña geotécnica consistente en la perforación de 3 sondeos a rotación con recuperación continua de sondeos y dos calicatas, para cual fue necesaria la realización de un camino de acceso hasta la base del relleno actual.

4.1 Sondeos

Los sondeos realizados son los siguientes:

Denominación	X	Y	Z	Profundidad
S-1G	517500.000	4809606.640		19.80
S-2G	517514.640	4809643.110		19.20
S-3G	517510.220	4809678.850		19.20

Durante la perforación de los sondeos se llevaron a cabo ensayos SPT cuyos resultados se muestran a continuación:

Sondeo	Profundidad	Material	Valor N _{SPT}
S-1G	1.20-1.45	Ra	R
	3.00-3.60	Ra	15
	4.80-5.15	Ra	R
	8.50-9.10	Ra	24
S-2G	1.80-2.40	Ra	27
	4.80-5.00	Ra	R
	7.20-7.80	Ra	22
	10.20-10.80	Ra	21
	12.60-13.20	Ra	27
	16.00-16.50	Ra	R
S-3G	9.60-10.20	Ra	24
	13.20	Qa	45

4.2 Calicatas

El objetivo de las dos calicatas realizadas era determinar la extensión del actual relleno y establecer las características del macizo rocoso sobre el que se asienta. A este efecto se realizaron 2 calicatas situadas en la base del relleno conectadas por un camino de acceso a través de la superficie del mismo.

Las calicatas realizadas fueron las siguientes:

Denominación	X	Y	Z	Profundidad
SJGC-1	517467.000	4809636.000	172.000	1.90 m
SJGC-2	517487.856	4809689.114	180.000	0.90 m

En ambos casos se llegó al macizo rocoso con grado de alteración M(III) que constituye la base del relleno.

5 Geotecnia de las obras de tierra

5.1 Desmontes

En este proyecto no se llevan a cabo desmontes de consideración.

Exclusivamente se llevarán a cabo excavaciones asociadas a la ejecución de escolleras sobre la superficie del relleno actual así como el saneo de este relleno para la inserción del nuevo terraplén.

La altura máxima alcanzada en estos casos es de 3.30 m, con carácter temporal y mediante apertura de bataches alternos.

5.2 Rellenos

En el proyecto se considera la realización de un relleno a media ladera, sobre el terraplén existente, adosándolo a este.

Con objeto de limitar geoméricamente la extensión de este nuevo relleno se prevé la realización de muros de gravedad en ambos extremos. Dada la altura necesaria se ha considerado la ejecución del talud externo mediante una base de escollera y un muro estabilizado mediante geomallas situado sobre el anterior.

En los apartados que se desarrollan a continuación se presentan los aspectos generales del diseño y cálculo del único relleno del proyecto, así como un estudio particularizado de los rellenos del trazado, teniendo en cuenta los datos geológicos y geotécnicos que ha proporcionado la investigación realizada.

El cuadro general de los rellenos a realizar en el trazado es el siguiente:

De PK	A PK	h _{max}
0+000	0+125	6.19

5.2.1 Criterios generales

5.2.1.1 Parámetros geotécnicos

De acuerdo con lo indicado en los apartados anteriores, los materiales para la formación de los rellenos podrán proceder de préstamo (mayor parte), o de las excavaciones del macizo rocoso de la traza. Sus parámetros geotécnicos más importantes, de cara a la realización de un Estudio de Rellenos, se indican a continuación:

Densidad aparente t/m ³	Cohesión efectiva (kPa)	A. Roz. Efectivo (°)
2.0	5	35

5.2.1.2 Materiales sobre los que apoyarán los rellenos

Tras la realización de los saneos correspondientes, en aquellos puntos del trazado en los que se ha considerado preciso, los materiales que servirán de apoyo a los rellenos se corresponderán en todos los casos a suelos aluviales asociados al río Kadagua: gravas arenosas con limos.

En parte los rellenos a ejecutar se apoyan sobre el relleno actual de la carretera, por lo que se considera necesario ejecutar un cajeo de la parte exterior de los rellenos actuales.

