

**MODIFICACIÓN DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN PARA EL  
FRENTE DE OFITA DE LA CANTERA “ARRITXURI” 33061 EN  
LA LOCALIDAD DE ALMANDOZ, VALLE DE BAZTAN  
(NAVARRA)**

**Ref. expte. SEMSI-SMI-ARRITXURI 33061**

**PROMOTOR:**

**CANTERAS ACHA S.A.**

---

**FECHA:**

**Mayo de 2020**

---

**Prolesogal**

*Proyectos y legalizaciones Solla Galdeano, S.L.  
Plaza Larre, 16 2º Oficina 5.  
31191-Beriain (Navarra)  
CIF B-31771777  
Tfno: 948 31 08 89  
Fax: 948 31 30 69*

#### ***IV. ANEJOS.***

---

## 1. AUTORIZACIONES

<b>Resolución de la Directora General de Industria, Energía e Innovación</b>	
<b>OBJETO</b>	Autorización del proyecto de explotación y plan de restauración del frente de ofita de la explotación Arritxuri 33061
<b>REFERENCIA</b>	<b>Código Expediente:</b> SEMSI-SMI-Arritxuri 33061 frente ofita
<b>UNIDAD GESTORA</b>	Servicio de Energía, Minas y Seguridad Industrial Sección de Minas Dirección: Parque Tomas Caballero, 1 – 31005 Pamplona Teléfono: 848426466 Fax: 848426484 Correo-electrónico: mtrapotr@navarra.es
<b>DESTINATARIO</b>	Canteras Acha S.A. Calle Mayor, 24 B 31792 Almandoz Ayuntamiento Baztan Plaza los Fueros, s/n, 31700 Elizondo

Mediante Resolución 441/2000, de 23 de mayo, del Director General de Industria, se otorgó a Canteras Acha, S.A., la concesión de explotación Arritxuri 33061 derivada del permiso de investigación Apurchi 3306, por un periodo de vigencia de 30 años, prorrogables por periodos iguales hasta un máximo de 90 años en una extensión de 11 cuadrículas mineras en el término municipal de Baztan.

La concesión de explotación cuenta con un frente de caliza aprobado mediante Resolución 2042/2011, de 2 de noviembre, del Director General de Empresa e Innovación.

Con fecha 05/05/2016 la citada empresa solicitó la aprobación del proyecto denominado “*Proyecto de explotación para el frente de ofita de la cantera Arritxuri en la localidad de Almandoz, Valle de Baztan (Navarra)*”, fechado en abril de 2016.

Las actuaciones proyectadas cuentan con informe favorable del Servicio de Territorio y Paisaje de fecha 23/03/2017, por desarrollarse dentro de los límites del proyecto sometido a la Declaración de Impacto Ambiental emitida a través de la Resolución 995/2002, de 16 de abril, del Director General de Medio Ambiente. Dicho informe no considera necesario volver a someter a información pública el plan de restauración y el importe de la garantía debe ser el exigido en la citada Resolución, con las actualizaciones que correspondan, que a día de hoy está debidamente depositada.

Conforme a lo dispuesto en el artículo 111 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera aprobado por Real Decreto 863/1985, de 2 de abril y al artículo 5 del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras, procede autorizar el proyecto de explotación y plan de restauración del frente de ofita de la explotación Arritxuri 33061

De conformidad con lo expuesto, en ejercicio de las atribuciones que me confiere el artículo 22.1 de la Ley Foral 15/2004, de 3 de diciembre, de la Administración de la Comunidad Foral de Navarra,

**RESUELVO:**

1. Autorizar a Canteras Acha, S.A., el proyecto de explotación del frente de ofita en la explotación Arritxuri 33061.
2. Aprobar el plan de restauración presentado por la empresa de fecha abril de 2016.

La explotación se desarrollará de acuerdo a las condiciones contempladas en la documentación técnica aportada, que será desarrollada mediante los planes de labores anuales. Cualquier modificación sustancial que altere el contenido del proyecto deberá contar con la correspondiente aprobación.

2. Confirmar la validez del importe de la garantía para la ejecución del plan de restauración, fijada en la Resolución 995/2002, de 16 de abril, del Director General de Medio Ambiente. Esta garantía deberá actualizarse conforme a la evolución del IPC nacional cada 5 años.
3. Trasladar esta Resolución y su Anexo al Servicio de Energía, Minas y Seguridad Industrial y al Servicio de Territorio y Paisaje del Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, a los efectos oportunos.
4. Notificar esta Resolución y su Anexo a Canteras Acha, S.A., advirtiendo que contra la misma, que no agota la vía administrativa, cabe interponer recurso de alzada ante el Consejero de Desarrollo Económico, en el plazo de un mes a partir del día siguiente al de su notificación, indicando en el mismo el número de expediente.
5. Notificar esta Resolución y su Anexo al Ayuntamiento de Baztan, a los efectos oportunos.

LA DIRECTORA GENERAL DE INDUSTRIA, ENERGÍA E INNOVACIÓN  
Yolanda Blanco Rodríguez



<b>OBJETO:</b>	<b>Informe técnico</b>
<b>REFERENCIA:</b>	<b>0003-0102-2016-000722</b>
<b>UNIDAD GESTORA:</b>	Dirección General de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio Servicio de Territorio y Paisaje Sección de Impacto Ambiental y Paisaje C/ González Tablas, 9 - 31005 Pamplona Teléfono: 848 427625 Correo electrónico: secevamb@cfnavarra.es

EXPEDIENTE	
<b>Actividad:</b>	Proyecto de explotación y Plan de Restauración del frente de ofita de la explotación Arritxuri en Almandoz (Baztán)
<b>Solicitante:</b>	SECCIÓN DE ENERGÍA Y MINAS
<b>Fecha Solicitud:</b>	26/5/2016

El Servicio de Energía, Minas y Seguridad Industrial ha solicitado informe respecto al Proyecto de Explotación y Plan de Restauración del frente de ofita de la explotación Arritxuri 3306. La documentación ha sido presentada por Canteras Acha S.A. para su tramitación minera.

## ANTECEDENTES

El frente ofita de la cantera "Arritxuri" promovida por Canteras Acha S.A. y ubicada en Almandoz (Baztán) cuenta con expediente medioambiental resuelto de forma favorable a través de su Declaración de Impacto Ambiental (Resolución 995/2002, de 16 de abril, del Director General de Medio Ambiente) y su Resolución de Actividad Clasificada (Resolución 757/2002, de 11 de junio, del Director General de Ordenación del Territorio y Vivienda).

Estas Resoluciones aprobaron a efectos medioambientales la ampliación de la cantera y su plan de restauración, fijando el aval necesario para garantizar la restauración de la actividad que se estimó en 41.046,64 €.

El Plan de Restauración y resto de documentación del expediente fue sometida al trámite de información pública mediante anuncio publicado en el Boletín Oficial de Navarra número 124, de 12 de octubre de 2001.



Hay que señalar que en la Declaración de Impacto Ambiental se establecen una serie de condiciones de cara a asegurar una mejor integración de las actuaciones de revegetación en la ZEC (antiguo LIC) Belate. Estas consideraciones son transcritas en el apartado final del presente informe.

## **AMBITO DEL PROYECTO PRESENTADO**

El ámbito del proyecto presentado coincide con el perímetro del proyecto sometido a la Declaración de Impacto Ambiental emitida mediante la Resolución 995/2002. En lo referente a la topografía final de la cantera el documento presenta pequeñas diferencias en las cotas de los bancos respecto al proyecto inicial de 2002, modificaciones originadas por las desviaciones a la hora de ejecutar la extracción sobre el terreno. Estas diferencias se consideran irrelevantes por lo que no es necesaria una nueva tramitación medioambiental de dicho proyecto minero.

El Plan de Restauración presentado es coherente con el Plan de Restauración vigente, también dentro del ámbito de la DIA de 2002. Dado que tanto el Plan de Restauración como el resto de documentación del expediente medioambiental estuvo sometido a información pública, no se considera necesario un nuevo periodo de información pública a efectos medioambientales. La ejecución del Plan de Restauración deberá cumplir en cualquier caso los condicionantes impuestos en la DIA.

## **CONCLUSIONES**

- Se informa favorablemente al Proyecto de Explotación y Plan de Restauración del frente de ofita de la explotación Arritxuri 3306, remitido por el Servicio de Energía, Minas y Seguridad Industrial. El proyecto se desarrolla dentro de los límites del proyecto sometido a la Declaración de Impacto Ambiental emitida a través de la Resolución 995/2002, de 16 de abril, del Director General de Medio Ambiente y su Plan de Restauración es coherente con el plan vigente incluido en el mismo expediente medioambiental.
- La ejecución del Plan de Restauración deberá tener en cuenta los condicionantes exigidos en la Declaración de Impacto Ambiental (Resolución 995/2002, de 16 de abril, del Director General de Medio Ambiente) en lo referente a las especies a utilizar, de cara a evitar afecciones en la ZEC Belate:



- *Las mezclas a utilizar en las siembras e hidrosiembras, incluirán principalmente especies de gramíneas como Festuca rubra, Agropyrum repens, Lolium perenne, Dactylis glomerata y Poa pratensis. Estas especies pueden acompañarse en menor proporción de otras como Trifolium repens, Lotus corniculatus y Melilotus alba e incluso leñosas como Ulex galii o Ulex europaeus. Las especies indicadas en el proyecto de restauración ambiental, no son apropiadas por encontrarse fuera de su área de distribución.*
  - *Se excluirá la especie Pinus radiata del proyecto de restauración, sustituyéndolo por el fresno (Fraxinus excelsior).*
  - *Los arboles y arbustos plantados contarán con protectores tipo tubex. Al finalizar las labores de restauración se procederá al vallado perimetral de la zona restaurada.*
- 
- Dado que el expediente medioambiental completo estuvo sometido a información pública (Boletín Oficial de Navarra número 124, de 12 de octubre de 2001), no se considera necesario que el Plan de Restauración vuelva a someterse a dicho procedimiento, a los efectos ambientales.
  - El aval de restauración debe ser el exigido en la Resolución 995/2002 (41.046,64 euros) con las actualizaciones que correspondan.

Pamplona, 23 de marzo de 2017.

## BOLETÍN Nº 60 - 17 de mayo de 2002

### **RESOLUCION 995/2002, de 16 de abril, del Director General de Medio Ambiente por la que se formula Declaración de Impacto Ambiental sobre la Ampliación al proyecto de explotación de la concesión de explotación "Arritxuri" número 3306 T.M. Valle de Baztán, promovido por Canteras Acha, S.A. en Almándoiz (Valle de Baztán).**

La Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento de ejecución aprobado por el Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, establecen la obligación de formular Declaración de Impacto Ambiental, con carácter previo a la resolución administrativa que se adopte para la realización o, en su caso, autorización de las obras, instalaciones o actividades comprendidas en los anexos a las citadas disposiciones.

Con objeto de iniciar el procedimiento de evaluación de impacto ambiental el Ayuntamiento del Valle de Baztán presentó el expediente que incluía junto con el proyecto técnico correspondiente, el Proyecto de restauración del frente de ofita en la concesión de explotación "Arritxuri" número 3.306 T.M. Valle de Baztán promovida por Canteras Acha, en el que remitía a la Evaluación de Impacto Ambiental que se hizo en 1996, del Proyecto de Explotación de Arritxuri con el que se obtuvo el 20 de mayo de 2000 la Concesión de Explotación, por Resolución del Director General de Industria.

Mediante Resolución 2054/ 2001, de 6 de septiembre, del Director General de Medio Ambiente, se sometió el expediente a información pública durante el plazo de treinta días hábiles. Dicha Resolución se publicó en el BOLETIN OFICIAL de Navarra número 124 de 12 de octubre de 2001. Durante este periodo no se han recibido alegaciones.

El Servicio de Conservación de la Biodiversidad informa sobre las afecciones al LIC ES2200018 de Belate que:

-El Pastizal-Helechal que cubre la ladera septentrional del montículo, aunque muy próximo al hábitat prioritario 6230 Pastizales mesofíticos acidófilos (cervunales) montanos orocántabro-atlánticos, no se puede asimilar a dicho hábitat al encontrarse prácticamente fuera de su área de distribución y en unas condiciones muy diferentes a las que definen los cervunales en su expresión más genuina.

-El Brezal-Tojal que se desarrolla en la ladera sur del cerro corresponde claramente al hábitat de interés "4030 Brezales-tojales atlánticos" de la Directiva 92/43 CEE. El proyecto afecta a una superficie aproximada de 11.000 metros cuadrados del hábitat de interés 4030 (Brezales-tojales atlánticos) de la Directiva 92/43 CEE. No se estima necesario efectuar una compensación de hábitat, considerando que dentro del LIC ES2200018 "Belate" se mantiene una superficie inventariada suficiente.

-Las pequeñas zonas arboladas incluidas dentro del perímetro de la explotación presentan dominancia del nogal y no pertenecen a ningún hábitat de interés, ni dan lugar a ninguna formación arbolada importante.

En consecuencia, y en ejercicio de las facultades que me atribuye el Decreto Foral 580/1995, de 4 de diciembre, de asignación de funciones relativas a la Evaluación de Impacto Ambiental, y la Orden Foral 1028/1999, de 29 de julio, del Consejero de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda,

RESUELVO:

1.º Se formula la presente Declaración de Impacto Ambiental sobre el Estudio de Impacto Ambiental y Proyecto de Restauración del frente de ofita en la concesión de explotación "Arritxuri" número 3.306 T.M. Valle de Baztán promovida por Canteras Acha, considerando que la solución que se propone es ambientalmente viable, cumpliendo las siguientes condiciones:

a) Se ejecutará una zanja perimetral a la explotación para evitar que las aguas de escorrentía pluvial accedan a la misma.

b) La ejecución del plan de restauración deberá garantizarse, en aplicación del Real Decreto 2994/1982, de 15 de octubre, mediante presentación por el promotor de aval solidario, que se ajustará, en lo que proceda, al Decreto Foral 205/1988, de 21 de julio, o de fianza en metálico, que se consignarán en el Departamento de Economía y Hacienda del Gobierno de Navarra, por un importe equivalente al del presupuesto del mencionado plan de restauración de 41.064,64 euros (6.829.587 pesetas), debiendo justificarse tal hecho ante el Ayuntamiento, previamente a que éste proceda a la concesión de la licencia de apertura. La garantía adoptada deberá actualizarse cada cinco años en función de la evolución del índice de precios al consumo.

c) En relación a los humos y gases se estará a lo dispuesto en la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico y Normativa concordante.

d) En caso de que se observe una emisión apreciable de polvo en la planta de tratamiento a implantar, se podrá requerir la implantación de medidas de captación de polvo adicionales a las propuestas.

e) En vertidos y residuos sólidos, se estará a lo dispuesto en las Ordenanzas municipales y normativa vigente.

f) Ruidos y vibraciones: Se cumplirán en todo momento las condiciones de funcionamiento y de niveles sonoros de vibraciones que establecen los artículos 15, 16 y 18 del Decreto Foral 135/1989, de 8 de junio.

g) Con relación a la afección a hábitats de los proyectos de explotación y restauración, se informa de que su puesta en explotación y posterior restauración deberá cumplir:

-El límite de la ocupación de la cantera será el definido en los planos del Proyecto de Restauración.

