PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO P.K. 37+154 DE LA LÍNEA BILBAO - DONOSTIA

ANEJO Nº 4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

TYPSA
INGENIEROS
CONSULTORES
Y ARQUITECTOS

JUNIO 2024

CONTROL DE CALIDAD

DOCUMENTO	ANEJO Nº 4: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA			
CÓDIGO	FM2147-PC-AX-04-DTE-Geotecnia-Ed1.docx			
EDICIÓN Nº	1		**Fecha edición**	Junio 2024
REVISIÓN Nº			**Fecha revisión**	
REALIZADO POR	Nombre	PJL	Firma:	
	Fecha	03/06/2024		
REVISADO POR	Nombre	ASE	Firma:	
	Fecha	03/06/2024		
APROBADO POR	Nombre	JMH	Firma:	
	Fecha	03/06/2024		

REGISTRO DE MODIFICACIONES

EDIC. / REV.	FECHA	RESPONSABLE MODIFICACIÓN	SECC. / PÁRRAFO MODIFICADO	MODIFICACIÓN EFECTUADA
1	Junio 2024			Edición inicial

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. OBJETO Y ALCANCE 1
1.2. INFORMACIÓN UTILIZADA 3
2. GEOLOGÍA 4
2.1. MARCO GEOLÓGICO 4
2.2. ESTRATIGRAFÍA 5
2.3. FORMACIONES DIFERENCIADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO 8
2.3.1. Margas y margocalizas. Margas de Garay 8
2.3.2. Alternancia de calizas arenosas y margas 8
2.3.3. Rellenos antropogénicos 9
2.4. ESTRUCTURA 9
2.4.1. Introducción 9
2.4.2. Geología estructural 10
2.4.3. Deformaciones 10
3. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA 11
3.1. RECONOCIMIENTOS DE CAMPO 11
3.2. SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN 11
3.3. NIVELES DE AGUA MEDIDOS EN SONDEOS 12
3.4. CALICATAS 13
3.5. ENSAYOS DE LABORATORIO 14
4. CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA DE LOS MATERIALES 15
4.1. INTRODUCCIÓN 15
4.2. MARGAS Y MARGOCALIZAS, “MARGAS DE GARAY” 16
4.2.1. Identificación y estado 16
4.2.2. Resistencia y deformabilidad 16
4.2.3. Conclusiones y resumen 18
4.3. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS PARA LOS CÁLCULOS 18
5. EXCAVABILIDAD 19
5.1. EN FUNCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE 19
5.2. EN FUNCIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE 20
5.3. ESTIMACIÓN DE LA EXCAVABILIDAD EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE EXCAVABILIDAD 21
5.4. SEGÚN ROMANA (1993) 23
5.5. RESUMEN EXCAVABILIDAD EN EL TRAMO 25
6. APROVECHAMIENTO DE MATERIALES 26
6.1. EMPLEO DE LOS MATERIALES 26
6.1.1. Coeficientes de paso 26

ÍNDICE

7. OBRAS DE TIERRA 27
7.1. INTRODUCCIÓN 27
7.2. INVENTARIO DE TALUDES EXISTENTES 28
7.3. LITOLOGÍA 28
7.4. ESTACIONES GEOMECÁNICAS 30
7.5. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE ESTABILIDAD 30
7.5.1. Vuelco 34
7.5.2. Rotura plana 35
7.5.3. Roca meteorizada (comportamiento tipo suelo) 35
7.5.4. Cuñas y bloques 35
7.6. CONCLUSIONES 40
8. GEOTECNIA DE LAS ESTRUCTURAS 40
8.1. CONDICIONES GENERALES DE CIMENTACIÓN 40
8.2. CONDICIONES GEOLÓGICO – GEOTÉCNICAS 40
8.2.1. Descripción sintética 40
8.2.2. Agresividad del medio 41
8.2.3. Sismicidad 41
8.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA 42
8.3.1. Marco 42
8.3.2. Aletas 43
9. PLANOS
9.1. PLANO 1. MARCO GEOLÓGICO (EVE)
9.2. PLANO 2. PLANTA GEOLÓGICA
9.3. PLANO 3.1. PERFIL LONGITUDINAL GEOLÓGICO
9.4. PLANO 3.2. PERFIL TRANSVERSAL GEOLÓGICO PK 0+186,68
10. APÉNDICES
10.1. APÉNDICE 1. REGISTRO DE SONDEOS
10.2. APÉNDICE 2. REGISTRO DE CALICATAS
10.3. APÉNDICE 3. ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO
10.3.1. APÉNDICE 3.1. RESUMEN ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO
10.3.2. APÉNDICE 3.2. RESULTADOS ACTAS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO
10.4. APÉNDICE 4. ESTACIONES GEOMECÁNICAS
10.5. APÉNDICE 5. CÁLCULOS

Índice de Figuras

Figura nº 1. El paso a nivel de Torretxo. 1

Índice de Figuras

Figura nº 2. Ortofoto de situación. 2
Figura nº 3. Planta geológica supresión del Paso a Nivel de Torretxo. 2
Figura nº 4. Mapa geológico de situación 5
Figura nº 5. Esquema geológico de la zona estudiada. 5
Figura nº 6. Planta geológica donde se ubica el Paso a Nivel de Torretxo. Mapa Geológico del País Vasco a escala 1:25.000 del EVE, Hoja 62-IV (Durango). 6
Figura nº 7. Corte geológico del encuadre global 6
Figura nº 8. Leyenda geológica. 7
Figura nº 9. Leyenda estructural. 7
Figura nº 10. Esquema de las unidades estructurales del País Vasco. 10
Figura nº 11. Cuadro resumen de los ensayos de laboratorio realizados para el Proyecto de Construcción de la supresión del paso a nivel de Torretxo. P.K. 37+154 de la línea Bilbao - Donostia. 15
Figura nº 12. Cuadro resumen de los ensayos químicos sobre la muestra de agua, realizados para Proyecto de Construcción de la supresión del paso a nivel de Torretxo. P.K. 37+154 de la línea Bilbao - Donostia. 15
Figura nº 13. Vistas del talud derecho (Sur). 28
Figura nº 14. Vistas del talud izquierdo (Norte). 28
Figura nº 15. Margas y margocalizas en los afloramientos de la actual vía del ferrocarril y en registro del sondeo. 29
Figura nº 16. Datos estructurales tomados en los taludes del actual paso a nivel de Torretxo. 30
Figura nº 17. Representación en proyección estereográfica polar de las diferentes familias de discontinuidades (Estratificación y juntas). 31
Figura nº 18. Selección del polo medio asignado a cada una de las discontinuidades. 32
Figura nº 19. Proyección ciclográfica de los planos de los polos medios de las discontinuidades del macizo rocoso (E1, E2, J1, J2 y J3). 32
Figura nº 20. Proyección ciclográfica de los planos de los polos medios de las discontinuidades del macizo rocoso y proyección de la dirección de los 2 taludes. 33
Figura nº 21. Resumen de la proyección ciclográfica y curvas de densidad. 33
Figura nº 22. Análisis de estabilidad por cuñas y bloques del talud izquierdo (programa CALEST desarrollado por TYPSA). 35
Figura nº 23. Análisis de estabilidad por cuñas y bloques del talud derecho (programa CALEST desarrollado por TYPSA). 36
Figura nº 24. Análisis de estabilidad por cuñas y bloques del talud derecho con incrementos en el plano E2 (programa CALEST desarrollado por TYPSA). 36
Figura nº 25. Cálculo con el programa SWEDGE para obtener la tensión de sostenimiento necesaria para un F.S de diseño de 1,50. 37
Figura nº 26. Planta donde se observa la zona de la torre eléctrica donde el talud es 2H:3V (zona de color rojo) y la zona de talud 3H:2V (zona azul). 38
Figura nº 27. Perfil transversal de la zona de la torre eléctrica (talud derecho) donde se coloca el sostenimiento. 38
Figura 28. Cuadro resumen de los ensayos químicos sobre la muestra de agua. 41

Índice de Figuras

Figura 29. Mapa de aceleraciones básicas, según la NCS-02. 41

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO Y ALCANCE

En este documento, se presenta un estudio geológico-geotécnico que desarrolla a nivel de proyecto constructivo el conjunto de recomendaciones geotécnicas necesarias para la correcta redacción del PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO. P.K. 37+154 DE LA LÍNEA BILBAO – DONOSTIA.

El Paso a Nivel de Torretxo está situado en la línea Bilbao-Donostia en el P.K. 37+154. La superficie del Paso está formada por aglomerado asfáltico. El vial de cruce es de titularidad municipal y presenta circulaciones de vehículos ligeros y peatones. El paso se utiliza para dar acceso a dos caseríos desde la población de Berriz. Presenta barreras automatizadas con señalización acústica y luminosa. La solución a desarrollar de cara a la supresión del mismo satisfará el tráfico de uso y estará en consenso con los requisitos municipales al ser el titular del vial el Ayuntamiento de Berriz.

Se hará compatible con una posible duplicación de vía de forma que, caso de que ésta se lleve a cabo no resulte hipotecada por la solución ejecutada. La solución mantendrá el tráfico ferroviario adoptando las actuaciones precisas para ello. Se estudiarán las actividades propias para el levante del paso a nivel, tanto de superestructura como de instalaciones ferroviarias, señalización y la adopción del cerramiento de la vía en el entorno del Paso a Nivel.



Figura nº 1. El paso a nivel de Torretxo.

En el presente Anejo se describen y analizan las condiciones geotécnicas que presenta el terreno en la zona de estudio. Para obtener un conocimiento suficiente de estas condiciones, se ha realizado una campaña de investigación compuesta por 1 sondeo mecánico, 2 calicatas y ensayos geotécnicos de laboratorio.

En la siguiente figura se muestra el ámbito de actuación y la situación del paso a nivel de Torretxo.

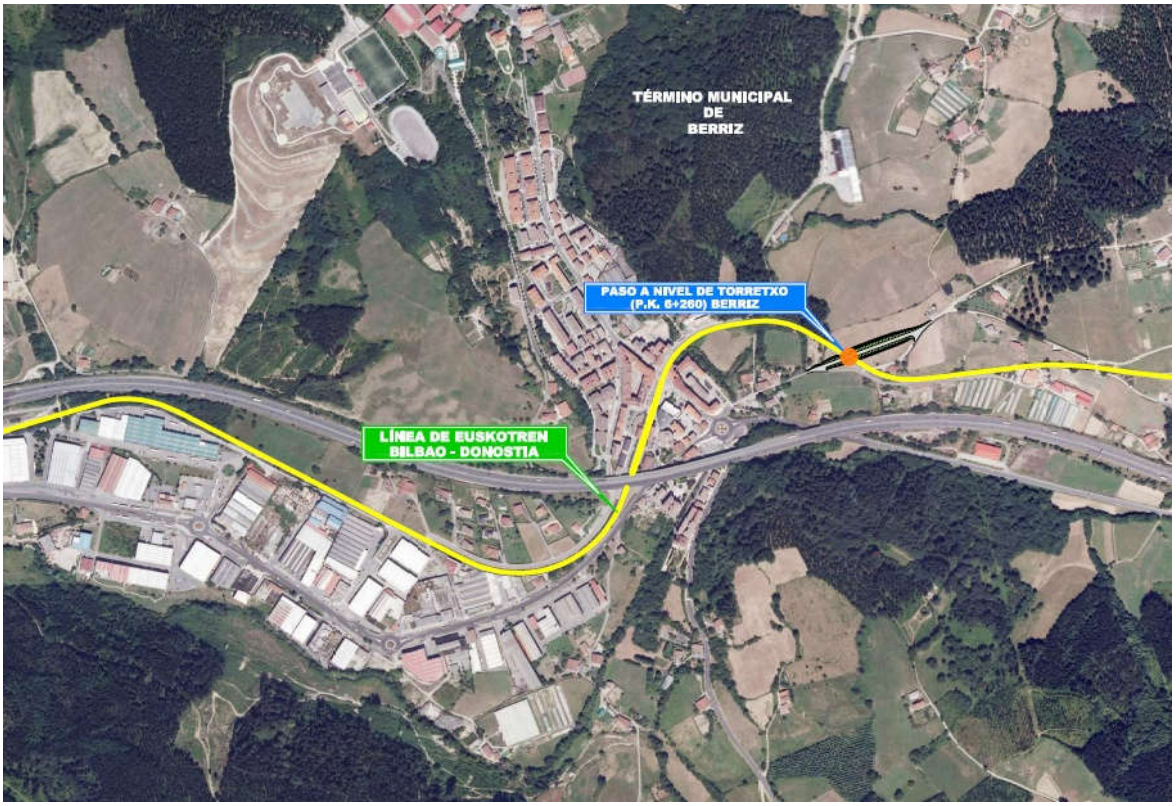


Figura nº 2. Ortofoto de situación.

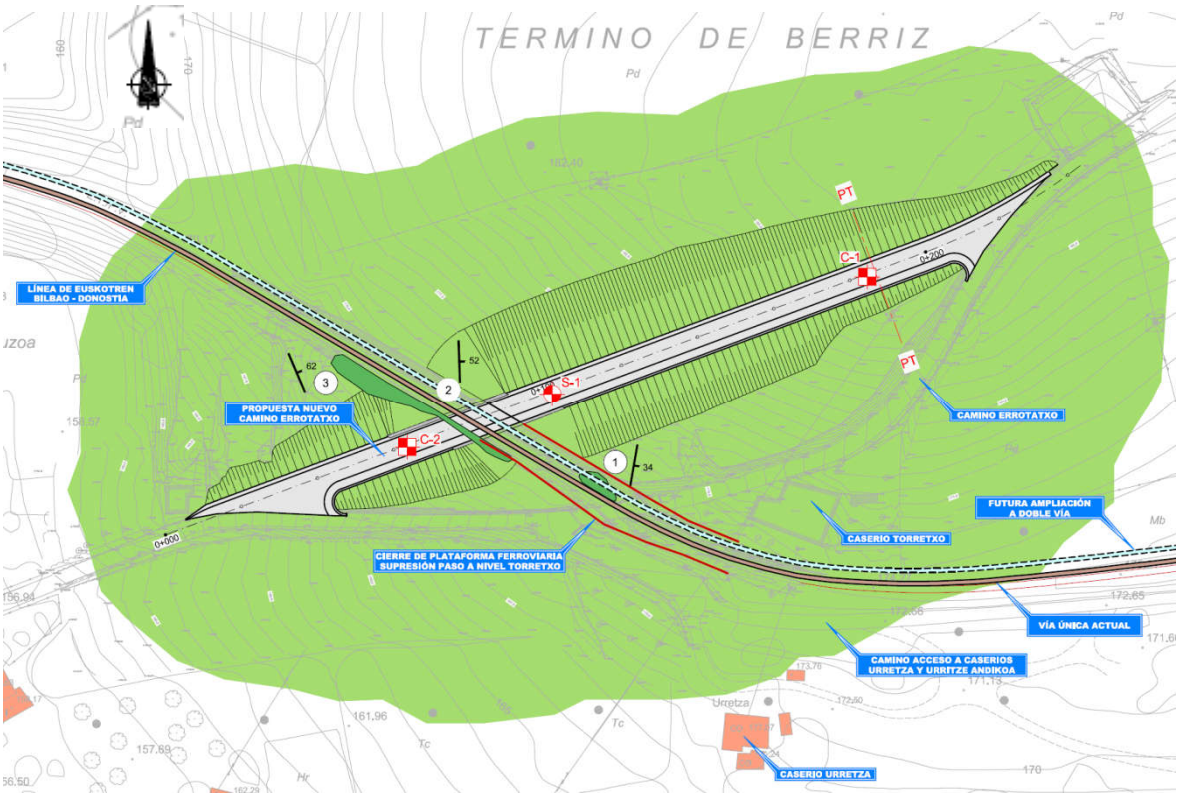


Figura nº 3. Planta geológica supresión del Paso a Nivel de Torretxo.

El objetivo de los trabajos, consiste en determinar las características geotécnicas de los materiales que constituyen el subsuelo, así como analizar la excavabilidad, los taludes admisibles, la carga admisible y la tipología de cimentación más adecuadas.

En este documento, se incide particularmente en la composición y disposición de los materiales que ha permitido identificar los diferentes tipos suelos y rocas así como la estructura geológica en la zona de estudio. En el estudio se han definido todas las zonas que pueden o no dar lugar a algún tipo de problema geológico – geotécnico. Se ha prestado atención al agua superficial y subterránea así como a las propiedades de los suelos con una clara incidencia en las excavaciones.

Se ha realizado un estudio geológico-geotécnico de la zona de estudio en la que se refleja la siguiente información: delimitación de las diferentes unidades litológicas afectadas, formaciones de suelos (vertidos y rellenos antrópicos, coluviales y aluviales, con estimación de su espesor), estimación de zonas de riesgo geológico-geotécnico (terrenos compresibles, paleodeslizamientos, etc.), toma de datos geomecánicos del macizo rocoso en afloramientos (estructura del substrato), posición estimada del nivel freático, análisis del estado actual de la parcela y todos aquellos aspectos de interés desde el punto de vista geológico-geotécnico que se han detectado.

Para la redacción de este Anejo Geológico – Geotécnico, se han marcado y definido una serie de objetivos técnicos a cumplir, siguiendo una metodología perfectamente definida.

- Descripción del marco geológico general de la zona, atendiendo a cuestiones estratigráficas, estructurales, hidrogeológicas y sismológicas.
- Descripción de las características geológico-geotécnicas del terreno en la zona investigada, describiendo la naturaleza de las diferentes capas que lo componen, su distribución, espesores, presencia de agua, etc.
- Descripción y estudio de la campaña geotécnica de investigación.
- Definición de las recomendaciones de cara al movimiento de tierras proyectado, estabilidad de las excavaciones, materiales a utilizar, etc.
- Condiciones de excavación y porcentaje de empleo de medios mecánicos, ripado o voladuras, para la realización de las excavaciones.
- Clasificación de los materiales de las formaciones afectadas y posibilidades de utilización en rellenos, de los materiales excavados.
- Diseño de los taludes admisibles del trazado, con indicación de zonas problemáticas donde pueden requerirse medidas de contención.
- Definición del grado de ataque al hormigón por parte de los materiales que componen el terreno que estará en contacto con la estructura proyectada
- Definición de las condiciones de cimentación de las estructuras, con indicación de tipologías a adoptar, tensiones admisibles y módulos de reacción.

1.2. INFORMACIÓN UTILIZADA

Para realizar el presente anejo se ha revisado y analizado toda la información geológica-geotécnica existente. Una vez estudiada toda la documentación, se ha realizado una campaña de investigación geotécnica para ampliar los datos geotécnicos.

Como fuentes complementarias, se ha consultado además la información geológico-geotécnica contenida en los siguientes documentos:

- Mapa Geológico del País Vasco, a escala y 1:100.000, del EVE.
- Mapa hidrogeológico del País Vasco, a escala 1:100.000, del EVE.

- Mapa geológico del País Vasco, a escala 1: 25.000 (Edición digital en CD-ROM).
- Mapa Geológico del País Vasco a escala 1:25.000 del EVE, Hoja 62-IV (Durango).

Además, se ha utilizado otro tipo de información geotécnica, que se indica a continuación:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE – 08), R.D. 1247/2008, de 18 de Julio.
- Norma de construcción sismorresistente (NCSP – 07), R.D. 997/2002 de 27 de Septiembre de 2002.
- CTE – SE – C. Seguridad Estructural Cimentaciones, Marzo 2006.
- "Curso aplicado de cimentaciones" (R. Ortiz, Jesús Serra y Carlos Oteo).
- "Ingeniería geológica" (Luis I. González de Vallejo, 2002).
- Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, editada por el Ministerio de Fomento con fecha de 2005.
- Guía de cimentaciones en obras de carreteras, editada por el Ministerio de Fomento con fecha de 2002.
- "Hoek-Brown failure criterion" (E. Hoek, 2002).
- "Empirical estimation of rock mass modulus" (E. Hoek, M.S. Diederichs, 2006).

2. GEOLOGÍA

2.1. MARCO GEOLÓGICO

A continuación se describen las características geológicas generales del entorno del área investigada, desde el punto de vista estratigráfico y estructural.

Geológicamente la zona de estudio se encuadra en las estribaciones occidentales de los Pirineos, dentro de la Cuenca Vasco – Cantábrica. Exceptuando los suelos cuaternarios, el resto de materiales que afloran en la zona de estudio son de edad Maastrichtiense dentro del Cretácico superior.

Desde el punto de vista estructural la zona incluye en su parte central el núcleo de la importante estructura cartográfica denominada Sinclinorio Vizcaíno (o sinclinal de Punta Galea-Oiz).

Hidrográficamente la zona pertenece a la cuenca norte y los principales cauces fluviales presentes en son el río Ibaizabal y sus afluentes (río Orobio, río Garai y arroyo Oca, entre otros) que drenan la ladera sur del monte Oiz, y el río Artibay, cuya cabecera se localiza en la vertiente norte del mismo.

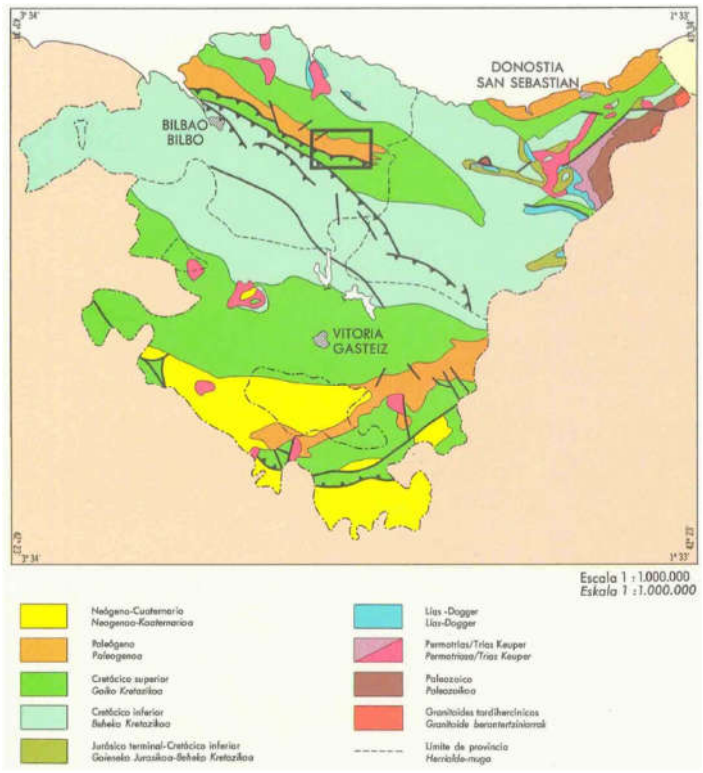


Figura nº 4. Mapa geológico de situación.

2.2. ESTRATIGRAFÍA

Los materiales que se encuentran en el Paso a Nivel de Torretxo son margas y margocalizas (ver figuras 2, 3, 4, 5 y 6), conocidas como las “margas de Garay” pertenecientes al Cretácico superior (Maastrichtiense) dentro de la Unidad de Oiz (Sector de Durango).

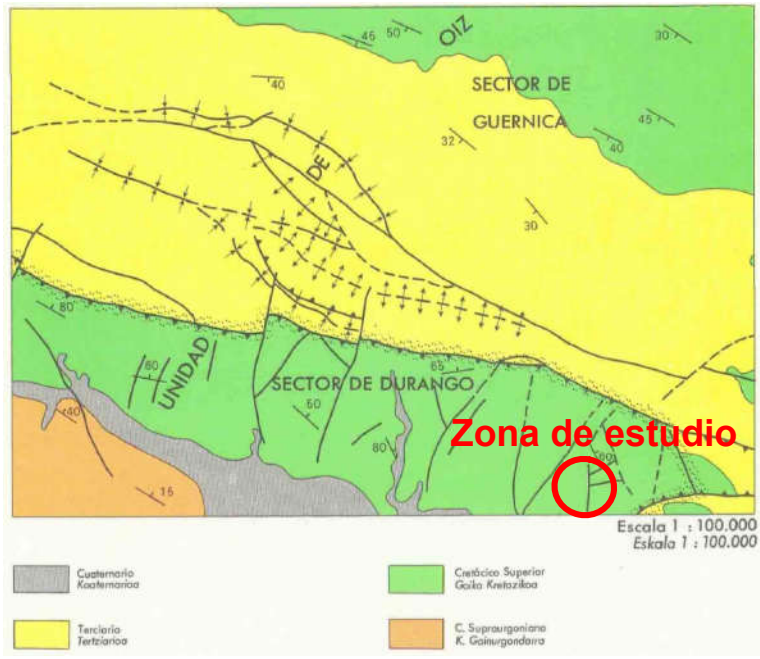


Figura nº 5. Esquema geológico de la zona estudiada.

A continuación, en las siguientes figuras se presenta la planta geológica en el cual se indica la ubicación del área investigada, un perfil geológico representativo y la leyenda geológica y estructural.



Figura nº 6. Planta geológica donde se ubica el Paso a Nivel de Torretxo. Mapa Geológico del País Vasco a escala 1:25.000 del EVE, Hoja 62-IV (Durango).

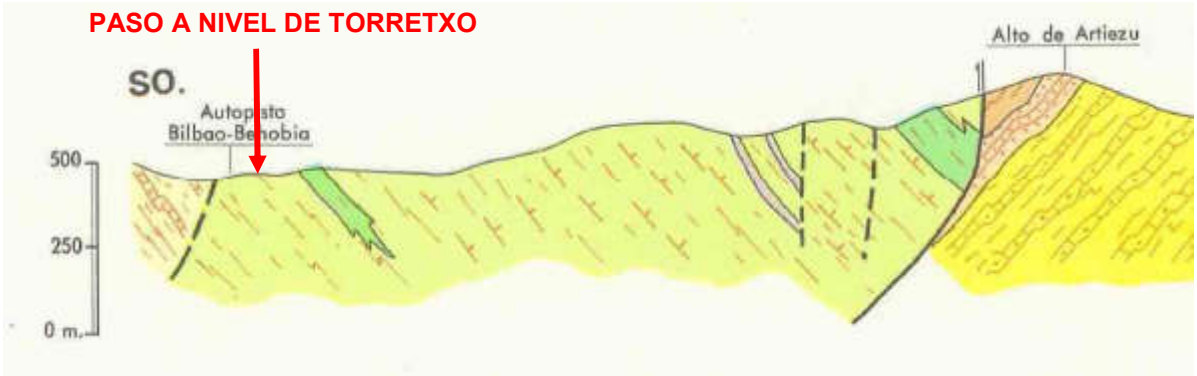


Figura nº 7. Corte geológico del encuadre global.

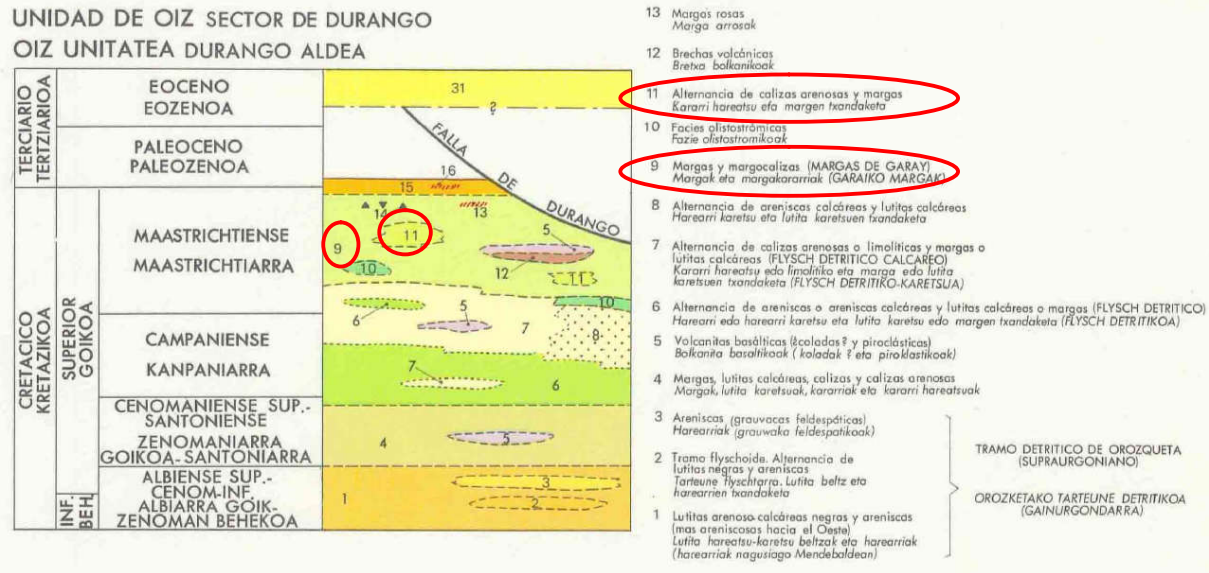


Figura nº 8. Leyenda geológica.

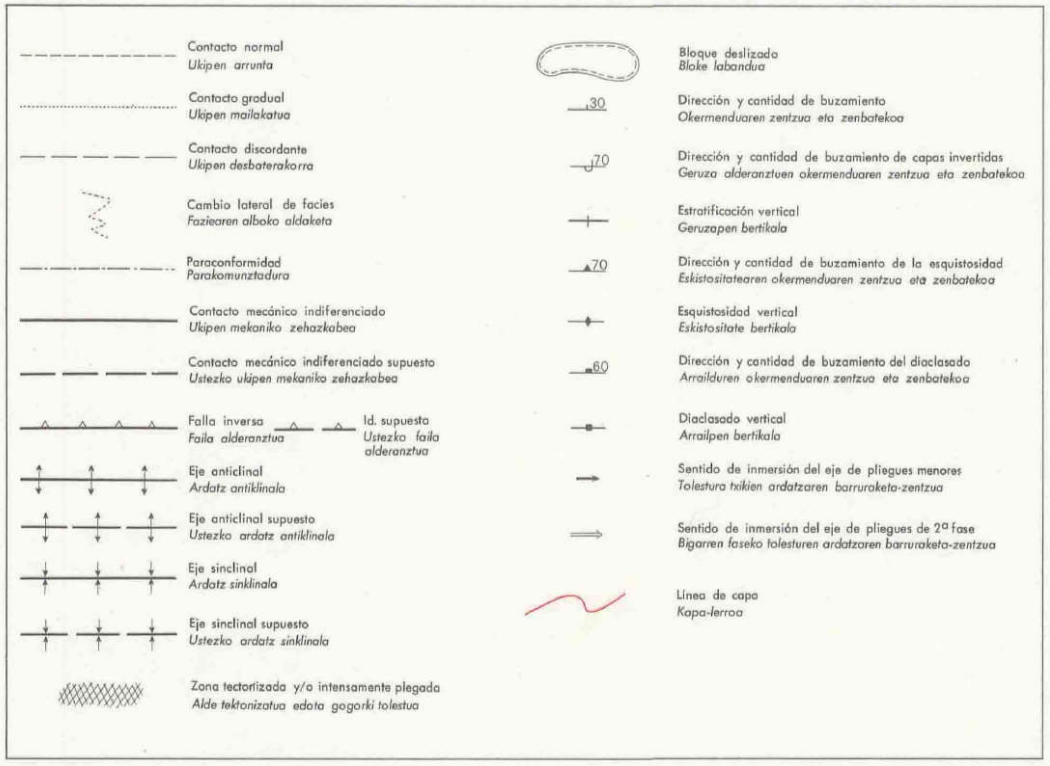


Figura nº 9. Leyenda estructural.