Los principales parámetros geotécnicos de los materiales indicados se resumen en el siguiente cuadro.

Unidad geotécnica	Densidad aparente (t/m.3)	Módulo de deformación E(MPa)	Cohesión efectiva (KPa)	A. Roz. Efectivo (°)
C1	2.60	3000 - 4000	>>	>>

5.2.1.3 Tratamiento y preparación del cimient

Las consecuencias de la preparación y el tratamiento de la cimentación pueden ser más importantes que las derivadas de la propia obra de terraplenado, sobre todo en las zonas con espesores de terrenos poco competentes o en zonas mal drenadas, así como en zonas puntuales con fuerte pendiente. En consecuencia, debe prestarse una especial atención a la ejecución del cimiento.

Se deberán contemplar los siguientes criterios con carácter general:

- En todas las zonas de apoyo se procederá al desbroce del terreno, excavación y extracción de la vegetación y de la tierra vegetal que deberá reservarse para su posterior utilización.
- Una vez retirada la tierra vegetal, se procederá la retirada de todos aquellos materiales que presenten una insuficiente capacidad portante, procediendo a su recolocación si presentan las características requeridas para un cimiento de terraplén, o bien a su sustitución por materiales que sí cumplan dichas características.

En el presente proyecto, los materiales que serán saneados, de forma general, en el apoyo de los rellenos, son los rellenos antrópicos. Son los materiales que se sanean con mayor frecuencia y aparecen de forma continua sobre todo el relleno actual. Bastará con retirar los 0.30 m superiores y escalonar la superficie de apoyo entre ambos rellenos.

Se ha detectado en la zona de salida de la obra de drenaje actual un encharcamiento que será necesario acondicionar para evitar la acumulación de agua en esta parte del relleno.

De este modo, en este tramo no será necesario disponer tratamientos específicos relacionados con el nivel freático o con el drenaje, no siendo preciso, por ejemplo, disponer material con menos del 15% en la parte inferior de los terraplenes (cimiento y base de relleno saturable).

La geometría del escalonado se corresponderá con banquetas horizontales de ancho igual o mayor de 3m, separadas por taludes 1H:2V de altura variable según lo requiere el terreno, pero con alturas siempre inferiores a 1,5m. Los puntos en los que está previsto proceder al cajeo del cimiento se indican en la siguiente tabla resumen:

5.2.1.4 Taludes y estabilidad

Se han proyectado todos los rellenos con una pendiente 3(H):2(V)

En los materiales tipo suelo es habitual y adecuado utilizar métodos de cálculo basados en la teoría del equilibrio límite. Una forma rápida y sencilla de aplicar este tipo de métodos a modo de predimensionamiento es hacer uso de los ábacos de Hoek y Bray (1977), ábacos que permiten obtener el coeficiente de seguridad a partir de los datos geométricos, geotécnicos y la posición relativa de un posible nivel freático.

El coeficiente de seguridad mínimo exigido en los taludes en relleno, en la hipótesis estática, es 1,5 (valor habitualmente considerado en este tipo de cálculos), y que debe cumplirse para un rango razonable de variación de la cohesión de los materiales y, en su caso, para un rango razonable de variación de la posición de un posible nivel freático.

Se consideran representativos del material remoldeado una cohesión de 5 KPa y un ángulo de rozamiento de 35°.

- Densidad aparente: 2,0t/m³
- Cohesión efectiva: 5KPa
- Ángulo de rozamiento efectivo: 35°

Tal y como se ha indicado anteriormente, ninguno de los taludes en relleno estará afectado de presiones intersticiales como consecuencia de la presencia de agua freática.

5.2.1.5 Análisis de deformabilidad y asentos

Se considera que los asentos serán de bajo valor absoluto y se producirán en su mayor parte durante la fase de ejecución del relleno.