-No se depositarán escombros fuera del perímetro de explotación definido en el Proyecto de Restauración. Serán íntegramente trasladados a la cantera de caliza Arritxuri donde serán depositados en las zonas habilitadas para este fin.

-Las mezclas a utilizar en las siembras e hidrosiembras, incluirán principalmente especies de gramíneas como Festuca rubra, Agropyrum repens, Lolium perenne, Dactylis glomerata y Poa pratensis. Estas especies pueden acompañarse en menor proporción de otras como Trifolium repens, Lotus corniculatus y Melilotus alba e incluso leñosas como Ulex galii o Ulex europaeus. Las especies indicadas en el proyecto de restauración ambiental, no son apropiadas por encontrarse fuera de su área de distribución.

-Se excluirá la especie Pinus radiata del proyecto de restauración, sustituyéndolo por el fresno (Fraxinus excelsior).

-Los árboles y arbustos plantados contarán con protectores tipo tubex. Al finalizar las labores de restauración se procederá al vallado perimetral de la zona restaurada.

-Se repondrán las mareas de la plantación durante el primer año.

h) Previamente al inicio de la explotación del frente denominado Ofita, se presentará por el titular un informe técnico suscrito por Organismo de Control Autorizado, que describa el plan de explotación actualizado y la situación medioambiental de la explotación y su adecuación a la Declaración de Impacto Ambiental emitida, incluyendo las medidas correctoras previstas y otras nuevas que, en su caso, sea preciso implantar para reducir el posible impacto ambiental observado.

A la vista de dicho informe, el Departamento de Medio Ambiente podrá imponer nuevas medidas correctoras, considerándose tal actuación como la revisión de las medidas correctoras impuestas a que hace referencia el artículo 8 de la Ley Foral 16/89, de control de actividades clasificadas para la protección del medio ambiente.

2.º Publicar la Declaración de Impacto Ambiental en el BOLETIN OFICIAL de Navarra para general conocimiento, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 22 del Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.

3.º Notificar esta Resolución al promotor, a la Dirección General de Industria, a la Dirección General de Medio Ambiente y al Ayuntamiento del Valle de Baztán, a los efectos oportunos.

Pamplona, a dieciséis de abril de dos mil dos.-El Director General de Medio Ambiente, José Ignacio Elorrieta Pérez de Diego.

## ANEXO I

### Descripción del Proyecto

La cantera Arritxuri se sitúa en Almádoz (Valle de Baztán) y está dedicada a la obtención de piedra con fines constructivos y ornamentales.

La existencia de nuevos yacimientos minerales de interés (ofitas) en la concesión, que fue determinada por una serie de sondeos mecánicos realizados en el año 2000, han justificado la apertura de un nuevo frente de la cantera "Arritxuri" para la obtención de áridos de rocas de naturaleza ofítica de diversa granulometría.

Este nuevo frente, llamado frente Ofita, se sitúa a unos 450 metros al oeste de la localidad de Almádoz en una localización intermedia entre el frente de Arritxuri al norte y el frente Apurtxi al suroeste.

Las labores se realizarán a cielo abierto, con arranque mediante perforación y voladura definiéndose hasta 4 bancadas superpuestas y concéntricas. La superficie ocupada por las nuevas actividades será de unos 23.600 metros cuadrados, con unas dimensiones máximas de corta de 190 metros de largo por 125 metros de ancho. La cota máxima de explotación es de 572 metros y el fondo de corta será de 507 metros. Los bancos de trabajo serán de 15 metros de altura con taludes de 70.º de inclinación separados por bermas de 8 a 10 metros. El paso a los dos bancos inferiores se efectuará por rampas descendentes con 12,5% de pendiente.

El área está incluida dentro del LIC ES2200018 de "Belate", Lugar de Importancia Comunitaria de la Red europea Natura 2000. En el formulario justificativo correspondiente, en su apartado 6.º de "Impactos y actividades generales dentro y en los alrededores del LIC" no se alude a la explotación minera de Almádoz, indicándose de manera genérica el procedimiento a seguir en el caso de las prospecciones en curso.

La documentación entregada incluye junto con el proyecto técnico en que remite a la Evaluación de Impacto Ambiental que se hizo en 1996 para la legalización de la cantera Arritxuri, el Proyecto de Restauración del frente de ofita en la concesión de explotación "Arritxuri" número 3.306 T.M. Valle de Baztán promovida por Canteras Acha.

## ANEXO II

### Resumen del Estudio de Impacto

Según lo ya indicado, el EIA de 1996, ya valoró los impactos que sobre los distintos factores del medio natural y humano se derivaban de la explotación de la cantera Arritxuri por lo que el proyecto técnico de ampliación de la misma y su correspondiente proyecto de restauración ambiental contemplan solamente de modo específico el impacto paisajístico, la disminución de la calidad atmosférica por causa del polvo en suspensión por las distintas acciones proyectadas y la pérdida de la masa vegetal y de suelo útil que supone la localización del nuevo frente de explotación. También se contempla la posibilidad de que la explanada base de la explotación no drene el agua de lluvia por lo que quizás se produzca un embalsamiento de hasta 4 metros de profundidad, en ese caso se derivarían singulares impactos adicionales.

En cuanto al polvo en suspensión se indican una serie de medidas correctoras como son:

- La utilización de maquinaria con sistemas de captación de polvo incorporada,
- La ubicación de los acopios en lugares protegidos del viento,
- El riego periódico de los distintos focos de polvo, especialmente en verano o en épocas particularmente secas,
- El mantenimiento de las infraestructuras (viales, explanadas, etc.) que puedan originar polvo por deterioro,
- La vigilancia de las operaciones de explotación de la cantera por el encargado, que será responsable de que se cumplan las medidas anteriormente citadas.

El impacto paisajístico sólo se producirá en el talud de la berma de abandono superior, la explanada sur y en las dos zonas de acceso a la corta superior. Para su ocultamiento se prevé que la revegetación oculte estas vistas mediante:

- Hidrosiembra del talud superior.
- Plantación de árboles, arbustos y siembra siguiendo las pautas de la revegetación de la berma superior en la propia berma 552, el anchurón de la rampa de acceso a la berma 537 y en la explanada sur.

En el resto de cortas, bermas y explanadas se prevé su revegetación para procurar la recuperación de la cubierta vegetal tras la explotación de las canteras, para ello:

- En la berma superior (552) se verterán estériles para modificar el perfil de la berma y favorecer la colonización vegetal. Sobre estos vertidos se extenderá una capa de suelo vegetal de 0,25 metros. Plantación de una barrera de árboles y arbustos autóctonos (que ayudarán a ocultar el talud superior) y siembra de herbáceas.
- En la berma 537 se seguirá las pautas de la berma 552 pero sin plantar la banda lineal de árboles.
- Para la berma 522 y su rampa, para la explanada 507 y su rampa y para la pista de acceso a la zona superior se seguirá la pauta de la berma 537.
- En la rampa de acceso a la cota 537 se seguirá la misma pauta de revegetación que en las zonas anteriores pero en el anchurón adjunto se plantará una franja no lineal de árboles (semejante a la de la berma 552), para ocultar posibles vistas del ángulo norte del segundo talud.
- La explanada sur se tratará como el anchurón de la rampa de acceso a la berma 537, lo cual ocultará la zona sur del segundo talud.

En el caso de que se produzca un embalsamiento de agua a partir de la cota 537 se contempla en el plan de restauración asumir como alternativa la construcción de un drenaje horizontal de 90 metros para anular posibles impactos adicionales.

Código del anuncio: A0204407

## **2. ANÁLISIS SUSTANCIALIDAD DE LA MODIFICACIÓN**

## **ACTIVIDAD CLASIFICADA PREVIA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.**

De acuerdo con **Artículo 30. Modificación sustancial de la actividad autorizada** de ORDEN FORAL 448/2014, DE 23 DE DICIEMBRE, DEL CONSEJERO DE DESARROLLO RURAL, MEDIO AMBIENTE Y ADMINISTRACIÓN LOCAL, POR LA QUE SE APRUEBAN LAS NORMAS DE DESARROLLO DEL DECRETO FORAL 93/2006, DE 28 DE DICIEMBRE, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE DESARROLLO DE LA LFIPA, *constituye una modificación sustancial de la licencia de actividad, además de las circunstancias contempladas en el artículo 78 del Reglamento de desarrollo de la LFIPA, la introducción de cambios en la instalación que impliquen, por sí mismos, la superación de alguno de los umbrales establecidos en los Anejos 4 A, 4 B, 4 C, 4 D ó 5 del reglamento de desarrollo de la Ley Foral.*

### **DECRETO FORAL 93/2006, DE 28 DE DICIEMBRE, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE DESARROLLO DE LA LFIPA.**

**Artículo 78. Modificación sustancial de la actividad autorizada.**

A efectos de lo establecido en el artículo anterior, se considerará que se produce una modificación sustancial de la instalación siempre que se pretenda introducir un cambio de funcionamiento que, representando una mayor incidencia sobre la seguridad, la salud de las personas o el medio ambiente implique, entre otras, algunas de las siguientes circunstancias, cuando no estuvieran previstas en la licencia municipal de actividad clasificada originalmente otorgada:

- a) Un incremento de la capacidad de producción de la instalación de más del cien por cien en unidades de producto o servicio; **No se dan cambios.**
- b) Un incremento de superficie útil ocupada para el desarrollo de la actividad de más del 25 por ciento. **La modificación de dicho proyecto no genera un incremento de la superficie útil de ocupación para el desarrollo de la actividad, siendo el cómputo general en cuanto a superficie de ocupación la reducción de un 2.42 % respecto a la superficie de ocupación autorizada en la concesión de explotación "Arritxuri" número 3306 T.M. de Valle de Baztán, por la que se formula Declaración de Impacto Ambiental favorable a proyecto, por Resolución 995/2002, de 16 de abril, del Director General de Medio Ambiente.**

De acuerdo con DIA, el límite de la ocupación de la cantera será el definido en los planos del Proyecto de Restauración, señalado en planos de proyecto como Superficie autorizada DIA de 27.851,62 m<sup>2</sup>. La superficie de ocupación de la presente modificación es de un total de 27.178,43 m<sup>2</sup>, lo que equivale a una reducción en superficie de ocupación de 2.42 %.

De acuerdo con ANEXO I: Descripción del Proyecto de la DIA, se dice que la superficie ocupada por las nuevas actividades será de unos 23.600 m<sup>2</sup> (se entiende como superficie de extracción), mientras que la modificación de dicho proyecto contempla una actividad extractiva sobre una superficie de 14.210,02 m<sup>2</sup>, lo que equivale nuevamente a una reducción en superficie de labores extractivas del 39.79 %.

- c) Un incremento superior al veinticinco por ciento de la emisión másica de cualquiera de los contaminantes atmosféricos o del total de las emisiones atmosféricas producidas o la implantación de nuevos focos de emisión catalogados. **El proceso de producción de cantera no se ve modificado, no se generan nuevos focos. Se desconoce si se da un incremento de las emisiones atmosféricas totales y en ese caso, en qué grado se da dicho incremento.**
- d) Un incremento superior al veinticinco por ciento del caudal de vertido de aguas residuales que figuren en la licencia municipal de actividad clasificada originariamente otorgada. **Los procesos**

de operación de cantera no se ven modificados. Se toman las medidas de protección de las aguas establecidas para la actividad en el lugar.

- e) La incorporación al proceso de sustancias o preparados peligrosos no previstos en la licencia municipal de actividad clasificada originariamente otorgada siempre que, como consecuencia de ello, sea preciso elaborar o revisar el informe de seguridad o los planes de emergencia regulados en el Decreto Foral 336/2004, de 3 de noviembre, por el que se establecen medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. **No se dan cambios.**
- f) Un incremento en la generación de residuos no peligrosos de más de cincuenta toneladas al año, incluidos los residuos inertes, siempre que ello represente un incremento de más cincuenta por ciento con relación a las condiciones correspondientes a la licencia municipal de actividad clasificada originariamente otorgada, cuando se produzcan en el contexto habitual de la actividad. **No se da cambio.**
- g) Un incremento en la generación de residuos peligrosos de más de diez toneladas al año, siempre que ello represente un incremento de más del veinticinco por ciento con relación a las condiciones correspondientes a la licencia municipal de actividad clasificada originariamente otorgada, cuando se produzcan en el contexto habitual de la actividad. **No se da cambios.**

Los procesos de la actividad minera son semejantes a proyecto original por el que se obtuvieron las autorizaciones. Las modificaciones que dicho proyecto genera son las derivadas de la modificación en superficie de la ocupación de la actividad, que en cómputo general supone una reducción del 2.42 % de superficie de ocupación.

### **3. CUBICACIONES**

**CUBICACIÓN POR PERFLES 1m**

P.K.	Vol.Desmonte	Vol.Terraplen
96	0	0
97	0.382	0.001
98	0.991	0.005
99	1.055	0.008
100	0.824	0.004
101	0.795	0
102	1.078	0.21
103	1.823	1.066
104	3.132	1.676
105	2.72	1.917
106	1.657	4.199
107	1.291	7.172
108	1.79	5.467
109	4.587	2.633
110	10.542	2.012
111	21.809	1.824
112	36.951	2.525
113	55.605	1.835
114	77.329	0.784
115	104.793	0.986
116	139.9	0.903
117	181.143	0.519
118	218.335	0.382
119	242.638	0.828
120	260.833	1.151
121	275.691	1.191
122	291.617	1.421
123	324.494	1.406
124	379.829	1.129
125	449.905	0.846
126	528.996	1.313
127	603.461	1.675
128	666.752	1.653
129	724.487	1.519
130	782.724	1.102
131	844.538	0.862
132	906.63	0.779
133	963.939	0.965
134	1015.726	1.206
135	1063.717	1.187
136	1107.971	1.142
137	1153.789	0.669
138	1203.095	0.042
139	1249.099	0
140	1283.113	0.002

P.K.	Vol.Desmonte	Vol.Terraplen
141	1304.28	0.002
142	1317.917	0.001
143	1327.116	0.011
144	1334.076	0.04
145	1338.933	0.066
146	1339.269	0.082
147	1337.4	0.105
148	1337.16	0.089
149	1339.515	0.155
150	1346.183	0.282
151	1358.037	0.301
152	1373.653	0.18
153	1391.575	0.408
154	1410.938	1.099
155	1429.071	1.59
156	1446.947	1.652
157	1467.823	1.358
158	1491.754	0.911
159	1515.21	0.513
160	1534.95	0.202
161	1553.238	0.031
162	1574.046	0.154
163	1599.489	0.523
164	1628.316	0.756
165	1658.875	0.703
166	1688.842	0.643
167	1713.299	0.67
168	1731.569	0.67
169	1746.017	0.559
170	1756.256	0.538
171	1763.977	0.729
172	1771.2	0.895
173	1779.143	0.908
174	1790.661	0.948
175	1807.669	1.103
176	1831.636	1.056
177	1862.005	0.766
178	1891.47	0.341
179	1910.936	0.047
180	1920.201	0.018
181	1925.72	0.086
182	1927.876	0.598
183	1924.484	1.709
184	1917.324	2.805
185	1909.642	3.445

P.K.	Vol.Desmonte	Vol.Terraplen
186	1900.854	3.517
187	1887.721	3.037
188	1872.331	2.723
189	1856.894	2.787
190	1841.335	2.955
191	1827.68	3.285
192	1818.035	2.824
193	1811.287	1.765
194	1806.409	1.306
195	1802.96	1.243
196	1801.5	1.301
197	1803.512	1.606
198	1809.39	2.104
199	1818.486	2.633
200	1825.31	3.221
201	1825.834	3.897
202	1823.277	4.15
203	1818.49	3.865
204	1811.108	3.532
205	1803.694	3.276
206	1797.445	2.438
207	1793.049	1.228
208	1789.491	0.386
209	1784.048	0.034
210	1779.634	0.099
211	1778.503	0.258
212	1780.546	0.661
213	1786.8	1.069
214	1797.027	1.016
215	1810.397	0.487
216	1825.104	0.062
217	1838.684	0
218	1854.669	0.003
219	1880.43	0.003
220	1913.268	0
221	1946.328	0
222	1977.991	0
223	2008.138	1.18
224	2043.65	2.221
225	2092.166	1.215
226	2144.567	0.175
227	2179.807	0
228	2176.234	0
229	2137.82	0
230	2085.096	0
231	2027	0
232	1966.558	0
233	1906.485	0
234	1846.363	0

P.K.	Vol.Desmonte	Vol.Terraplen
235	1783.445	0.001
236	1715.89	0.031
237	1642.85	0.054
238	1562.576	0.024
239	1472.799	0
240	1375.945	0
241	1277.04	0
242	1179.991	0
243	1085.877	0.142
244	992.567	0.628
245	896.943	1.381
246	800.487	1.66
247	708.182	0.765
248	623.566	0
249	551.276	0
250	504.351	0
251	501.871	0
252	515.967	0
253	489.331	0
254	432.587	0
255	376.223	0
256	315.129	0
257	250.406	0
258	196.349	0
259	157.507	0
260	125.266	0
261	94.206	0
262	64.152	0
263	33.813	0
264	9.128	0
265	0	0
<b>TOTALES:</b>	<b>203566.399</b>	<b>160.212</b>

## 4. GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO

Geológicamente, la zona se encuentra en las siguientes hojas de los Mapas geológicos:

- IGME/Mapa Geológico de España: Hoja 90 (Sumbilla), escala 1:50.000.
- Gobierno de Navarra/ Mapa Geológico de Navarra: Hojas 90-II y 90-IV (Sumbilla y Alkotz).