2.3. FORMACIONES DIFERENCIADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO

A continuación se describen detalladamente las características de las litologías más relevantes, empezando por las más antiguas hasta las más modernas:

En la zona de estudio e investigación los materiales encontrados han sido los siguientes:

- Margas y margocalizas, “Margas de Garay” del Cretácico superior (Maastrichtiense).
- Alternancia de calizas arenosas y margas del Cretácico superior (Maastrichtiense).
- Rellenos antropogénicos.

La Unidad de Oiz (Sector de Durango), tal y como puede verse en la figura 10, se sitúa al sur de la falla de Durango. Dentro de esta unidad se ubican los materiales de la zona de estudio en el Paso a Nivel.

2.3.1. Margas y margocalizas. Margas de Garay

- Litología: Margas y margocalizas, “Margas de Garay”.
- Sistema: Cretácico.
- Serie: Superior.
- Piso: Maastrichtiense
- Facies o formación: Margas de Garay.
- Unidad tectoestratigráfica: Unidad de Oiz. Sector de Durango.

Las "margas de Garay", constituidas por margas y margocalizas, forman un conjunto calcáreo bastante heterogéneo cuya potencia total no es observable, ya que hacia techo se encuentra generalmente interrumpido por la falla de Durango, y en la única zona donde se observa su techo, en contacto gradual con la formación calcárea del Maastrichtiense – Daniense, no llega a aflorar el muro.

En afloramiento pueden presentarse como margas y margocalizas estratificadas, o bien en forma de margas masivas grises de aspecto astilloso. En las inmediaciones de Garay intercala una serie de niveles con contenido bituminoso, aunque el tamaño de sus afloramientos y el recubrimiento existente no permite diferenciarlos en cartografía. Los estudios micropaleontológicos han permitido diferenciar, en las margas de Garay tres asociaciones de microfósiles que indican edades diferentes.

2.3.2. Alternancia de calizas arenosas y margas

- Litología: Alternancia de calizas arenosas y margas.
- Sistema: Cretácico.
- Serie: Superior.
- Piso: Maastrichtiense
- Facies o formación: Flysch calcáreo y detrítico-calcáreo indistintamente.
- Unidad tectoestratigráfica: Unidad de Oiz. Sector de Durango.

Dentro de las margas de Garay se han diferenciado, también, algunas alternancias de calizas arenosas y margas. Sus principales afloramientos se localizan en las proximidades del barrio de Sarriá y en la ladera sur del monte San Lorenzo. Son facies flyschoides formadas por calizas arenosas o calizas limolíticas y margas, que parecen representar llegadas turbidíticas, más o

menos esporádicas, que acaban intercalándose en el conjunto margoso de forma que se pasa lateralmente de unas a otras de forma gradual.

2.3.3. Rellenos antropogénicos

Los depósitos de origen antropogénico son acumulaciones de materiales muy heterogéneos en cuanto a origen y tamaño.

El suelo de origen antrópico aparece en zonas concretas, ligado a rellenos de la propia plataforma ferroviaria actual y a construcciones adyacentes.

2.4. ESTRUCTURA

2.4.1. Introducción

Los materiales aflorantes en la hoja de Durango pertenecen a la Unidad de Oiz. Sin embargo, en base a criterios sedimentológicos y estructurales, se ha considerado conveniente diferenciar dos sectores dentro de ella. Estos sectores se han denominado Sector de Durango y Sector de Gernika respectivamente y su límite viene definido por un importante accidente estructural de dirección N100ºE, que se conoce como falla de Durango (figura 10).

Este accidente tiene una representación cartográfica muy nítida en el presente cuadrante. Aquí pone en contacto materiales del Cretácica superior con otros de edad Eoceno; además, marca diferencias importantes en cuanto a litología y facies en los materiales de edad Cretácica superior equivalentes que se sitúan a un lado y otro de esta falla.

Hacia el noroeste, la falla de Durango puede continuarse claramente a través de los cuadrantes vecinos. Sin embargo, hacia el este y el sureste, la falla se amortigua, y su traza cartográfica se pierde, desapareciendo además las diferencias litológicas y faciológicas mencionadas en los materiales de edad Cretácica superior. En consecuencia, la división de la Unidad de Oiz en los sectores de Durango y Gernika resulta operativamente útil y fácil de realizar en el presente cuadrante, y en otros situados hacia el oeste, pero resulta superflua y de incierta materialización en los cuadrantes situados hacia el este.

Al igual que en otras hojas, el criterio general utilizado al recurrir a la división de una unidad en diversos sectores, es atribuir a cada uno de ellos series estratigráficas que en edad son más o menos· equivalentes, pero cuya correlación directa resulta problemática, al ser sus características litológicas y/o de asociación de facies distintas, y estar separadas por accidentes estructurales importantes o distancias considerables. Este es el caso de los materiales de edad Cretácico superior que afloran en el presente cuadrante, puesto que las facies que muestran al norte y al sur de la falla de Durango son distintas.

Probablemente debiera ocurrir lo mismo con los materiales del Terciario, aunque por lo que se ha podido comprobar éstos presentan facies similares, en contacto normal sobre los materiales del Cretácico superior, en ambos sectores.

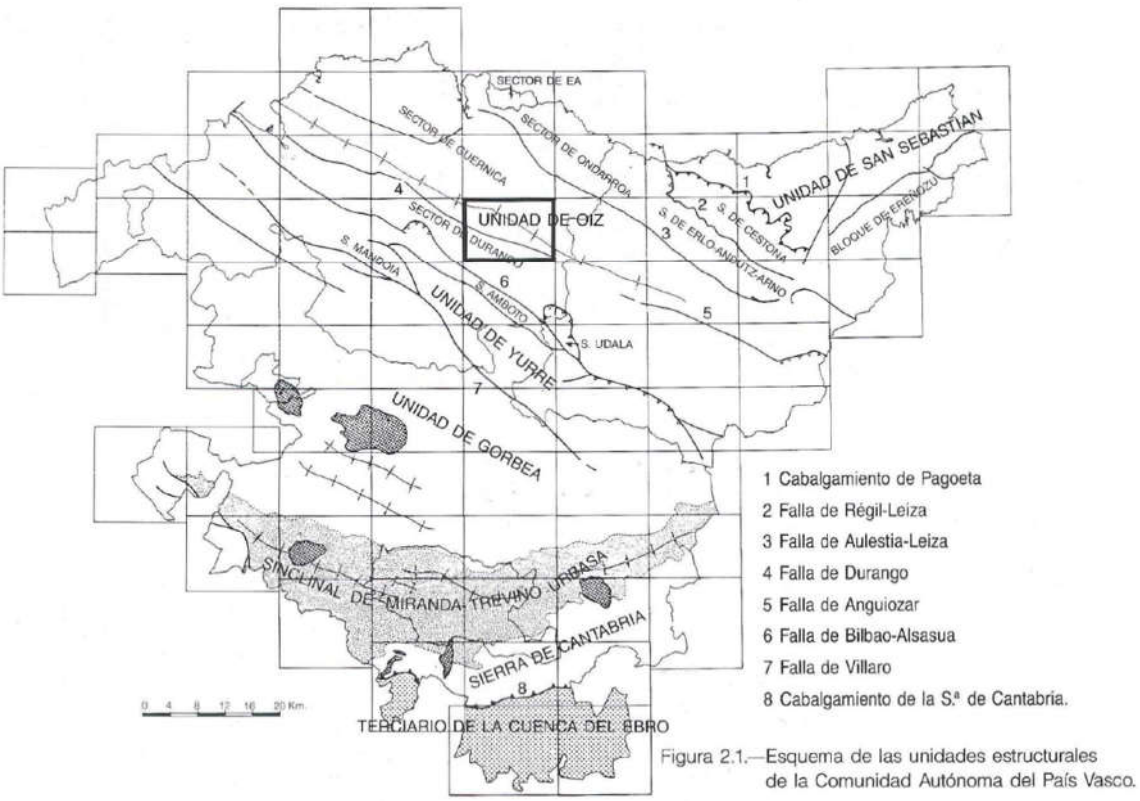


Figura nº 10. Esquema de las unidades estructurales del País Vasco.

2.4.2. Geología estructural

Los materiales aflorantes en el cuadrante de Durango se encuentran estructurados según una serie de pliegues y fallas de dirección aproximada N 110º - 130º E. Cartográficamente la estructura más llamativa es el sinclinal o sinclinorio vizcaíno, en cuyo núcleo afloran los materiales terciarios y ocupa la parte central del cuadrante; el flanco sur y especialmente el flanco norte, tienen una representación más reducida en el cuadrante.

2.4.3. Deformaciones

El flanco norte del sinclinorio se presenta en el cuadrante de Durango como un potente monoclinal buzante al suroeste, en donde los materiales aflorantes no están afectados por fracturas importantes y solamente se observan algunos pliegues menores.

El núcleo del sinclinorio está formado por una sucesión de anticlinales y sinclinales a veces afectados por fallas. Son pliegues concéntricos de gran radio, prácticamente sin vergencia, con algunos pliegues de arrastre, sobre todo en los niveles lutíticos intercalados entre bancos más competentes (pliegues decimétricos). A veces pueden observarse charnelas, más o menos amplias, formadas por un conjunto de suaves pliegues afectados por pequeñas fracturas.

En el extremo sureste del cuadrante, el cierre periclinal se resuelve por medio de un conjunto de anticlinales y sinclinales bastante apretados y frecuentemente afectados por fracturas. En las alternancias flyschoides de edad terciaria que afloran en la zona de Osma, Mallabia, Goitana y Trabakua, se desarrollan pliegues menores con morfología angular.

Al sur de la falla de Durango, los materiales del Cretácico superior, que constituyen parte del flanco sur del sinclinorio, se encuentran formando un monoclinal buzante al norte, afectado por numerosas fracturas y repliegues. Estos últimos no son fácilmente observables en el campo

debido al recubrimiento existente y la mala calidad de los afloramientos; sin embargo, quedan delatados por los frecuentes cambios de dirección y buzamiento que muestra la estratificación.

Cuando estos pliegues se observan, puede comprobarse que se trata de pliegues concéntricos, isopacos y sin vergencias claras. En consecuencia, es evidente que los materiales aflorantes en este flanco presentan un grado de deformación bastante superior al observado en el flanco norte.

En la pista de acceso al monte Oiz, se han observado algunos pliegues subangulares sinesquistosos de dirección N 170º E, que se encuentran asociados a alguna de las fracturas cartografiadas en esa zona, y que probablemente tienen una cierta componente de desgarre.

3. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

3.1. RECONOCIMIENTOS DE CAMPO

El estudio geológico – geotécnico se ha iniciado con un levantamiento geológico – geotécnico detallado de la zona de estudio, que ha incluido las siguientes actividades:

- Recopilación y consulta de la bibliografía geológica existente sobre la zona, mencionada al comienzo del presente informe.
- Reconocimiento de campo y recorrido completo del tramo por el equipo de ingeniería y geotecnia. Toma de datos geológicos y geotécnicos en afloramientos y taludes próximos a la zona de estudio.
- Caracterización geotécnica de las diferentes formaciones y materiales reconocidos a lo largo de la a la zona de estudio.

En base a los datos obtenidos se programó la Campaña de Investigación Geotécnica, compuesta por un sondeo, dos calicatas y ensayos geotécnicos de laboratorio.

Esta investigación ha permitido revisar y corregir, en su caso, la cartografía geológica – geotécnica realizada. Con objeto de obtener conclusiones geológicas y geotécnicas más fidedignas, se utiliza la información obtenida de todas las prospecciones y ensayos realizados en el tramo estudiado.

En los Planos 2 y 3 del presente documento se recoge la investigación realizada.

3.2. SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN

Se ha realizado 1 sondeo mecánicos a rotación con extracción continua de testigo, mediante la perforadora Rolatec RL-48, con un total de 14,00 metros perforados.

En la tabla adjunta se incluye el sondeo mecánico a rotación realizado en la zona de estudio. En ella, se indica el código del sondeo, la profundidad alcanzada y el emplazamiento expresado en coordenadas UTM ETRS89.

SONDEO	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m)	COORDENADAS UTM		
		X	Y	Z
S-1	14,00	534.974,40	4.779.747,98	176,85

En el sondeo se ha procedido a la toma de muestras geotécnicas con el fin de obtener testigos representativos de las características y propiedades del terreno para efectuar ensayos de laboratorio. Los tipos de muestras que se han tomado son las siguientes:

- **Testigos parafinados (TP):** son testigos de roca procedentes de sondeos que se recubren con parafina inmediatamente después de su extracción a fin de no alterar sus condiciones naturales. Estas muestras son aptas para realizar cualquier ensayo en laboratorio.
- **Muestra de agua (A):** se obtienen de los distintos niveles acuíferos detectados durante la perforación, con el fin de realizar análisis químicos. Los análisis de laboratorio más característicos son el pH y el contenido en sales y elementos contaminantes. La muestras no deben tomarse inmediatamente después de finalizar la perforación, dejando que desaparezcan los residuos debidos a la ejecución del sondeo, tanto partículas sólidas en suspensión como restos del agua de inyección o de lodos empleados para la perforación. El agua se recoge en botellas de plástico limpias, lavándolas con el mismo agua antes de ser llenadas.

Cada muestra lleva indicada la fecha, los datos de identificación del sondeo y la profundidad.

Las tablas siguientes recogen la relación de muestras tomadas en los sondeos:

SONDEO	MUESTRA (TIPO Y NÚMERO)	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	FORMACIÓN
S-1	TP-1	2,10-2,50	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray
S-1	TP-2	5,70-6,10	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray
S-1	TP-3	8,50-8,85	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray
S-1	TP-4	13,60-13,90	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray

MUESTRA AGUA	SONDEO
MA	S-1

Siendo:

- TP: Testigo parafinado.
- MA: Muestra de agua.

La situación de los sondeos aparece reflejada en el Plano 2 (Planta situación sondeos. Escala 1:500. A1) del presente documento. Los perfiles geológicos-geotécnicos de detalle, donde también se representan los sondeos, se encuentra en los Planos 3 y 4.

Los registros de los sondeos ejecutados se incluyen en el Apéndice 1 del presente documento.

3.3. NIVELES DE AGUA MEDIDOS EN SONDEOS

Se ha realizado un seguimiento de los niveles de agua existentes en el sondeo durante la ejecución de los mismos, así como una vez finalizado. Para ello, se ha colocado al finalizar cada sondeo un tubo piezométrico en toda la longitud perforada. De esta manera, el geólogo encargado de la campaña ha tomado medidas mediante sonda.

Las medidas se han realizado tras achicar el sondeo y recuperar los niveles freáticos.

En la tabla adjunta se representa el nivel freático asumido para el sondeo.

SONDEO	PROF. SONDEO (m)	PROFUNDIDAD DEL NIVEL (m)
S-1	14,00	3,60

3.4. CALICATAS

Mediante el empleo de una pala mixta se han realizado 2 calicatas.

Las calicatas de reconocimiento geotécnico ejecutadas en la zona de estudio, son excavaciones que nos han permitido la observación directa desde la superficie del perfil geológico del terreno.

Dichas excavaciones nos han permitido así mismo la obtención de muestras del terreno en los diferentes niveles observados en el perfil de excavación y eventualmente la realización de ensayos “in situ”.

Las calicatas se han ejecutado de manera mecánica utilizando una retroexcavadora mixta. Se han empleado para el reconocimiento de suelos y de rocas meteorizadas (grado IV-V). La profundidad alcanzada ha sido en general de unos 3-5metros. Se ha registrado todo tipo de información relevante, entre la que cabría destacar:

- Tipo de maquinaria empleada.
- Estratigrafía, litología, consistencia o densidad, colores, etc.
- Aparición o no de agua en el fondo o en las paredes de la calicata (con indicación cualitativa del caudal).
- Estabilidad de las paredes.
- Aspectos geomorfológicos de los materiales.

En el interior de la calicata, se han realizado pruebas de determinación de la resistencia al esfuerzo cortante en cada estrato o capa de suelo cohesivo, utilizando para ello el penetrómetro de bolsillo o el Vane Test.

De cada calicata se ha obtenido fotografías a color en las que se observen el corte realizado y el material extraído con la necesaria calidad.

Una vez finalizadas, las calicatas han sido rellenadas.

En el cuadro adjunto se resumen las catas realizadas y se indica la situación con respecto a los puntos kilométricos.

En la tabla adjunta se incluye una relación de las catas realizadas en la zona de estudio. En ella, se indica el código de cada calicata, la profundidad alcanzada y el emplazamiento expresado en coordenadas UTM.

CALICATA	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m)	COORDENADAS UTM		
		X	Y	Z
C-1	1,30	535.052,14	4.779.776,92	185,23
C-2	2,00	534.938,72	4.779.734,77	172,00

La situación de las catas aparece reflejada en los planos (planta y perfiles geológicos-geotécnicos de detalle) del presente anejo.

Los registros de las catas ejecutados se incluyen en el Apéndice 2 del presente documento.

3.5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio efectuados se concentran en los siguientes grupos:

- Estado e identificación.
- Resistencia.
- Químicos.

En los sondeos se tomaron muestras inalteradas, muestras alteradas en ensayos SPT y testigos parafinados en roca.

Sobre las muestras seleccionadas se han efectuado los siguientes ensayos de laboratorio:

SONDEO	MUESTRA (TIPO Y NÚMERO)	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	ENSAYOS REALIZADOS
S-1	TP-1	2,10-2,50	Margas y margocalizas GM II	CCR
S-1	TP-2	5,70-6,10	Margas y margocalizas GM II	CCR
S-1	TP-3	8,50-8,85	Margas y margocalizas GM II	CCR
S-1	TP-4	13,60-13,90	Margas y margocalizas GM II	CCR
S-1	MA	-	-	AA

Siendo:

- CSS: Compresión simple en suelos.
- AA: Agresividad del agua al hormigón.

ENSAYO	NÚMERO
Determinación de la densidad aparente en roca	4
Ensayo de compresión simple en roca	2
Ensayo de compresión simple, incluso tallado, con bandas extensométricas	2
Ensayo de agresividad del agua según la EHE	1

En el *Apéndice 3.1. Resumen global de ensayos geotécnicos de laboratorio* se incluye un cuadro resumen de los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras recogidas en la campaña geotécnica. En el *Apéndice 3.2. Actas de ensayos geotécnicos de laboratorio* se incluye las actas de los ensayos realizados.

En el siguiente cuadro se incluye el resumen de todos los ensayos realizados, sobre las muestras obtenidas en los sondeos

REFERENCIAS							ESTADO E IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA		
SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)			TIPO TERRENO	FORMACIÓN	DENSIDAD	COMPRESIÓN SIMPLE		
		DE	A	MEDIA			Aparente (kN/m^3)	q_u (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Coeficiente de Poisson
S-1	TP-1	2,10	2,50	2,30	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray	26,23	27,85	18.909,95	0,28
S-1	TP-2	5,70	6,10	5,90	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray	26,62	8,50		
S-1	TP-3	8,50	8,85	8,68	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray	26,20	15,20		
S-1	TP-4	13,60	13,90	13,75	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray	26,74	19,02	15.293,03	0,26

Figura nº 11. Cuadro resumen de los ensayos de laboratorio realizados para el Proyecto de Construcción de la supresión del paso a nivel de Torretxo. P.K. 37+154 de la línea Bilbao - Donostia.

En el siguiente cuadro se muestran los ensayos químicos (según la EHE) realizados en la muestra de agua tomada en el sondeo S-1 ejecutado para el Proyecto Constructivo. Se puede observar que la muestra ha dado agresividad ataque débil en dióxido de carbono.

SONDEO	pH		Magnesio (mg/l)		Sulfato (mg/l)		Residuo Seco (mg/l)		Amonio (mg/l)		Dióxido de carbono (mg/l)	
	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad
S-1	6,70	No agresiva	32	No agresiva	14	No agresiva	257	No agresiva	0	No agresiva	33	ataque debil

Figura nº 12. Cuadro resumen de los ensayos químicos sobre la muestra de agua, realizados para Proyecto de Construcción de la supresión del paso a nivel de Torretxo. P.K. 37+154 de la línea Bilbao - Donostia.

4. CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA DE LOS MATERIALES

4.1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este apartado consiste en describir, cuantificar y valorar las características geotécnicas de los diferentes materiales observados en la zona de estudio, desde el punto de vista de su comportamiento geotécnico, capacidad de soporte y estabilidad en las obras de tierra.

Se definen los espesores y características de cada uno de los niveles que constituyen el subsuelo del área de estudio, tal como queda reflejado en los perfiles geotécnicos que se recoge en los planos.

En el presente apartado se resumen las características geotécnicas de las formaciones de la traza y se indicarán también los parámetros geotécnicos característicos de cada nivel, deducidos a partir de las investigaciones realizadas (cartografía geológica, sondeos, ensayos de campo “in situ” y de laboratorio, etc).

Los materiales afectados son las margas y margocalizas, “Margas de Gary” del Cretácico superior (Maastrichtiense).

A continuación, se describe esta unidad geotécnica afectada por la traza y se desarrolla la caracterización geotécnica de los materiales.

4.2. MARGAS Y MARGOCALIZAS, "MARGAS DE GARAY"

Estos materiales son atravesados por todo el trazado.

Son margas y margocalizas blandas de color gris, ligeramente meteorizadas (GM-II), con estratificación delgada a medianamente potente ß≈40-45º, con juntas cerradas a algo cerradas generalmente oxidadas con ß≈70º, de calidad mediana (≈55%).

Las margas y margocalizas se presentan fracturadas (RQD de 55), sanas con juntas teñidas de óxido (GM II).

El espesor de roca meteorizada (GM IV-V) es escaso tanto en el sondeo S-1, como en las calicatas (C-1, C-2):

- Sondeo S-1: Espesor 0,45 m (de 0,25 a 0,70 m).
- Calicata C-1: Espesor 0,60 m (de 0,50 a 1,10 m).
- Calicata C-2: Espesor 1,40 m (de 0,40 a 1,80 m).

A continuación se analizan los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos en esta formación.

4.2.1. Identificación y estado

Los valores de la densidad aparente apenas varían y se sitúan entre 26,20 y 26,74 kN/m^3. El valor medio en los 4 ensayos realizados es de 26,45 kN/m^3.

En el siguiente cuadro se resume los valores obtenidos de los ensayos de identificación efectuados:

VALOR	DENSIDAD APARENTE (kN/m^3)
Número de valores	4
Promedio	26,45
Máximo	26,74
Mínimo	26,20
Desviación estándar	0,27

4.2.2. Resistencia y deformabilidad

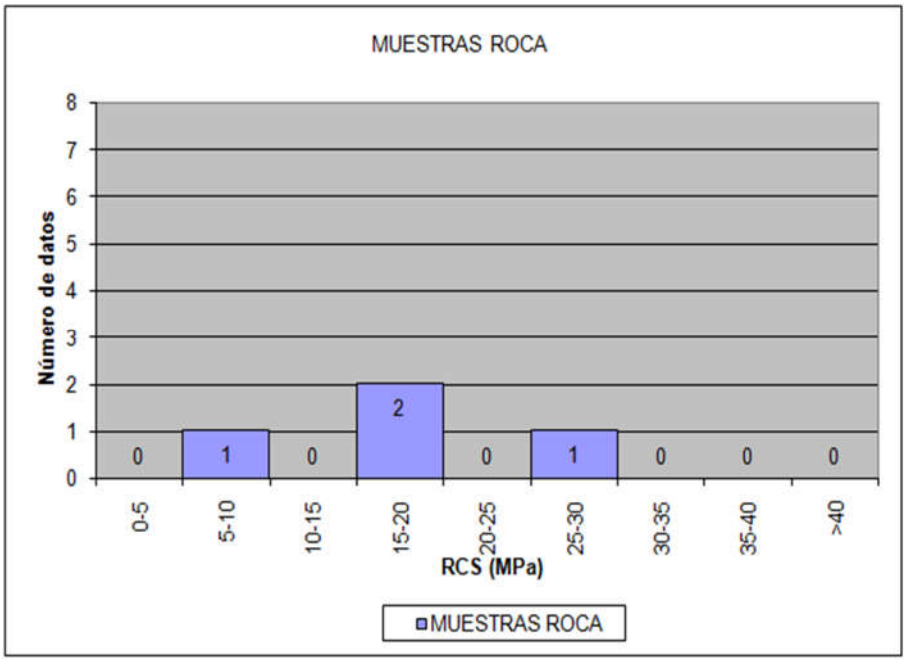
Se han realizado 4 ensayos de compresión simple, 2 de ellos con bandas extensiométricas para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson de la roca intacta. El valor medio de la resistencia a compresión simple es de 17,64 MPa, lo cual indica una baja resistencia del macizo rocoso. Con un mínimo de 8,50 MPa y un máximo de 27,85 MPa. La desviación estándar de 8 MPa.

El módulo de Young medio obtenido ha sido de 17.101 MPa, con un coeficiente de Poisson de 0,27.

En el siguiente cuadro se resumen los valores estadísticos de los ensayos de resistencia efectuados:

VALOR	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPA)	MÓDULO DE YOUNG (MPA)	COEFICIENTE DE POISSON
Número de valores	4	2	2
Promedio	17,64	17.101,49	0,27
Máximo	27,85	18.909,95	0,28
Mínimo	8,50	15.293,03	0,26
Desviación estándar	8,08	2.557,55	0,014

A continuación se presenta un histograma con la distribución de valores obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión simple efectuados.



Como se puede observar, la distribución es abierta, con un valor máximo para las muestras en el rango 15-20 MPa.

A continuación se adjunta una tabla con el resultado de la resistencia a compresión simple de los testigos parafinados obtenidos en las rocas sanas (grado de meteorización II o inferior):

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	GRADO METEORIZACIÓN (III o inferior)	RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
S-1	TP-1	2,10-2,50	Margas y margocalizas	II	27,85
S-1	TP-2	5,70-6,10	Margas y margocalizas	II	8,50
S-1	TP-3	8,50-8,85	Margas y	II	15,20

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	GRADO METEORIZACIÓN (III o inferior)	RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
			margocalizas		
S-1	TP-4	13,60-13,90	Margas y margocalizas	II	19,02

4.2.3. Conclusiones y resumen

En el siguiente cuadro se incluyen los valores representativos según el análisis efectuado en los ensayos de laboratorio de las muestras de la formación margas y margocalizas, “Margas de Garay”.

VALOR	MARGAS Y MARGOCALIZAS
Densidad aparente (kN/m^3)	26,45
Compresión simple (MPa)	17,64
Módulo de Young (MPa)	17.101,49
coeficiente de Poisson	0,27

4.3. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS PARA LOS CÁLCULOS

Se muestra a continuación una tabla de los parámetros geotécnicos utilizados en los cálculos del cajón empujado.

MARGAS Y MARGOCALIZAS	VALOR	UNIDADES	OBSERVACIONES
DENSIDAD APARENTE	26,45	kN/m^3	4 Ensayos de laboratorio.
ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO	35	º	Sin datos de laboratorio. Experiencia y Bibliografía.
COHESION	1	MPa	Sin datos de laboratorio. Experiencia y Bibliografía.
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL	15.000	t/m^3	Sin datos de laboratorio. Experiencia y Bibliografía.
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL K30	500.000	t/m^3	Sin datos de laboratorio. Experiencia y Bibliografía.
COMPRESIÓN SIMPLE	17,64	MPa	4 Ensayos de laboratorio.
MÓDULO DE YOUNG	17.101,49	MPa	2 Ensayos de laboratorio.
COEFICIENTE DE POISSON	0,27	-	2 Ensayos de laboratorio.
SITUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO (Desde cota superior del cajón)	Cota 173,25	m	Profundidad: 3,60 m (desde cota terreno).

5. EXCAVABILIDAD

Los materiales excavados para las obras de ejecución del paso a nivel de Torretxo pueden clasificarse en tres categorías, en función de su facilidad de extracción:

- Materiales excavables, que se pueden extraer con medios mecánicos convencionales, del tipo retroexcavadora o pala cargadora.
- Materiales ripables, que requieren de una operación previa de ripado para su extracción mediante medios mecánicos convencionales.
- Materiales volables, que requieren del uso sistemático de voladuras para su excavación.

Las condiciones de excavabilidad son muy importantes a la hora de ejecutar el cajón empujado y los desmontes en trinchera.

Las condiciones de excavabilidad de los materiales afectados el paso a nivel se han determinado a partir de los datos obtenidos en los sondeos, calicatas y ensayos de laboratorio efectuados, así como de las observaciones realizadas en el entorno del tramo: puntos de lectura en afloramientos, desmontes existentes en las proximidades del tramo.

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, los materiales a excavar serán magas y margocalizas del Cretácico Superior.

Estos materiales cretácicos cuando se encuentran alterados o meteorizados, es decir, en los afloramientos de la vía actual, o bien en el contacto con el recubrimiento cuaternario, serán excavables. En la transición hacia los niveles más sanos, será necesario un ripado previo para la excavación de estos materiales. En los niveles más sanos, con grado de meteorización en torno a G-III o inferior, para la excavación será necesario emplear martillo rompedor e incluso voladura.