5.2.2 Estudio particularizado

5.2.2.1 Relleno 0+000 - 0+125

Datos geométricos generales

El desmonte empieza en el PK. 0+000 y acaba en el 0+125. La altura máxima del relleno es del orden de 14 m. y coincide con el final de la actuación. Se ha diseñado de forma que el pie del actual relleno coincida con el actual, con objeto de evitar expropiaciones añadidas. En este sentido se trata de un relleno complejo puesto que comporta una escollera hormigonada superior de contención (escollera 1), un muro de geomallas en la parte intermedia y una escollera inferior de sostenimiento (Escollera 2)

Reconocimientos efectuados:

- Sondeos: S-1G, S-2G y S-3G
- Calicatas: C-1 y C-2

Columna tipo

Los sondeos realizados muestran un primer nivel de rellenos de tipo todo-uno en una altura de 15 m que apoyan sobre el sustrato rocoso alterado. En la base del relleno a través de las calicatas se tiene constancia de la presencia de una capa de espesor variable entre 0.90 y 1.80 m correspondiente a suelos eluviales y coluviales bajo la cual aparece el macizo rocoso con grado de meteorización M(II-III)

No se espera la presencia de nivel freático en la zona de influencia del relleno.

Análisis de estabilidad

Los análisis de estabilidad del conjunto del relleno se efectúan en el apartado de estructuras y se realiza tanto para cada una de las escolleras no hormigonadas (Escollera 1; 0+030) como para el conjunto del relleno (estabilidad global Escollera 2; 0+120)

En el caso de no contemplar el efecto del sismo tipo el valor del factor de seguridad es cercano a 1.50.

6 Geotecnia de las estructuras

Con objeto de limitar la extensión del nuevo relleno a ejecutar se ha diseñado un sistema de muros (escollera y geomallas) que permite verticalizar el conjunto.

Uno de los muros sirve de contención del relleno de la parte superior y otros dos soportan el peso de la plataforma creada por el aparcamiento.

6.1 Escollera 1 (0+000 – 0+030)

Este muro se sitúa en la ladera inferior de la plataforma del aparcamiento, tiene una longitud total de 30 m y una altura máxima de alrededor de 3 m manteniéndose constante a lo largo de toda su extensión.

El muro se encuentra dimensionado para resistir el empuje del relleno actual con una pendiente 3(H):2(V)

Esta escollera deberá ser ejecutada mediante bataches alternos de 5 m de longitud, debiéndose cerrar la sección en una jornada de trabajo.

A partir del PK 0+030 la escollera pasa a estar hormigonada y por tanto pasa a ser estudiada como una estructura en el anejo correspondiente.

6.1.1 Carga admisible

En base a las dimensiones de la zapata y las características resistentes de los materiales que componen el relleno actual, mediante el método de Brinch-Hansen se ha determinado una carga admisible superior a los 6 kp/cm2.

CÁLCULO DE CARGA ADMISIBLE EN CIMENTACIONES SOBRE SUELOS				
MÉTODO DE BRINCH HANSEN				
PROYECTO:SAN JUAN DE GAZTELUGATXE				
ESTRUCTURA: ESCOLLERA SUPERIOR				
APOYO: ZAPATA CORRIDA				
SITUACIÓN: BAKIO				
FORMACION GEOLOGICA: RELLENO ACTUAL				
CARACTERISTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CIMENTACIÓN				
(B) ANCHO CIMENTACION	2	m		
(D) PROFUNDIDAD DEL PLANO DE CIMENTACION	1	m		
(L) LONGITUD	5	m		
RELACIÓN D/B	0.50			
RELACION L/B	2.50			
CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO				
DENSIDAD DEL SUELO BAJO LA CIMENTACION	20.00	kN/m³		
DENSIDAD DEL SUELO LATERAL	20.00	kN/m³		
SOBRECARGA DEL TERRENO A COTA DE CIMENTACIÓN	20.00	Mpa		
COHESION	0	kPa		