De acuerdo con información de Memoria de Cartografía de Navarra, “Este nivel posee una gran extensión de afloramiento, apareciendo en el sector central y meridional de la Hoja, en concreto a lo largo de la falla de Leiza y en el denominado “Lacolito de Almandoz”, que se prolonga desde esta localidad hasta el sur de Irurita, en donde se estiman espesores comprendidas entre 200 y 800 m. Bajo la clásica denominación de ofitas, se engloba una serie de familias de rocas de composición basáltico-andesítica, aflorantes como masas irregulares, de tonos verdosos y aspecto homogéneo. En ellas, predomina la textura ofítica, con plagioclasa y clinopiroxeno como minerales fundamentales, junto a los que pueden aparecer: apatito, magnetita, feldespato potásico, anfíbol, epidota, ilmenita y esfena como accesorios, siendo la clorita el mineral secundario más frecuente, en buena parte como producto de alteración de olivino. El grado de alteración es muy variable, siendo máximo en las zonas de diaclasas. No existe acuerdo entre los diversos autores con respecto a su edad de emplazamiento. En líneas generales, las masas ajenas al “Lacolito de Almandoz”, pueden considerarse como sillas andesítico-basálticas muy espilitizados, cuyo espesor varía de orden métrico a hectométrico, relacionándose su emplazamiento con un evento distensivo básico.”

Por el Norte, el límite de dicho nivel se ve marcado por un cabalgamiento que da paso a la unidad 160 de Margas y Calcarentas del Mesozoico, de la Edad y Piso Coniaciense.

Por el Sur, se presentan las unidades 16 de Esquistos arenosos del Paleozoico, Edad Devónico Inferior, Piso Siegeniense y la Unidad 113 de Calizas, Dolomías y brechas del Mesozoico, Triásico Superior-sinemu Medio, piso Hettangiense.

Centrando la investigación sobre la unidad 1 ofitas, anteriormente descrita, habrá que atender a dicho recurso y las intercalaciones que se da con las unidades 107 y 109 de Dolomías y calizas del Mesozoico, Triásico medio piso muschelkak y arcillas, yesos y sales del Mesozoico, Triásico superior piso Keuper respectivamente. Ver plano nº 14 donde se muestran las unidades litológicas del lugar.

De acuerdo con información de Memoria de Cartografía de Navarra, y a grandes rasgos, en el primero de los casos “se trata de una sucesión de dolomías y calizas tableadas y en bancos, de tonos oscuros, cuyo espesor máximo se aproxima a 70 m. El único corte completo de la unidad en las proximidades de la Hoja ha sido descrito en el puerto de Velate (EWERT, 1965), donde se ha señalado la existencia de tres tramos: inferior, constituido por 35 m de dolomías y calizas en bancos gruesos; medio, con 9,5 m de calizas laminadas; y superior, integrado por 10 m de calizas y margas dolomíticas. Las observaciones llevadas a cabo han permitido la identificación de calizas dolomíticas en bancos gruesos de aspecto uniforme, dolomías tableadas de aspecto pulverulento, calizas en bancos gruesos de aspecto masivo, así como calizas tableadas con Lamelibránquios. Al microscopio aparecen como micritas, micritas biogénicas, dolomías y calizas recristalizadas. La naturaleza de los afloramientos no

permite precisiones sedimentológicas de la unidad, que parece haberse depositado en ambientes de plataforma somera carbonatada de baja energía. En lámina delgada, los niveles calizos aparecen fundamentalmente como micritas (> 90%), con presencia ocasional de fósiles (< 7%) y cuarzo (1%). En cuanto a los niveles dolomíticos, se trata de dolomicritas (80-85%) con cemento esparítico (15- 20%). El contenido fosilífero no permite precisar la edad de la unidad que, tentativamente, se ha asignado al Triásico medio. No obstante en facies similares a esta, se han citado la presencia de *Fronicularia Weadwardi*, que confirma la pertenencia de esta unidad a las facies *Muschelkanlk*.”

En el segundo de los casos, unidad 109, “Esta unidad aflora con mayor entidad entre las localidades de Gaztelu y Donamaria y al sur de Irurita además de en varios afloramientos de reducidas dimensiones siempre unidos a importantes lineamientos tectónicos. Su deficiente calidad de afloramiento, debido a su naturaleza litológica y a su intensa tectonización, dificulta el conocimiento de su espesor aproximado así como de su reconocimiento en campo y descripción. El tránsito con la unidad superior se realiza cuando no está afectado por procesos tectónicos, de forma gradual concordante, coincidiendo con la aparición de los niveles calcáreos que constituyen la base de la serie jurásica. Presenta una composición de arcillas abigarradas de colores rojos y verdosos, con delgados nivelillos de limolitas micáceas, junto a masas evaporíticas asociadas (yeso y sales). No es posible realizar estudios sedimentológicos sobre la presente unidad, que regionalmente se ha enmarcado en un contexto litoral de tipo “sebkha”, en condiciones de aridez que favorecerían la acumulación de evaporitas. Su carácter azoico no permite precisión cronológica alguna, aunque de forma tentativa se ha atribuido al Triásico superior, si bien los últimos episodios de éste se encuentran representados en zonas próximas por materiales carbonatados tratados conjuntamente con la serie jurásica.”

Según lo descrito y en general, se trata de unos terrenos discordantes plegados por la orogénesis hercínica y afectado a su vez por los plegamientos alpínicos, que van desde el Paleozoico más alto hasta el Cretácico Superior, cuya tectónica es complicada y dificulta en gran medida la definición y diferenciación de algunas de las capas litológicas de interés para dicho permiso.

En Anejos siguientes se encuentra el "ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LOS TALUDES Y RESERVAS DE LA CANTERA DE OFITAS DE ALMANDOZ (BAZTAN, NAVARRA)" donde se detalla el encuadre geológico de la cantera y una descripción de los mismos:

Las ofitas explotadas aparecen asociadas a arcillas abigarradas del Keuper (triásico superior) en las que se intruyen. Son rocas subvolcánicas masivas de colores verdosos, con fenocristales de piroxeno (augita), englobados en una matriz de plagioclasa y piroxenos, además de otros minerales de carácter accesorio. Presentan abundantes diaclasas de tensión observables en el frente de cantera abierto, en donde el diaclasado produce bloques rocosos de tamaño variable hasta métrico.

## **5. ESTUDIO GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD Y RESERVAS DE LA CANTERA (año 2020)**



**ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LOS TALUDES Y RESERVAS DE LA  
CANTERA DE OFITAS DE ALMANDOZ (BAZTÁN, NAVARRA).**

**CLIENTE: CANTERAS ACHA**

**REF. INFORME: ES/GE029/0220**

**ESTELLA, MARZO 2020**

## ÍNDICE

1	Introducción.....	1
2	Metodología .....	2
3	Características del terreno .....	3
	3.1 Marco geológico, cartografía .....	3
	3.2 Hidrogeología .....	4
	3.3 Sismicidad .....	4
4	Trabajos de campo.....	5
5	Análisis de estabilidad de los taludes de los frentes .....	6
	5.1 Análisis de la estabilidad general de los taludes .....	6
	5.2 Análisis de la estabilidad de los taludes a pequeña escala.....	9
6	Descripción de sondeos previos .....	16
7	Consideraciones técnicas de estabilidad.....	19
8	Conclusiones .....	21

### **ANEXOS:**

ANEXO 1: Situación geográfica.

ANEXO 2: Mapa geológico y leyenda.

ANEXO 3: Situación de estaciones geomecánicas.

ANEXO 4: Gráficos de estabilidad de los taludes.

ANEXO 5: Representaciones estereográficas de estaciones geomecánicas.

ANEXO 6: Sondeos de investigación previos; situación y columnas litológicas.

ANEXO 7: Perfiles longitudinales y transversales.

ANEXO 8: Boletín de ensayos de laboratorio.

## **1 INTRODUCCIÓN**

Se solicita a **GEEA GEÓLOGOS S.L.**, a requerimiento de **CANTERAS ACHA**, la prestación de servicios profesionales con relación a los taludes de la cantera de ofitas que el peticionario tiene en Almandoz (Baztán, Navarra), para la actualización del estudio de estabilidad de los mismos. Además, se añadirá información sobre sondeos realizados que dan una idea de la cantidad de recurso que queda por explotar en la cantera.

Los servicios recogidos en el presente informe, tratan de caracterizar el terreno, identificar los diferentes tipos de materiales que forman los taludes de la cantera, y evaluar su estabilidad, de cara a la continuación de los trabajos de explotación de la misma.

Los geólogos que firman el presente informe están avalados por su titulación para la realización de estudios geotécnicos, según consta en el Real Decreto 1378/2001 de 7 de diciembre, en el que se definen las funciones del geólogo. Los ensayos de campo y de laboratorio se han realizado por un laboratorio acreditado para la realización de dichos ensayos.

Las conclusiones de unos y otros ensayos obtenidas por los geólogos que firman el informe, han permitido la realización del mismo, que se encuentra avalado por la misma ley anteriormente comentada.

Siendo estas cuestiones las que se exponen en este informe con fecha 30 de marzo de 2020.

## **2 METODOLOGÍA**

Una vez indicados los objetivos del actual informe, el método ha sido ordenado de la siguiente manera:

### **Antecedentes de los lugares**

1. IGME/ Mapa Geológico de España. Hoja 90 (Sumbilla), escala 1:50.000.
2. Gobierno de Navarra/Mapa Geológico de Navarra. Hojas 90-II y 90-IV (Sumbilla y Alkutz), escala 1:25.000.
3. Estudios previos realizados en la zona, observaciones de campo.

### **Investigación de campo**

1. Visitas técnicas a la cantera, para el análisis de la misma a escala general, y a pequeña escala mediante el levantamiento de estaciones geomecánicas en taludes representativos.

### **Investigación de gabinete**

1. Encuadre geológico.
2. Análisis de las estaciones geomecánicas levantadas en campo.
3. Análisis de la información obtenida en campo junto con la información previa extraída de investigaciones anteriores en la misma cantera.
4. Redacción de informe técnico.

### **3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO**

#### **3.1 MARCO GEOLÓGICO, CARTOGRAFÍA**

La zona investigada se enmarca desde el punto de vista geológico en el Pirineo occidental en su confluencia con el Arco Vasco.

El límite entre el Pirineo occidental y la cuenca vasco-cantábrica coincide con un accidente transversal a la cadena de dirección NE-SO, conocido como falla de Pamplona (o de Estella-Elizondo), la cual se refleja superficialmente en la alineación de diapiros navarros existentes a lo largo de todo el sistema.

Geológicamente la zona en la que nos encontramos es muy complicada tectónicamente, ya que en ella convergen la falla de Pamplona con la falla de Leitza, continuación de la falla Norpirenaica, separando la primera de ellas el macizo de Quinto Real al sureste del Manto de Mármoles y la Ultzama al suroeste, y la segunda los dominios de la Depresión intermedia y del Macizo de Cinco Villas.

Concretamente los materiales que afloran en esta zona pertenecen a edades entre el Triásico, en el que intruyen las ofitas, y el Cretácico. Los materiales presentan en general buzamientos hacia el norte y noroeste, formando parte del flanco sur de uno de los sinclinales de dirección O-E, de los que se compone el sistema de sinclinales y anticlinales de la denominada Zona Central de Pliegues, desarrollada entre los macizos de Cinco Villas y Quinto Real.

Los materiales explotados actualmente en la zona son tres; por un lado, en el frente de explotación principal (frente de Arritxurri) se extraen calizas marmorizadas de edad Cretácico inferior (Aptiense-Albiense). Por otro lado, en el frente de Apurtxi se extraen calizas dolomíticas marmorizadas de color gris de edad Jurásico inferior (Rethiense-Lías).

Entre estos dos frentes se encuentra el frente de en el que se explotan las ofitas que aparecen asociadas a arcillas y yesos triásicos del Keuper en las que se encuentran intruidos. Este frente se encuentra situado geográficamente sobre el cementerio de Almándoiz. Es en este punto en el que se ha realizado el estudio objeto de este informe.

Las ofitas explotadas aparecen asociadas a arcillas abigarradas del Keuper (triásico superior) en las que se intruyen. Son rocas subvolcánicas masivas de colores verdosos, con fenocristales de piroxeno (augita), englobados en una matriz de plagioclasa y piroxenos, además de otros minerales de carácter accesorio. Presentan abundantes diaclasas de tensión observables en el frente de cantera abierto, en donde el diaclasado produce bloques rocosos de tamaño variable hasta métrico.

En el anexo 2 se encuentra el mapa geológico de la zona y la leyenda del mismo.

### 3.2 HIDROGEOLOGÍA

Las arcillas y yesos del Keuper son de carácter marcadamente impermeable, aunque conviene recordar que la aparición de ofitas aumentará su permeabilidad, en especial si éstas son sanas, por la filtración de agua a través de sus fracturas.

En cuanto a la cobertera cuaternaria existente en las zonas exteriores de los frentes de la cantera, constituye un depósito principalmente cohesivo (aunque con cantos) con una porosidad moderada y permeabilidad en general baja, aunque superior a la de las arcillas del keuper, que podría ser puntualmente mayor en zonas con mayor cantidad de cantos.