A continuación se adjunta una tabla con el resultado de la resistencia a compresión simple de los testigos parafinados obtenidos en las rocas sanas (grado de meteorización II o inferior):

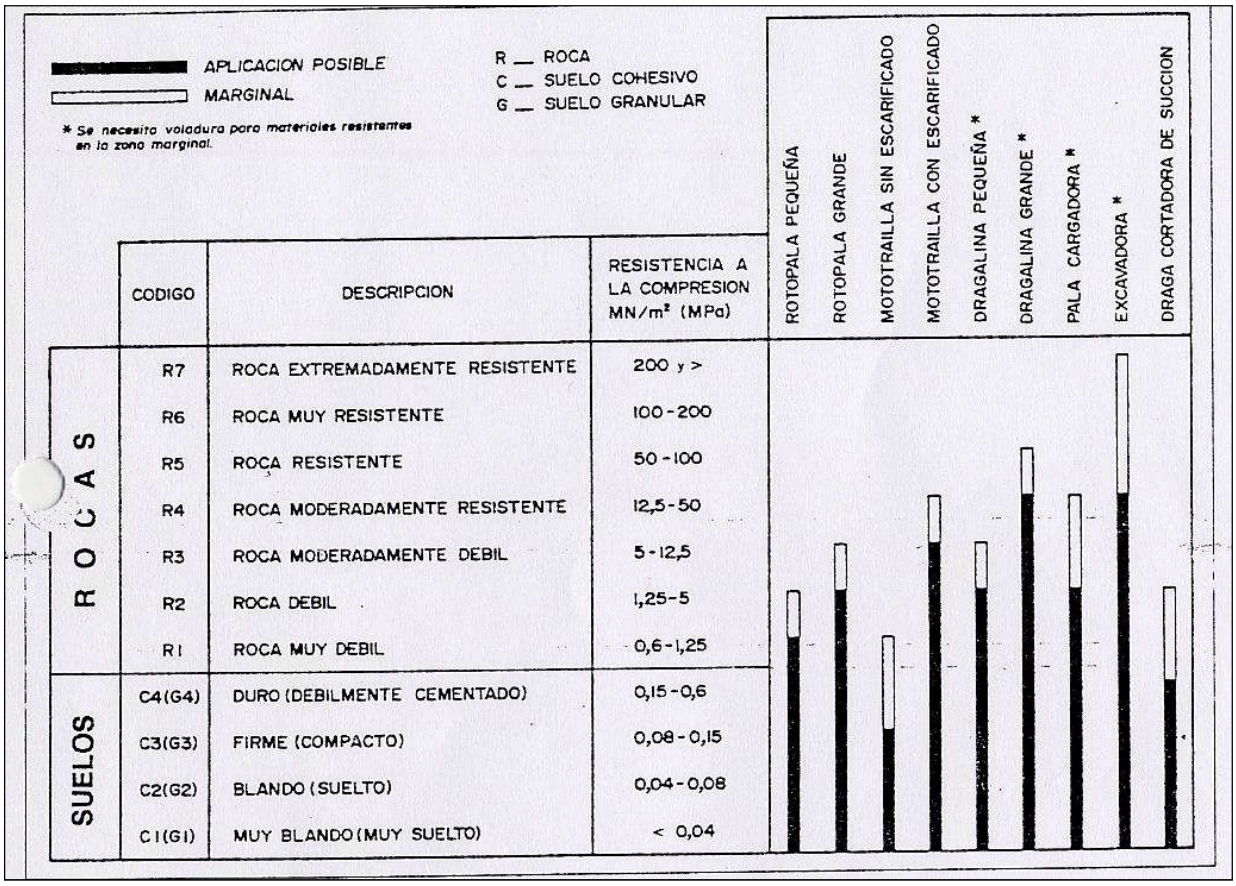
SONDEO	MUESTRA (TIPO Y NÚMERO)	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
S-1	TP-1	2,10-2,50	Margas y margocalizas GM II	27,85
S-1	TP-2	5,70-6,10	Margas y margocalizas GM II	8,50
S-1	TP-3	8,50-8,85	Margas y margocalizas GM II	15,20
S-1	TP-4	13,60-13,90	Margas y margocalizas GM II	19,02

En los siguientes apartados se justifican los criterios seguidos, según la resistencia a compresión simple, el grado de meterorización, espaciamiento de las juntas y el estado de la fracturación de la roca.

Para definir el grado de excavabilidad del macizo rocoso, se han utilizado cuatro criterios: *compresión simple*, *Pettifer – Fookes* (1994), *Scoble – Muftouglu* (1984) y *Romana* (1993).

5.1. EN FUNCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

En el siguiente gráfico, se incluyen los criterios de excavabilidad de los materiales, en función de su resistencia a compresión simple.



	CODIGO	DESCRIPCION	RESISTENCIA A LA COMPRESION MN/m² (MPa)
ROCAS	R7	ROCA EXTREMADAMENTE RESISTENTE	200 y >
	R6	ROCA MUY RESISTENTE	100-200
	R5	ROCA RESISTENTE	50-100
	R4	ROCA MODERADAMENTE RESISTENTE	12,5-50
	R3	ROCA MODERADAMENTE DEBIL	5-12,5
	R2	ROCA DEBIL	1,25-5
	R1	ROCA MUY DEBIL	0,6-1,25
SUELOS	C4(G4)	DURO (DEBILMENTE CEMENTADO)	0,15-0,6
	C3(G3)	FIRME (COMPACTO)	0,08-0,15
	C2(G2)	BLANDO (SUELTO)	0,04-0,08
	C1(G1)	MUY BLANDO (MUY SUELTO)	< 0,04

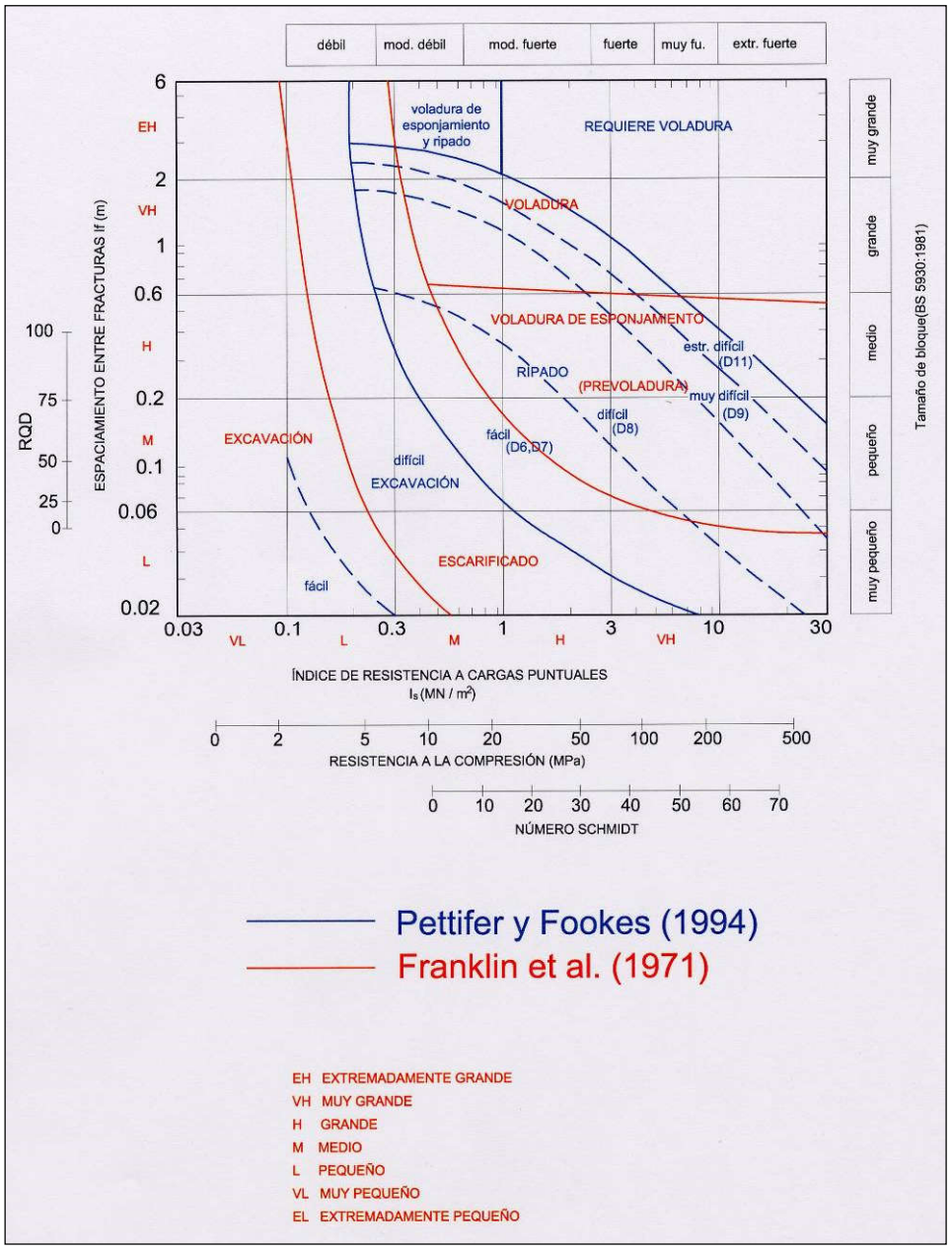
Como se puede observar, para la excavación de los suelos cuaternarios débilmente cementados (Q), del grupo G-4, se pueden emplear excavadoras. Cuando este suelo se encuentre cementado será necesario un escarificado previo.

Para los materiales cretácicos (Margas y margocalizas, “Margas de Garay”) alterados o meteorizados (pertenecientes a los grupos R1, R2 y R3) se puede emplear excavadora.

En el caso de roca sana, con una resistencia a la compresión simple media de 17,64 MPa (perteneciente a los grupos R4), será necesario un ripado e incluso emplear un martillo rompedor para su excavación.

5.2. EN FUNCIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

En 1971 Franklin et al. propusieron un gráfico en el que se definía la excavabilidad en función de la resistencia de la roca, medida mediante el ensayo de carga puntual y el espaciado de las discontinuidades. Posteriormente Pettifer y Fookes (1994) propusieron una revisión de dicho gráfico, basándose en más de 100 casos de estudio. Para el presente proyecto se ha realizado la estimación de la excavabilidad basándose en el criterio de Petiffer y Fookes. En el gráfico adjunto se presenta el gráfico de referencia, junto al propuesto por Franklin et al.



El substrato rocoso (GM-II), presenta una resistencia a compresión simple media de unos 17,64 MPa, un RQD de 55 y un espaciado de las discontinuidades medio de 0,2 m. Estos datos se introducen en el gráfico y se obtienen los siguientes resultados:

- Franklin et al.: Escarificado.
- Pettifer y Fookes: Ripado fácil.

5.3. ESTIMACIÓN DE LA EXCAVABILIDAD EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE EXCAVABILIDAD

Este índice es muy completo, está definido a partir de cuatro parámetros geomecánicos: resistencia a compresión simple, extensión de la meteorización, espaciamiento de juntas y planos de estratificación.

La clasificación propuesta por Scoble y Muftuoglu (1984) define el Índice de excavabilidad (IE). Resulta de la suma de cuatro parámetros geomecánicos:

$$IE = W + S + J + B$$

Donde:

W = alteración por meteorización

S = resistencia a compresión simple

J = Separación entre diaclasas

B = Potencia de estratos

En primer lugar se establecen los valores de acuerdo a las características del material en estudio:

PARAMETROS	CLASES DE MACIZOS ROCOSOS				
	1	2	3	4	5
ALTERACION	INTENSA	ALTA	MODERADA	LIGERA	NULA
Valoración (W)	< 0	5	15	20	25
RESISTENCIA DE LA ROCA (MPa)	< 20	20 - 60	40 - 60	60 - 100	> 100
COMPRESION SIMPLE (MPa) $I_s(50)$	< 0,5	0,5 - 15	1,5 - 2,0	2 - 3,5	> 3,5
Valoración (S)	0	10	15	20	25
SEPARACION ENTRE DIACLASAS (m)	0,3	0,6 - 1,5	0,6 - 1,5	1,5 - 2	> 2
Valoración (J)	5	15	30	45	50
POTENCIA DE ESTRATOS (m)	< 0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 0,6	0,6 - 1,5	> 1,5
Valoración (B)	0	5	10	20	30

En este caso, según los valores obtenidos de la campaña de investigación efectuada, pueden valorarse los parámetros según se indica en el siguiente cuadro:

PARÁMETROS	VALOR DE LA ROCA INTACTA	PARÁMETROS
ALTERACIÓN (W)	LIGERA	20
RESISTENCIA DE LA ROCA (S)	8,50 – 27,85 MPa	0 – 10
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (J)	0,2 – 0,6 m	5 – 15
POTENCIA DE ESTRATOS (B)	0,1 – 0,6 m	0 – 10
SUMA		25 – 55

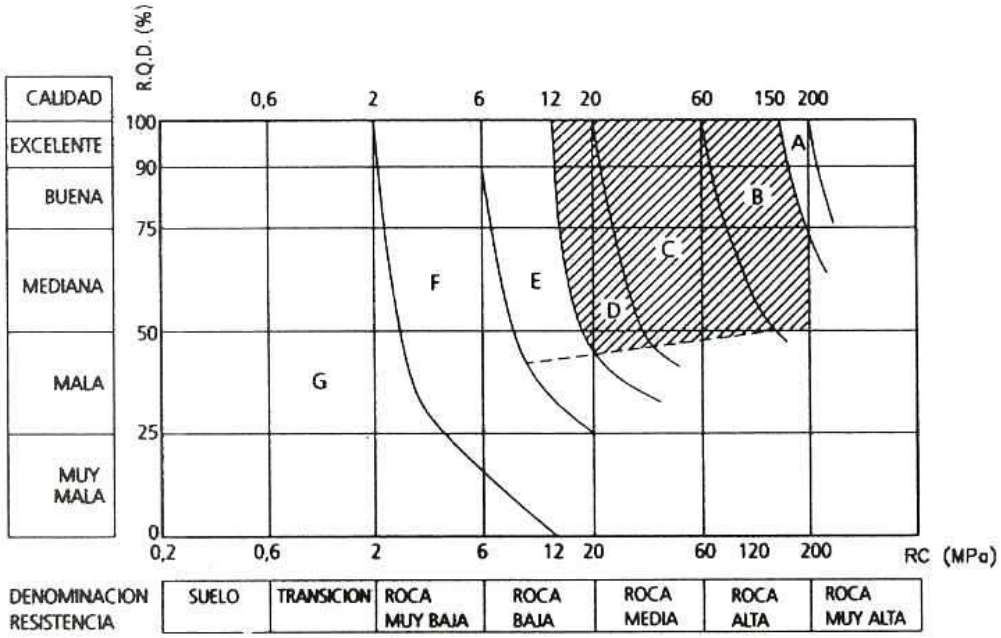
Una vez establecido el índice de excavabilidad, se puede evaluar en la siguiente tabla el método más apropiado:

CLASE	FACILIDAD DE EXCAVACION	INDICE (W+S+J+B)	EQUIPO DE EXCAVACION	MODELOS DE EQUIPOS EMPLEADOS
1	MUY FACIL	< 40	TRACTORES DE RIPADO DRAGALINAS EXCAVADORAS	A. Tractor (Cat. D8) B. Dragalina > 5 m^3 (Lima 2400) C. Excavadora de Cables > 3 m^3 (Ruston Bucyrus 71 RB)
2	FACIL	40 - 50		A. Tractor (Cat. D9) B. Dragalina > 8 m^3 (Marion 195) C. Excavadora de Cables > 5 m^3 (Ruston Bucyrus 150 RB)
3	MODERADAMENTE DIFICIL	50 - 60	DRAGALINAS EXCAVADORAS	A. Tractor - Excavadora - Pala Cargadora (Cat. D9) B. Excavadora Hidráulica > 3 m^3 (Cat. 245)
4	DIFICIL	60 - 70		A. Tractor - Excavadora - Pala Cargadora (Cat. D10) B. Excavadora Hidráulica > 3 m^3 (Cat. 245 ó O&K RH40)
5	MUY DIFICIL	70 - 95	EXCAVADORAS	Excavadora Hidráulica > 3 m^3 (Cat. 245 ó O&K RH40)
6	EXTREMADAMENTE DIFICIL	95 -100		Demag H111 Poclain 1000 CK P & H 1200 R H 75 Excavadoras Hidráulicas > 7 m^3
7	MARGINAL SIN VOLADURA	> 100		Demag H 185 Demag H 241 O & K RH300 Excavadoras Hidráulicas > 10 m^3

El rango de valores obtenido oscila entre IE = 25 y IE = 55, por lo que la excavación puede estimarse como muy fácil a moderadamente difícil.

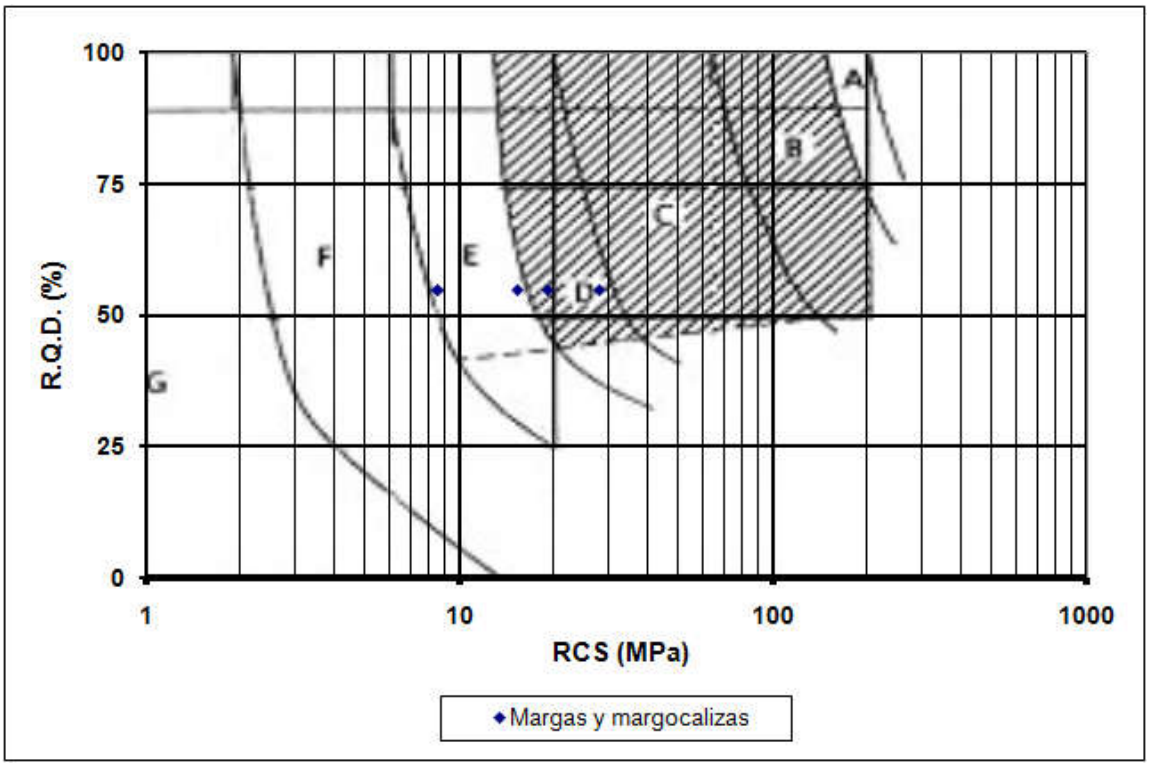
5.4. SEGÚN ROMANA (1993)

Entre las distintas propuestas efectuadas por diferentes autores, se ha seleccionado la de Romana (1993), que propone una clasificación de los macizos rocosos respecto a su excavabilidad mecánica. Esta clasificación se muestra a continuación:



ZONA	TOPO		ROZADORA			MARTILLO	PALA
	> 25 t	< 25 t	> 80 t	50 - 80 t	< 50 t		
A	Posible ?						
B	Adecuado	Posible ?	Posible ?				
C	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado			
D	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Posible	Posible ?	
E	Posible	Posible	Posible	Adecuado	Adecuado	Posible	Posible ?
F				Posible	Adecuado	Adecuado	Posible
G					Posible	Posible ?	Adecuado

A continuación se introduce en el gráfico las muestras ensayadas:



Las margas y margocalizas presentan valores de RQD cercano al 55 % de manera general. Los valores de resistencia a compresión simple son bajos, con una media de 17,64 MPa.

De acuerdo a las condiciones anteriormente descritas, las margas y margocalizas se encuentran en su mayor parte englobadas en las franjas E y D.

5.5. RESUMEN EXCAVABILIDAD EN EL TRAMO

De acuerdo con los índices de excavabilidad recogidos en los apartados precedentes, y con nuestra experiencia en la excavación de estos materiales, pueden establecerse las siguientes conclusiones:

- Todos los materiales del recubrimiento cuaternario (tan solo aparece tierra vegetal), serán fácilmente excavables con medios mecánicos convencionales, retroexcavadora o pala cargadora.
- La franja de roca intensamente meteorizada, grado V-IV, será también excavable con medios convencionales. El espesor de la roca intensamente meteorizada es escaso, estando este entre 0,45 m y 1,40 m, según la investigación geotécnica realizada.
- Para la roca relativamente sana, en general, parece que la roca es excavable mediante medios mecánicos (incluido martillo rompedor), aunque el empleo de explosivo puede ser también un método de excavación adecuado.

6. APROVECHAMIENTO DE MATERIALES

6.1. EMPLEO DE LOS MATERIALES

En el siguiente cuadro se resumen los aprovechamientos de cada material extraído de la excavación en la traza, de acuerdo a su litología, de acuerdo a la caracterización geotécnica de materiales incluida en el presente Anejo.

FORMACIÓN	EMPLEO PREVISTO
MARGAS Y MARGOCALIZAS GM IV-V	Depósito de sobrantes.
MARGAS Y MARGOCALIZAS GM IV-V	- Pedraplén, cimiento de terraplén, coronación y espaldones. - Materiales a emplear en cubrición de túneles artificiales (hasta 1,5 m sobre clave)* - Subbalasto** y capa de forma**

*Se podrá emplear las formaciones rocosas sanas como materiales a emplear en cubrición de túneles artificiales (hasta 1,5 m sobre clave), siempre y cuando las formaciones cumplan < 1% exentos de materia vegetal.

**Las formaciones rocosas sanas cumplen las prescripciones para el empleo como subbalasto y capa de forma, a falta del ensayo Micro Deval. Por tanto habrá que comprobar en obra los resultados de este ensayo para ver si estas formaciones son aprovechables para subbalasto y capa de forma.

Se deberá procurar una adecuada granulometría y una eliminación de los finos cuando sea necesario.

Para el empleo en escollera los bloques han de tener una resistencia a compresión simple > 100 Mpa. Se han realizado 4 ensayos a compresión simple en la formación rocosa, y ninguno de estos ensayos supera los 100 Mpa.

Debido al elevado contenido de finos y humedad de los materiales tipo suelo, se ha previsto que las fracciones meteorizadas de la roca (con grado de meteorización G-IV-V) no se aprovechen y se trasladen a vertedero.

6.1.1. Coeficientes de paso

El material procedente de las excavaciones experimenta un esponjamiento tras ser arrancado y una disminución de volumen al ser colocado en rellenos compactados y vertederos. La relación entre el volumen final obtenido en obra y el volumen inicial unitario, in situ, de este mismo material, se denomina coeficiente de paso.

El coeficiente de paso en rellenos tipo terraplén puede estimarse en función de la densidad in situ y de la densidad de puesta en obra.

$$CoeficientedePaso = \frac{V_{FINAL}}{V_{INICIAL}} = \frac{\frac{Peso\,seco}{D_{SECA}final}}{\frac{Peso\,seco}{D_{SECA}inicial}} = \frac{D_{SECA}inicial}{D_{SECA}final}$$

La determinación de la densidad seca final del material puesto en obra es compleja. Si bien en el caso de materiales tipo suelos los ensayos de compactación proporcionan ese valor con un grado de fiabilidad alto, la obtención de ese valor aplicado a rellenos tipo pedraplén o todo-uno no puede

realizarse mediante ensayos de laboratorio convencionales, así para los materiales rocosos, se ha estimado un coeficiente de paso de 1,2.

Para la formación de vertederos y rellenos no compactados, se ha estimado un coeficiente de paso de 1,3.

Estos coeficientes de paso son útiles para la valoración de los medios de extracción, transporte y puesta en obra del material excavado, una vez que se ha determinado que es aprovechable. Por tanto, estos valores pueden emplearse desde un punto de vista de producción, con un enfoque muy localizado a efectos de gestionar los medios de producción.

Este enfoque no es válido, sin embargo, para el estudio de un modo global de la compensación de volúmenes de la obra proyectada. Los materiales no son aprovechables en un 100% de los casos. Este hecho, así como las pérdidas del material durante el proceso de excavación, transporte y extendido, o las debidas a dificultades de compactación y otros factores, se tienen en cuenta adoptando un porcentaje de aprovechamiento. Con este porcentaje de aprovechamiento se calcula el movimiento de tierras.

7. OBRAS DE TIERRA

7.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de desmontes comprende una serie de aspectos a considerar en fase de proyecto:

- Definición de taludes recomendables y condiciones de estabilidad
- Comportamiento en el tiempo y mantenimiento
- Sistemas de excavación previsibles
- Utilización del material procedente de la excavación
- Definición de medidas específicas de sostenimiento y drenaje

Desde el punto de vista geotécnico, estos aspectos dependen de diversos factores difíciles de valorar, tanto por las limitaciones propias de la técnica como por las inherentes a una obra de desarrollo lineal, donde las condiciones difieren notablemente de unos puntos a otros.

En general, se estima que los desmontes serán estables para los taludes diseñados; no obstante, debe esperarse que en obra existan ciertas divergencias respecto a las previsiones de proyecto. En este sentido, se considera imprescindible no dar por terminado el estudio de los desmontes importantes en la fase de proyecto, y disponer, durante su ejecución, de una asesoría geotécnica con experiencia en el tema, que supervise las excavaciones, y en caso de necesidad, pueda adaptar las recomendaciones de proyecto a las condiciones reales del terreno. El seguimiento técnico de las excavaciones repercutirá muy favorablemente en la seguridad y economía de la obra, y reduciría, sin duda, las labores de conservación.

Para el estudio de los diferentes desmontes se han tenido en cuenta todos los factores que pueden incidir en la estabilidad y diseño de los mismos, como son:

- Características de los suelos: espesor, resistencia, condiciones naturales de estabilidad, etc.
- Litología: tipo de rocas y su composición, resistencia de la roca sana, espesor y resistencia de la roca meteorizada, etc.
- Estructura del macizo rocoso: situación y características de las estructuras principales (pliegues, fallas, etc.).
- Condiciones hidrogeológicas: superficiales (arroyos, manantiales, pozos, zonas encharcadas, etc.) y profundas (nivel freático, zonas preferentes de circulación de agua, etc.)

7.2. INVENTARIO DE TALUDES EXISTENTES

Se ha llevado a cabo un estudio de los desmontes existentes en la vía actual, con vistas al análisis de los taludes de la excavación, el grado de estabilidad y las medidas de drenaje, así como la toma de datos geomecánicos y estructurales.

La mayor parte de los desmontes estudiados se corresponden con los existentes en la actual vía ferroviaria de la Línea Bilbao-Donostia.

En el Apéndice 4 ”Puntos de lectura y estaciones geomecánicas” se presentan los datos de las discontinuidades y del macizo rocoso obtenidos durante el trabajo de campo.

Para nombrar a los taludes (derecho e izquierdo) se ha seguido los PPKK crecientes dirección Donostia. El talud derecho es el talud Sur y el talud izquierdo es el talud Norte.

Los actuales taludes se encuentran en roca meteorizada, desde moderadamente meteorizada (GM III) a completamente meteorizada (GM IV).

Como se puede observar en las siguientes fotografías en el talud izquierdo existe un muro de hormigón de contención.



Figura nº 13. Vistas del talud derecho (Sur).



Figura nº 14. Vistas del talud izquierdo (Norte).

7.3. LITOLOGÍA

Las "margas de Garay", constituidas por margas y margocalizas, forman un conjunto calcáreo bastante heterogéneo cuya potencia total no es observable.

En afloramiento pueden presentarse como margas y margocalizas estratificadas, o bien en forma de margas masivas grises de aspecto astilloso.

Son margas y margocalizas blandas de color gris, ligeramente meteorizadas (GM-II), con estratificación delgada a medianamente potente ß≈40-45º, con juntas cerradas a algo cerradas generalmente oxidadas con ß≈70º, de calidad mediana (≈55%).

Las margas y margocalizas se presentan fracturadas (RQD de 55), sanas con juntas teñidas de óxido (GM II).

El espesor de roca meteorizada (GM IV-V) es escaso tanto en el sondeo S-1, como en las calicatas (C-1, C-2):

- Sondeo S-1: Espesor 0,45 m (de 0,25 a 0,70 m).
- Calicata C-1: Espesor 0,60 m (de 0,50 a 1,10 m).
- Calicata C-2: Espesor 1,40 m (de 0,40 a 1,80 m).

Los actuales taludes se encuentran en roca meteorizada, desde moderadamente meteorizada (GM III) a completamente meteorizada (GM IV).

En el sondeo efectuado (S-1), la roca aparece sana con juntas teñidas de óxido (GM-II) partir de los 0,80 m.