CÁLCULO DE CARGA ADMISIBLE EN CIMENTACIONES SOBRE SUELOS				
MÉTODO DE BRINCH HANSEN				
ANGULO DE ROZAMIENTO		30.00	º	
COEFICIENTES DE CARGA DE HUNDIMIENTO				
	Nc	46.10		
	Nq	33.30		
	Nγ	45.20		
COEFICIENTES DE FORMA				
	sc	1.29		
	sq	1.29		
	sγ	1.00		
COEFICIENTES DE PROFUNDIDAD				
	dc	1.67		
	dq	1.14		
	dγ	1.00		
RESULTADOS OBTENIDOS: CARGA ADMISIBLE				
Qh (Carga de hundimiento)		1886.34	kPa	
FACTOR DE SEGURIDAD		3.00		
Qadm (Carga admisible)		628.78	kPa	
		6.29	kp/cm²	
		0.63	Mpa	

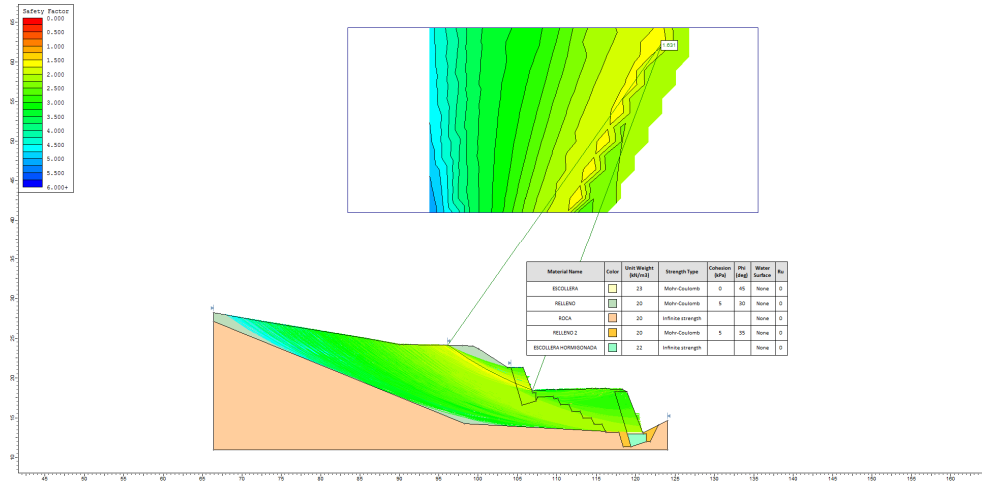
Para el cálculo se han utilizado los siguientes parámetros:

Densidad	Ángulo de fricción	Cohesión
20.0 kN/m3	30º	0 kPa

6.1.2 Estabilidad global

Se ha llevado a cabo la determinación del cálculo de estabilidad del conjunto relleno-escollera para círculos de deslizamiento por debajo de la zapata del muro.

El resultado es un factor de seguridad superior a 1.60.



6.2 Escollera 2

Este muro se sitúa en la ladera superior de la plataforma del aparcamiento, tiene una longitud total de 125 m y una altura máxima de alrededor de 3 m manteniéndose constante a lo largo de toda su extensión.

El muro se encuentra dimensionado para resistir el empuje del relleno actual con una pendiente 3(H):2(V)

Esta escollera deberá ser hormigonada y ejecutada mediante bataches alternos de 5 m de longitud, debiéndose cerrar la sección en una jornada de trabajo.

6.2.1 Carga admisible

En base a las dimensiones de la zapata y las características resistentes de los materiales que componen el relleno actual, mediante el método de Brinch-Hansen se ha determinado una carga admisible del orden de 5 kp/cm2.