### 3.3 SISMICIDAD

El presente apartado tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse para la consideración de la acción sísmica en el proyecto de las obras a las que le sea aplicable de acuerdo con las especificaciones dadas en la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02), según lo establecido en el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre (B.O.E. nº244 de 11 de octubre de 2002).

La zona de estudio, Baztán (Navarra), posee unas características sísmicas tales que la aceleración sísmica básica es de  $a_b = 0,05g$ , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad, y el coeficiente de contribución  $K_v = 1$ .

## 4 TRABAJOS DE CAMPO

Para establecer las características geológicas y geotécnicas de los materiales que forman los taludes de la cantera, se ha realizado un reconocimiento geológico que ha consistido en realizar las visitas de campo necesarias. La visita en la que se tomaron las medidas de diaclasas, estratificación, etc, se realizó el día 3 de marzo de 2020. Durante esta visita se realizó la inspección de todos los frentes, levantando estaciones geomecánicas en los taludes y realizando observaciones de tipo general en zonas no accesibles.

En conjunto, se establecieron diecisiete estaciones geomecánicas en la cantera, situadas en todos los taludes existentes, en las que se realizaron las oportunas medidas para el estudio de su estabilidad, tales como toma de medidas de dirección de fracturación y buzamientos, características de las discontinuidades, espaciados, resistencias de la matriz rocosa, etc.

En el apartado siguiente se describen las observaciones realizadas en cada talud y se analiza la estabilidad a dos niveles; por un lado, a escala de talud general, en donde se analiza la estabilidad del macizo rocoso respecto a los taludes abiertos, y por otro, a pequeña escala, a escala de afloramiento, en donde se analizan las inestabilidades obtenidas tras la medición de las discontinuidades observadas en el macizo rocoso en puntos concretos de los taludes.

Es importante destacar que en un macizo ofítico como el estudiado, la pequeña escala puede ser difícil de interpretar, ya que estos macizos se caracterizan por su gran fracturación lo que produce una infinidad de planos cuya repetición no es homogénea sino caótica, por lo que no puede ser estudiado como otros macizos rocosos con una estratificación y diaclasado homogéneos, en donde las familias de discontinuidades pueden ser más claras.

Este carácter caótico de la fracturación de la ofita, hace necesaria la utilización de metodologías de análisis de taludes más propias de suelos que de roca, ya que, de forma general, la ofita muy fracturada podría comportarse como un suelo.

De este modo hemos realizado el estudio de las dos maneras, por un lado, a nivel general del talud, que nos permitirá establecer la estabilidad real de la cantera, y por otro, a nivel de afloramiento a pequeña escala, que nos servirá para establecer precauciones en zonas concretas en caso de que sean requeridas.

## **5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DE LOS FRENTES**

De cara a la comprensión de la estructura general del macizo rocoso en el que se emplaza la cantera de estudio, y para el estudio concreto de los taludes generados por la explotación realizada, se realizaron observaciones de todos los taludes existentes en la cantera, tomándose nota de orientaciones y grado de fracturación de la ofita. Teniendo en cuenta la elevada fracturación del material, se levantaron diecisiete estaciones geomecánicas en las que se realizaron las oportunas medidas para el estudio de la estabilidad a pequeña escala, tales como toma de medidas de dirección de fracturación y buzamientos, características de las discontinuidades, espaciados, resistencias de la matriz rocosa, etc.

Durante la visita a campo se realizaron varias medidas de resistencia de la roca ofítica mediante esclerómetro, resultando valores de rebote variables de entre 30 y 54, con valores de resistencia a compresión simple de entre 207 y 586 kg/cm<sup>2</sup>. El valor medio de resistencia a compresión simple a partir de los datos obtenidos fue de 338,20 kg/cm<sup>2</sup>. También se realizaron varios ensayos Tilt test, para estimar de forma lo más fidedigna posible, el ángulo de rozamiento del material.

En el estudio de estabilidad del frente norte de la cantera realizado en el año 2014, se ensayó un testigo de ofita, resultando un valor de resistencia a compresión simple de 308,40 kg/cm<sup>2</sup> (obtenido del ensayo de un testigo de ofita extraído en los sondeos realizados en la campaña de investigación para dicho estudio) y según los datos de campo obtenidos, se obtiene los siguientes parámetros mecánicos para la formación:

- Resistencia a compresión simple: 308,40 kg/cm<sup>2</sup>
- Cohesión: 16,61 kg/cm<sup>2</sup>.
- Ángulo de rozamiento interno: 33,09°
- Módulo de deformación: 25.000 kg/cm<sup>2</sup>

En el siguiente apartado se detalla el análisis de estabilidad de los taludes actualmente abiertos en la cantera.

### **5.1 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD GENERAL DE LOS TALUDES**

En este apartado se trata analizar la estabilidad de los taludes de la cantera en su tota-

idad. Para ello analizaremos a continuación los taludes de la misma, considerando los datos de litologías y espesores de los materiales existentes en los alrededores de la cantera extraídos de los sondeos realizados en los estudios previos.

Así, se ha realizado una modelización de todos los taludes de la cantera, tomando como base topográfica los perfiles P1 a P5 realizados sobre la topografía actual de la explotación.

El análisis de la estabilidad se ha realizado mediante el software SLIDE 5.0, considerando los siguientes parámetros para las distintas litologías existentes:

	Coluvial	Keuper	Ofita sana
Peso específico aparente $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,80	1,70*	2,97
Cohesión drenada $c_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,19	1,00*	6,66**
Ángulo de rozamiento interno (°)	21,00	25,00*	30,00

(\*) Valores estimados. (\*\*) Valor de cohesión extraída a partir del valor  $q_u$  de 308 kg/cm<sup>2</sup> para una ofita con RMR de 26 (Roclab).

No se ha considerado para el cálculo la aparición de nivel freático. Sí se ha considerado el factor sísmico.

La disposición de los materiales en profundidad en los perfiles analizados, se ha estimado en función de los sondeos disponibles, si bien, no conocemos de forma exacta la morfología del yacimiento de ofita. Para ello, se ha estimado una morfología en domo, la cual es una de las muchas interpretaciones que se podrían hacer, ya que no se dispone de datos de sondeo a tanta profundidad en las zonas exteriores de la cantera.

Además, se ha realizado el análisis de cada talud para dos tipos de rotura; por una parte, la rotura no circular, que a priori es la que más probablemente se produciría en este tipo de material rocoso muy fracturado. Por otro lado, consideramos también el análisis de rotura circular, aunque este es un tipo de rotura más típica de suelos blandos.

También se han considerado dos supuestos de análisis en cada talud. El primero consiste en analizar la estabilidad con la topografía actualmente existente en la cantera. El segundo, es la de realizar el análisis con los perfiles proyectados tras la continuación de los trabajos de explotación.

Así, se han analizado un total de 40 taludes modelizados, adjuntos en el anexo 4 del presente documento, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- Todos los taludes analizados son estables en las zonas en las que afecta a las cortas de la explotación, tanto en su estado actual como en su estado posterior a la continuación de los trabajos.
- Únicamente en el perfil P5 N-O, se ha obtenido una rotura con un factor de seguridad inferior a 1,20. Se trata de una fractura que afecta a los depósitos coluviales cuaternarios existentes al norte de la explotación, fuera de ella, con un valor de 1,170. Además, la entidad de la rotura no es importante, por lo que en el caso de producirse no afectaría al interior de la cantera. La rotura más desfavorable que afectaría al talud rocoso de la cantera en ese perfil, presenta un valor de factor de seguridad de 3,199.
- Para los taludes definidos como T1 y T2, corta noroeste de la cantera, las roturas con menor valor de factor de seguridad aparecen afectando a los depósitos coluviales cuaternarios que se encuentran, como ya hemos comentado anteriormente, fuera del perímetro de la cantera. La rotura más desfavorable que pudiera darse afectando al talud de la explotación, presenta un factor de seguridad de 2,626.
- En el talud T3, las roturas más desfavorables que pudieran afectar al talud rocoso de la cantera presentan valores de factor de seguridad elevados, de 3,135 y 2,567 (perfiles P1 y P2 respectivamente).
- Para el talud T5, se obtienen roturas con factores de seguridad muy superiores, ya que todo el talud está formado por roca, y no aparecen otros materiales apoyándose sobre ella. Así, los factores de seguridad que se han obtenido para los perfiles P3 a P5 en ese talud han sido variables, con un valor mínimo de 6,714 (concretamente en el perfil P3 SE).
- El talud T8, al igual que el T5, está totalmente formado por ofita, obteniéndose roturas más desfavorables con factores de seguridad de 6,563 y 6,651 (perfiles P1 NO y P2 NO respectivamente).
- La continuación de los trabajos de explotación de la cantera no supone un descenso en los factores de seguridad de los taludes. Es más, en muchos casos, los taludes resultantes presentan mayor factor de seguridad que los actualmente

existentes.

**A partir del análisis anteriormente expuesto y de las observaciones de campo realizadas, se concluye que los taludes abiertos en la cantera son estables,** con la posible caída puntual de fragmentos rocosos de tamaño en general inferior a 10 cm generados por la elevada fracturación del macizo ofítico.

Teniendo en cuenta el posible chineo en los taludes de la cantera debido a la elevada fracturación de la ofita, se realizó un análisis a menor escala mediante el levantamiento de estaciones geomecánicas, para analizar la generación de esos fragmentos de roca metaestable y de esa forma, poder adoptar las medidas preventivas oportunas. Dichas estaciones y el análisis de las discontinuidades, se exponen en el siguiente apartado.

## 5.2 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES A PEQUEÑA ESCALA

Tras el análisis general de los taludes a través del cual se llega a la conclusión de que los mismos son estables, y ante la intensa fracturación observada, se ha realizado el levantamiento de 17 estaciones geomecánicas con el propósito de conocer las discontinuidades que generan el cuarteo del macizo y, por consiguiente, la caída de pequeños fragmentos rocosos, chineo, de material que por lo que se ha observado, no supera en general, los 10 cm. La situación de las estaciones dentro de la cantera se muestra en el plano adjunto en el anexo 3, mientras que las discontinuidades registradas en cada estación se muestran gráficamente en las ciclográficas expuestas en el anexo 5 del presente informe.

De esta forma, los taludes de toda la cantera se sectorizaron de acuerdo con la orientación de los mismos en ocho partes, taludes T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8. De acuerdo con la longitud de cada tramo, se realizaron una o varias estaciones geomecánicas en cada uno de ellos.

Tanto la situación de las estaciones levantadas, como la sectorización de los taludes considerada, se pueden observar en el plano de situación de estaciones, adjunto en el anexo 3.

De esta forma, se exponen a continuación las discontinuidades registradas en los distintos taludes y las cuñas o roturas planares generadas, para cada uno de ellos.

### ❖ Talud T1

Talud situado en el extremo noreste de la explotación, a la margen derecha del vial de acceso a la misma, con inclinación 77° a N123E. Sobre este talud se levantaron las estaciones E1 y E2.

Las familias en las que se agrupan las fracturas y discontinuidades observadas en este talud son las siguientes:

Nº familia	Dirección	Buz
1	261	59
2	151	75
3	330	53
4	048	48

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para ese talud una cuña formada por las familias:

P1	Buz.P1	P2	Buz.P2
151	75	048	48

### ❖ Talud T2

Talud situado en el lado noroeste de la explotación, como continuación hacia el suroeste del talud anterior. Presenta una inclinación general 68° a N132E. Sobre este talud se levantaron las estaciones E3, E4, E5 y E6.

Las familias en las que se agrupan las fracturas y discontinuidades observadas en este talud son las siguientes:

Nº familia	Dirección	Buz
1	081	84
2	324	54
3	209	69
4	134	59

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este talud las siguientes cuñas:

P1	Buz.P1	P2	Buz.P2
081	84	209	69
081	84	134	59
324	54	134	59
209	69	134	59

En este talud, la familia con dirección 134/59 podría generar roturas planares.

❖ Talud T3

Talud situado en el extremo suroeste de la explotación. Presenta una inclinación general 69° a N028E. Sobre este talud se levantaron las estaciones E7, E8 y E9.

Las familias en las que se agrupan las fracturas y discontinuidades observadas en este talud son las siguientes:

Nº familia	Dirección	Buz
1	311	65
2	204	69
3	042	43
4	090	77

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este talud las siguientes cuñas:

P1	Buz.P1	P2	Buz.P2
311	65	042	43
311	65	090	77
042	43	090	77

En este talud, la familia con dirección 042/43 podría generar roturas planares.

❖ Talud T4

Talud situado en el extremo sur de la explotación, formando el chaflán de unión entre el talud T3 y el T5, los cuales son perpendiculares entre sí. Presenta la pared rocosa cubierta en su mayor parte de derrubios y material caído, por lo que no es posible ver la disposición de las discontinuidades en la roca.

❖ Talud T5

Talud situado en el lado sureste de la explotación. Presenta una inclinación general 75° a N313E. Sobre este talud se levantaron las estaciones E10, E11 y E17.

Las familias en las que se agrupan las fracturas y discontinuidades observadas en este talud son las siguientes:

Nº familia	Dirección	Buz
1	311	67
2	182	62
3	022	69
4	250	85

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este talud las siguientes cuñas:

P1	Buz.P1	P2	Buz.P2
311	67	182	62
311	67	022	69
022	69	250	85
311	67	250	85

En este talud, se podrían generar roturas planares a favor de la familia con orientación 311/67.

❖ Talud T6

Talud situado en el centro de la explotación, el cual presenta una altura no superior a 4 metros, con una inclinación general 75° a N226E y N146E. Este talud varía de dirección en su extremo norte, en donde se situó la estación E12. Sobre este talud se levantaron las estaciones E13 y E14, además de la E12 ya comentada.

Las familias en las que se agrupan las fracturas y discontinuidades observadas en este talud son las siguientes:

Nº familia	Dirección	Buz
1	316	56
2	078	70
3	177	62
4	264	61

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este talud una cuña formada por las siguientes familias:

P1	Buz.P1	P2	Buz.P2
078	70	177	62

❖ Talud T7

Talud situado bajo el camino de acceso al fondo de la cantera, paralelamente al talud T2, con una altura de en torno a los 10 metros. Sobre este talud se levantó la estación E15.

Las familias en las que se agrupan las fracturas y discontinuidades observadas en este talud son las siguientes:

Nº familia	Dirección	Buz
1	149	52
2	296	50
3	052	60
4	245	65

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este talud una cuña formada por las siguientes familias:

P1	Buz.P1	P2	Buz.P2
149	52	052	60

En este talud podrían generarse roturas planares a favor de la familia de orientación 149/52.

❖ Talud T8

Talud situado en el extremo norte de la explotación. Presenta una inclinación general 60° a N216E, si bien se observan mayores inclinaciones en numerosos puntos. Sobre este talud se levantó la estación E16.