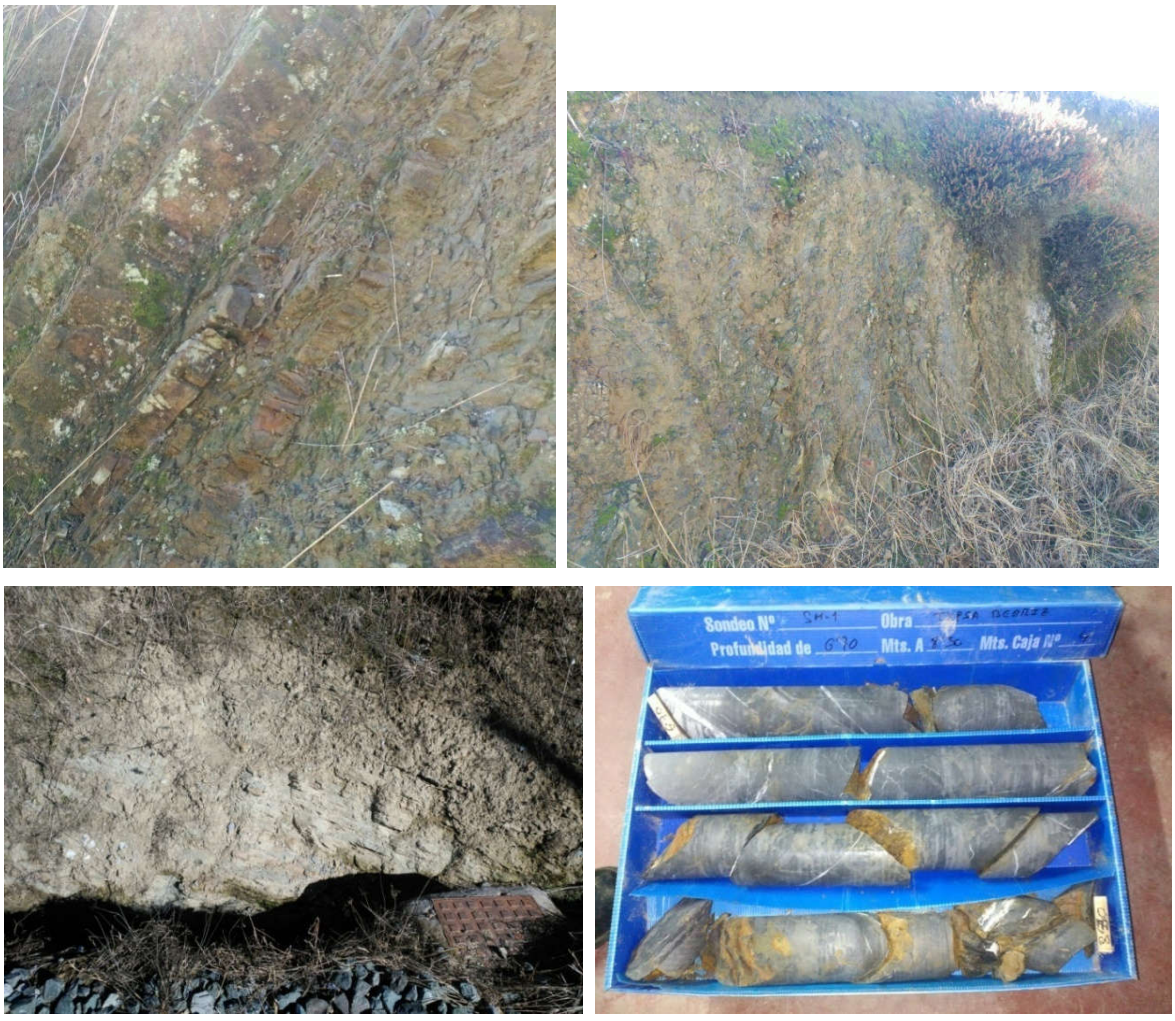


Figura nº 15. Margas y margocalizas en los afloramientos de la actual vía del ferrocarril y en registro del sondeo.

7.4. ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Se han realizado Estaciones Geomecánicas con su correspondiente toma de datos.

Las clasificaciones geomecánicas son un método de ingeniería geológica que permite evaluar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos. Este comportamiento incluye la estimación de los parámetros geotécnicos de diseño, o el tipo de sostenimiento en un túnel.

A continuación se muestra los datos estructurales tomados en las estaciones geomecánicas en los dos taludes actuales de las vías del ferrocarril.

DATOS ESTRUCTURALES DEL MACIZO ROCOSO

TRABAJO: SUPRESIÓN PASO A NIVEL TORRETXO LOCALIDAD: TORRETXO (BERRIZ)
REALIZADO PJL FECHA: Noviembre 17 HOJA: 1 DE 1

SITUACIÓN	TIPO DE PLANO	ORIENTACIÓN		CONTINUIDAD (m) S.RUMBO/S.BUZ								ESPACIADO (m)							SUPERFICIE		RELLENO		METEORIZACIÓN	RESISTENCIA	AGUA	LITOLOGÍA	OBSERVACIONES
		DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	1		1 A 3		3 A 10		10 A 20	>20	<0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2	2 A 6	>6	ONDULACIÓN	JRC	ESPESOR (mm)	TIPO					
001	E	100	34								X X		X						3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
001	E	110	30								X X		X						3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
001	J	202	60			X	X							X					3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
001	J	308	74			X	X							X					3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
001	J	230	60			X	X							X					3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
002	E	088	52								X X			X					2	3	<0.02	Ox Fe	III	3	S	Margas y	
002	E	088	54								X X			X					2	3	<0.02	Ox Fe	III	3	S	Margas y	
002	J	170	80			X	X							X					3	5	<0.02	Ar +	III	3	S	Margas y	
002	J	196	72			X	X							X					3	5	<0.02	Ar +	III	3	S	Margas y	
003	J	200	60			X	X							X					3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
003	E	056	56								X X			X					2	3	<0.02	Ox Fe	III	3	S	Margas y	
003	E	076	70								X X			X					2	3	<0.02	Ox Fe	III	3	S	Margas y	
003	J	170	80			X	X							X					3	5	<0.02	Ar +	III	3	S	Margas y	

Figura nº 16. Datos estructurales tomados en los taludes del actual paso a nivel de Torretxo.

En el apéndice 4 “Estaciones geomecánicas y puntos de observación geológica”, se muestran dichas estaciones con los datos estructurales tomados del macizo rocoso.

7.5. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE ESTABILIDAD

Los condicionantes geológicos – geotécnicos que se han considerado para diseñar los taludes de los desmontes previstos se indican a continuación:

- Cuñas y bloques.
- Vuelco.
- Rotura plana.
- Roca meteorizada.

Para nombrar a los taludes (derecho e izquierdo) se ha seguido los PPKK crecientes dirección Donostia. El talud derecho es el talud Sur y el talud izquierdo es el talud Norte.

Para analizar las condiciones de estabilidad de los desmontes a excavar sobre roca moderadamente meteorizada o sana, se ha utilizado como instrumento de cálculo el método del Dr. K.W. John, desarrollado según el programa CALEST, elaborado por TYPSA. Este método permite conocer si un bloque rígido, delimitado por varias discontinuidades geológicas y con unas

propiedades resistentes definidas a lo largo de los planos de discontinuidad, es o no estable para un talud determinado.

Para analizar las condiciones de estabilidad al vuelco de estratos en los taludes ("toppling") se ha utilizado como instrumento de cálculo una hoja de cálculo EXCEL, elaborada por el Departamento de Geotecnia de TYPSA, que desarrolla la nueva formulación de Sagaseta, C. et al (2001).

Para el estudio individualizado de cada desmonte se ha seguido una metodología de cálculo detallada, describiéndose a continuación las diferentes fases realizadas.

- Asignación de los parámetros geomecánicos y resistentes de las discontinuidades correspondientes a cada uno de los desmontes.
- Representación en proyección estereográfica polar de las diferentes familias de discontinuidades.
- Elección del polo medio asignado a cada una de las discontinuidades con sus posibles variaciones angulares laterales.
- Representación en proyección ciclográfica de los planos de los polos medios de las discontinuidades definidas en proyección polar.
- Representación de la dirección del talud de proyecto y análisis de estabilidad.
- Estudio individualizado de las distintas intersecciones que puedan dar lugar a algún tipo de caída.
- Estudio de cada tipo de caída que puede producirse.
- Obtención del factor de seguridad para cada cuña o bloque.
- Definición del talud óptimo en base a todos los factores que inciden en el del entorno del desmonte.

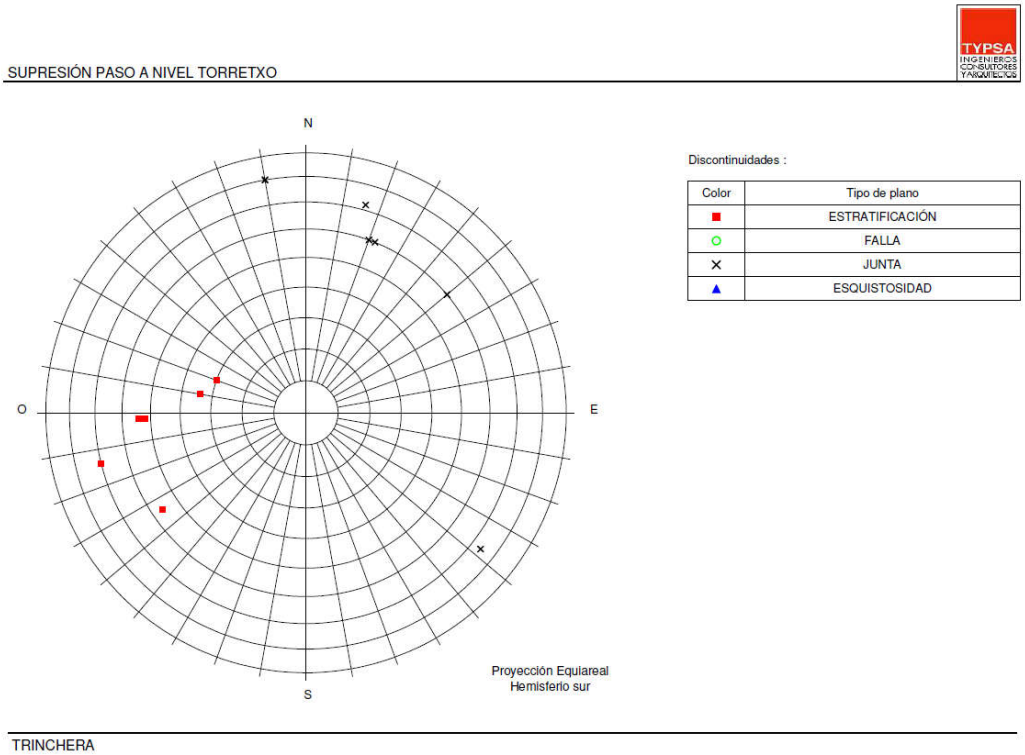
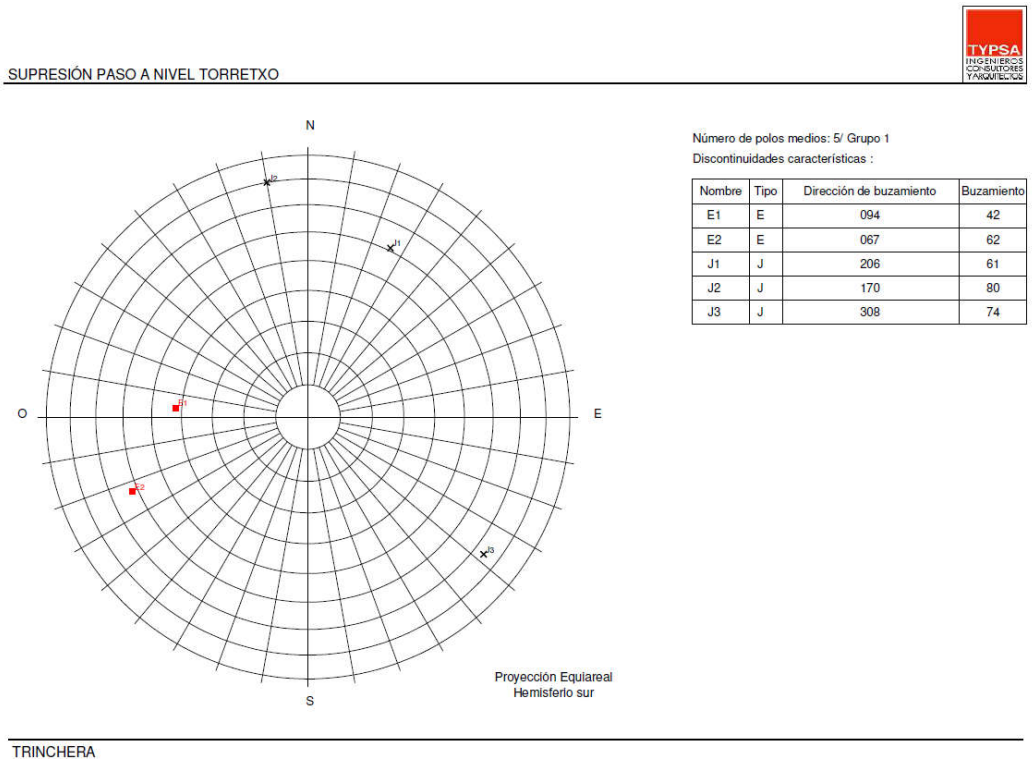


Figura nº 17. Representación en proyección estereográfica polar de las diferentes familias de discontinuidades (Estratificación y juntas).

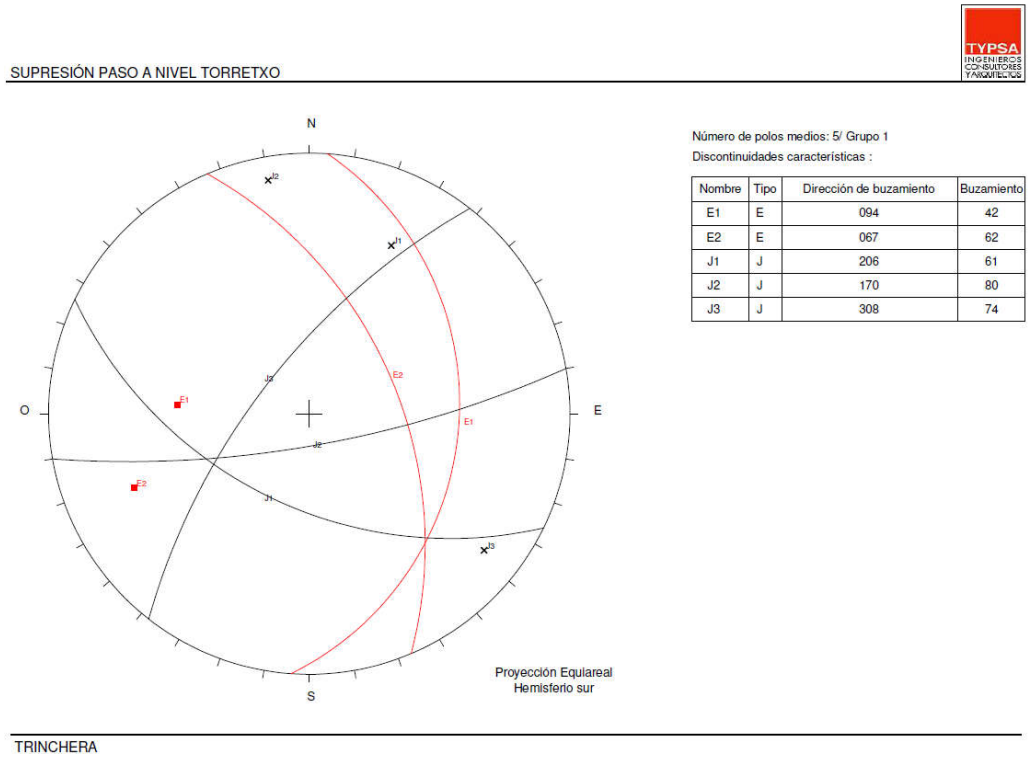


Número de polos medios: 5/ Grupo 1
Discontinuidades características :

Nombre	Tipo	Dirección de buzamiento	Buzamiento
E1	E	094	42
E2	E	067	62
J1	J	206	61
J2	J	170	80
J3	J	308	74

Figura nº 18. Selección del polo medio asignado a cada una de las discontinuidades.

A continuación, se representa en proyección ciclográfica los planos de los polos medios de las discontinuidades definidas en proyección polar, y se representa la dirección de los 2 taludes.



Número de polos medios: 5/ Grupo 1
Discontinuidades características :

Nombre	Tipo	Dirección de buzamiento	Buzamiento
E1	E	094	42
E2	E	067	62
J1	J	206	61
J2	J	170	80
J3	J	308	74

Figura nº 19. Proyección ciclográfica de los planos de los polos medios de las discontinuidades del macizo rocoso (E1, E2, J1, J2 y J3).

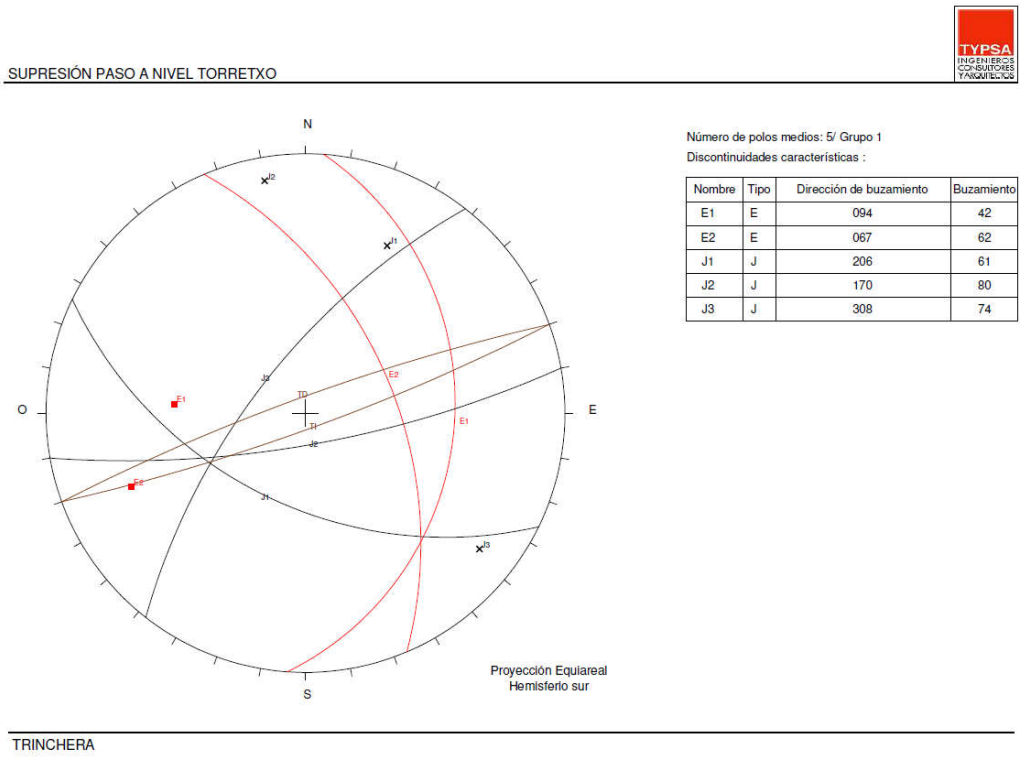


Figura nº 20. Proyección ciclográfica de los planos de los polos medios de las discontinuidades del macizo rocoso y proyección de la dirección de los 2 taludes.

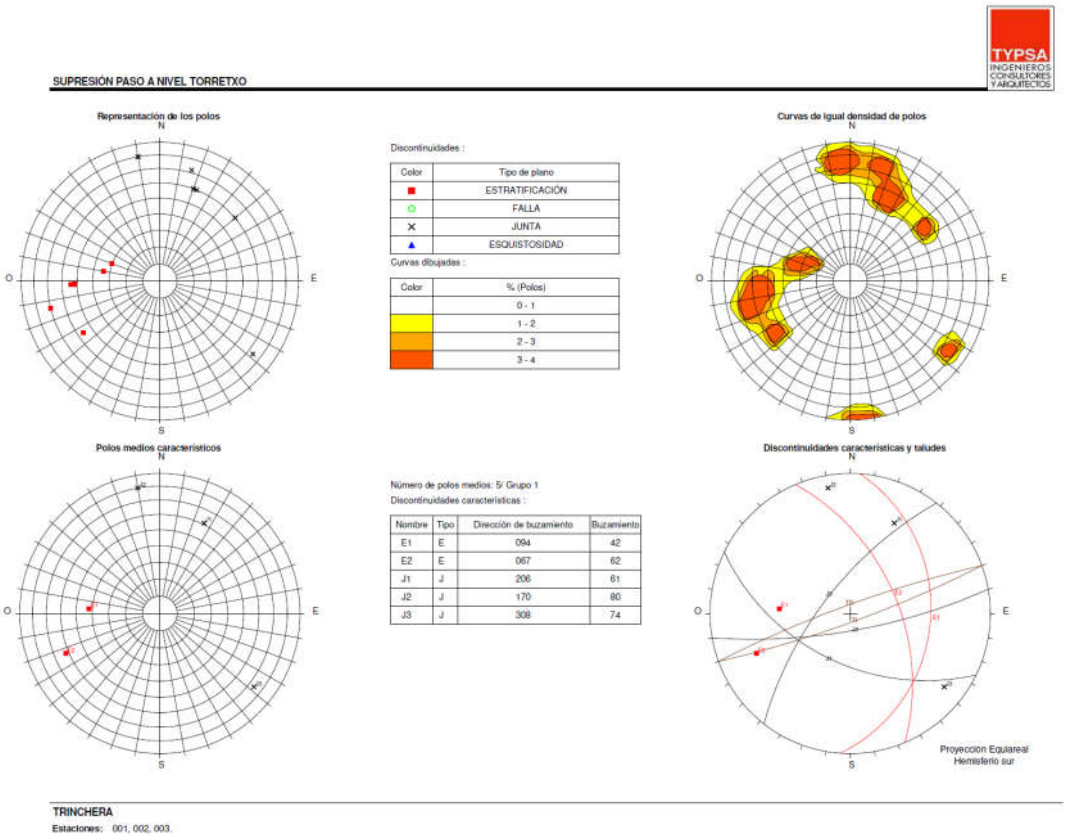


Figura nº 21. Resumen de la proyección ciclográfica y curvas de densidad.

De estos análisis se han sintetizado las siguientes familias de discontinuidades del macizo rocoso.

DENOMINACIÓN	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO / BUZAMIENTO
Estratificación (E1)	094/42
Estratificación (E2)	067/62
Junta 1 (J1)	206/61
Junta 2 (J2)	170/80
Junta 3 (J3)	308/74

La orientación de los taludes es la siguiente.

TALUD	AZIMUT	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO
TALUD IZQUIERDO	70	160
TALUD DERECHO	70	340

Seguidamente, se realiza un estudio individualizado de las distintas intersecciones que puedan dar lugar a algún tipo de caída y qué tipo de caída puede producirse, para por último, obtener el factor de seguridad para cada cuña o bloque.

Finalmente se define el talud óptimo en base a todos los factores que inciden en el entorno de los desmontes.

Se han asignado los parámetros geomecánicos y resistentes de las discontinuidades correspondientes al talud:

- Cohesión: 0.
- Ángulo de rozamiento: 30º para las juntas y 25º para la estratificación.

7.5.1. Vuelco

Se estudia en los taludes el posible vuelco de estratos. Para analizar las condiciones de estabilidad al vuelco de estratos en los taludes (“toppling”) se ha utilizado como instrumento de cálculo una hoja de cálculo EXCEL, desarrollada por el Departamento de Geotecnia de TYPSA, que implementa la nueva formulación de Sagaseta, C. et al (2001).

El vuelco de estratos en taludes (“toppling”), es un proceso de inestabilidad de taludes rocosos caracterizado por el vuelco conjunto hacia abajo de bloques de roca, bien por rotación alrededor de su pie o por flexión de los estratos.

En general, el fenómeno ocurre en taludes con una familia de discontinuidades bien definida, continua y persistente (estratificación o esquistosidad), de rumbo subparalelo a la traza del talud y con un fuerte buzamiento hacia el interior de éste.

Para que se produzca el vuelco, la discontinuidad principal y la traza del talud deben de ser subparalelos, con una diferencia de rumbos menos de 20º.

En el caso que nos aplica, no se produce vuelco ya que el rumbo de la E1 y E-2, y el rumbo del talud es mucho mayor de 20º.

7.5.2. Rotura plana

Se podría producir en el talud izquierdo (Norte) a través de la discontinuidad J2. Sin embargo no se produce ya que la discontinuidad no es descalzada por el talud, el buzamiento de la J2 es de 80, por lo que solo se producirá la rotura plana si el ángulo final del talud fuese mayor de 80.

7.5.3. Roca meteorizada (comportamiento tipo suelo)

No aplica, ya que el espesor de roca meteorizada es escaso, estando este entre 0,45 m y 1,40 m, según la investigación geotécnica realizada.

7.5.4. Cuñas y bloques

El mecanismo de inestabilidad principal que se produce es por cuñas y bloques, y por tanto se realizará el análisis y cálculo de estabilidad en base a este tipo de rotura.

7.5.4.1. Talud Izquierdo (Norte)

Se forman cuñas directas y bloques que descalzan el talud teniendo todas ellas un factor de seguridad menor de 1,50, como se puede ver en el siguiente cuadro.

También se forma cuña inversa con la combinación de la E1 y E2, sin embargo el factor de seguridad es de 1,85.

Una vez realizados los cálculos, se concluye que el desmonte izquierdo es estable para un talud de 35º.

ANALISIS DE ESTABILIDAD

TRINCHERA TORRETXO (Izquierdo)
Azimut del eje: 70
Pendiente del talud: 85

Combinación de		Orientación				Tipo de deslizamiento	Factor de seguridad	Dimensiones por unidad de altura		Ángulos de rozamiento								Talud necesario
		Pl1		Pl2						Asignados		Necesarios para alcanzar F.S = 1.5						
												Mínimos		Manteniendo uno de los asignados				
Pl1	Pl2	DBz	Bz	DBz	Bz			Volumen	Distancia del extremo al eje	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	
E1	E2	94	42	67	62	Cuña inversa	1,85	0,137	1,373	25	25	21	21	18	25	25	12	
E2	J1	67	62	206	61	Cuña directa	1,43	0,273	1,427	25	30	26	31	28	30	25	32	**35**
E1	J1	94	42	206	61	Cuña directa	0,99	0,410	1,408	25	30	35	42	41	30	25	52	**35**
E1	J2	94	42	170	80	Bloque	0,52	0,078	0,365	25		53						**69**
E2	J2	67	62	170	80	Cuña directa	0,43	0,033	0,275	25	30	56	67	67	30	25	78	**74**
J1	J3	206	61	308	74	Bloque	0,32	0,000	0,089	30		70						**84**
E1	J3	94	42	308	74	No posible												
E2	J3	67	62	308	74	No posible												
J1	J2	206	61	170	80	No posible												
J2	J3	170	80	308	74	No posible												

DBz = Dirección de Buzamiento; Bz= Buzamiento; Pl = Plano de discontinuidad.

Figura nº 22. Análisis de estabilidad por cuñas y bloques del talud izquierdo (programa CALEST desarrollado por TYPSA).

Se recomienda un talud de diseño definitivo 3H:2V.

7.5.4.2. Talud derecho (Sur)

Se forma cuña directa con la combinación de la E1 y J3, sin embargo el factor de seguridad es de 1,85.

Sin embargo, también se forma cuña directa con la combinación de la E2 y J3 siendo su factor de seguridad de 0,69.

Una vez realizados los cálculos, se concluye que el desmonte derecho es estable para un talud de 56º.

ANALISIS DE ESTABILIDAD

TRINCHERA TORRETXO (Derecho)
Azimut del eje: 70
Pendiente del talud: 85

Combinación de		Orientación				Tipo de deslizamiento	Factor de seguridad	Dimensiones por unidad de altura		Ángulos de rozamiento								Talud necesario
		PI1		PI2				Volumen	Distancia del extremo al eje	Asignados		Necesarios para alcanzar F.S = 1.5						
												Mínimos		Manteniendo uno de los asignados				
PI1	PI2	DBz	Bz	DBz	Bz					PI1	PI2	PI1	PI2	PI1	PI2	PI1	PI2	
E1	J3	94	42	308	74	Cuña directa	2,03	0,396	1,521	25	30	19	23	14	30	25	13	
E2	J3	67	62	308	74	Cuña directa	0,69	0,087	0,650	25	30	44	53	57	30	25	63	56
E1	E2	94	42	67	62	No posible												
E1	J1	94	42	206	61	No posible												
E1	J2	94	42	170	80	No posible												
E2	J1	67	62	206	61	No posible												
E2	J2	67	62	170	80	No posible												
J1	J2	206	61	170	80	No posible												
J1	J3	206	61	308	74	No posible												
J2	J3	170	80	308	74	No posible												

DBz = Dirección de Buzamiento; Bz= Buzamiento; PI = Plano de discontinuidad.

Figura nº 23. Análisis de estabilidad por cuñas y bloques del talud derecho (programa CALEST desarrollado por TYPSA).

Como ya hemos comentado se forma una cuña directa con la combinación de la E2 y J3. Como la estratificación tiene dispersión de medidas, se realiza un análisis de estabilidad con incrementos de 15º en la dirección de buzamiento y 5º de buzamientos del plano de la E2.

En la siguiente tabla se muestra todas las cuñas directas que se forman.

ANALISIS DE ESTABILIDAD

TRINCHERA TORRETXO (Derecho)
Azimut del eje: 70
Pendiente del talud: 85
Combinación: E2 / J3
Incremento de 15º en la dirección de buzamiento y de 5º en buzamiento del plano E2

Posición	Incrementos en		Orientación				Tipo de deslizamiento	Factor de seguridad	Dimensiones por unidad de altura		Ángulos de rozamiento								Talud necesario
			PI1		PI2				Volumen	Distancia del extremo al eje	Asignados		Necesarios para alcanzar F.S = 1.5						
													Mínimos		Manteniendo uno de los				
	DBz	Bz	DBz	Bz	DBz	Bz					PI1	PI2	PI1	PI2	PI1	PI2	PI1	PI2	
0	+0	+0	67	62	308	74	Cuña directa	0,69	0,087	0,650	25	30	44	53	57	30	25	63	56
1	-15	-5	52	57	308	74	Cuña directa	0,55	0,096	0,636	25	30	50	60	61	30	25	72	57
2	-15	+0	52	62	308	74	Cuña directa	0,50	0,075	0,571	25	30	52	63	65	30	25	73	60
3	-15	+5	52	67	308	74	Cuña directa	0,44	0,058	0,513	25	30	54	65	69	30	25	74	62
4	+0	+5	67	67	308	74	Cuña directa	0,62	0,068	0,585	25	30	47	56	61	30	25	65	59
5	+15	+5	82	67	308	74	Cuña directa	0,95	0,088	0,703	25	30	36	43	46	30	25	51	54
6	+15	+0	82	62	308	74	Cuña directa	1,04	0,111	0,782	25	30	34	40	42	30	25	47	51
7	+15	-5	82	57	308	74	Cuña directa	1,12	0,141	0,868	25	30	32	38	38	30	25	44	49
8	+0	-5	67	57	308	74	Cuña directa	0,76	0,111	0,721	25	30	42	50	52	30	25	61	54

Figura nº 24. Análisis de estabilidad por cuñas y bloques del talud derecho con incrementos en el plano E2 (programa CALEST desarrollado por TYPSA).

La cuña directa pésima es la de la posición 7:

- E2: Dirección de Buzamiento=82. Buzamiento=57.
- J3: Dirección de Buzamiento=308. Buzamiento=74.

Una vez realizados los cálculos, se concluye que el desmonte derecho es estable para un talud de 49º.

Se recomienda un talud de diseño definitivo 3H:2V.