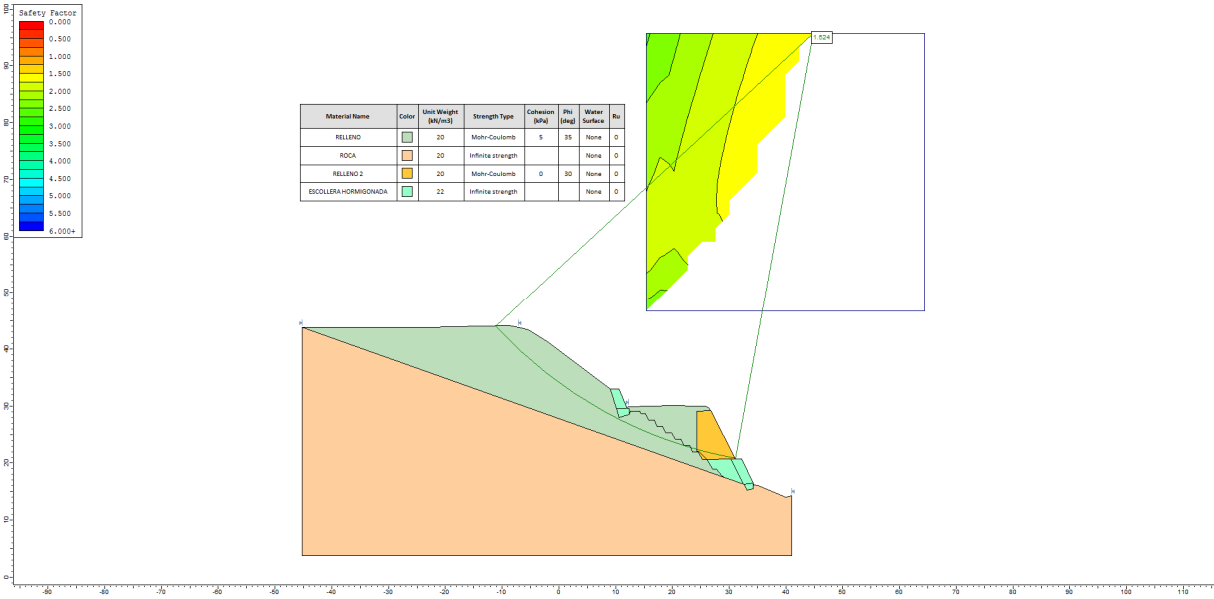
CÁLCULO DE CARGA ADMISIBLE EN CIMENTACIONES SOBRE SUELOS					
MÉTODO DE BRINCH HANSEN					
PROYECTO:APARCAMIENTO GAZTELUGATXE					
ESTRUCTURA: ESCOLLERA 0+095					
APOYO: ZAPATA CORRIDA					
SITUACIÓN: BAKIO					
FORMACION GEOLOGICA: RELLENO ACTUAL					
CARACTERISTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CIMENTACIÓN					
(B) ANCHO CIMENTACION		1.8	m		
(D) PROFUNDIDAD DEL PLANO DE CIMENTACION		1	m		
(L) LONGITUD		3	m		
RELACIÓN D/B		0.56			
RELACION L/B		1.67			
CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO					
DENSIDAD DEL SUELO BAJO LA CIMENTACION		20.00	kN/m³		
DENSIDAD DEL SUELO LATERAL		20.00	kN/m³		
SOBRECARGA DEL TERRENO A COTA DE CIMENTACIÓN		20.00	Mpa		
COHESION		0	kPa		
ANGULO DE ROZAMIENTO		30.00	º		
COEFICIENTES DE CARGA DE HUNDIMIENTO					
	Nc	20.70			
	Nq	30.10			
	Nγ	20.10			
COEFICIENTES DE FORMA					
	sc	1.87			
	sq	1.87			
	sγ	1.00			
COEFICIENTES DE PROFUNDIDAD					
	dc	2.47			
	dq	1.16			
	dγ	1.00			
RESULTADOS OBTENIDOS: CARGA ADMISIBLE					
Qh (Carga de hundimiento)		1669.80	kPa		
FACTOR DE SEGURIDAD		3.00			

CÁLCULO DE CARGA ADMISIBLE EN CIMENTACIONES SOBRE SUELOS					
MÉTODO DE BRINCH HANSEN					
Qadm (Carga admisible)				556.60	kPa
				5.57	kp/cm²
				0.56	Mpa

6.2.2 Estabilidad global

Se ha llevado a cabo la determinación del cálculo de estabilidad del conjunto relleno-escollera-muro verde para círculos de deslizamiento globales.

El resultado es un factor de seguridad es del orden de 1.50.