Las familias en las que se agrupan las fracturas y discontinuidades observadas en este talud son las siguientes:

Nº familia	Dirección	Buz
1	082	85
2	248	53
3	152	86

## GEEA Geólogos.

Pamplona  
C/Irumuga 45, Pol. Ind. Areta, Huarte,  
Pamplona, T: 948.382.975, M: 696.435.907

Estella.  
Cañada Real de Imas, nave 12, 31240  
Ayegui, T: 948.554.811, M: 606.507.335

Logroño  
Baltasar Gracian 11, 1º of.5. 26006  
T: 941.509.482, M: 695.363.336

4	170	35
---	-----	----

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este talud las siguientes cuñas:

P1	Buz.P1	P2	Buz.P2
082	85	170	35
248	53	152	86
248	53	170	35

### Observaciones generales a todas las estaciones anteriormente comentadas:

Los espaciados de las discontinuidades observadas son pequeños, ya que están generalmente entre los 5 cm y los 15 cm. Si a esto se añade que al no ser la ofita un material sedimentario, sino que, por su carácter plutónico, dichas fracturas no llevan un orden lógico, con espaciados homogéneos entre sí, como si pudiera ocurrir con un macizo rocoso sedimentario afectado por movimientos tectónicos, el resultado es que aparece muy cuarteado, presentando un aspecto caótico.

Durante el análisis de las estaciones en campo, se observaron acumulaciones de fragmentos rocosos en la base de algunos de los taludes, de tamaño no superior, en general, a 10 cm, lo que está en consonancia con los pequeños espaciados que se observan en los taludes.

Estas discontinuidades anteriormente analizadas por taludes, son las que provocan el chineo en las paredes de la cantera, aspecto totalmente normal en este tipo de explotación, que es imposible de eliminar.

A continuación, podemos ver dos fotografías en las que se aprecia la elevada fracturación de la ofita, y los fragmentos de roca de pequeño tamaño que se acumulan en la base de los taludes.

## GEEA Geólogos.

**Pamplona**  
C/Irumuga 45, Pol. Ind. Areta, Huarte,  
Pamplona, T: 948.382.975, M: 696.435.907

**Estella.**  
Cañada Real de Imas, nave 12, 31240  
Ayegui, T: 948.554.811, M: 606.507.335

**Logroño**  
Baltasar Gracian 11, 1º of.5. 26006  
T: 941.509.482, M: 695.363.336



## 6 DESCRIPCIÓN DE SONDEOS PREVIOS

Se han llevado a cabo varias campañas de investigación previas para determinar el recurso minero disponible en la cantera. Para la redacción de este informe se han tenido en cuenta las campañas de investigación mediante sondeos realizadas en el año 2014 por GEEA GEÓLOGOS, y en el año 2000 por la empresa peticionaria. Además, por información facilitada por el peticionario, se tiene constancia de la ejecución de más perforaciones, si bien no conocemos exactamente la fecha a la cual se realizaron, posiblemente posteriormente al año 2014, durante el transcurso de la explotación.

A continuación, exponemos de forma breve los resultados de los sondeos cuya información tenemos a nuestra disposición.

### Campaña de investigación realizada en 2000.

Campaña en la que se perforaron un total de cinco sondeos mecánicos, entre febrero y marzo del año 2000. La columna litológica reconocida en estos sondeos fue la siguiente:

Sondeo S1	Sondeo S2	Sondeo S3	Sondeo S4	Perfil litológico
0,00-0,80	0,00-1,50	--	--	Suelo vegetal.
--	1,50-4,50	--	--	Suelo coluvial.
--	4,50-16,70	--	--	Alternancia de margas yesíferas y yesos.
0,80-53,00	16,70-48,60	0,00-35,00	0,00-31,20	Ofitas, masivas, sanas de tonalidades verdosas muy oscuras.

### Campaña de investigación realizada en 2014.

GEEA GEÓLOGOS realizó a fecha de septiembre de 2014 tres sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo en la zona norte de la explotación minera para observar la continuación de la ofita por ese lado de la misma.

La columna litológica reconocida en estos sondeos fue la siguiente:

<u>Sondeo S1</u>	<u>Sondeo S2</u>	<u>Sondeo S3</u>	<u>Perfil litológico</u>
0,00-0,20	0,00-0,10	0,00-0,80	Tierra vegetal, zahorras (en S3).
0,20-2,30	0,10-2,85	0,80-5,40	Limos arcillosos, arenas y arcillas con cantos, y arcillas limosas con cantos de tamaño inferior a 1 cm. Coluvial cuaternario.
2,30-17,50	2,85-8,30	5,40-12,00	Arenas finas y limos, más o menos arcillosos, de colores variables (verdes, beiges, grises, ocre, amarillos). Ofitas meteorizadas con alteración VI, mezcladas con arcillas del Keuper.
<b>17,50-21,90</b>	<b>8,30-11,00</b>	--	<b>Ofita de color gris oscuro, poco meteorizada con alteración de grado II a IB.</b>

No se observó la presencia de agua en ninguno de ellos.

**Otras perforaciones realizadas.**

De acuerdo con la información facilitada por el peticionario, se han realizado otras perforaciones de reconocimiento en la cantera y sus alrededores, de cara a limitar y cuantificar el recurso.

A continuación, se expone la información disponible de cada uno de ellos.

<u>Sondeo</u>	<u>Observaciones</u>
SP1	Emboquillado a 534 metros. Ofitas de 534 a 494 metros.
SP2	Emboquillado a 531 metros. Ofitas de 531 a 491 metros.
SP3	Emboquillado a 529 metros. Ofitas de 529 a 489 metros.
1	Emboquillado a 516 metros. Ofitas de 516 a 507 metros.
1a	Emboquillado a 516 metros. Ofitas de 516 a 510 metros.
1b	Emboquillado a 516 metros. Ofitas de 516 a 476 metros.
Se realizaron también los sondeos denominados 2, 3, 4, 5 y 6, todos ellos fuera del perímetro de la cantera actual, no perforándose ofita en ninguno de ellos.	

**Mediante estos sondeos se ha comprobado la existencia de ofita hasta la cota 491 metros en la zona noreste de la cantera, y hasta 489 metros en la zona sur.**

Se prevé la continuación de la explotación de la cantera en su zona norte y este, en donde mediante las perforaciones anteriormente comentadas, se ha corroborado la existencia de ofita hasta al menos la cota 491. Por debajo de esa cota no se continuaron las perforaciones en esa zona, por lo que se puede pensar en que la roca continúe en profundidad.

La continuación de los trabajos en la parte norte de la cantera, conlleva el retaluzado de los taludes, especialmente en el caso del T5 y T8, lo que disminuirá la generación de cuñas y roturas planares, disminuyendo de esa forma el chineo.

## **7 CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE ESTABILIDAD.**

A continuación, se exponen las consideraciones técnicas oportunas de cara a la estabilidad de los taludes, en función de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en ellas.

Debe hacerse mención que los planteamientos aquí expuestos están realizados a partir de los datos obtenidos con los medios de investigación utilizados y sus limitaciones, referidas a lo largo del presente informe.

Se ha realizado una investigación de campo con el objetivo de observar los materiales que forman los taludes de la cantera, de cara a establecer las pautas a seguir para garantizar la seguridad de los trabajos de explotación en su interior. Para ello se han realizado observaciones de los mismos tanto a escala de talud general, como a pequeña escala.

Así, tras el análisis de los datos anteriormente expuestos, podemos hacer las siguientes consideraciones:

- Los taludes estudiados están formados en su totalidad por ofitas con alteración IB y sanas, localmente algo más meteorizadas (II).
- El macizo ofítico está fragmentado de forma intensa por numerosas familias de fracturas, que cuarteán la roca, generando bloques de tamaño en general muy pequeño, no superiores a 10 cm.
- **El análisis de la roca a escala de talud general revela que dichos taludes son estables, con factores de seguridad siempre superiores a 1,20.**
- La intensa fracturación de la roca provoca que exista un chineo, para cuyo análisis se han estudiado los taludes a pequeña escala. Dicha caída de fragmentos de roca, en general inferiores a 10 cm, es provocada por la generación de pequeñas cuñas y pequeñas roturas planares entre los distintos planos de discontinuidad existentes y los taludes abiertos. La generación de este chineo es imposible de eliminar en su totalidad, debido a las características del macizo rocoso ofítico.
- En lo alto del talud T2 se observa la existencia de un muro de escollera de unos 8 metros de altura, el cual aparece apoyado sobre la cabeza del talud y muy próximo a ella. La escollera sujeta materiales blandos (coluviales) ya que la explotación de la ofita los ha alcanzado en esa zona. La escollera no parece presentar

patologías, y parece estar apoyada en ofita, por lo que hasta el momento de las visitas de campo podemos considerarla estable. No obstante, la cercanía a la corta de la cantera hace aconsejable que se vigile periódicamente para controlar su estado.



- La zona superior del talud T8 aparece más fracturada incluso que la parte inferior, con incluso bloques en voladizo. Inspeccionando la cabeza del talud, se observaron varias grietas de tracción subparalelas al talud, con aperturas centimétricas. A continuación, podemos ver una fotografía de estas grietas.



Se considera necesaria la ejecución de un saneo de la cabeza de este talud, para eliminar los materiales que puedan quedar en estado metaestable por la generación de dichas grietas.

## **8 CONCLUSIONES**

- Se solicita a **GEEA GEÓLOGOS S.L.**, a requerimiento de **CANTERAS ACHA**, la prestación de servicios profesionales con relación a los taludes de la cantera de ofitas que el peticionario tiene en Almandoz (Baztán, Navarra), para el estudio de la estabilidad de los mismos.
  
- Se han realizado las visitas de campo necesarias, en la que se observaron los taludes que forman la cantera, analizándose el estado de los taludes de forma general y a pequeña escala, levantándose un total de 17 estaciones geomecánicas, en las que se midieron las discontinuidades que afectan al macizo rocoso.
  
- El macizo rocoso explotado en la cantera está formado por ofitas con alteración Ib y sanas, con un elevado grado de fracturación.
  
- **Tras el análisis de los datos recopilados en campo, junto con la información previa disponible de la zona, se considera que los actuales frentes de la cantera son estables.**
  
- A pequeña escala, debido a la gran fracturación que afecta al macizo, presentarán puntualmente caída de pequeños bloques rocosos de tamaño en general no superior a 10 cm, principalmente por la creación de cuñas. Este chineo es normal en este tipo de explotaciones y prácticamente imposible de eliminar en su totalidad, debido a las características del macizo rocoso. La dirección Facultativa deberá tomar las medidas de protección que considere oportunas de cara a garantizar la seguridad de los trabajos en el interior de la cantera a este respecto.
  
- Se considera necesario el saneo de la zona superior del talud T8, en donde se observaron algunas grietas de tracción que podrían generar masas de material metaestable de mayor entidad.

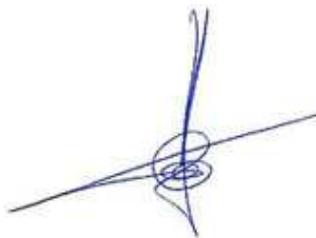
- Mediante los sondeos realizados antes y durante la explotación se ha comprobado la existencia de ofita hasta la cota 476 en la zona suroeste, 491 metros en la zona noreste de la cantera, y hasta 489 metros en la zona sur.
- Ninguno de los sondeos o perforaciones realizados en la plaza de cantera o hacia el avance que se proyecta ha alcanzado la base de la formación ofítica.
- **La correlación de los datos obtenidos mediante sondeos, perforaciones y afloramientos existentes en las laderas hacia las que se prevé las ampliaciones indican que es razonable entender que existe continuidad en el yacimiento y que el volumen incluido en los desmontes proyectados estará formado por ofita, salvo en lo relativo a la capa superficial de tierra vegetal.**
- La continuación de la explotación en su lado norte contempla rebajar la inclinación de los mismos en toda su extensión hasta los 75°, lo que mejorará las condiciones de estabilidad en el los taludes norte y este.
- No se considera aconsejable la continuación de la explotación hacia el frente norte, ya que la eliminación de la ofita que constituye ese frente podría desestabilizar el talud, debido a que es la propia ofita la que trabaja a modo de muro de sostenimiento de los materiales arcillosos triásicos (Keuper) y coluviales existentes fuera de la explotación.

Estella, 30 de marzo de 2020.

Fdo.: JAVIER ARNEDILLO RUIZ-AGUIRRE  
GEÓLOGO Col. Nº 3.078



Fdo.: GUILLERMO ERICE LACABE  
GEÓLOGO Col. Nº 2.577



Fdo.: EDUARDO ARANA RICO  
GEÓLOGO Col. Nº 3.461



## GEEA Geólogos.

**Pamplona**  
C/Irumuga 45, Pol. Ind. Areta, Huarte,  
Pamplona, T: 948.382.975, M: 696.435.907

**Estella.**  
Cañada Real de Imas, nave 12, 31240  
Ayegui, T: 948.554.811, M: 606.507.335

**Logroño**  
Baltasar Gracian 11, 1º of.5. 26006  
T: 941.509.482, M: 695.363.336



## **ANEXO GRÁFICO**

---

- **SITUACIÓN GEOGRÁFICA.**
- **MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA.**
- **SITUACIÓN DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS.**
- **GRÁFICOS DE ESTABILIDAD DE LOS TALUDES**
- **REPRESENTACIONES ESTEREOGRÁFICAS DE ESTACIONES.**
- **SONDEOS DE INVESTIGACIÓN PREVIOS; SITUACIÓN Y COLUMNAS.**
- **PERFILES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES.**
- **BOLETÍN DE ENSAYOS DE LABORATORIO.**

## **ANEXO N° 1**

---

### **SITUACIÓN GEOGRÁFICA**



**GEEA GEÓLOGOS, S.L.**

**Pamplona:** P.I. Areta C/Irumuga 45, 31620 Huarte

**Estella:** Cañada Real de Imas nave 12, 31240 Ayegui

**Logroño:** Baltasar Gracián nº 11, 1º of. 5, 26.006

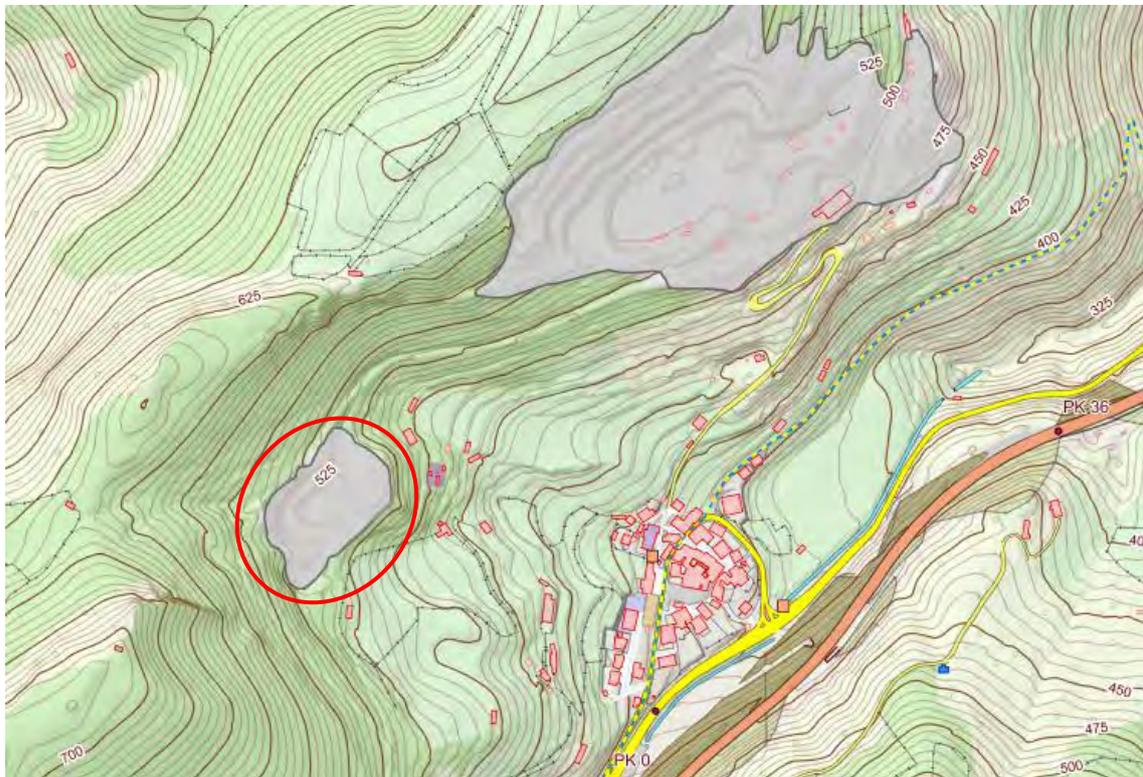
Lugar: Almandoz (Baztán, Navarra)