7.5.4.3. Zona torre energía eléctrica

En el talud derecho en el PK 0+186,68, se sitúa una torre de energía eléctrica, por lo que en esta zona habrá que inclinar el talud a un 2H:3V (56º) para tener un resguardo de al menos 1 m.

Como ya hemos comentado que el talud derecho estable es de 49 grados, en esta zona habrá que colocar un sostenimiento.

Se han realizado los cálculos para la cuña pésima, siendo la tensión de sostenimiento necesaria para alcanzar el F.S de diseño (1,50) de 0,5 Tn/m^2.

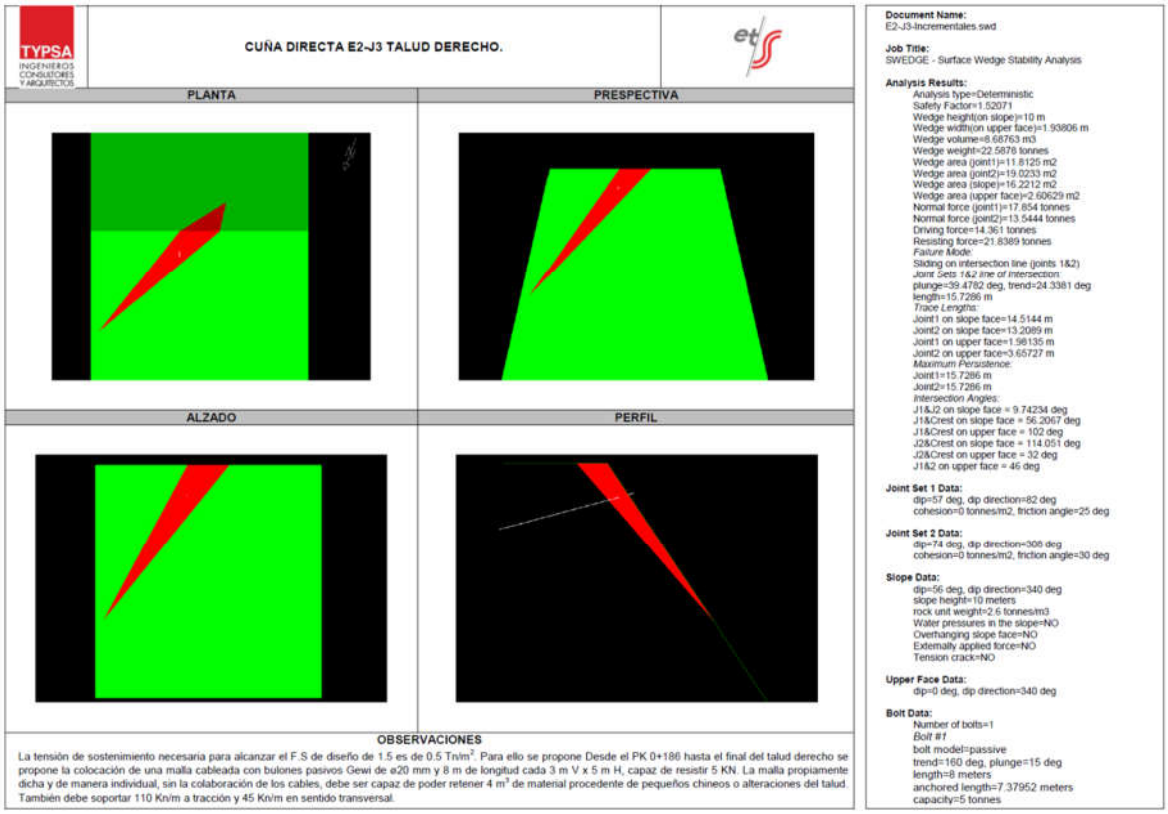


Figura nº 25. Cálculo con el programa SWEDGE para obtener la tensión de sostenimiento necesaria para un F.S de diseño de 1,50.

Propuesta de estabilización

El presente apartado pretende describir principalmente la secuencia de ejecución de la solución propuesta en la zona de la torre de energía eléctrica y los condicionantes de la misma.

Dicha solución está definida con detalle en el documento planos del presente proyecto.

La solución principalmente consta de varios hitos:

- Desde el PK 0+186 hasta el final del talud derecho se propone la colocación de una malla cableada con bulones pasivos Gewi de ø20 mm y 8 m de longitud cada 3 m V x 5 m H, capaz de resistir 5 KN. La malla propiamente dicha y de manera individual, sin la colaboración de los cables, debe ser capaz de poder retener 4 m^3 de material procedente de pequeños chineos o alteraciones del talud. También debe soportar 110 Kn/m a tracción y 45 Kn/m en sentido transversal.
- La malla debe de arrancar desde el pie del talud y alcanzar hasta 1,5 m por encima de la coronación actual del talud.

- Por último todo el talud se drena mediante drenes californianos de 8 m de longitud colocados cada 10 metros lineales de talud.

Se incluye una planta y perfil con las actuaciones propuestas:

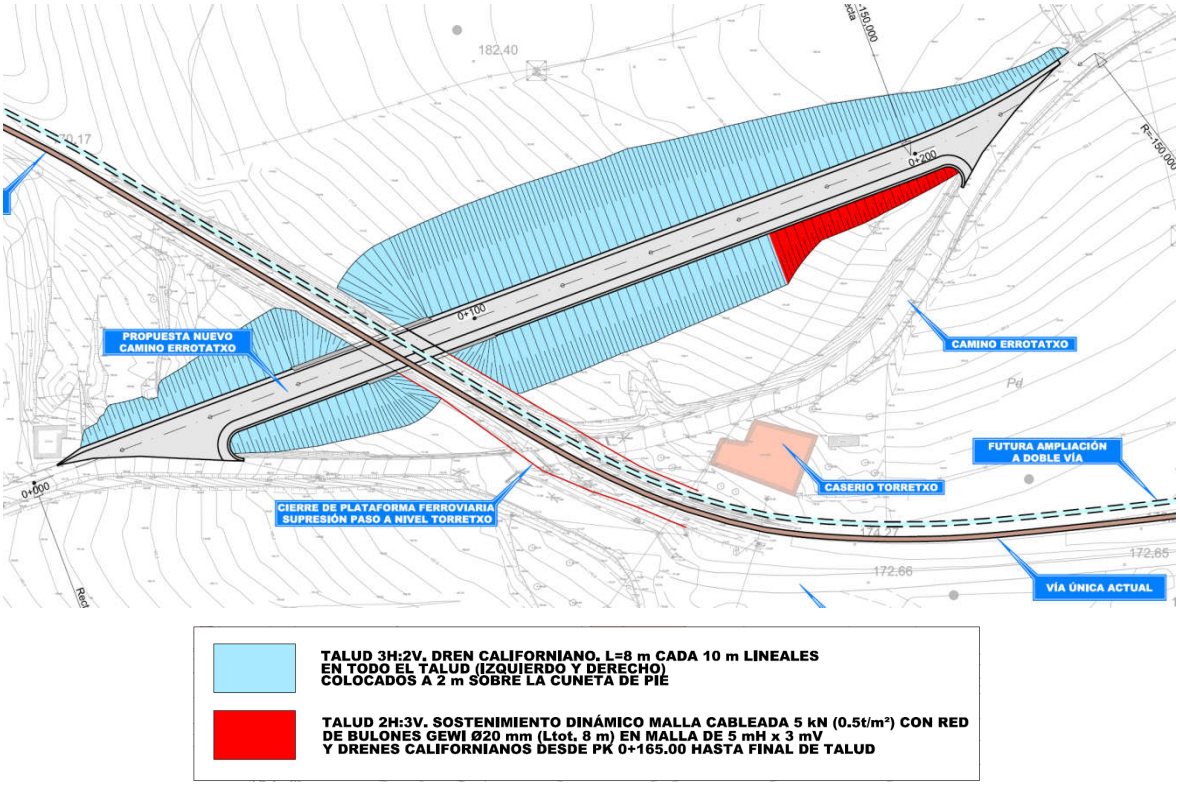


Figura nº 26. Planta donde se observa la zona de la torre eléctrica donde el talud es 2H:3V (zona de color rojo) y la zona de talud 3H:2V (zona azul).

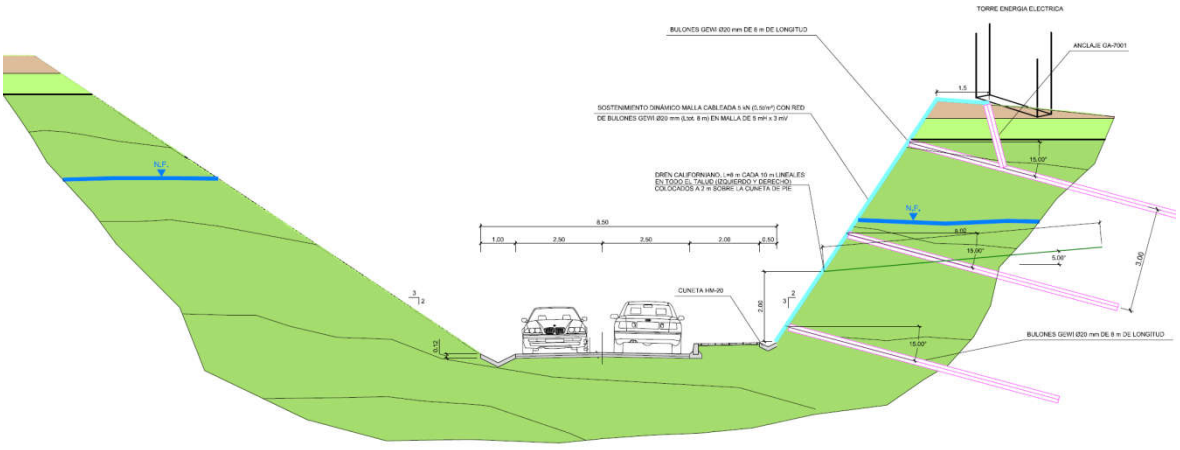


Figura nº 27. Perfil transversal de la zona de la torre eléctrica (talud derecho) donde se coloca el sostenimiento.

Presencia de agua en la excavación de los taludes.

En el sondeo ejecutado se ha medido un nivel de agua de 3,60 m desde la cota de terreno (176,85). El sondeo se achicó y pasadas unas semanas se midió el nivel de agua.

Por este motivo se ha colocado una red de drenes californianos.

Se deberá de corroborar en obra la existencia de este nivel de agua.

El agua es el principal causante de los deslizamientos y desprendimientos, sobre todo si se da la presencia de roca meteorizada. Por tanto es muy importante y recomendable drenar el talud donde se observen puntos de salida de agua.

Para ello se recomienda:

- El agua subterránea es un factor clave que contribuye a crear inestabilidades en los taludes y laderas. Realizando perforaciones en el talud para facilitar la salida de agua conseguiremos reducir las presiones intersticiales que actúan sobre las superficies de deslizamiento y disminuir el peso total sobre el talud.
- Colocación de drenes horizontales o californianos en la zonas con goteo constante y húmedas del talud. Los drenes horizontales o californianos consisten en la realización de perforaciones y la posterior colocación de un tubo drenante (plástico o metálico).
- La posición y longitud del dren se definirá de forma que se atraviesen las posibles superficies de inestabilidad, discontinuidades, zonas diaclasadas, planos de fractura, mantos o capas permeables o bolsas de agua -en suma, superficies o volúmenes que contengan el agua a drenar-, prolongándose en general un mínimo de dos a tres metros (2 a 3 m) por el interior de dichas formaciones.
- La longitud de los drenes californianos será de 8 m de longitud colocados cada 10 metros lineales de talud.
- La inclinación de la perforación, descendente hacia el talud, será del cinco por ciento (5%).
- En general los dos o tres metros (2 ó 3 m) del tubo que queden más próximos a la boca del taladro no deben presentar orificios ni ranuras. Se sellará el espacio anular exterior al tubo en la boca del taladro, con arcilla u otro material impermeable, de forma que se garantice que el agua salga por el interior del tubo sin dañar las paredes de la perforación.
- Las condiciones de conservación de los drenes californianos incluyen su revisión periódica y siempre que sea posible, su limpieza con aire a presión.
- El agua procedente de los drenes californianos deberá canalizarse adecuadamente, de manera que no afecte a los taludes o superficies por las que escurran las aguas captadas, proyectando en caso necesario tubos o bajantes conectadas a cunetas u otros elementos del drenaje superficial.
- Los caudales y el tiempo durante el que los drenes californianos aporten agua, dependerán de los volúmenes y condiciones de recarga de las zonas drenadas, así como de la permeabilidad de los materiales en cuestión. Cuando se dispongan como drenaje de materiales de baja permeabilidad, el alivio de presiones puede implicar un periodo de tiempo prolongado, normalmente de varios meses, siendo el caudal evacuado escaso.
- Drenar la parte superior del talud.
- Cuneta a pie de talud. La cuneta requerida debe prolongarse hacia aguas abajo, hasta el final del desmonte, con el objeto de permitir el drenaje de las aguas de escorrentía y facilitar las labores de mantenimiento.

7.6. CONCLUSIONES

En la siguiente tabla se hace un resumen de los taludes y sostenimientos recomendados.

TALUDES	PPKK	TALUD RECOMENDADO	SOSTENIMIENTO	DRENAJE	APROVECHAMIENTO
TALUD IZQUIERDO	0+012,00 – 0+239,60	3H:2V	-	Drenes californianos de 8 m de longitud colocados cada 10 metros lineales de talud.	5% Tierra vegetal. 8% Depósito de sobrantes. 87% Pedraplén y todo uno
TALUD DERECHO	0+047,42 – 0+165,00	3H:2V	-		
TALUD DERECHO	0+165,00 – 0+206,98	2H:3V	Malla cableada de 5 kN/m^2 (0,5 t/m^2) con red de bulones pasivos Gewi de ø20 mm y 8 m de longitud cada 3 m V x 5 m H.		

8. GEOTECNIA DE LAS ESTRUCTURAS

8.1. CONDICIONES GENERALES DE CIMENTACIÓN

En el Anejo 2 “Estructuras”, se muestran los cálculos de las estructuras proyectadas y se incluyen los criterios de diseño generales de las cimentaciones y en cada estructura, un estudio pormenorizado.

8.2. CONDICIONES GEOLÓGICO – GEOTÉCNICAS

8.2.1. Descripción sintética

El reconocimiento del terreno se ha efectuado en base a la serie de trabajos que se describieron en el apartado 3. *“Campaña de investigación geotécnica”.* El análisis de los resultados se efectuó en el apartado *4. “Caracterización geotécnica de los materiales”.*

Las prospecciones realizadas han permitido valorar la presencia de agua, definiendo de manera aproximada un nivel freático (ver apartado 3.3 “Niveles de agua medidos en sondeos”). El nivel freático se estima que se encuentre a una profundidad de unos 3,60 metros.

Los materiales afectados son las margas y margocalizas, “Margas de Gary” del Cretácico superior (Maastrichtiense). Estos materiales son atravesados por todo el trazado.

Son margas y margocalizas blandas de color gris, ligeramente meteorizadas (GM-II), con estratificación delgada a medianamente potente ß≈40-45º, con juntas cerradas a algo cerradas generalmente oxidadas con ß≈70º, de calidad mediana (≈55%).

Las margas y margocalizas se presentan fracturadas (RQD de 55), sanas con juntas teñidas de óxido (GM II).

El espesor de roca meteorizada (GM IV-V) es escaso tanto en el sondeo S-1, como en las calicatas (C-1, C-2):

- Sondeo S-1: Espesor 0,45 m (de 0,25 a 0,70 m).

- Calicata C-1: Espesor 0,60 m (de 0,50 a 1,10 m).
- Calicata C-2: Espesor 1,40 m (de 0,40 a 1,80 m).

8.2.2. Agresividad del medio

En el siguiente cuadro se muestran los ensayos químicos (según la EHE) realizados en la muestra de agua tomada en el sondeo S-1 ejecutado para el Proyecto Constructivo. Se puede observar que la muestra ha dado agresividad ataque débil en dióxido de carbono.

SONDEO	pH		Magnesio (mg/l)		Sulfato (mg/l)		Residuo Seco (mg/l)		Amonio (mg/l)		Dióxido de carbono (mg/l)	
	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad
S-1	6,70	No agresiva	32	No agresiva	14	No agresiva	257	No agresiva	0	No agresiva	33	ataque debil

Figura 28. Cuadro resumen de los ensayos químicos sobre la muestra de agua.

8.2.3. Sismicidad

Para valorar la sismicidad se ha empleado la normativa vigente NCSE-02. Según esta norma, la valoración de la aceleración de cálculo dependerá de la situación geográfica (aceleración sísmica básica a_b), el riesgo admisible de la obra en diseño y el comportamiento del terreno frente a las acciones sísmicas.

La "Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)" actualmente en vigor, regula por medio del Mapa de Peligrosidad Sísmica, aquellas zonas del territorio en el que es de aplicación obligatoria la citada Norma. En dicho Mapa, figura la aceleración sísmica básica "ab', que es un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, y el coeficiente de contribución, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados de acuerdo con la peligrosidad sísmica en cada punto.

De acuerdo con el apartado 1.2.3 de la citada Norma, no es necesaria su aplicación en las construcciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica ab sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

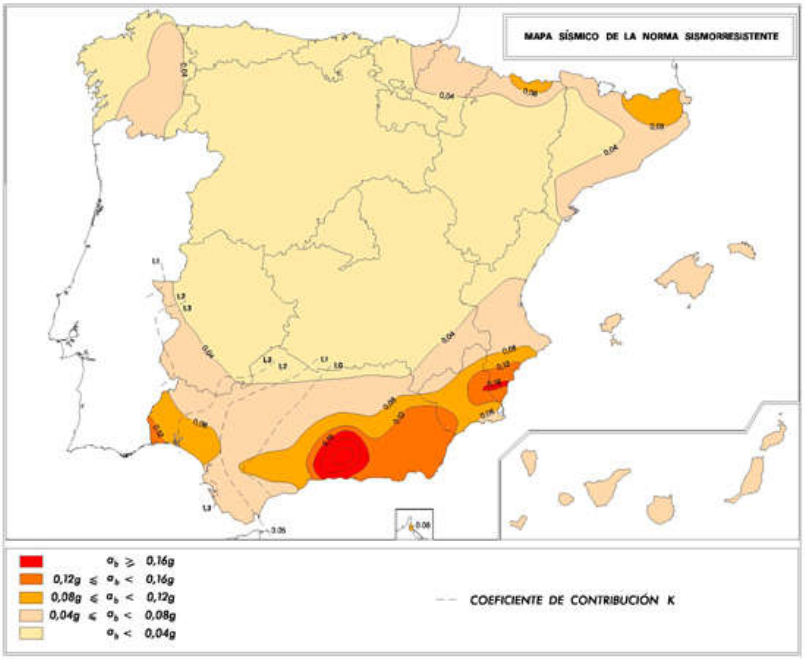


Figura 29. Mapa de aceleraciones básicas, según la NCS-02.

De acuerdo con el Mapa de Peligrosidad Sísmica incluido anteriormente, la zona estudiada se localiza en una zona cuyo valor de la aceleración sísmica básica es menor de 0,04 g, donde no es necesario considerar las acciones sísmicas sobre las estructuras proyectadas.

8.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

8.3.1. Marco

El marco consiste en un cajón de unas dimensiones interiores de 6,14 m de altura y 7,5 m de anchura de hormigón armado. El espesor de dintel y solera es de 0,90 m mientras que el de los hastiales es de 0,80 m.

El cajón está dimensionado y calculado para ser construido y empujado en sentido de avance de los PPKK mediante un muro de reacción. Por este cajón transcurrirá el vial carretero, mientras que por encima pasará la actual vía de Euskotren Bilbao – San Sebastián, habiéndose contemplado el futuro desdoblamiento de las vías.

Estás vías serán apeadas mediante paquetes de carriles situados sobre las traviesas. La longitud de los “paquetes de carril” deberá exceder en 4 m como mínimo, por cada lado, la longitud de la vía situada sobre el marco. Se utilizarán traviesas de madera en toda la longitud de la zona a apear, sustituyéndose en caso de ser de otro material las existentes.

Por cada hilo se dispondrán dos “paquetes de carril” de 54 kg/ml, uno exterior de 3 unidades en cualquier sección y otro interior de 3 unidades en cualquier sección.

Estos paquetes soportarán, mediante abrazaderas tipo “garrutti”, unos cupones transversales de 1,30 m de 32 kg/ml y en posición invertida, sobre los que apoyar la vía a través de una placa de asiento con la cara superior inclinada con el mismo ángulo de la vía. Estos cupones se colocarán entre las traviesas distanciados entre sí 1,20 m, disponiendo las traviesas de madera con la cara superior plana, sin cajeos, y utilizando el mismo tipo de placa de asiento que para los cupones.

Durante el desplazamiento del marco, las vías se sustentarán mediante vigas de acero formadas cada una por dos perfiles HEM 240 ensamblados y apoyados en un extremo sobre la estructura mediante apoyos deslizantes y en el terreno subyacente a las vías o sobre elementos de reparto por el otro, en función de la capacidad del terreno para admitir las cargas que le sean transmitidas en condiciones de seguridad, Todos los elementos deberán soportar las cargas del ferrocarril para una velocidad de circulación reducida a 30 km/h, con deformaciones admisibles para la circulación y en condiciones de seguridad. La distancia máxima entre ejes de vigas será inferior a 3 m y se colocarán en dirección paralela al eje del marco.

En cuanto a la traslación del marco, se dispondrá de una central hidráulica y del número de pistones o gatos necesarios para suministrar una fuerza equivalente de 1,45 veces el peso del marco, aplicada en la superficie situada en los 0,40 m inferiores del canto de la losa inferior y en su parte posterior.

Adicionalmente, se deberá disponer de elementos distanciadores para trasladar el punto de apoyo de los pistones o gatos, en cantidad tal que pueda realizarse un desplazamiento del marco superior a 5 m con el uso de los mismos.

A medida que se desplace el marco, se construirá una prolongación del muro de reacción en tramos de 5 m de longitud máxima y anchura igual a la de la plataforma mediante una contralosa de 50 cm de espesor, pudiendo llegar a 1,2 m en caso necesario, con hormigón en masa dotado de una acelerante de fraguado para obtener una resistencia de 120 kg/cm² en probeta cúbica a las 12 horas de edad, y reforzada en la zona de apoyo de los gatos.

Tanto la parte enterrada del muro de reacción como toda la superficie del trasdós del mismo, deberán ser hormigonadas contra el terreno natural.

Los taludes de excavación en durante el proceso de traslación se realizarán con una inclinación máxima de 45º y la arista superior deberá estar, en cualquier punto, a una distancia horizontal superior a 3 m del carril más próximo y de cualquier otra construcción o servicio cercano. Se considera una línea de abono durante la excavación que permita un sobreancho máximo de 30 cm, de cara al mortero para relleno marco – excavación estimado para garantizar el contacto marco – terreno.

8.3.2. Aletas

Una vez ubicado el cajón en su posición definitiva, dará lugar el proceso de demolición de las aletas de avance para la ejecución de las aletas definitivas para la contención del terreno.

Estas aletas han sido dimensionadas para recibir la proyección de los taludes 3H:2V de los taludes definitivos, tanto los paralelos a la traza como los provenientes de la vía ferroviaria. En cuanto al dimensionado de los mismos, se ha tenido en cuenta la excavación necesaria en el entorno del marco para garantizar la plataforma del futuro desdoblamiento de vía, para evitar taludes excesivos al encontrarnos en trinchera.

Estas aletas han sido dimensionadas y definidas por los siguientes rangos:

- H < 4 m
- 4 m < H < 5 m
- 5 m < H < 6 m
- 6 m < H < 7 m

Son de hormigón armado y con forma de L, para evitar excavaciones adicionales sobre los taludes definitivos. En la medida de lo posible, estas aletas se cimentarán sobre los excesos de losa de marco resultantes del proceso de empuje.

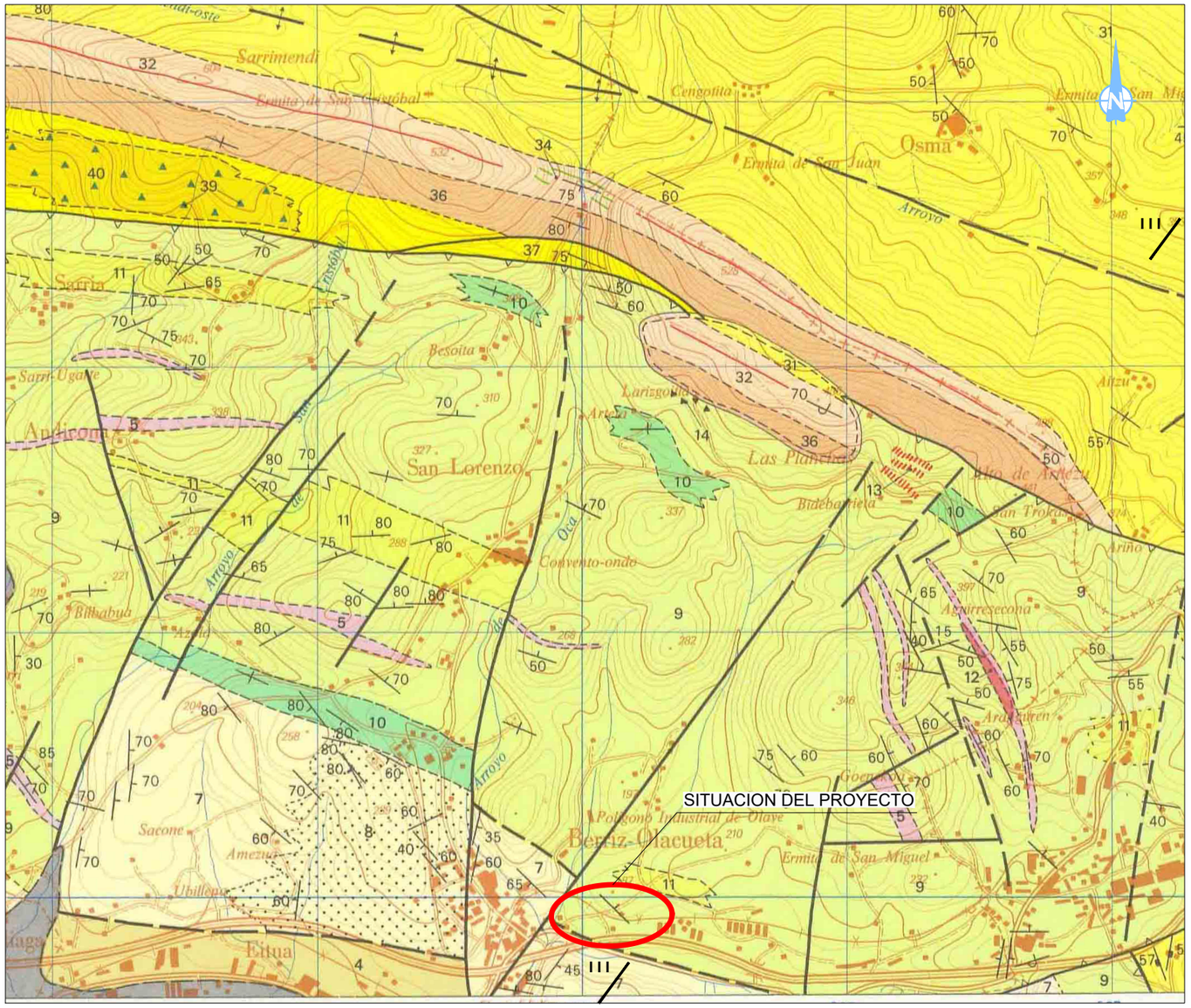
Debido a que tanto por la solera del cajón como a través de las zapatas de las aletas interceptadas deberán discurrir unas conducciones de drenaje de Ø315 mm, se ha adoptado el criterio de espesores de zapata de aleta de 90 cm para poder permitir por su interior el paso de las conducciones.

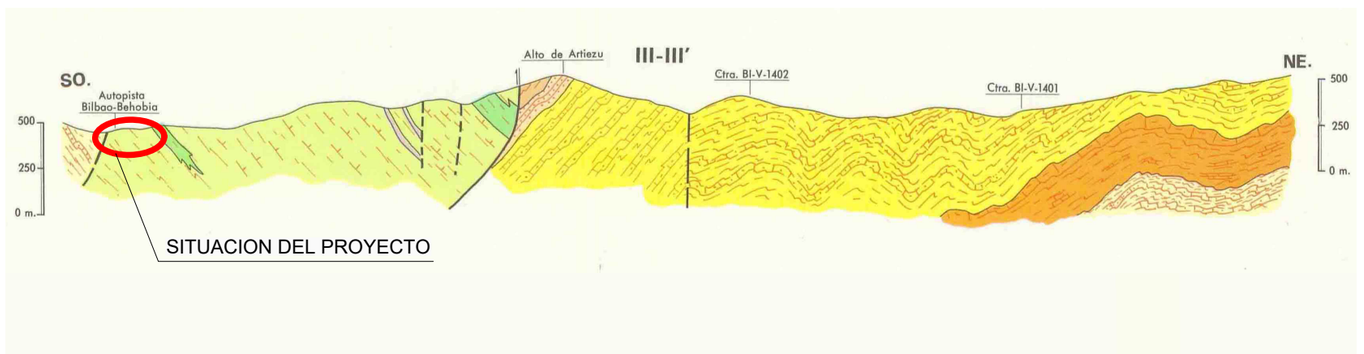
Las aletas de avance de la estructura serán demolidas. En lo que respecta a las aletas de entrada, se demolerá la aleta del lado acera, manteniendo y prolongando la aleta izquierda.

Dado que para la excavación y ejecución de las aletas de mayor altura se requiere una excavación provisional forzada de 1H:1V, se dispondrá un sostenimiento mediante 10 cm de gunita en los primeros 5 m desde el entronque con el talud ferroviario.