6.3 Muro geomallas

Este elemento se encuentra definido en el Anejo de Estructuras

7 Estudio de materiales

El presente documento tiene por objeto informar de las necesidades de canteras y rellenos de sobrantes (vertederos) que surgen como resultado del movimiento de tierras en el proyecto “Proyecto de accesibilidad a San Juan de Gaztelugatxe Fase II”.

7.1 Prescripciones a satisfacer por los materiales

Para determinar la posible reutilización de los materiales excavados en la traza en las diferentes unidades de obra se han seguido las especificaciones que se indican en Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes del año 2002 apartado 330 Terraplenes.

	Materia orgánica (UNE 1003204)	Contenido en sales solubles incluso yeso(NLT-114)	Tamaño máximo	Granulometría	Plasticidad UNE 103103	Contenido Yeso NLT-115	Ensayo de colapso NLT-254	P.N UNE 103500	C.B.R	Pérdida peso, inmersión (NLT-255)	Partículas forma inadecuada	Sulfuros oxidables UNE EN 1744-1	Azufre total UNE EN 1744-1	Equivalente de arena UNE -EN 933-8	D.L.A (UNE EN 1097-2)
Suelos seleccionados	< 0,2	<0,2	<10 cm	# 2 <80% # 0,4 < 75% # 0,08 < 25% +	LL<30 IP<10				≥ 5 Coronación ≥ 3 Núcleo Cimiento						
Suelos adecuados	<1	<0,2	<10 cm	# 2 <80% # 0,08 < 35%	LL<40 si 40>LL; IP >4				≥ 5 Coronación ≥ 3 Núcleo Cimiento						
Suelos tolerables	<2	<1*			LL<65 si LL>40; IP>0,73(LL-20)	<5%	<1	<3% hinchamiento							
Pedraplén			Tmáx 10-90 cm	#20<30% #0,080<10%						<2	<30				
Todo uno	<2	<1*		30%<#20<70% ++ #0,080<35%		<5%**				<2***		0			
Zahorra				(veasé PG3)	No plástico								1	>30	<35

* Sales distintas de yeso

** Si contenido en yeso >5, <20 uso exclusivo en el núcleo

*** Si es >2, las partículas que pasan por 20 no serán marginales.

+ + Si #20<30% y #0,08>10

+ Se ha de cumplir si no se cumplen todas y cada una de las condiones granulométricas anteriores # 0,4 < 15%

Tabla nº1. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. 2002.

7.2 Disponibilidad y necesidades de materiales

En este apartado se cuantifica la necesidad y disponibilidad de los diferentes materiales necesarios para la ejecución de las obras contempladas en el actual proyecto.

Para prever adecuadamente el origen de los materiales necesarios para la ejecución de las obras se ha analizado la documentación existente acerca de los trabajos previos efectuados sobre los materiales procedentes de las excavaciones que se habrán de realizar y finalmente se ha realizado un estudio de yacimientos naturales explotados actualmente en las zonas más próximas a la traza.

7.3 Necesidades de material

Los materiales que se necesitan para la ejecución de las obras, según su destino son los siguientes:

- Materiales para la formación de terraplenes (núcleo, cimientto y coronación).
- Áridos para hormigones.

Dentro de estos materiales pueden diferenciarse dos grupos. Por un lado, para terraplenes y explanada, o genéricamente rellenos, que son los que mayores volúmenes suelen requerir, aunque sus exigencias son reducidas y por otro lado los que se utilizan para la capa de forma, subbalasto y hormigones que son de un volumen global mucho menor que los anteriores, pero las prescripciones a cumplir son más exigentes.

En la siguiente relación se muestran los volúmenes aproximados de materiales (redondeados al alza) que se considera que será necesario disponer para realizar las obras en el tramo objeto de estudio:

7.4 Estudio de procedencias

7.4.1 Disponibilidad de los materiales excavados en la traza.

Los materiales procedentes de la excavación de los 30 cm superiores del relleno a ampliar deberán ser retirados a vertedero debido a su contenido en materia orgánica al igual que la tierra vegetal procedente de la base del nuevo relleno.

Por su parte los materiales procedentes del cajeo del relleno existente podrán ser utilizados para el núcleo del nuevo relleno como material Adecuados.