Ref. informe: ES/GE029/0220

## FOTOGRAFÍA AÉREA



## PLANO TOPOGRÁFICO



## ANEXO N° 2

---

MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA



# GEEA GEÓLOGOS, S.L.

**Pamplona:** P.I. Areta C/Irumuga 45, 31620 Huarte

**Estella:** Cañada Real de Imas nave 12, 31240 Ayegui

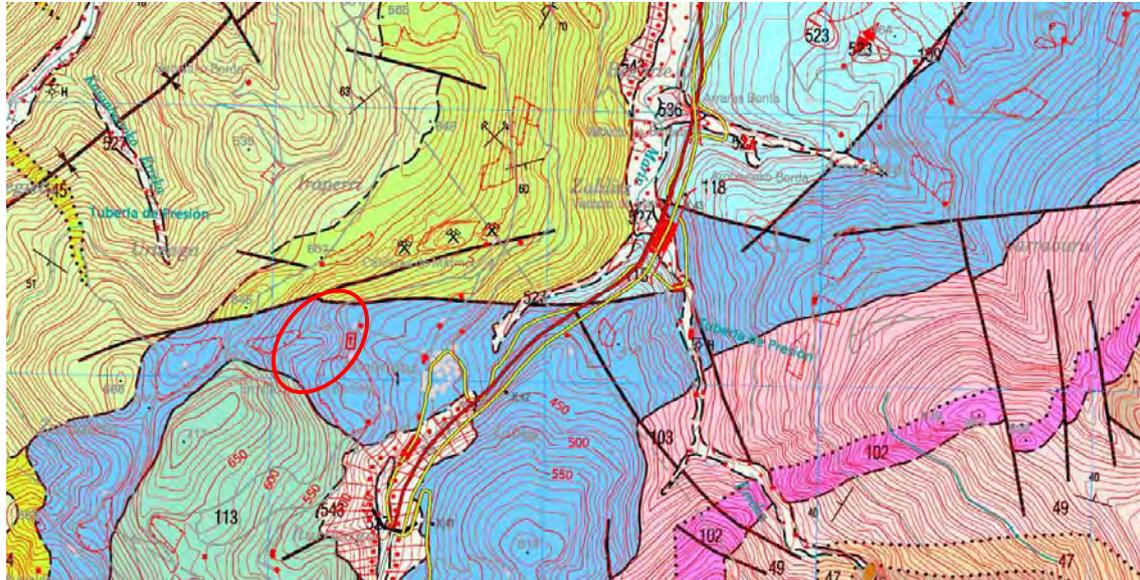
**Logroño:** Baltasar Gracián nº 11, 1º of. 5, 26.006

Lugar: Almandoz (Baztán, Navarra)

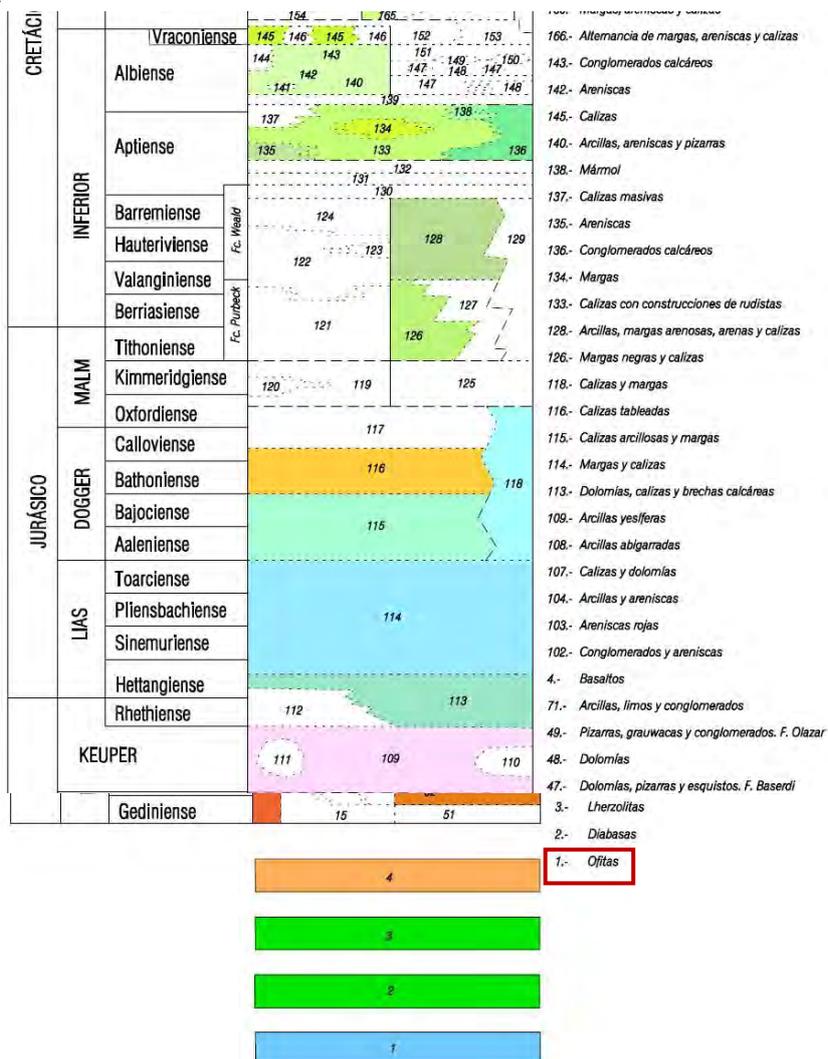
Ref. informe: ES/GE029/0220

Hojas: Gob. de Navarra 1:25.000 Sumbilla (hoja 90-II).

## MAPA GEOLÓGICO



## LEYENDA



## **ANEXO N° 3**

---

### **SITUACIÓN DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS**



⊕ Estación geomecánica



FECHA: Marzo de 2020

ESCALA: 1/700

OBRA: Estabilidad de taludes en cantera de ofiás, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF. INFORME: ES/GE029/0220

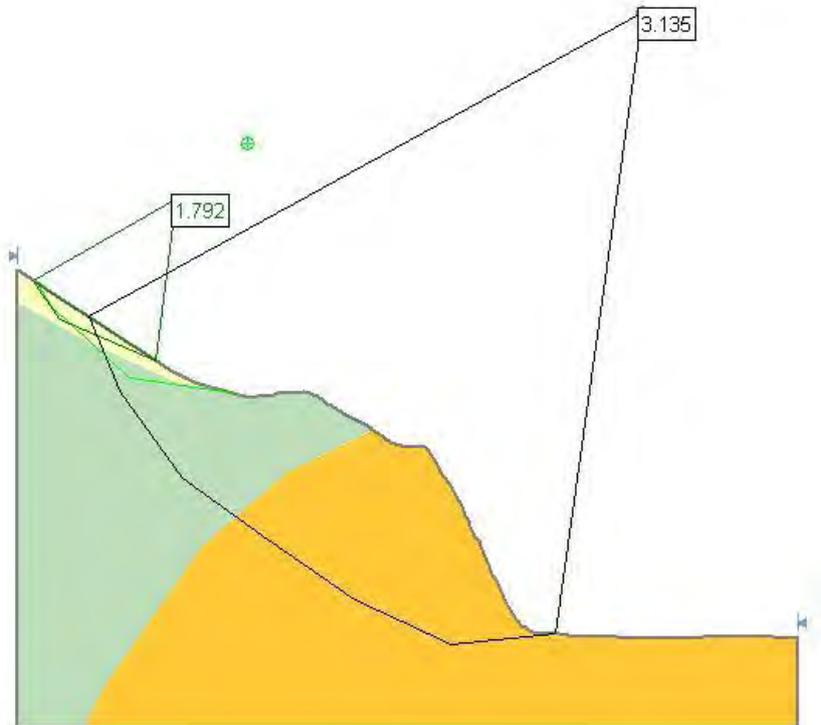
## SITUACIÓN ESTACIONES GEOMECAÑICAS

## **ANEXO N° 4**

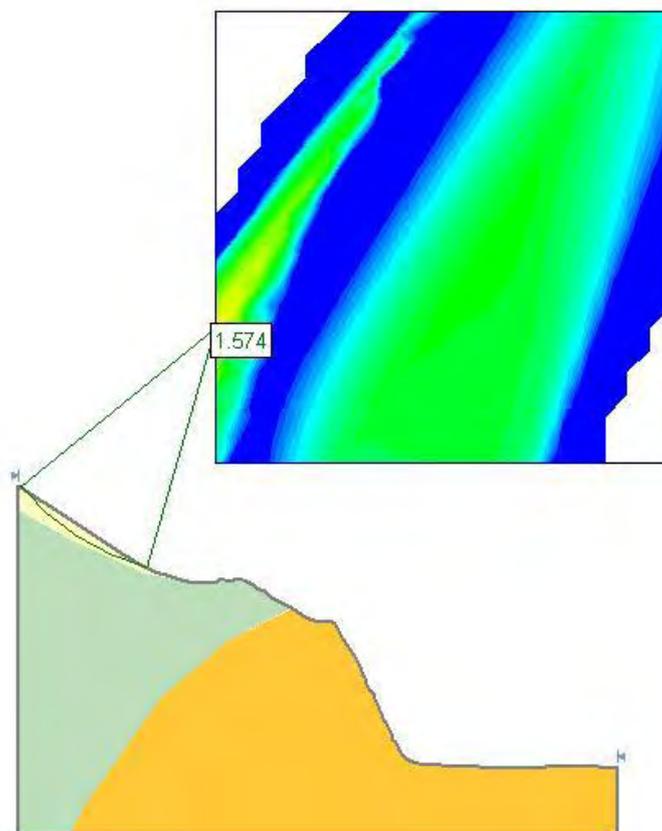
---

### **GRÁFICOS DE ESTABILIDAD DE LOS TALUDES**

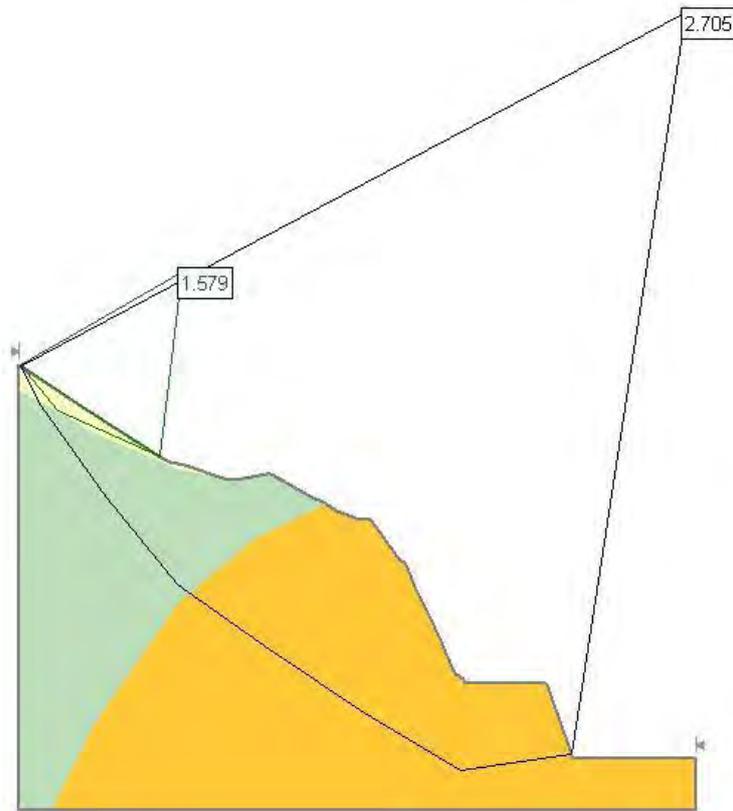
**Talud T3 (perfil P1 S0)**  
Topografía actual. Rotura no circular.



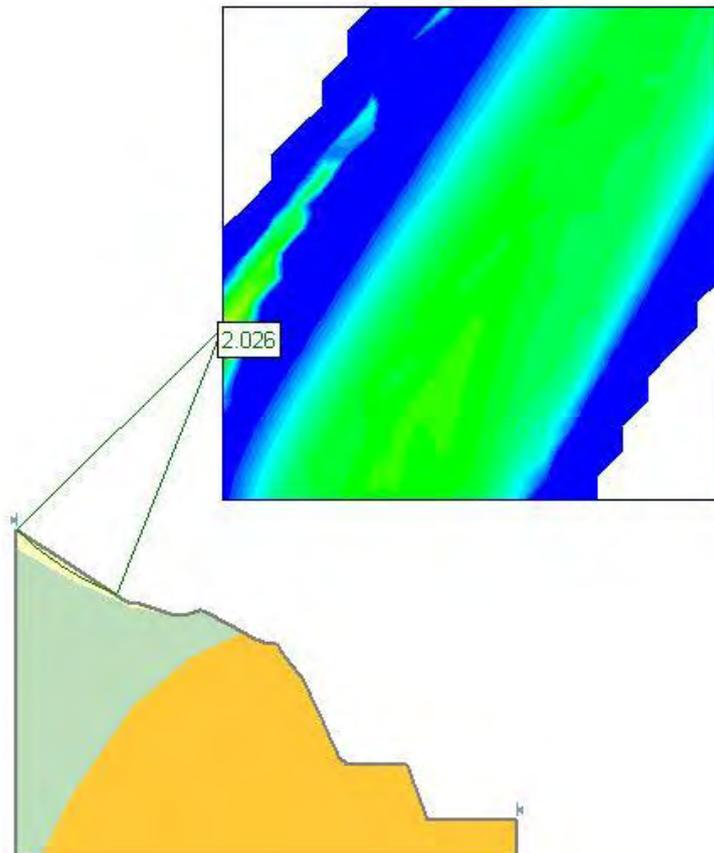
Topografía actual. Rotura circular.