9. PLANOS

9.1. PLANO 1. MARCO GEOLÓGICO (EVE)





LEYENDA
ZEHAZPIDEA

CUATERNARIO / KOATERNARIOA

43 Aluviones (Terraza baja) / Alubio (Terraza beherea)
42 Bloques de areniscas, grava, arena fina y arcilla (Terraza alta) / Harrasaritzko blokeak harkaxarrokak bareo fina eta buztinak (Terraza altuak)
41 Calizas arenosas, calizas brechoides con cantos poligénicos y margas / Karoni harearetsuak kanto poligenikoduin karoni bretxatsuak eta margak
40 Calizas micríticas arenosas / Karoni mikritiko harearetsuak
39 Calizas micríticas brechoides / Karoni mikritiko bretxatsuak
38 Calizas micríticas / Karoni mikritikoak
37 Margas y paraconglomerados de matriz margosa / Margak eta matrizte margatsudun parakonglomeratsuak
36 Lutitas, arenáceas, margas y calizas arenosas flyschoides / Lutitak harearizkoak margak eta karoni harearetsu flyschtsuak
35 Alternancia de lutitas o lutitas calcáreas, arenáceas de grano medio a grueso y areniscas finas (FLYSCH ARENOSO) / Lutita edo lutita karetsu bilaur ertain-bailko harearri eta bilaur fineiko harearrien txandaketa (FLYSCH HAREATSUA)
34 Calizas arenosas de grano medio a grueso / Bilaur ertain-bailko karoni harearetsuak
33 Margas, margas con oliatolitos, calizas y margas arenosas (MARGAS CON OLISTOLITOS) / Margak olistolitoduin margak karoniak eta margak harearetsuak (OLISTOLITODUN MARGAK)
32 Areniscas de grano medio a grueso y microconglomerados con finas intercalaciones lutíticas (ARENISCAS Y MICROCONGLOMERADOS DEL OIZ) / Bilaur ertain-bailko harearrizkoak eta mikrokonglomeratsuak lutitazko tarteketa finarekin (OIZ-EKO HARRIARRIAK ETA MIKROKONGLOMERATUAK)
31 Alternancia de lutitas y lutitas calcáreas o margas (FLYSCH DETRITICO-CARBONATADO SUPERIOR) / Karoni harearrizko eta bailarako lutita edo karoni edo margen txandaketa (FLYSCH DETRITIKO-KARBONATODUN TERTZIARRIKOA)
30 Margocalizas / Margokarearrizak
29 Alternancia de calizas arenosas, calizas micríticas y margas / Karoni harearetsu karoni mikritiko eta margen txandaketa
28 Margas y margocalizas flyschoides / Margo eta margokarearri flyschtsuak
27 Lutitas / Lutitak
26 Microconglomerados y areniscas gruesas (MICROCONGLOMERADOS Y ARENISCAS DE GONZUGARAY) / Mikrokonglomeratsuak eta harearri lodiez (GONZUGARAIKO MIKROKONGLOMERATU ETA HAREA-RRIAK)
25 Brechas calcáreas y calizas (BRECHAS Y CALIZAS DE MUNIUSGURIEN) / Bretxa karetsuak eta karoniak (MUNIOZGURINEKO BRETXA ETA KARARRIAK)
24 Areniscas de grano grueso, areniscas calcáreas y margocalizas / Bilaur lodiko harearrizkoak harearri karetsuak eta margokarearrizak
23 Brechas poligénicas / Bretxa poligenikoak
22 Margas rosas / Margo arrosak
21 Calizas micríticas con intercalaciones de margas / Karoni mikritikoak margadu tartekatuekin
20 Margas y margocalizas. Algunos niveles calcareníticos / Margak eta margokarearriak. Kalkarenitazko zenbait maila
19 Alternancia de calizas y margas o limolíticas y lutitas calcáreas o margas (FLYSCH DETRITICO) / Karoni harearri eta limolitiko eta lutita karetsu edo margen txandaketa (FLYSCH DETRITIKO-KARETSUA)
18 Alternancia de calizas micríticas, margocalizas y calcarenitas (FLYSCH CALCAREO) / Karoni mikritiko,margokarearri eta kalkarenitas txandaketa (FLYSCH KARETSUA)
17 Margas. Formación margosa del Cretácico superior / Margak. Goi-kretazikoaren formazio margotsua
16 Margas rosas / Margo arrosak
15 Margas y margocalizas / Margak eta margokarearriak
14 Brechas poligénicas / Bretxa poligenikoak
13 Margas rosas / Margo arrosak
12 Brechas volcánicas / Bretxa bolkanikoak
11 Alternancia de calizas arenosas y margas / Karoni harearetsu eta margen txandaketa
10 Facies olistostrómicas / Fazie olistostromikoak
9 Margas y margocalizas (MARGAS DE GARAY) / Margak eta margokarearriak (GARAIKO MARGAK)
8 Alternancia de areniscas calcáreas y lutitas calcáreas / Harearri karetsu eta lutita karetsuen txandaketa
7 Alternancia de calizas arenosas o limolíticas y margas o lutitas calcáreas (FLYSCH DETRITICO CALCAREO) / Karoni harearetsu edo limolitiko eta margo edo lutita karetsuen txandaketa (FLYSCH DETRITICO-KARETSUA)
6 Alternancia de areniscas o areniscas calcáreas y lutitas calcáreas o margas (FLYSCH DETRITICO) / Harearri edo harearri karetsu eta lutita karetsu edo margen txandaketa (FLYSCH DETRITIKOA)
5 Volcanitas básicas (coladas ? y piroclásticas) / Bolkanito basaltikoak (koladak ? eta piroklastikoak)
4 Margas, lutitas calcáreas, calizas y calizas arenosas / Margak, lutita karetsuak, kararriak eta karoni harearetsuak
3 Areniscas (grauvacas feldespáticas) / Harearriak (grauvakio feldespatikoak)
2 Tramo Flyschoide. Alternancia de lutitas negras y areniscas. Tramo flyschoide. Lutita beltz eta harearrien txandaketa
1 Lutitas arenosas calcáreas negras y areniscas (mas areniscosas hacia el Oeste) / Lutita harenetsu karetsu beltzak eta harearriak (haizeerrialdi noguisago Mendebaldean)

TRAMO DETRITICO DE OROZQUETA (SUPRAURGONIANO) / OROZKETAKO TARTELUNE DETRITIKOA (GAINURGONDARRA)

CRETACICO KRETAZIKOA SUPERIOR GOIKOA — INF BEHE

UNIDAD DE OIZ SECTOR DE GUERNICA / OIZ UNITATEA GERNIKA ALDEA

TERCIARIO TERTZIARIOA — EOCENO EOZENOA: YPRESIENSE / YPRESIARRA
PALEOCENO PALEOZENOA: THANETIENSE / THANETIARRA; MONTIENSE / MONTIARRA; DANIENSE / DANIARRA
CRETACICO KRETAZIKOA SUPERIOR GOIKOA: MAASTRICHTIENSE / MAASTRICHTIARRA; CAMPANIENSE / KANPANIARRA

SECTOR DE DURANGO / DURANGO ALDEA

FORMACION CALCAREA DEL MAASTRICHTIENSE-DANIENSE / MAASTRICHTIAR-DANIARREKO FORMAZIO KARETSUA

UNIDAD DE OIZ SECTOR DE DURANGO / OIZ UNITATEA DURANGO ALDEA

TERCIARIO TERTZIARIOA: EOCENO EOZENOA; PALEOCENO PALEOZENOA
CRETACICO KRETAZIKOA SUPERIOR GOIKOA: MAASTRICHTIENSE / MAASTRICHTIARRA; CAMPANIENSE / KANPANIARRA; CENOMANIENSE SUP.-SANTONIENSE / ZENOMANIARRA GOIKOA-SANTONIARRA; ALBIENSE SUP.-CENOM.INF. / ALBIARRA GOIK-ZENOMAN BEHEKOA
INF BEHE

FALLA DE DURANGO

GALDAKAO (652-III)

SIMBOLOS CONVENCIONALES
OHIZKO SINBOLOAK

- Contacto normal / Ukipen arrunta
- Contacto gradual / Ukipen mailakatua
- Contacto discordante / Ukipen desbateraskorra
- Cambio lateral de facies / Fazieren albako aldaketa
- Paraconformidad / Parakomunztadura
- Contacto mecánico indiferenciado / Ukipen mekaniko zehazkabea
- Contacto mecánico indiferenciado supuesto / Ustezko ukipen mekaniko zehazkabea
- Falla inversa / Falla alderantzizkoa — Id. supuesta / Ustezko falla alderantzizkoa
- Eje anticlinal / Ardatz antiklinala
- Eje anticlinal supuesto / Ustezko ardatz antiklinala
- Eje sinclinal / Ardatz sinklinala
- Eje sinclinal supuesto / Ustezko ardatz sinklinala
- Zona tectorizada y/o intensamente plegada / Altde tektonizatua edota gogorki tolestua
- Bloque deslizado / Blokeiluskatua
- 30 Dirección y cantidad de buzamiento / Okermendurren zentzua eta zenbatekoa
- 70 Dirección y cantidad de buzamiento de capas invertidas / Geruza alderantzizen okermendurren zentzua eta zenbatekoa
- Estratificación vertical / Geruzapen bertikala
- 70 Dirección y cantidad de buzamiento de la esquistosidad / Eskistositoaren okermendurren zentzua eta zenbatekoa
- Esquistosidad vertical / Eskistositate bertikala
- 60 Dirección y cantidad de buzamiento del diaclasado / Arraildurren okermendurren zentzua eta zenbatekoa
- Diaclasado vertical / Arrailpen bertikala
- Sentido de inmersión del eje de pliegues menores / Tolestura txikien ardatzaren barruraketa-zentzua
- Sentido de inmersión del eje de pliegues de 2ª fase / Bigarren faseko tolesturen ardatzaren barruraketa-zentzua
- Línea de capa / Kapa-lerroa

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR: TYPSA
INGENIARI EGILEA / INGENIERO AUTOR

AHOLKULARIA ERREFERENTZIA / REFERENCIA CONSULTOR
ERREFERENTZIA / REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
INGURUMEN ETA LURRALDE POLITIKA SAILA
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA TERRITORIAL

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCIÓN Y DIRECCIÓN DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA / ESCALA ORIGINAL (DIN-A1): 1:10.000
ESKALA GRAFIKOA / ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 200 300 400 500m

PROIEKTUAREN IZENBURUA / TÍTULO DEL PROYECTO
REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO, P.K 37+154 , DE LA LÍNEA BILBAO - DONOSTIA

PLANOAREN IZENBURUA / TÍTULO DEL PLANO: FM2147-PC-AX04-PL-01-DTE-GEO-MARCO-GEO-Ed1
ANEJO 4 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
MARCO GEOLÓGICO (EVE)

PLANO-ZK / N. PLANO: 1
ORRIA / HOJA: 1 Sigue **FIN**

9.2. PLANO 2. PLANTA GEOLÓGICA.

OHARRAK :

NOTAS :

CUADRO DE COORDENADAS			
	X	Y	Z
S-1	534.974,40	4.779.747,98	176,85
C-1	535.052,14	4.779.776,92	185,23
C-2	534.938,72	4.779.734,77	172,00

LEYENDA

ROCA

CRETÁCICO SUPERIOR (MAASTRICHTIENSE)

MARGAS Y MARGOCLAIZAS "MARGAS DE GARAY"

AFLORAMIENTO.

1 — PUNTO DE LECTURA TOMADO EN LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

20 — DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO DE LA ESTRATIFICACIÓN

S-1 — SONDEOS PROYECTO CONSTRUCTIVO

C-1 — CATAS PROYECTO CONSTRUCTIVO

PT — PERFIL TRANSVERSAL

NOTA:

- LOS COLORES FUERTES CORRESPONDEN CON AFLORAMIENTOS.
- LOS DÉBILES, A ZONAS CON ESPESOR DE SUELO INFERIOR A 0.50 m.

REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR — TYPSA

INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR

AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR

ERREFERENTZIA REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO

INGURUMEN ETA LURRALDE POLITIKA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA TERRITORIAL

euskal trenbide sarea

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA INSPECCIÓN Y DIRECCIÓN DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA ESCALA ORIGINAL (DIN-A1) 1:500

ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRÁFICA 0 2.5 5 10 15 20 25m

PROIEKTUAREN IZENBURUA TÍTULO DEL PROYECTO

REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO, P.K 37+154 , DE LA LÍNEA BILBAO - DONOSTIA

PLANOAREN IZENBURUA TÍTULO DEL PLANO

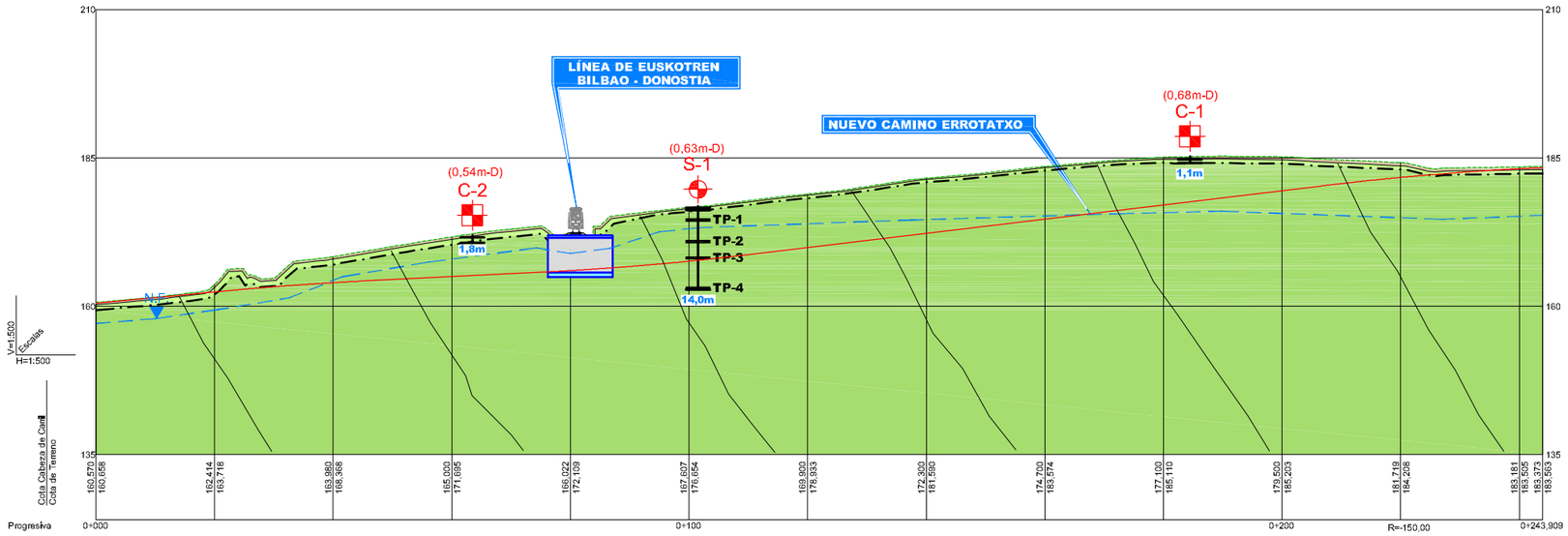
FM2147-PC-AX04-PL-02-DTE-PLANTA-GEO-Ed1

ANEJO 4 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
PLANTA GEOLOGÍCA

PLANO-ZK / N. PLANO **2**

ORRIA / HOJA **1** Sigue **FIN**

9.3. PLANO 3.1. PERFIL LONGITUDINAL GEOLÓGICO



LEYENDA

- TIERRA VEGETAL: ARCILLAS BLADAS DE COLOR MARRÓN CON ABUNDANTE MATERIA ORGÁNICA
- MARGAS Y MARGOCALIZAS G.M. IV-V
- MARGAS Y MARGOCALIZAS G.M. II
- CONTACTO ROCA G.M. IV-V CON ROCA SANA G.M. I-II
- CONTACTO ENTRE SUELOS Y ROCA
- N.F. N.F. NIVEL FREÁTICO INTERPRETADO
- SP-1 SONDEOS PROYECTO CONSTRUCTIVO
- C-1 CATAS PROYECTO CONSTRUCTIVO
- (0,54m-D) PROSPECCIÓN PROYECTADA 0,54m A LA DERECHA
- TP TESTIGO PARAFINADO

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR
TYPSA

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR

AHOLKULARIA ERREFERENTZIA
REFERENCIA CONSULTOR

ERREFERENTZIA
REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
INGURUMEN ETA LURRALDE POLITIKA SAILA
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA TERRITORIAL

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCIÓN Y DIRECCIÓN DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA
ESCALA ORIGINAL
(DIN-A1)
1:500

0 2,5 5 10 15 20 25m
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRÁFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA
TÍTULO DEL PROYECTO
REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO, P.K 37+154 , DE LA LÍNEA BILBAO - DONOSTIA

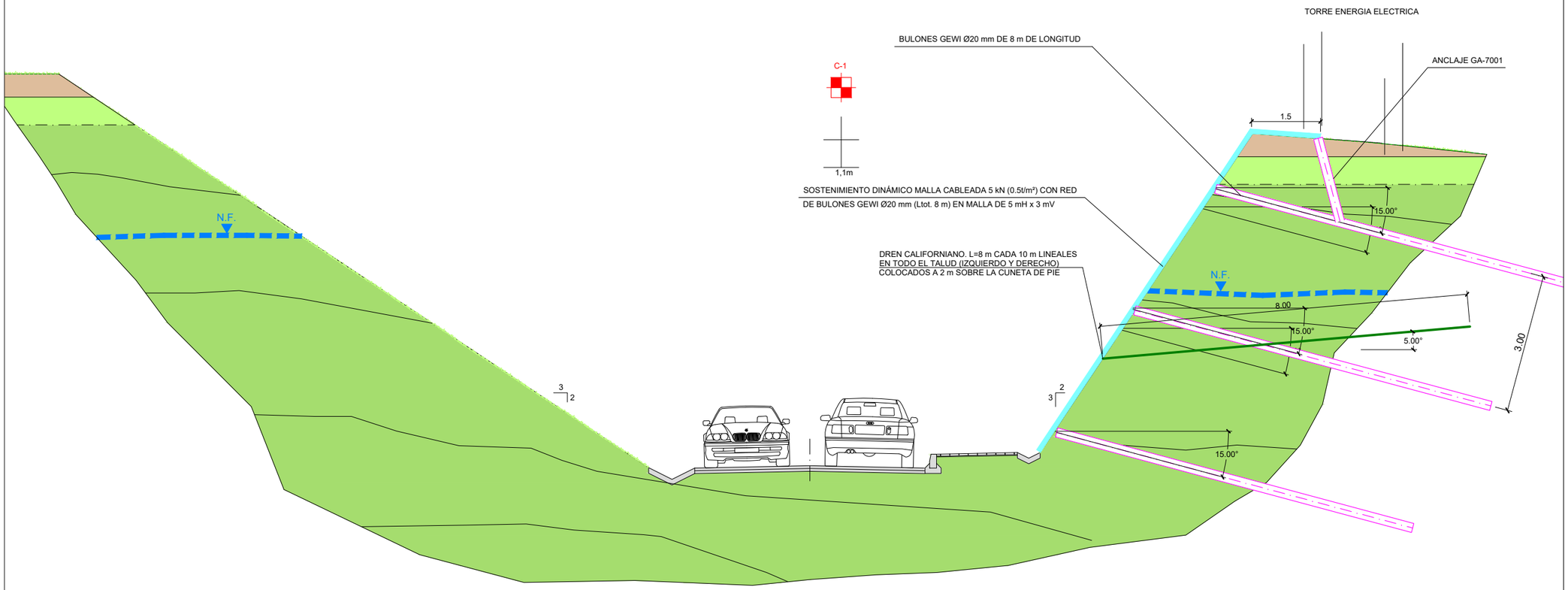
PLANOAREN IZENBURUA
TÍTULO DEL PLANO
FM2147-PC-AX04-PL-03-DTE-PERFIL-LONG-Ed1
ANEJO 4 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
PERFIL LONGITUDINAL

PLANO-ZK / N. PLANO
3

ORRIA / HOJA
1 Sigue 2

9.4. PLANO 3.2. PERFIL TRANSVERSAL GEOLÓGICO PK 0+186,68 .

OHARRAK :
NOTAS :



PERFIL TRANSVERSAL
ESCALA 1:50

LEYENDA

- TIERRA VEGETAL: ARCILLAS BLADAS DE COLOR MARRÓN CON ABUNDANTE MATERIA ORGÁNICA
- MARGAS Y MARGOCALIZAS G.M. IV-V
- MARGAS Y MARGOCALIZAS G.M. II
- CONTACTO ROCA G.M. IV-V CON ROCA SANA G.M. I-II
- CONTACTO ENTRE SUELOS Y ROCA
- N.F. N.F. NIVEL FREÁTICO INTERPRETADO
- C-1 CATAS PROYECTO CONSTRUCTIVO

REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR
TYPSA

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR

AHOLKULARIA ERREFERENTZIA
REFERENCIA CONSULTOR

ERREFERENTZIA
REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
INGURUMEN ETA LURRALDE POLITIKA SAILA
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA TERRITORIAL

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCIÓN Y DIRECCIÓN DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA
ESCALA ORIGINAL (DIN-A1)
1:50

0 0,25 0,5 1 1,5 2 2,5m
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRÁFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA
TÍTULO DEL PROYECTO
REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO, P.K 37+154 , DE LA LÍNEA BILBAO - DONOSTIA

PLANOAREN IZENBURUA
TÍTULO DEL PLANO
FM2147-PC-AX04-PL-03-DTE-PERFIL-LONG-Ed1
ANEJO 4 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
SECCIÓN TRANSVERSAL PK 0+186.68

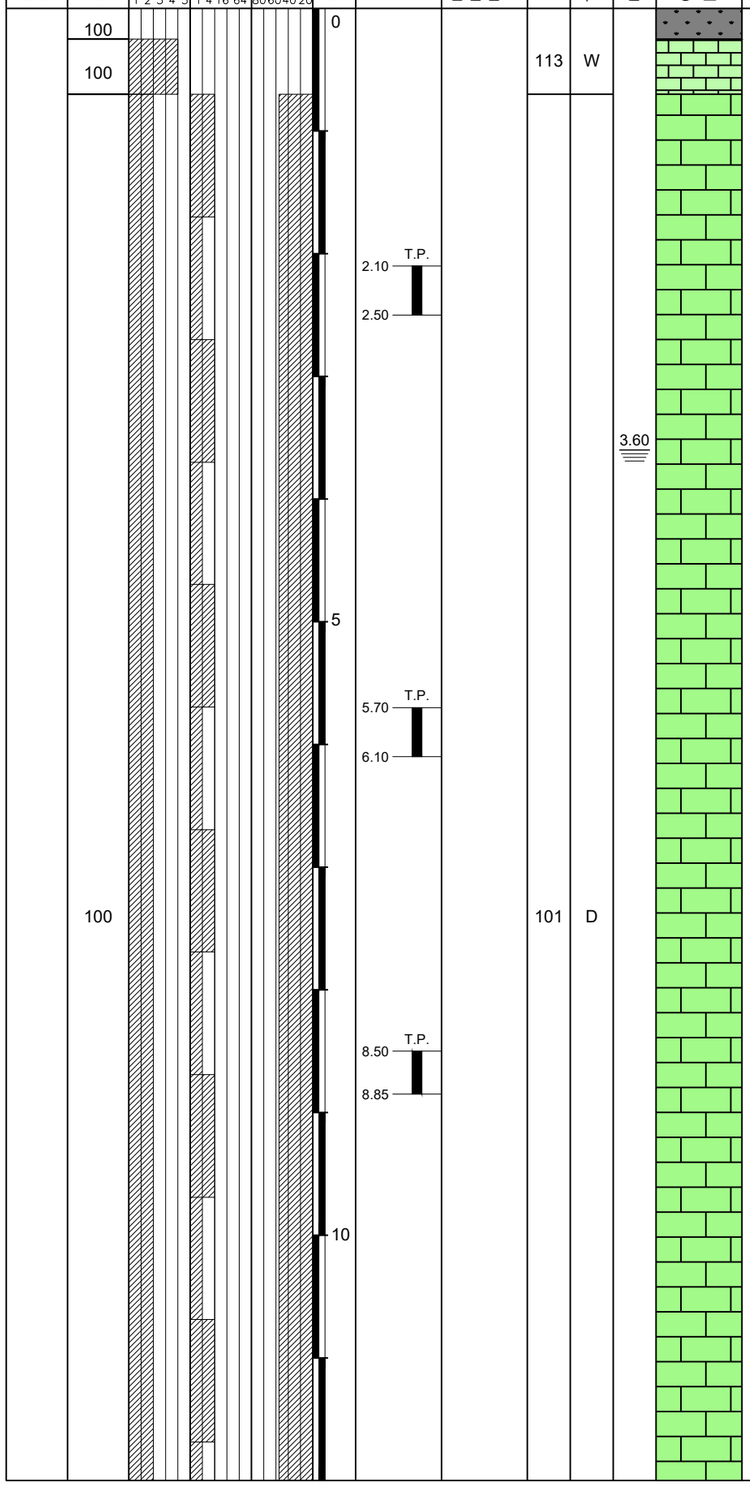
PLANO-ZK / N. PLANO
3

ORRIA / HOJA
2 Sigue FIN

10. APÉNDICES

10.1. APÉNDICE 1. REGISTRO DE SONDEOS.

COORDENADAS						
X: 534.974,40	SONDA TIPO: TECOINSA TP-50	OBSERVACIONES:	INGE LUR	SOLICITANTE: TYPSA	OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO PARA SUPRESIÓN DE PASO A NIVEL DE TORRETXO. BERRIZ (BIZKAIA)	
Y: 4.779.747,98	EMPRESA DE SONDEOS: INGELUR SL					
Z: 176,85	TESTIFICADO POR: DANIEL HORNA	METODO DE PERFORACION:	REFERENCIA: L94_2017	DIBUJADO: AIM / COTEJO:	FECHA: 28 /11/2017	SONDEO: S-1 / HOJA: 1 de 4
	SONDISTA: IÑAKI MELCHOR					



DESCRIPCIÓN

0.00-0.25 ***TIERRA VEGETAL.*** Arcillas blandas de color marrón con abundante materia orgánica.

0.25-0.70 ***MARGAS Y MARGOCALIZAS*** extremadamente blandas de color marrón, altamente meteorizadas con aspecto de suelo arcilloso con algo de limo medianamente compacto a compacto.

0.70-14.00 ***MARGAS Y MARGOCALIZAS*** blandas de color gris, ligeramente meteorizadas, con estratificación delgada a medianamente potente ß≈40-45º, con juntas cerradas a algo cerradas generalmente oxidadas con ß≈70º, de calidad mediana (≈55%).

Nota:

-De 0.70 a 2.10 juntas cerradas (comienzo del sustrato rocoso).
-De 3.10 a 3.30 zona fracturada con abundante oxido.
-De 5.10 a 5.70 zona fracturada con abundante oxido.
-De 8.20 a 8.30 zona fracturada con abundante oxido.
-De 10.60 a 11.35 zona fracturada con abundante oxido.

COORDENADAS

X: 534.974,40

Y: 4.779.747,98

Z: 176,85

SONDA TIPO: TECOINSA TP-50

EMPRESA DE SONDEOS: INGELUR SL

TESTIFICADO POR: DANIEL HORNA

SONDISTA: IÑAKI MELCHOR

OBSERVACIONES:

METODO DE PERFORACION:

INGE LUR

REFERENCIA: L94_2017

SOLICITANTE: TYPSA

DIBUJADO: AIM

COTEJO:

OBRA: **RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO PARA SUPRESIÓN DE PASO A NIVEL DE TORRETXO. BERRIZ (BIZKAIA)**

FECHA: 28 /11/2017

SONDEO: S-1

HOJA: 2 de 4

PERMEABILIDAD PRESIOMETRO	RECUPERACION(%)	METEORIZACION 1 2 3 4 5	FRACTURAS (Nº/30cm.) 1 4 16 64	R.Q.D. 80 60 40 20	PROFUNDIDAD(m.)	TIPO	ENSAYO S.P.T. Nº DE GOLPES PARA PENETRAR 60 cm.	Ø PERFORACION (mm.)	TIPO DE CORONA	NIVEL FREATICO	COLUMNA LITOLOGICA
	100				12	T.P. 13.60 – 13.90		101	D		
					17						
					22						

DESCRIPCIÓN

0.70-14.00 ***MARGAS Y MARGOCALIZAS*** blandas de color gris, ligeramente meteorizadas, con estratificación delgada a medianamente potente ß≈40-45º, con juntas cerradas a algo cerradas generalmente oxidadas con ß≈70º, de calidad mediana (≈55%).

INGE LUR	SOLICITANTE: TYPSA	OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO PARA SUPRESIÓN DE PASO A NIVEL DE TORRETXO. BERRIZ (BIZKAIA)			
REFERENCIA: L94_2017	DIBUJADO: AIM	COTEJO:	FECHA: 28/11/2017	SONDEO: SM-1	HOJA: 3 de 4



Emplazamiento



Caja 1 : Profundidad de 0.00-2.80m.



Caja 2 : Profundidad de 2.80-4.30m.



Caja 3 : Profundidad de 4.30-6.70m.



Caja 4 : Profundidad de 6.70-8.30m.



Caja 5 : Profundidad de 8.30-10.60m.

INGE LUR	SOLICITANTE: TYPSA	OBRA: **RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO PARA SUPRESIÓN DE PASO A NIVEL DE TORRETXO. BERRIZ (BIZKAIA)**			
REFERENCIA: L94_2017	DIBUJADO: AIM	COTEJO:	FECHA: 28/11/2017	SONDEO: SM-1	HOJA: 4 de 4



Caja 6 : Profundidad de 10.60-13.00m.



Caja 7 : Profundidad de 13.00-14.00m.

10.2. APÉNDICE 2. REGISTRO DE CALICATAS.

Ensayo de Penetración		Muestra (A) Alterada (I) Inalterada (B) Bote		Cotas Totales (m.)	Corte Geológico	Cotas Parciales (m.)	Nivel Freático	OBSERVACIONES:
Qu (Kg/cm²) valor medio	Profundidad (m.)	Profundidad (m.)	Tipo					X: 535.052,14 Y: 4.779.776,92 Z: 185,23

INGE LUR

SOLICITANTE: TYPSA

OBRA: **RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO PARA SUPRESIÓN DE PASO A NIVEL DE TORRETXO. BERRIZ (BIZKAIA)**

REFERENCIA:	COTEJO:	FECHA:	SONDEO:	HOJA:
L94_2017		04/12/2017	C-1	1 de 1

NATURALEZA DEL TERRENO

$q_u \approx 1$ kp/ cm²

0.00-0.50 ***TIERRA VEGETAL.*** Arcillas blandas de color marrón con abundante materia orgánica.

0.50-1.10 ***MARGAS Y MARGOCALIZAS*** extremadamente blandas de color marrón, altamente meteorizadas con aspecto de suelo arcilloso con algo de limo medianamente compacto a compacto.