7.4.2 Coeficientes de paso y aprovechabilidad

Se incluye a continuación un cuadro resumen en el que se muestran los aprovechamientos y coeficientes de paso de los materiales excavados en la traza, la evaluación de la aprovechabilidad se ha realizado sobre la base de los ensayos realizados sobre estos materiales en los Estudios Geotécnicos previos y en esta fase de proyecto.

Material	Coeficiente de paso a vertedero	Coeficiente de paso a relleno	
Suelos eluvio-coluviales y rellenos antrópicos	1.20	1	
Lutitas y areniscas	1.20	1.20	

Coeficientes de paso de las unidades excavadas.

7.5 Préstamos, canteras y yacimientos granulares

7.5.1 Préstamos

No se considera la posibilidad de aprovechamiento de préstamos en las inmediaciones de la traza

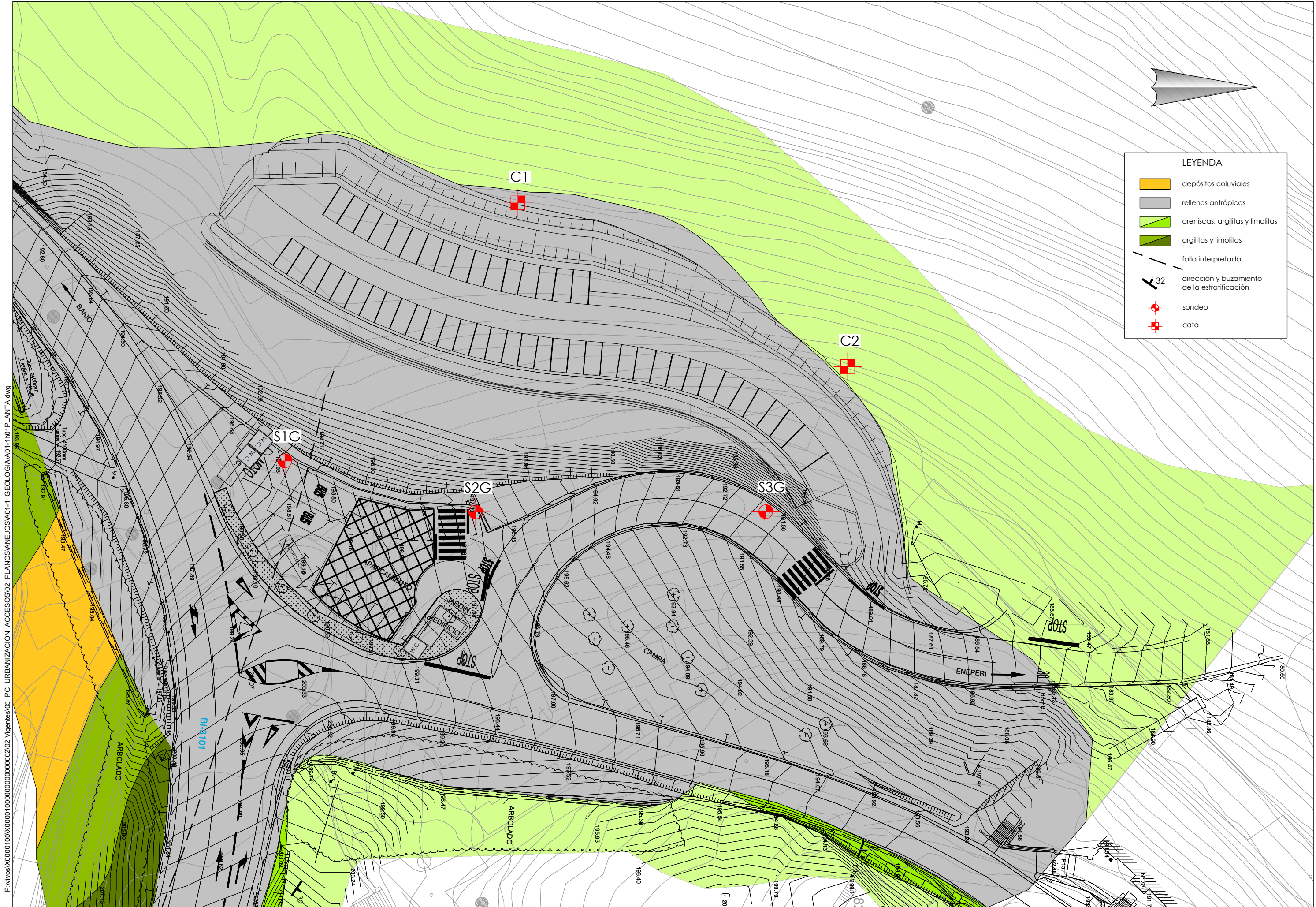
7.5.2 Canteras

En caso de ser necesario el aporte de material externo a la obra las canteras más cercanas son las siguientes:

- Peña Forua, con una reserva de 2,2 millones de toneladas, una producción en 2003 de unas 100.000 toneladas y una previsión de vida de 23 años. Barrio Atxondoa s/n, Atxondoa
- Zubi-Ondo, con una reserva de 3,6 millones de toneladas, una producción en 2003 de 125.000 toneladas y una previsión de vida de 29 años. Barrio Basetxetas Atxoste s/n, Ereño

APÉNDICE Nº1

Cartografía geológica



LEYENDA

depósitos coluviales

rellenos antrópicos

P:\Vivos\X00000100\X0000100000000000000202 Vígntes\05_PC_URBANIZACIÓN_ACCESOS\02_PLANOS\ANE\OS\A01-1_GEOLOGIA\A01-1h01PLANTA.dwg

APÉNDICE Nº2