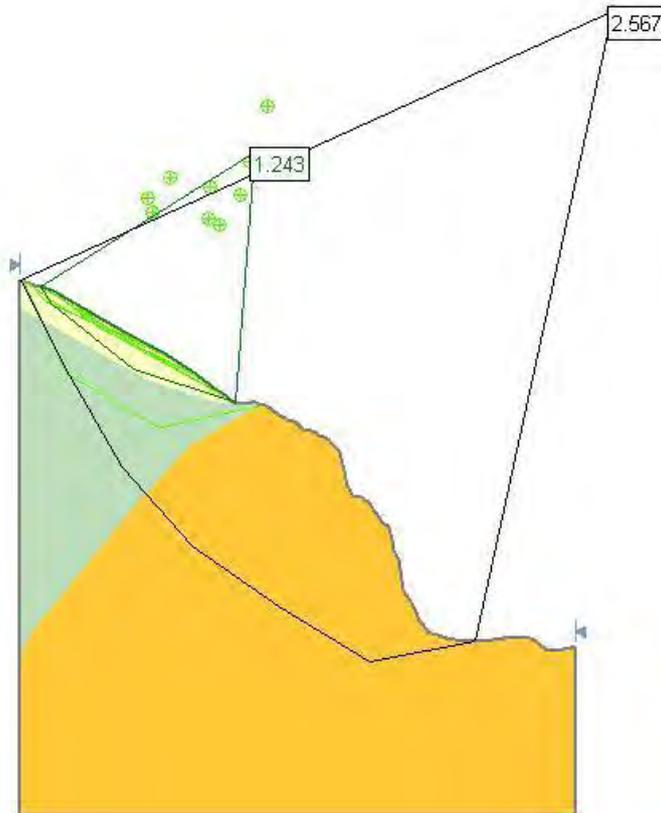
**Talud T3 (perfil P1 S0)**  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



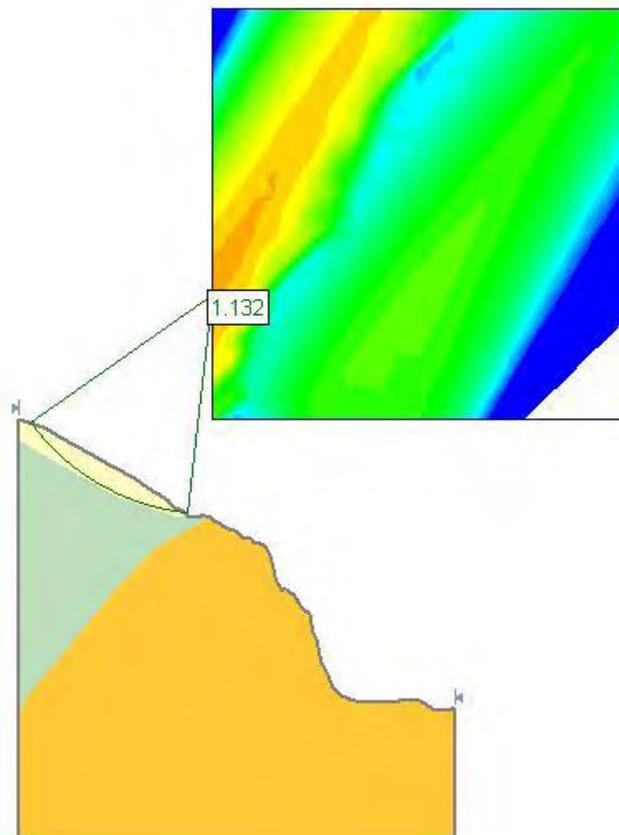
Topografía proyectada. Rotura circular.



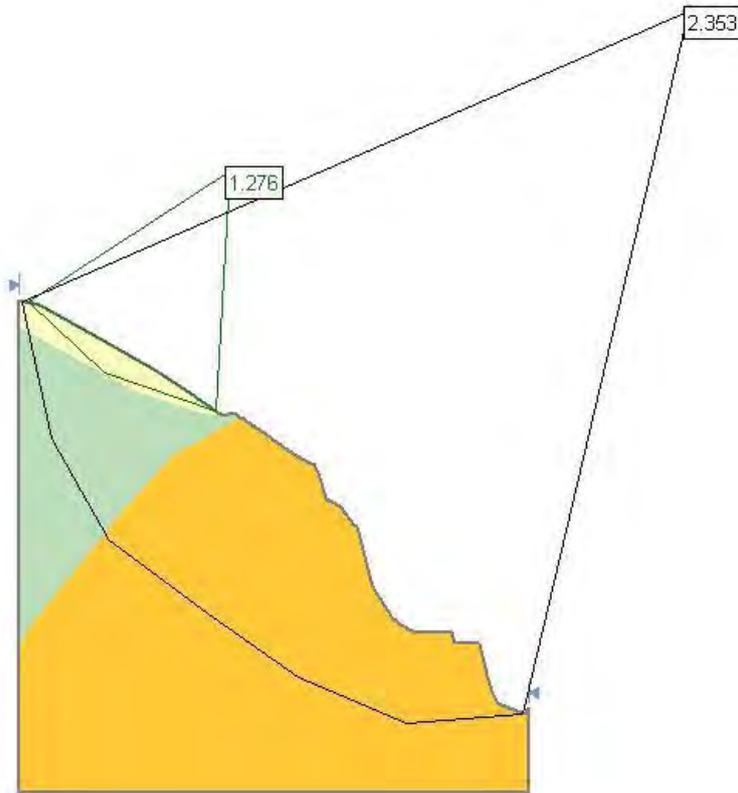
**Talud T3 (perfil P2 SO)**  
Topografía actual. Rotura no circular.



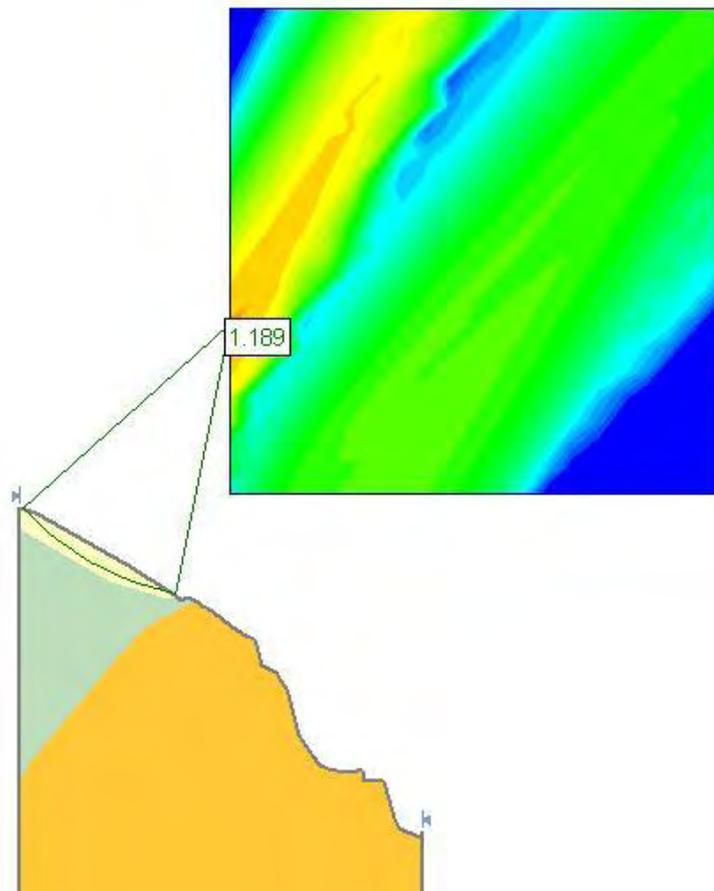
Topografía actual. Rotura circular.



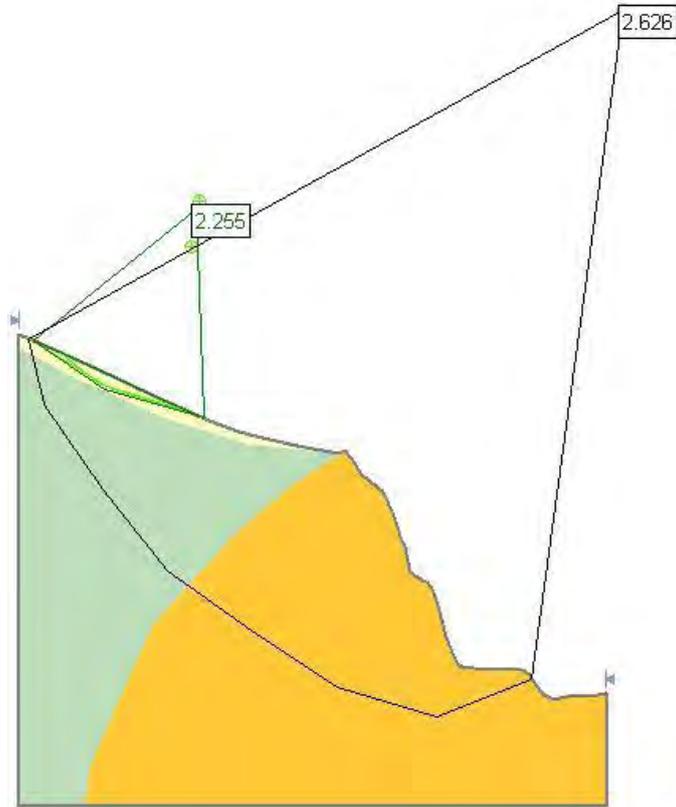
**Talud T3 (perfil P2 SO)**  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



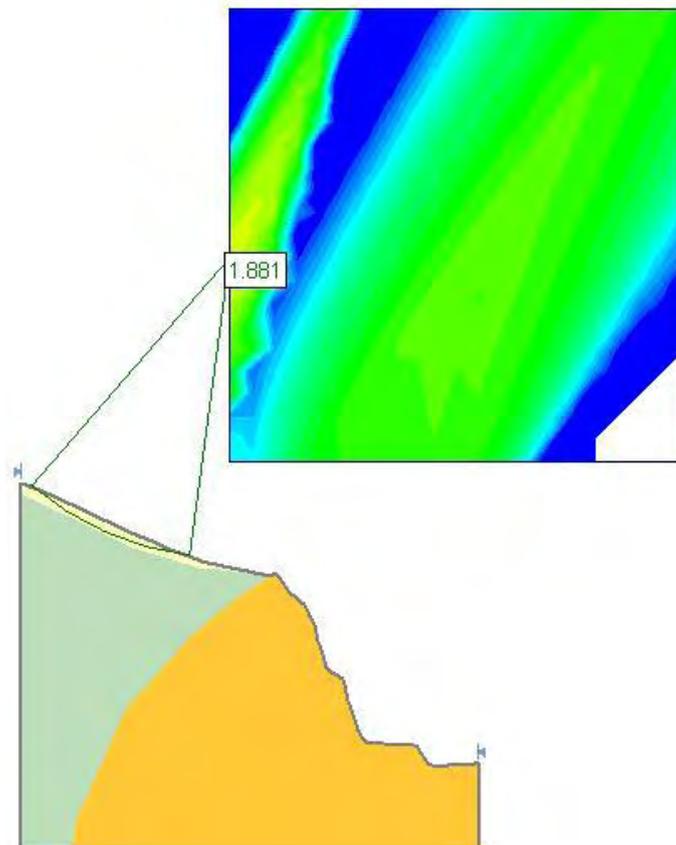
Topografía proyectada. Rotura circular.



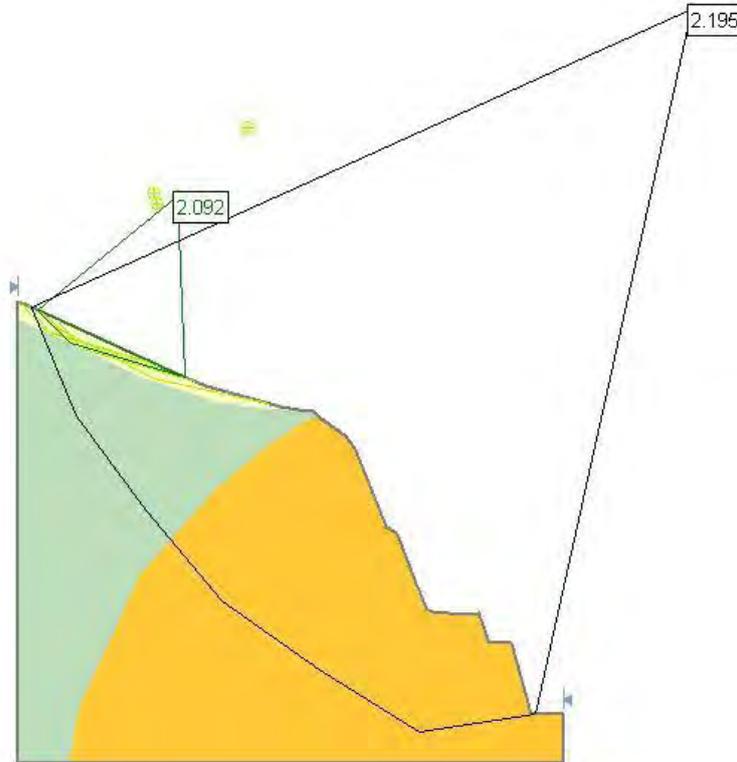
**Talud T2 (perfil P3 NO)**  
Topografía actual. Rotura no circular.



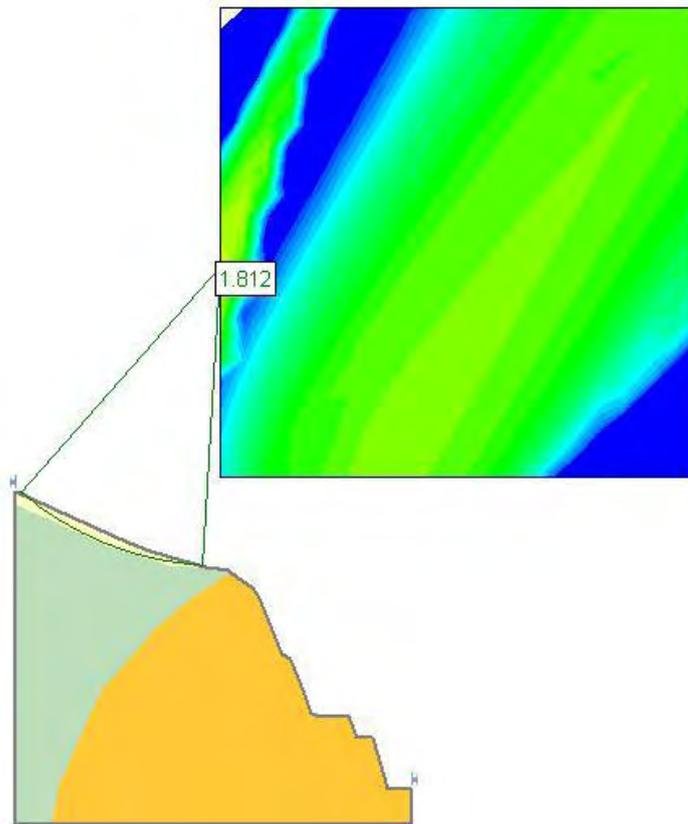
Topografía actual. Rotura circular.