>1.10 ***MARGAS Y MARGOCALIZAS*** blandas de color gris, bastante a ligeramente meteorizadas.

$S_0 \rightarrow$ 10/150
$J_1 \rightarrow$ 80/090
$J_2 \rightarrow$ 60/200

Nota:
-Fondo de la cata excavable con mucha dificultad.
-Las paredes de la cata son estables.
-No hay agua.

FOTOS



Calicata CT-1



Calicata CT-1 Emplazamiento



Calicata CT-1 Material

Ensayo de Penetración		Muestra (A) Alterada (I) Inalterada (B) Bote		Cotas Totales (m.)	Corte Geológico	Cotas Parciales (m.)	Nivel Freático	OBSERVACIONES:		SOLICITANTE:	OBRA:
Qu (Kg/cm^2) valor medio	Profundidad (m.)	Profundidad (m.)	Tipo					X: 534.938,72 Y: 4.779.734,77 Z: 172,00	REFERENCIA: L94_2017	COTEJO:	**RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO PARA SUPRESIÓN DE PASO A NIVEL DE TORRETXO. BERRIZ (BIZKAIA)** FECHA: 04/12/2017 — SONDEO: C-2 — HOJA: 1 de 1

NATURALEZA DEL TERRENO

0.00-0.40 ***TIERRA VEGETAL.*** Arcillas blandas de color marrón con abundante materia orgánica.

0.40-1.80 ***MARGAS Y MARGOCALIZAS*** extremadamente blandas a muy blandas, de color marrón-gris, altamente a bastante meteorizadas.

$S_0 \rightarrow$ 15/200
$J_1 \rightarrow$ 85/240

>1.80 ***MARGAS Y MARGOCALIZAS*** muy blandas de color gris-ocre, bastante a ligeramente meteorizadas.

Nota:
-Fondo de la cata excavable con mucha dificultad.
-Las paredes de la cata son estables.
-No hay agua.

FOTOS



Calicata CT-2



Calicata CT-2 Emplazamiento



Calicata CT-2 Material

10.3. APÉNDICE 3. ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO.

10.3.1. APÉNDICE 3.1. RESUMEN ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO.

RESUMEN DE ENSAYOS. MUESTRAS DE SONDEOS.

INVESTIGACIÓN REALIZADA PARA EL ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO. P.K. 37+154 D

REFERENCIAS							ESTADO E IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA		
SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)			TIPO TERRENO	FORMACIÓN	DENSIDAD	COMPRESIÓN SIMPLE		
		DE	A	MEDIA			Aparente (kN/m^3)	q_u (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Coeficiente de Poisson
S-1	TP-1	2,10	2,50	2,30	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray	26,23	27,85	18.909,95	0,28
S-1	TP-2	5,70	6,10	5,90	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray	26,62	8,50		
S-1	TP-3	8,50	8,85	8,68	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray	26,20	15,20		
S-1	TP-4	13,60	13,90	13,75	Margas y margocalizas GM II	Cretácico Sup: Margas de Gray	26,74	19,02	15.293,03	0,26

NUMERO DE DATOS	4	4	2	2
VALOR PROMEDIO	26,45	17,64	17.101,49	0,27
VALOR MAXIMO	26,74	27,85	18.909,95	0,28
VALOR MÍNIMO	26,20	8,50	15.293,03	0,26
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,27	8,08	2.557,55	0,014

RESUMEN DE ENSAYOS. MUESTRA DE AGUA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO. P.K. 37+154 DE LA LÍNEA BILBAO - DONOSTIA

SONDEO	pH		Magnesio (mg/l)		Sulfato (mg/l)		Residuo Seco (mg/l)		Amonio (mg/l)		Dióxido de carbono (mg/l)	
	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad	Medido	Agresividad
S-1	6,70	No agresiva	32	No agresiva	14	No agresiva	257	No agresiva	0	No agresiva	33	ataque debil

10.3.2. APÉNDICE 3.2. RESULTADOS ACTAS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO.

LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.
CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2017/10624	83	35623	S .2017/1033	20/12/2017

ACTA DE RESULTADOS

CLIENTE / OBRA / EXP.: 2095 / 6518/ 101480

2095: Saitec, S.A., Parque Empresarial Ibarrabarri. Edificio A2, 48940-Leioa, Bizkaia
ESA48264725

Ensayos Varios de Geotecnia y materiales
Laboratorio
Llanera.Asturias

DESTINATARIO

LAC-R-04-06

Saitec, S.A.
Parque Empresarial Ibarrabarri. Edificio A2
48940-Leioa
Bizkaia

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 2,10 a 2,50 metros).

PROCEDENCIA: Typsa - Berriz

FECHA DE MUESTREO: 14/12/2017

ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.
Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

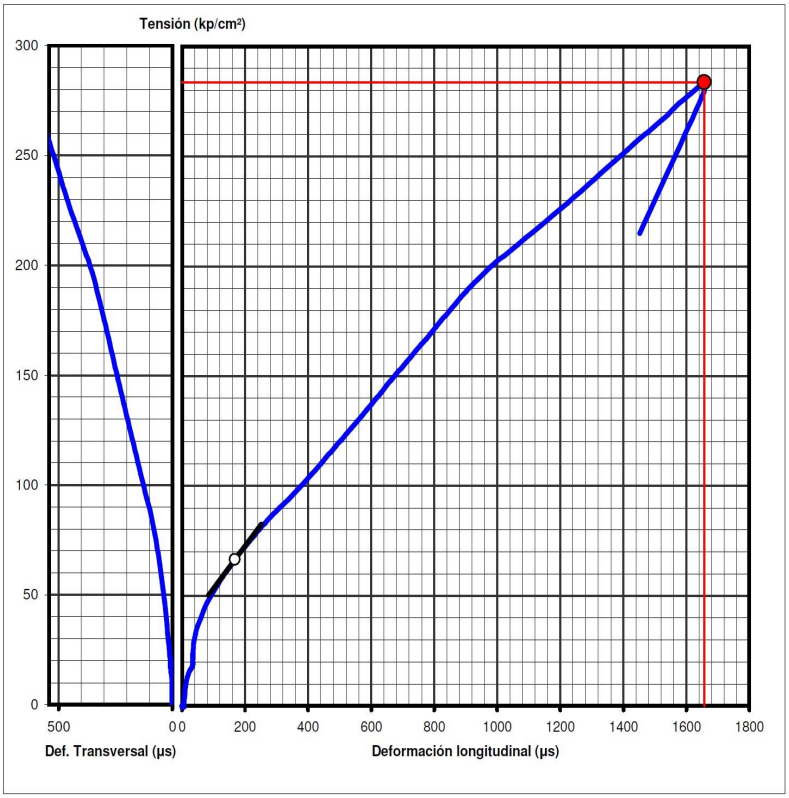
De conformidad con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.
CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2017/10624	83	35623	S .2017/1033	20/12/2017

LAC-R-04-06

COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.		
DATOS DE LA PROBETA		
Densidad natural	g/cm³	2,623
Diámetro	mm	83,5
Altura	mm	184,3
Área	mm²	5476,0
Volumen	mm³	1009225,4
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia máxima	MPa	**27,85**
Deformación	microstrain	1657
Módulo de Young	MPa	**18909.95**
Coeficiente de Poisson		**0,28**



OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÀREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial

Nº DE REGISTRO PVS-L-021

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCAS

NORMA DE ENSAYO: UNE 22-950-1:1990

PETICIONARIO:	Ingelur		
DIRECCIÓN:			
OBRA/PROYECTO:	Supresión de paso a nivel en Torretxo. Ref: L94_2017		
PROCEDENCIA:	SM-1. TP.		
PROFUNDIDAD:	5,70 - 6,10 m	**FECHA DE ENTRADA :**	1-dic-17
REFERENCIA:	SU-0170-VI17	**FECHA DEL ENSAYO :**	15-dic-17

Orientación del eje de carga con respecto a la anisotropia de la probeta:

DENSIDAD APARENTE	2,62	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL	8,5	MPa



FOTOGRAFÍA ANTES DE ROTURA



FOTOGRAFÍA DE ROTURA

OBSERVACIONES:

Este certificado sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El Director del Laboratorio

Fdo.: Xuban Catalán Eizagirre
Licenciado en Ciencias Geológicas

El Técnico Responsable del Ensayo

Fdo.: Iratxe Vecilla Castillo
Licenciada en Biología

Parque Empresarial Ibarrabarri, Pabellón 10, 48940 Leioa (Bizkaia)
Tel.: 94 464 65 11, Fax: 94 464 32 50, e-mail: aster@asterlab.es

Nº DE REGISTRO PVS-L-021

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCAS

NORMA DE ENSAYO: UNE 22-950-1:1990

PETICIONARIO:	Ingelur
DIRECCIÓN:	
OBRA/PROYECTO:	Supresión de paso a nivel en Torretxo. Ref: L94_2017
PROCEDENCIA:	SM-1. TP.
PROFUNDIDAD:	8,50 - 8,85 m
REFERENCIA:	SU-0171-VI17

FECHA DE ENTRADA : 1-dic-17
FECHA DEL ENSAYO : 15-dic-17

Orientación del eje de carga con respecto a la anisotropia de la probeta:

DENSIDAD APARENTE	2,62	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL	15,2	MPa



FOTOGRAFÍA ANTES DE ROTURA



FOTOGRAFÍA DE ROTURA

OBSERVACIONES:

Este certificado sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El Director del Laboratorio

Fdo.: Xuban Catalán Eizagirre
Licenciado en Ciencias Geológicas

El Técnico Responsable del Ensayo

Fdo.: Iratxe Vecilla Castillo
Licenciada en Biología

Parque Empresarial Ibarrabarri, Pabellón 10, 48940 Leioa (Bizkaia)
Tel.: 94 464 65 11, Fax: 94 464 32 50, e-mail: aster@asterlab.es

LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.
CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2017/10623	82	35622	S .2017/1032	20/12/2017

ACTA DE RESULTADOS

CLIENTE / OBRA / EXP.: 2095 / 6518/ 101480

2095: Saitec, S.A., Parque Empresarial Ibarrabarri. Edificio A2, 48940-Leioa, Bizkaia
ESA48264725

Ensayos Varios de Geotecnia y materiales
Laboratorio
Llanera.Asturias

DESTINATARIO

LAC-R-04-06

Saitec, S.A.
Parque Empresarial Ibarrabarri. Edificio A2
48940-Leioa
Bizkaia

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 13,60 a 13,90 metros).

PROCEDENCIA: Typsa - Berriz.

FECHA DE MUESTREO: 14/12/2017

ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.
Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

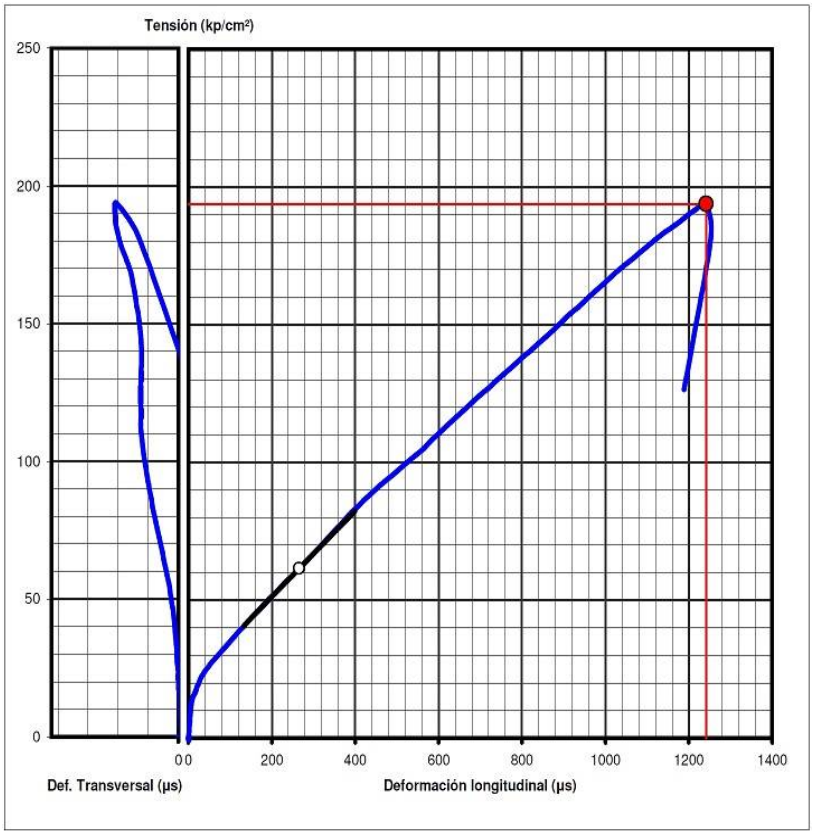
De conformidad con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.
CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2017/10623	82	35622	S .2017/1032	20/12/2017

LAC-R-04-06

COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.		
DATOS DE LA PROBETA		
Densidad natural	g/cm³	2,674
Diámetro	mm	83,5
Altura	mm	184,4
Área	mm²	5476,0
Volumen	mm³	1009773,0
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia máxima	MPa	**19,02**
Deformación	microstrain	1241
Módulo de Young	MPa	**15293,03**
Coeficiente de Poisson		**0,26**



OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÀREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial

LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.
CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2017/10537	80	35621	AG.2017/106	19/12/2017

ACTA DE RESULTADOS

CLIENTE / OBRA / EXP.: 2095 / 6518/ 101480

2095: Saitec, S.A., Parque Empresarial Ibarrabarri. Edificio A2, 48940-Leioa, Bizkaia
ESA48264725

Ensayos Varios de Geotecnia y materiales
Laboratorio
Llanera.Asturias

DESTINATARIO

LAC-R-04-06

Saitec, S.A.
Parque Empresarial Ibarrabarri. Edificio A2
48940-Leioa
Bizkaia

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1

PROCEDENCIA: Torretxo-Berriz

FECHA DE MUESTREO: 14/12/2017

ENSAYOS REALIZADOS

Análisis químico de aguas para determinar su agresividad hacia el hormigón, realizando los ensayos según normas UNE 83,952, UNE-EN 13,577, UNE 83,954, UNE 83,955, UNE 83,956 y UNE 83,957. Clasificación del conjunto según EHE-08.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.
Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.
CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2017/10537	80	35621	AG.2017/106	19/12/2017

LAC-R-04-06

AGRESIVIDAD DE UN AGUA HACIA EL HORMIGÓN. Según EHE-08 y Normas UNE		
VALOR DEL pH (UNE 83,952)		
pH		**6,70**
CO_2 AGRESIVO (UNE-EN 13,577)		
CO_2 agresivo	mg/l	**33**
IÓN AMONIO (UNE 83,954)		
NH_4^+	mg/l	**Exento**
IÓN MAGNESIO (UNE 83,955)		
Mg^{2+}	mg/l	**32**
IÓN SULFATO (UNE 83,956)		
SO_4^{2-}	mg/l	**14**
RESIDUO SECO (UNE 83,957)		
Residuo seco	mg/l	**257**

EVALUACIÓN DEL CONJUNTO	
Grado de agresividad	**DÉBIL**

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÀREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial

10.4. APÉNDICE 4. ESTACIONES GEOMECÁNICAS.

DATOS ESTRUCTURALES DEL MACIZO ROCOSO

TRABAJO: SUPRESIÓN PASO A NIVEL TORRETXO **LOCALIDAD:** TORRETXO (BERRIZ)
REALIZADO PJL **FECHA:** Noviembre 17 **HOJA:** 1 **DE** 1

TYPSA INGENIEROS CONSULTORES Y ARQUITECTOS

SITUACIÓN	TIPO DE PLANO	ORIENTACIÓN		CONTINUIDAD (m) S.RUMBO/S.BUZ										ESPACIADO (m)							SUPERFICIE		RELLENO		METEORIZACIÓN	RESISTENCIA	AGUA	LITOLOGÍA	OBSERVACIONES
		DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	1		1 A 3		3 A 10		10 A 20		>20		<0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2	2 A 6	>6	ONDULACIÓN	JRC	ESPESOR (mm)	TIPO					
001	E	100	34									X	X		X						3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
001	E	110	30									X	X		X						3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
001	J	202	60			X	X									X					3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
001	J	308	74			X	X									X					3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
001	J	230	60			X	X									X					3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
002	E	088	52									X	X			X					2	3	<0.02	Ox Fe	III	3	S	Margas y	
002	E	088	54									X	X			X					2	3	<0.02	Ox Fe	III	3	S	Margas y	
002	J	170	80			X	X									X					3	5	<0.02	Ar +	III	3	S	Margas y	
002	J	196	72			X	X									X					3	5	<0.02	Ar +	III	3	S	Margas y	
003	J	200	60			X	X									X					3	5	<0.02	Ar	III	3	S	Margas y	
003	E	056	56									X	X			X					2	3	<0.02	Ox Fe	III	3	S	Margas y	
003	E	076	70									X	X			X					2	3	<0.02	Ox Fe	III	3	S	Margas y	
003	J	170	80			X	X									X					3	5	<0.02	Ar +	III	3	S	Margas y	



Afloramiento nº 1.



Afloramiento nº 2.



Afloramiento nº 1.



Afloramiento nº 2.

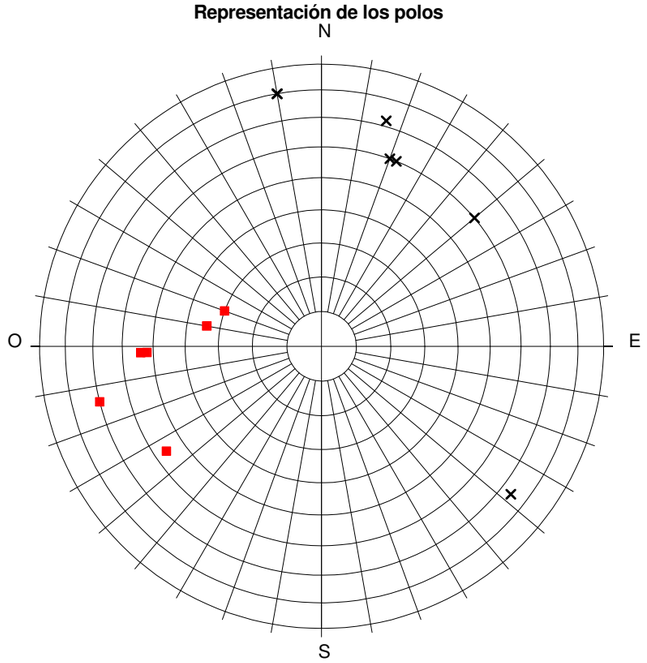


Afloramiento nº 3.

10.5. APÉNDICE 5. CÁLCULOS.

SUPRESIÓN PASO A NIVEL TORRETXO

Representación de los polos



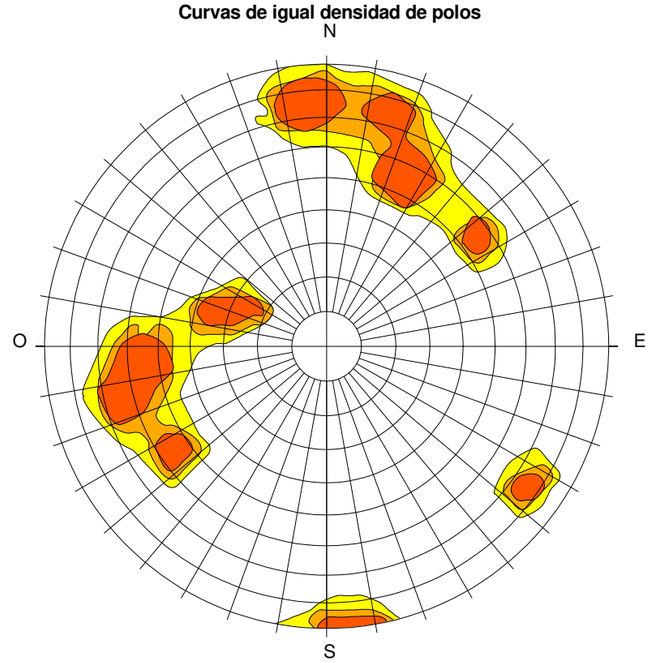
Discontinuidades :

Color	Tipo de plano
■	ESTRATIFICACIÓN
○	FALLA
×	JUNTA
▲	ESQUISTOSIDAD

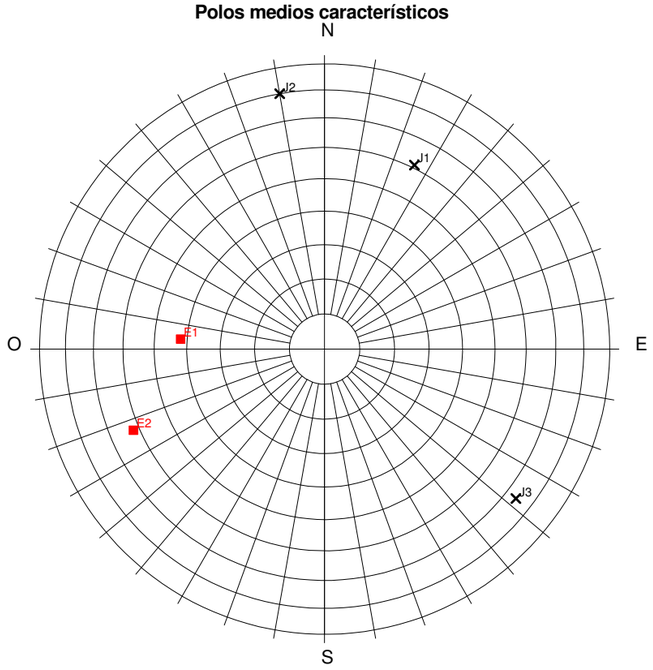
Curvas dibujadas :

Color	% (Polos)
	0 - 1
	1 - 2
	2 - 3
	3 - 4

Curvas de igual densidad de polos



Polos medios característicos

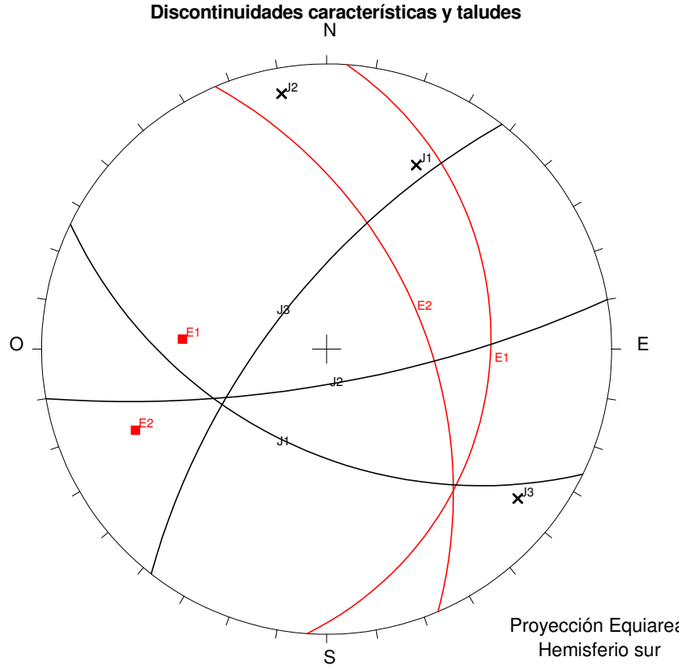


Número de polos medios: 5/ Grupo 1

Discontinuidades características :

Nombre	Tipo	Dirección de buzamiento	Buzamiento
E1	E	094	42
E2	E	067	62
J1	J	206	61
J2	J	170	80
J3	J	308	74

Discontinuidades características y taludes



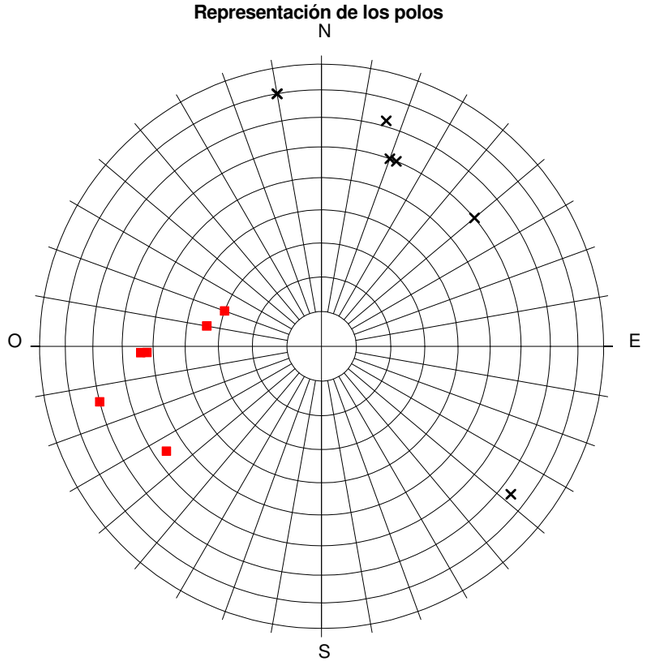
Proyección Equiareal
Hemisferio sur

TRINCHERA

Estaciones: 001, 002, 003.

SUPRESIÓN PASO A NIVEL TORRETXO

Representación de los polos



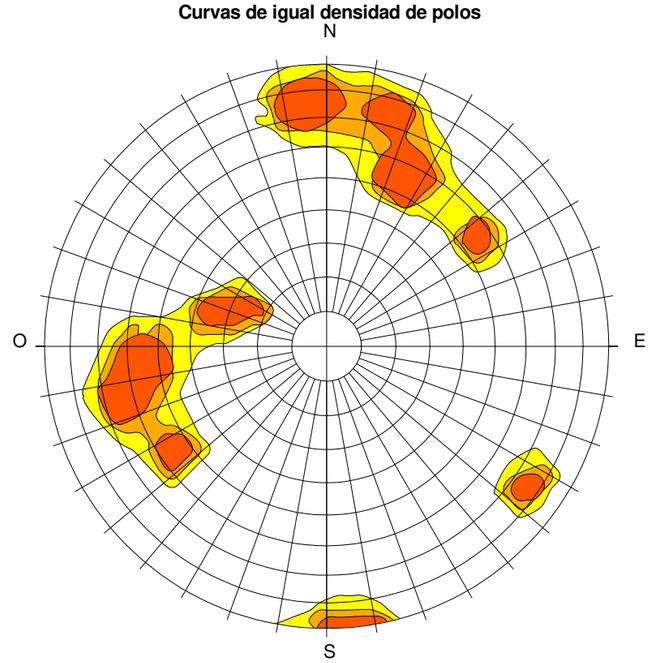
Discontinuidades :

Color	Tipo de plano
■	ESTRATIFICACIÓN
○	FALLA
×	JUNTA
▲	ESQUISTOSIDAD

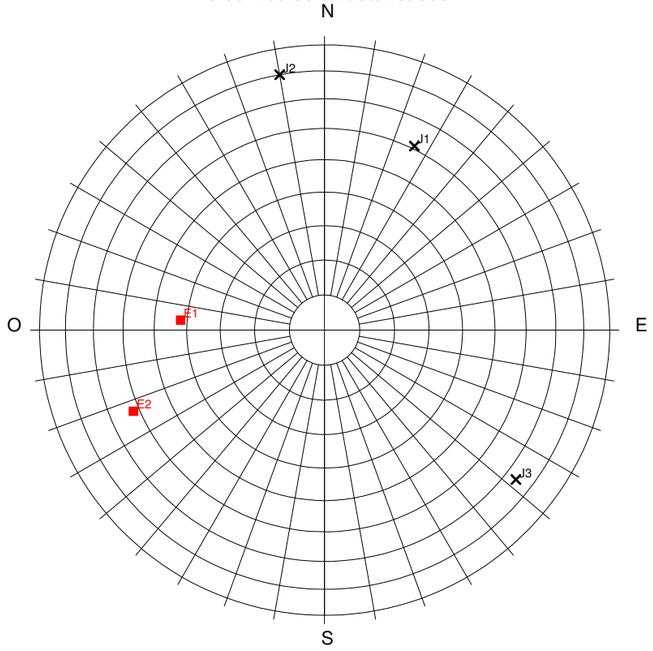
Curvas dibujadas :

Color	% (Polos)
	0 - 1
	1 - 2
	2 - 3
	3 - 4

Curvas de igual densidad de polos



Polos medios característicos

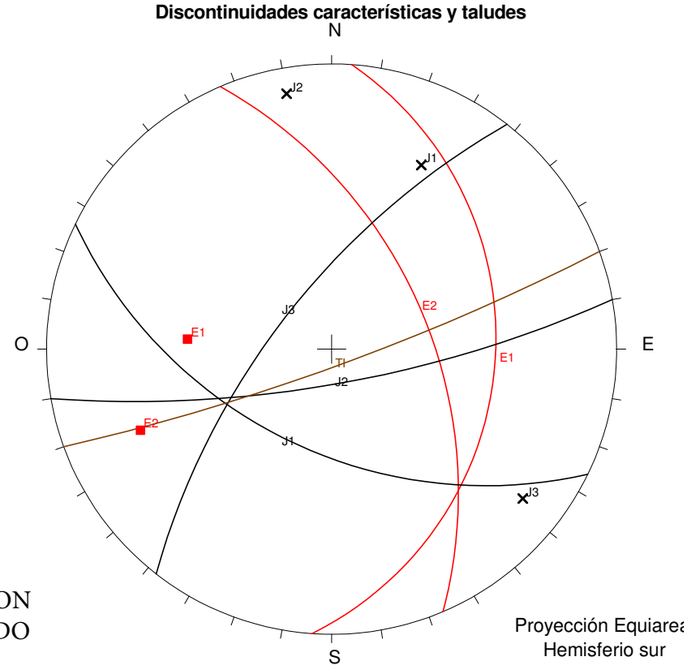


Número de polos medios: 5/ Grupo 1

Discontinuidades características :

Nombre	Tipo	Dirección de buzamiento	Buzamiento
E1	E	094	42
E2	E	067	62
J1	J	206	61
J2	J	170	80
J3	J	308	74

Discontinuidades características y taludes



PROYECCIÓN CON TALUD IZQUERDO

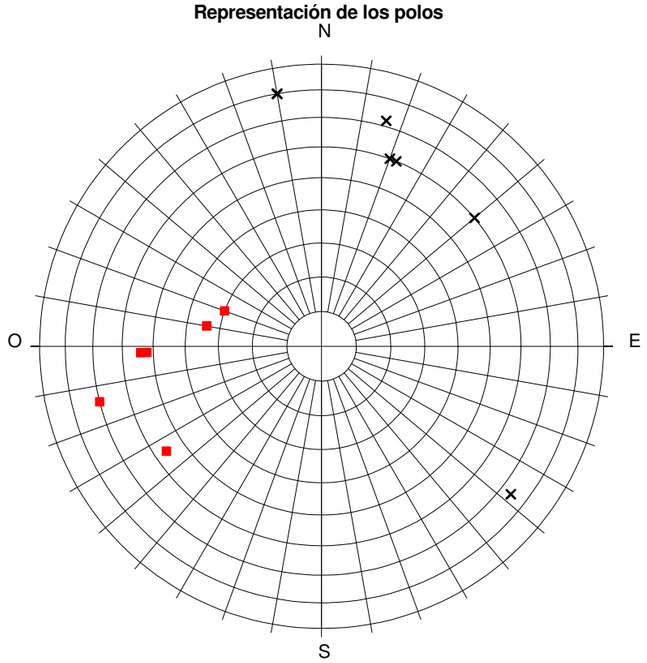
Proyección Equiareal
Hemisferio sur

TRINCHERA

Estaciones: 001, 002, 003.