Campaña geotécnica

APÉNDICE N°2.1

Sondeos



S-1G_emplazamiento Profundidad: 0-0.01m.

S-1G_caja1 Profundidad: 0.01-2.4m.



S-1G_caja2 Profundidad: 2.4-4.8m.

S-1G_caja3 Profundidad: 4.8-7.2m.

S-1G_caja4 Profundidad: 10.2-13.2m.



S-1G_caja5 Profundidad: 13.2-16.2m.



S-1G_caja6 Profundidad: 16.2-19.2m.

[illegible]

[illegible]



S-2G_emplazamiento Profundidad: 0-0.01m.

S-2G_caja1 Profundidad: 0.01-2.4m.



S-2G_caja2 Profundidad: 2.4-4.8m.

S-2G_caja3 Profundidad: 4.8-7.2m.

S-2G_caja4 Profundidad: 7.2-9.6m.



S-2G_caja5 Profundidad: 9.6-12m.



S-2G_caja6 Profundidad: 12-14.4m.



S-2G_caja7 Profundidad: 14.4-16.8m.



S-2G_caja8 Profundidad: 16.8-19.2m.

B: Batería sencilla	D: Diamante	S.P.T.: Ensayo de Penetración Estár	R: Rechazo S.P.T. y M.I.	RC: Arcilla	AR: Arena	LL: Límite Líquido	IP: Índice de Plasticidad	c: Cohesión	TRIAx: Triaxial	SO.: Sulfatos	
				M.W.: Muestra de agua							
T: Batería doble	W: Wídia	M.I.: Muestra Inalterada	T.P.: Testigo parafinado	LIM: Limo	GR: Grava	LP: Límite Plástico	S.U.C.S.: Clasificación de Suelos	Ø: Ángulo de rozamiento	CD: Corte directo	CO.: Carbonatos	F-GTC-01 B

[illegible]



S-3G_emplazamiento Profundidad: 0-0.01m.

S-3G_caja1 Profundidad: 0.01-2.4m.



S-3G_caja2 Profundidad: 2.4-4.8m.

S-3G_caja3 Profundidad: 4.8-7.2m.

S-3G_caja4 Profundidad: 7.2-9.6m.



S-3G_caja5 Profundidad: 9.6-12m.



S-3G_caja6 Profundidad: 12-14.4m.



S-3G_caja7 Profundidad: 14.4-16.8m.



S-3G_caja8 Profundidad: 16.8-19.2m.

APÉNDICE N°2.2

Catas