SUPRESIÓN PASO A NIVEL TORRETXO

Representación de los polos



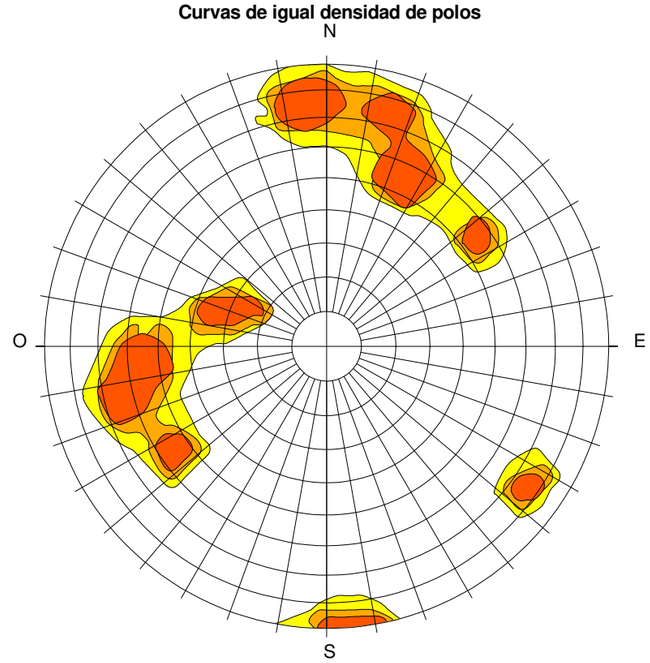
Discontinuidades :

Color	Tipo de plano
■	ESTRATIFICACIÓN
○	FALLA
×	JUNTA
▲	ESQUISTOSIDAD

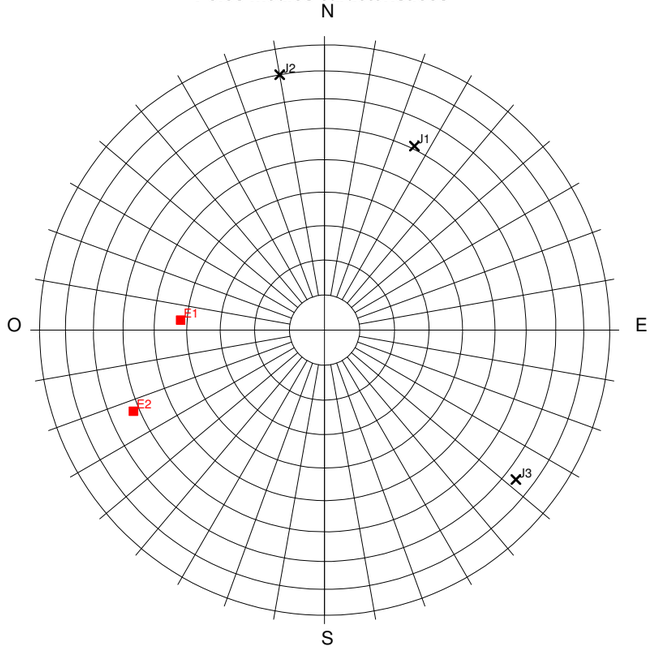
Curvas dibujadas :

Color	% (Polos)
	0 - 1
	1 - 2
	2 - 3
	3 - 4

Curvas de igual densidad de polos



Polos medios característicos

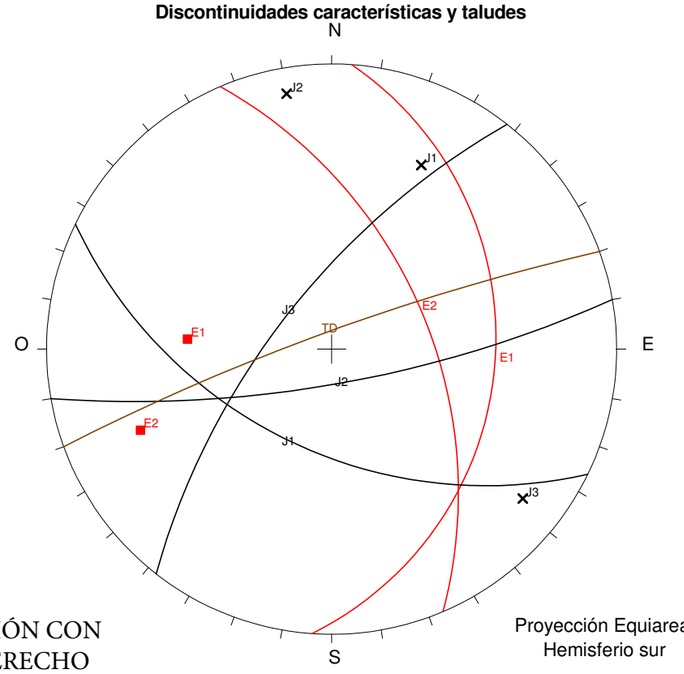


Número de polos medios: 5/ Grupo 1

Discontinuidades características :

Nombre	Tipo	Dirección de buzamiento	Buzamiento
E1	E	094	42
E2	E	067	62
J1	J	206	61
J2	J	170	80
J3	J	308	74

Discontinuidades características y taludes



PROYECCIÓN CON TALUD DERECHO

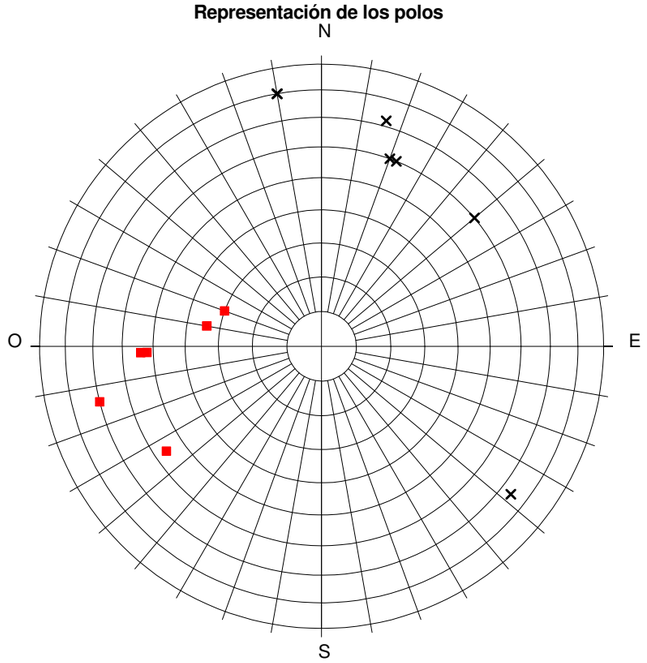
Proyección Equiareal
Hemisferio sur

TRINCHERA

Estaciones: 001, 002, 003.

SUPRESIÓN PASO A NIVEL TORRETXO

Representación de los polos



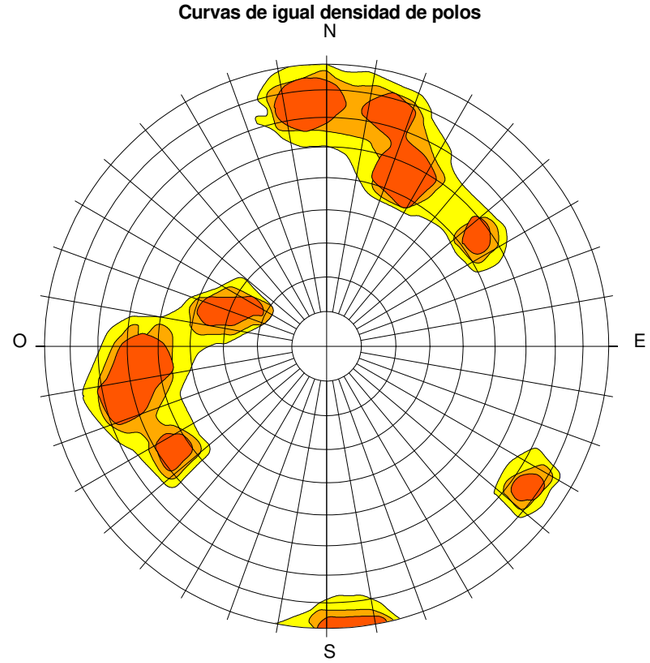
Discontinuidades :

Color	Tipo de plano
■	ESTRATIFICACIÓN
○	FALLA
×	JUNTA
▲	ESQUISTOSIDAD

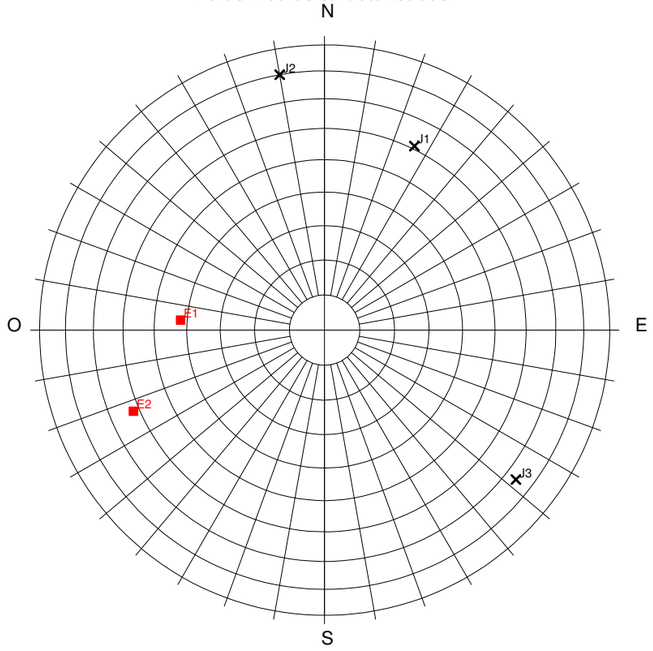
Curvas dibujadas :

Color	% (Polos)
	0 - 1
	1 - 2
	2 - 3
	3 - 4

Curvas de igual densidad de polos



Polos medios característicos

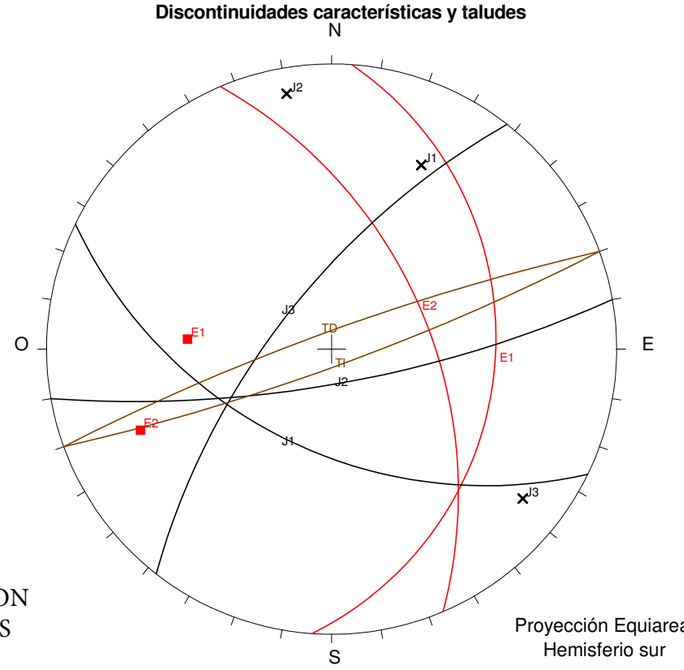


Número de polos medios: 5/ Grupo 1

Discontinuidades características :

Nombre	Tipo	Dirección de buzamiento	Buzamiento
E1	E	094	42
E2	E	067	62
J1	J	206	61
J2	J	170	80
J3	J	308	74

Discontinuidades características y taludes



PROYECCIÓN CON AMBOS TALUDES

Proyección Equiareal
Hemisferio sur

TRINCHERA

Estaciones: 001, 002, 003.

ANALISIS DE ESTABILIDAD

TRINCHERA TORRETXO (Izquierdo)

Azimut del eje: 70

Pendiente del talud: 85

Combinación de		Orientación				Tipo de deslizamiento	Factor de seguridad	Dimensiones por unidad de altura		Ángulos de rozamiento								Talud necesario
		Pl1		Pl2				Volumen	Distancia del extremo al eje	Asignados		Necesarios para alcanzar F.S = 1.5						
												Mínimos		Manteniendo uno de los asignados				
Pl1	Pl2	DBz	Bz	DBz	Bz					Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	
E1	E2	94	42	67	62	Cuña inversa	1,85	0,137	1,373	25	25	21	21	18	25	25	12	
E2	J1	67	62	206	61	Cuña directa	1,43	0,273	1,427	25	30	26	31	28	30	25	32	**35**
E1	J1	94	42	206	61	Cuña directa	0,99	0,410	1,408	25	30	35	42	41	30	25	52	**35**
E1	J2	94	42	170	80	Bloque	0,52	0,078	0,365	25		53						**69**
E2	J2	67	62	170	80	Cuña directa	0,43	0,033	0,275	25	30	56	67	67	30	25	78	**74**
J1	J3	206	61	308	74	Bloque	0,32	0,000	0,089	30		70						**84**
E1	J3	94	42	308	74	No posible												
E2	J3	67	62	308	74	No posible												
J1	J2	206	61	170	80	No posible												
J2	J3	170	80	308	74	No posible												

DBz = Dirección de Buzamiento; Bz= Buzamiento; Pl = Plano de discontinuidad.

ANALISIS DE ESTABILIDAD

TRINCHERA TORRETXO (Derecho)

Azimut del eje: 70

Pendiente del talud: 85

Combinación de		Orientación				Tipo de deslizamiento	Factor de seguridad	Dimensiones por unidad de altura		Ángulos de rozamiento								Talud necesario
		Pl1		Pl2				Volumen	Distancia del extremo al eje	Asignados		Necesarios para alcanzar F.S = 1.5						
												Mínimos		Manteniendo uno de los asignados				
Pl1	Pl2	DBz	Bz	DBz	Bz					Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	
E1	J3	94	42	308	74	Cuña directa	2,03	0,396	1,521	25	30	19	23	14	30	25	13	
E2	J3	67	62	308	74	Cuña directa	0,69	0,087	0,650	25	30	44	53	57	30	25	63	**56**
E1	E2	94	42	67	62	No posible												
E1	J1	94	42	206	61	No posible												
E1	J2	94	42	170	80	No posible												
E2	J1	67	62	206	61	No posible												
E2	J2	67	62	170	80	No posible												
J1	J2	206	61	170	80	No posible												
J1	J3	206	61	308	74	No posible												
J2	J3	170	80	308	74	No posible												

DBz = Dirección de Buzamiento; Bz= Buzamiento; Pl = Plano de discontinuidad.

ANALISIS DE ESTABILIDAD

TRINCHERA TORRETXO (Derecho)

Azimut del eje: 70

Pendiente del talud: 85

Combinación: E2 / J3

Incremento de 15º en la dirección de buzamiento y de 5º en buzamiento del plano E2

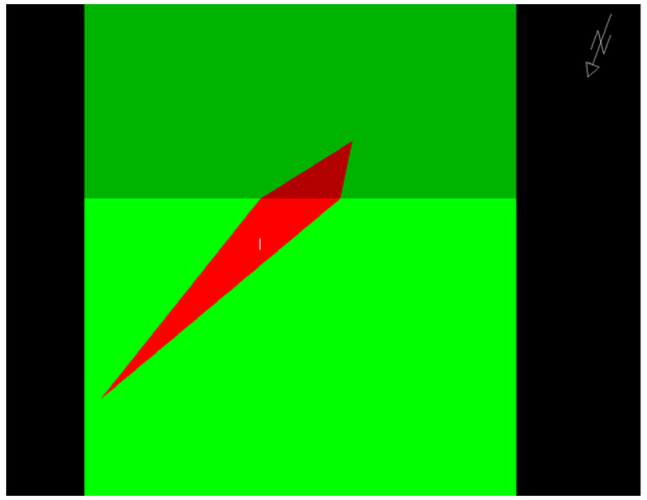
Posición	Incrementos en		Orientación				Tipo de deslizamiento	Factor de seguridad	Dimensiones por unidad de altura		Ángulos de rozamiento								Talud necesario
			Pl1		Pl2						Asignados		Necesarios para alcanzar F.S = 1.5						
													Mínimos		Manteniendo uno de los				
	DBz	Bz	DBz	Bz	DBz	Bz			Volumen	Distancia del extremo al eje	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	Pl1	Pl2	
0	+0	+0	67	62	308	74	Cuña directa	0,69	0,087	0,650	25	30	44	53	57	30	25	63	**56**
1	-15	-5	52	57	308	74	Cuña directa	0,55	0,096	0,636	25	30	50	60	61	30	25	72	**57**
2	-15	+0	52	62	308	74	Cuña directa	0,50	0,075	0,571	25	30	52	63	65	30	25	73	**60**
3	-15	+5	52	67	308	74	Cuña directa	0,44	0,058	0,513	25	30	54	65	69	30	25	74	**62**
4	+0	+5	67	67	308	74	Cuña directa	0,62	0,068	0,585	25	30	47	56	61	30	25	65	**59**
5	+15	+5	82	67	308	74	Cuña directa	0,95	0,088	0,703	25	30	36	43	46	30	25	51	**54**
6	+15	+0	82	62	308	74	Cuña directa	1,04	0,111	0,782	25	30	34	40	42	30	25	47	**51**
7	+15	-5	82	57	308	74	Cuña directa	1,12	0,141	0,868	25	30	32	38	38	30	25	44	**49**
8	+0	-5	67	57	308	74	Cuña directa	0,76	0,111	0,721	25	30	42	50	52	30	25	61	**54**

DBz = Dirección de Buzamiento; Bz= Buzamiento; Pl = Plano de discontinuidad.

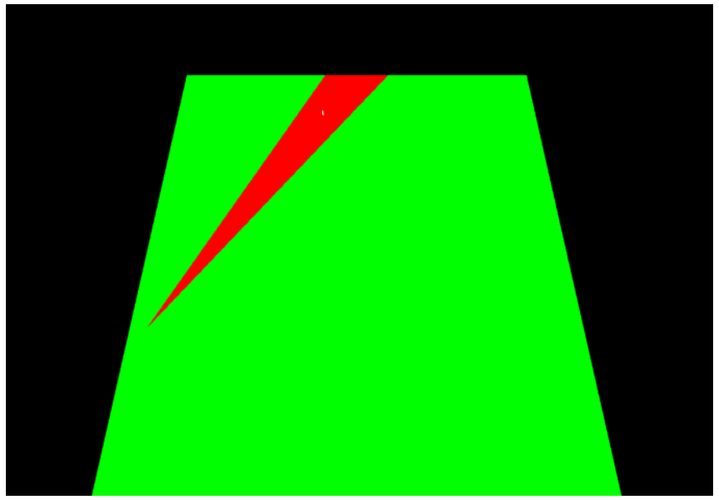
TYPSA
INGENIEROS CONSULTORES Y ARQUITECTOS

CUÑA DIRECTA E2-J3 TALUD DERECHO.

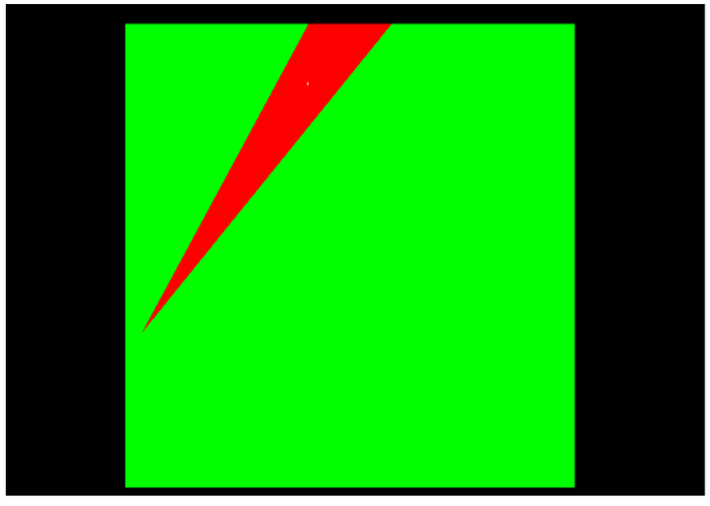
PLANTA



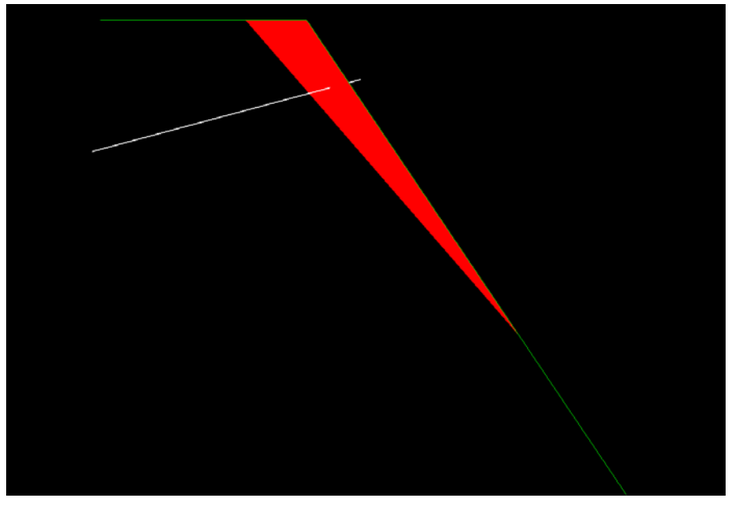
PRESPECTIVA



ALZADO



PERFIL



OBSERVACIONES

La tensión de sostenimiento necesaria para alcanzar el F.S de diseño de 1.5 es de 0.5 Tn/m^2. Para ello se propone Desde el PK 0+186 hasta el final del talud derecho se propone la colocación de una malla cableada con bulones pasivos Gewi de ø20 mm y 8 m de longitud cada 3 m V x 5 m H, capaz de resistir 5 KN. La malla propiamente dicha y de manera individual, sin la colaboración de los cables, debe ser capaz de poder retener 4 m^3 de material procedente de pequeños chineos o alteraciones del talud. También debe soportar 110 Kn/m a tracción y 45 Kn/m en sentido transversal.

Document Name:
E2-J3-Incrementales.swd

Job Title:
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=1.52071
Wedge height(on slope)=10 m
Wedge width(on upper face)=1.93806 m
Wedge volume=8.68763 m3
Wedge weight=22.5878 tonnes
Wedge area (joint1)=11.8125 m2
Wedge area (joint2)=19.0233 m2
Wedge area (slope)=16.2212 m2
Wedge area (upper face)=2.60629 m2
Normal force (joint1)=17.854 tonnes
Normal force (joint2)=13.5444 tonnes
Driving force=14.361 tonnes
Resisting force=21.8389 tonnes
Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)
Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=39.4782 deg, trend=24.3381 deg
length=15.7286 m
Trace Lengths:
Joint1 on slope face=14.5144 m
Joint2 on slope face=13.2089 m
Joint1 on upper face=1.98135 m
Joint2 on upper face=3.65727 m
Maximum Persistence:
Joint1=15.7286 m
Joint2=15.7286 m
Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 9.74234 deg
J1&Crest on slope face = 56.2067 deg
J1&Crest on upper face = 102 deg
J2&Crest on slope face = 114.051 deg
J2&Crest on upper face = 32 deg
J1&2 on upper face = 46 deg

Joint Set 1 Data:
dip=57 deg, dip direction=82 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=25 deg

Joint Set 2 Data:
dip=74 deg, dip direction=308 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=30 deg

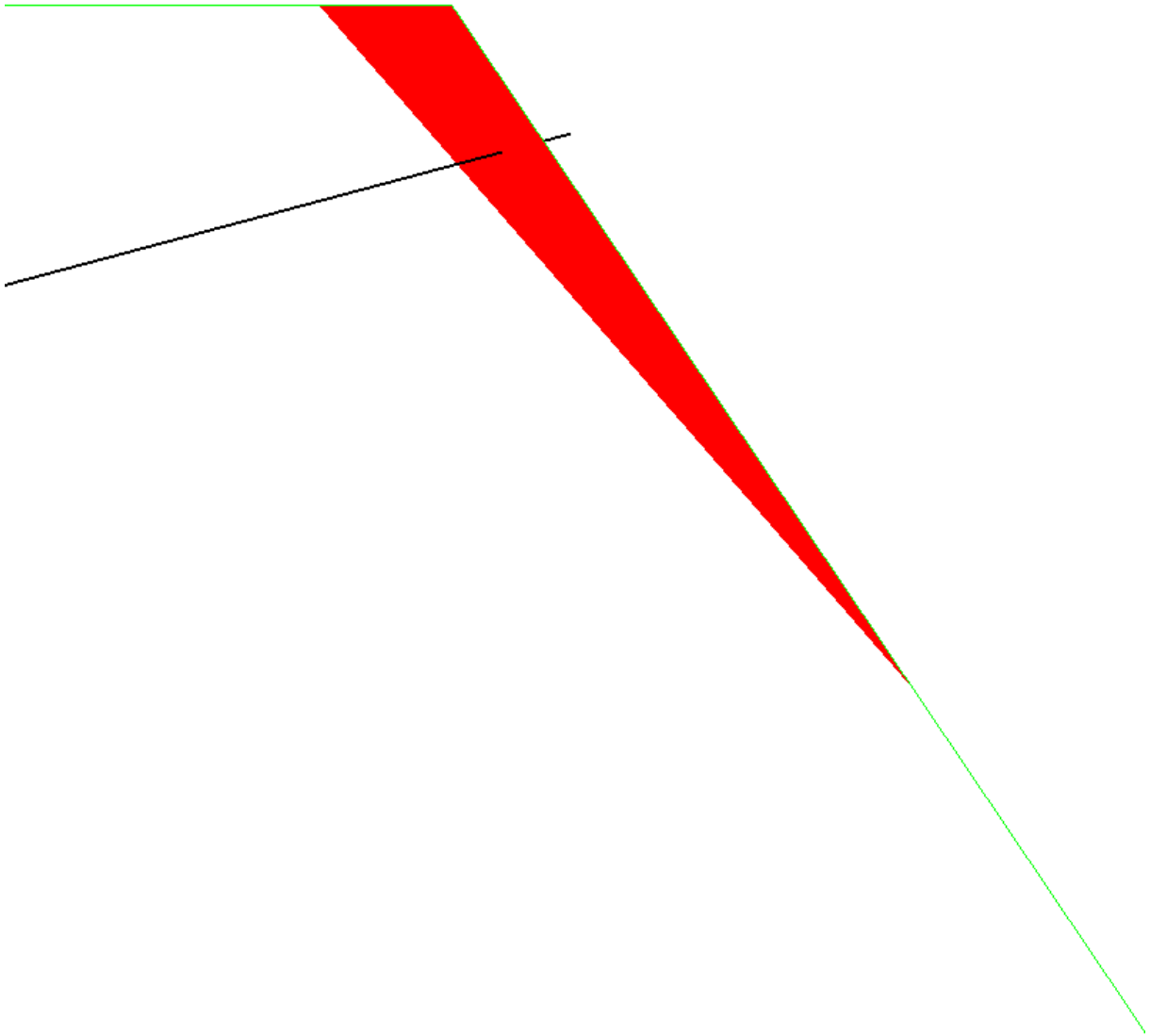
Slope Data:
dip=56 deg, dip direction=340 deg
slope height=10 meters
rock unit weight=2.6 tonnes/m3
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:
dip=0 deg, dip direction=340 deg

Bolt Data:
Number of bolts=1
Bolt #1
bolt model=passive
trend=160 deg, plunge=15 deg
length=8 meters
anchored length=7.37952 meters
capacity=5 tonnes

Swedge Analysis

Document Name: E2-J3-Incrementales.swd
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: SIDE
Safety Factor: 1.52071



Swedge Analysis Information

Document Name:
E2-J3-Incrementales.swd

Job Title:
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=1.52071
Wedge height(on slope)=10 m
Wedge width(on upper face)=1.93806 m
Wedge volume=8.68763 m3
Wedge weight=22.5878 tonnes
Wedge area (joint1)=11.8125 m2
Wedge area (joint2)=19.0233 m2
Wedge area (slope)=16.2212 m2
Wedge area (upper face)=2.60629 m2
Normal force (joint1)=17.854 tonnes
Normal force (joint2)=13.5444 tonnes
Driving force=14.361 tonnes
Resisting force=21.8389 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=39.4782 deg, trend=24.3381 deg
length=15.7286 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=14.5144 m
Joint2 on slope face=13.2089 m
Joint1 on upper face=1.98135 m
Joint2 on upper face=3.65727 m

Maximum Persistence:
Joint1=15.7286 m
Joint2=15.7286 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 9.74234 deg
J1&Crest on slope face = 56.2067 deg
J1&Crest on upper face = 102 deg
J2&Crest on slope face = 114.051 deg
J2&Crest on upper face = 32 deg
J1&2 on upper face = 46 deg

Joint Set 1 Data:

dip=57 deg, dip direction=82 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=25 deg

Joint Set 2 Data:

dip=74 deg, dip direction=308 deg

cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=56 deg, dip direction=340 deg
slope height=10 meters
rock unit weight=2.6 tonnes/m3
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=0 deg, dip direction=340 deg

Bolt Data:

Number of bolts=1

Bolt #1
bolt model=passive
trend=160 deg, plunge=15 deg
length=8 meters
anchored length=7.37952 meters
capacity=5 tonnes

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -5.28, -9.1, 10
Point 234: -2.75, -8.18, 10
Point 123: -5, -11.1, 10