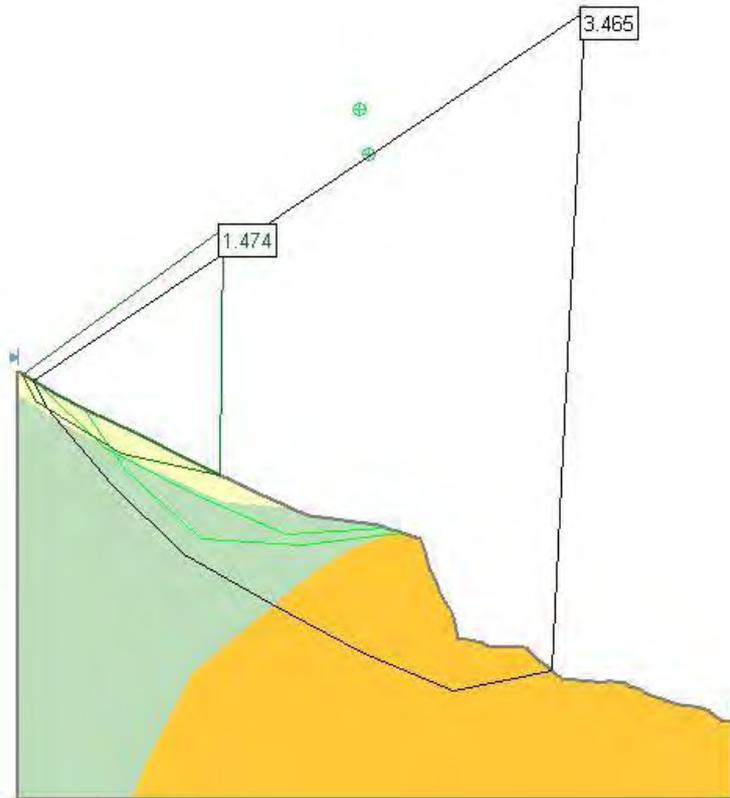
**Talud T2 (perfil P3 NO)**  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



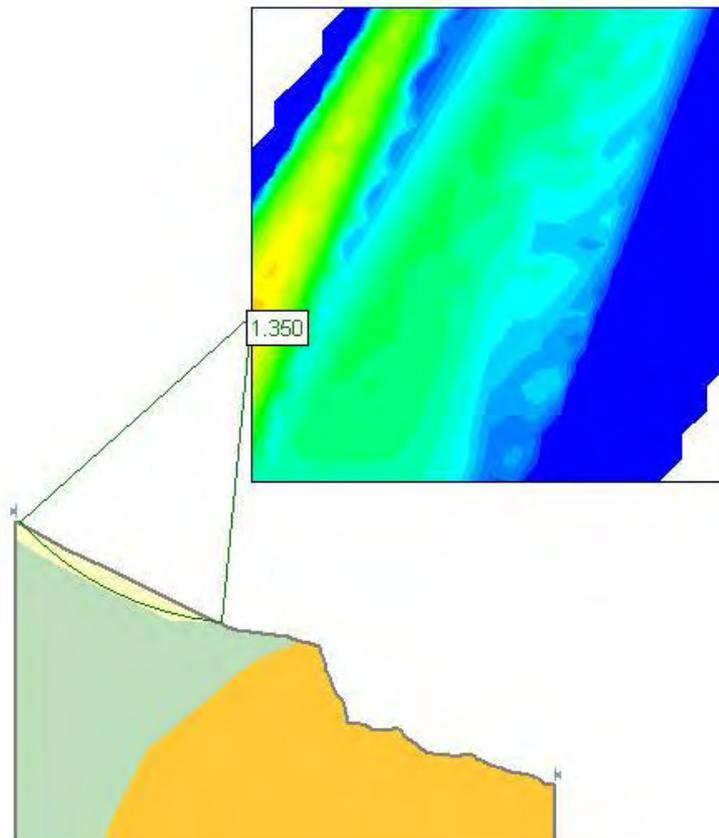
Topografía proyectada. Rotura circular.



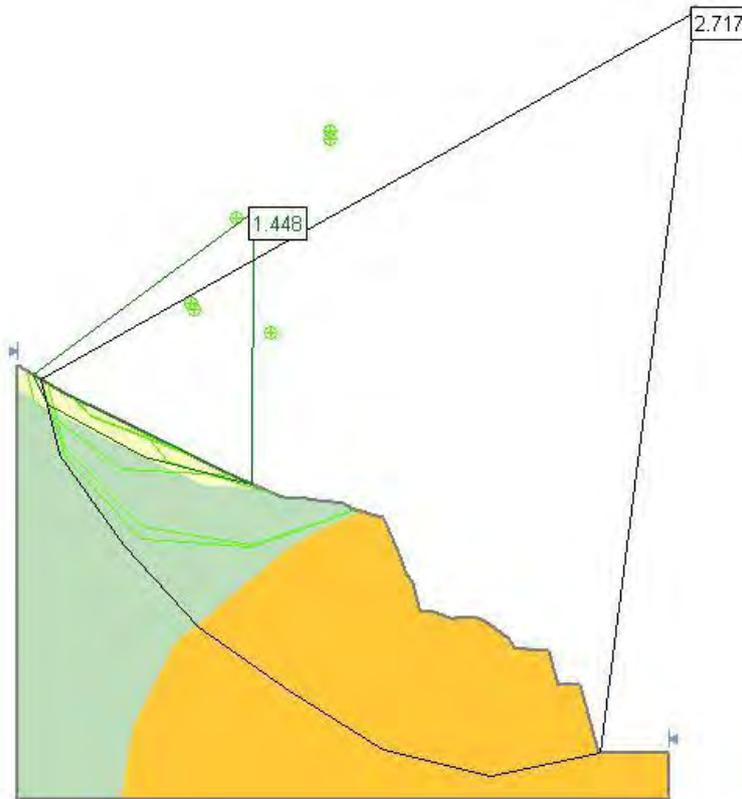
**Talud T2 (perfil P4 NO)**  
Topografía actual. Rotura no circular.



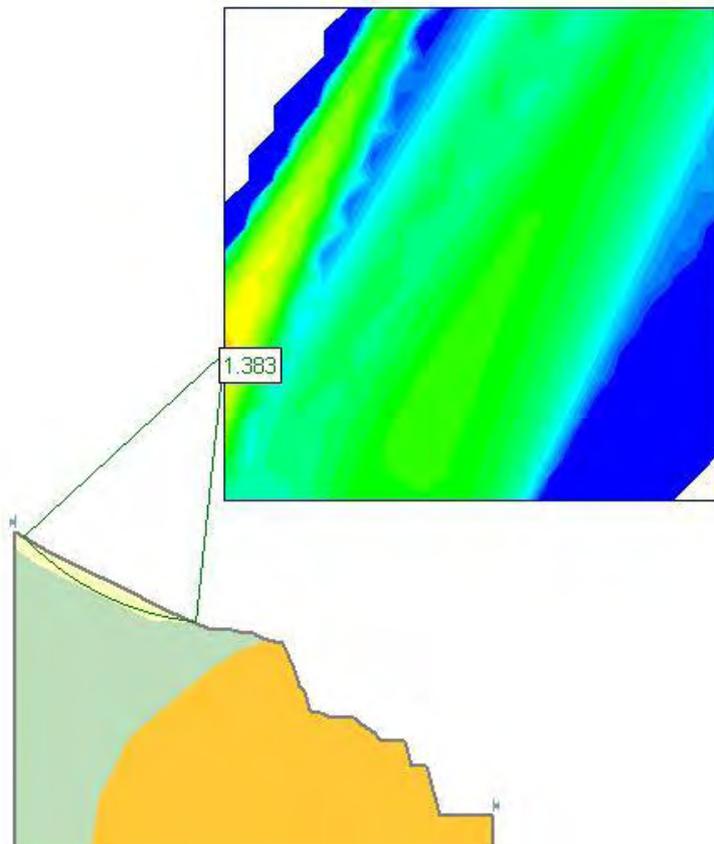
Topografía actual. Rotura circular.



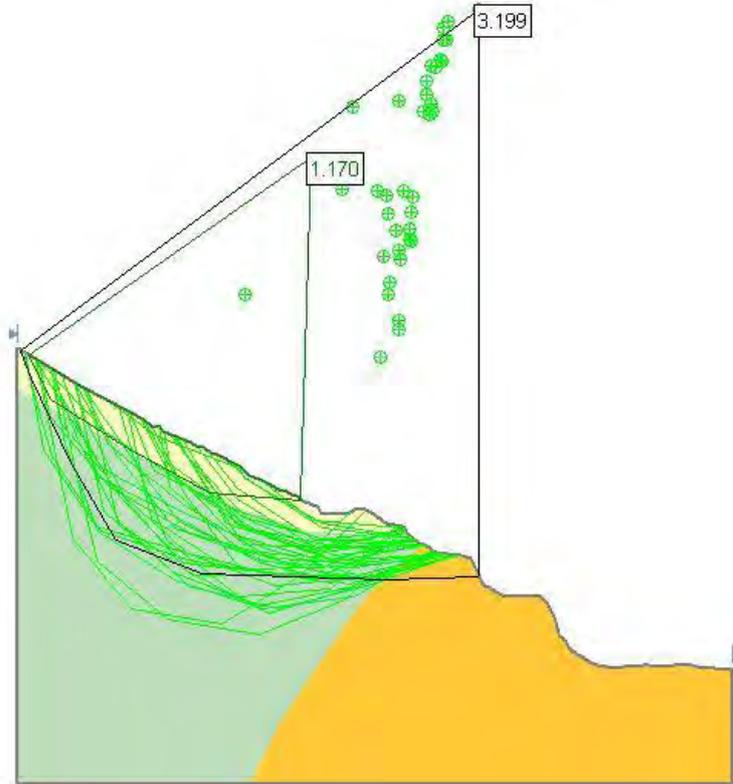
**Talud T2 (perfil P4 NO)**  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



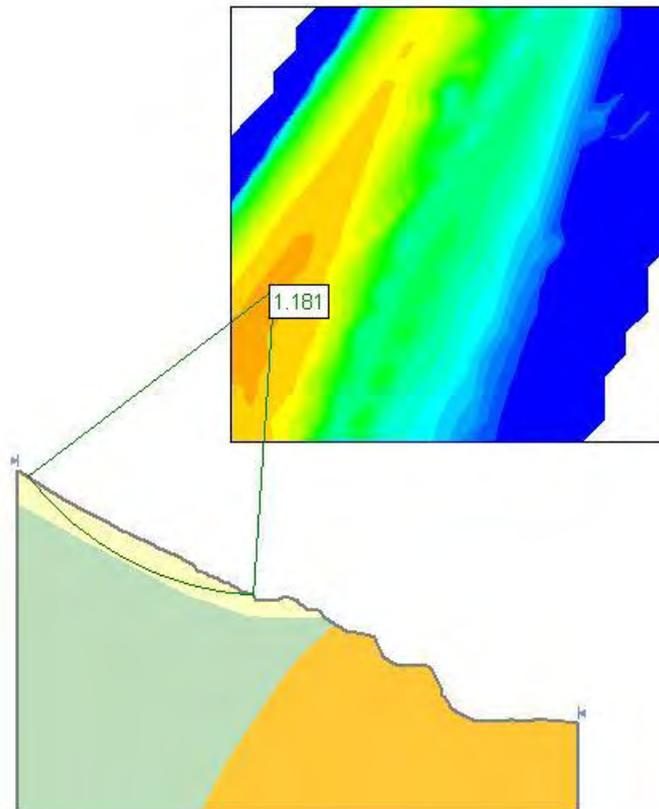
Topografía proyectada. Rotura circular.



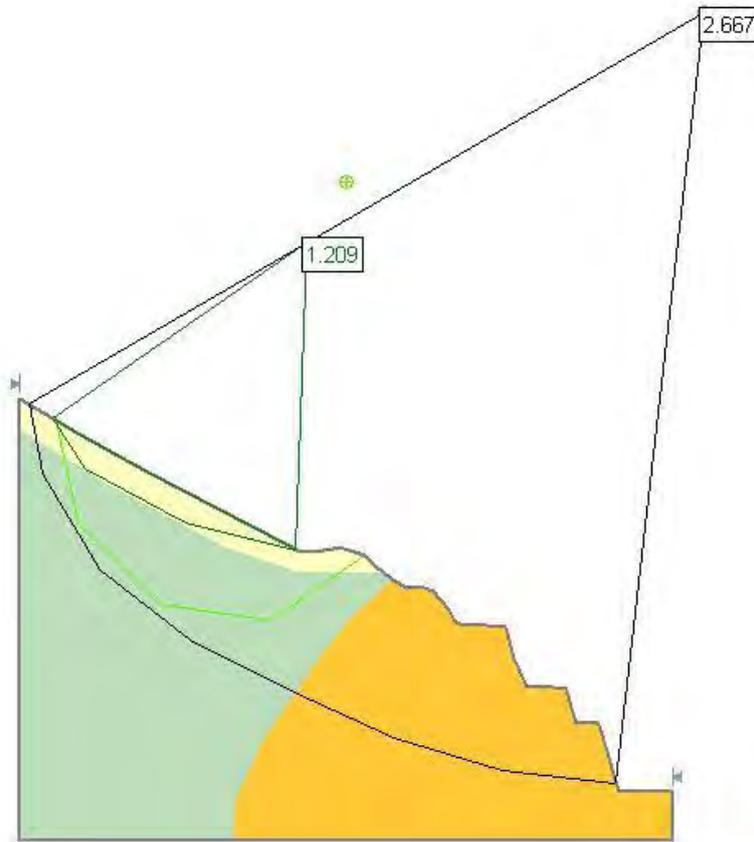
**Talud T1 (perfil P5 NO)**  
Topografía actual. Rotura no circular.



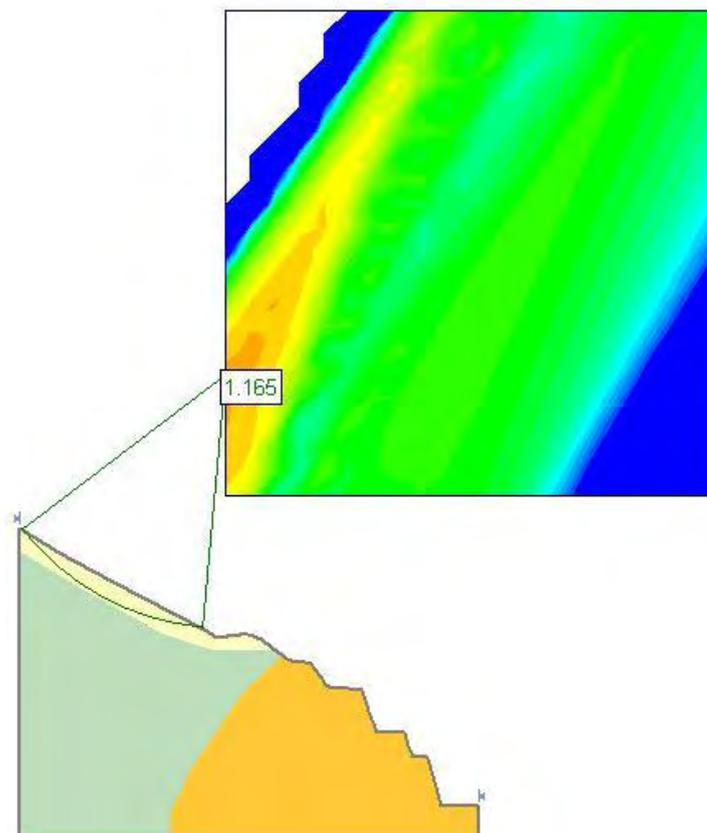
Topografía actual. Rotura circular.



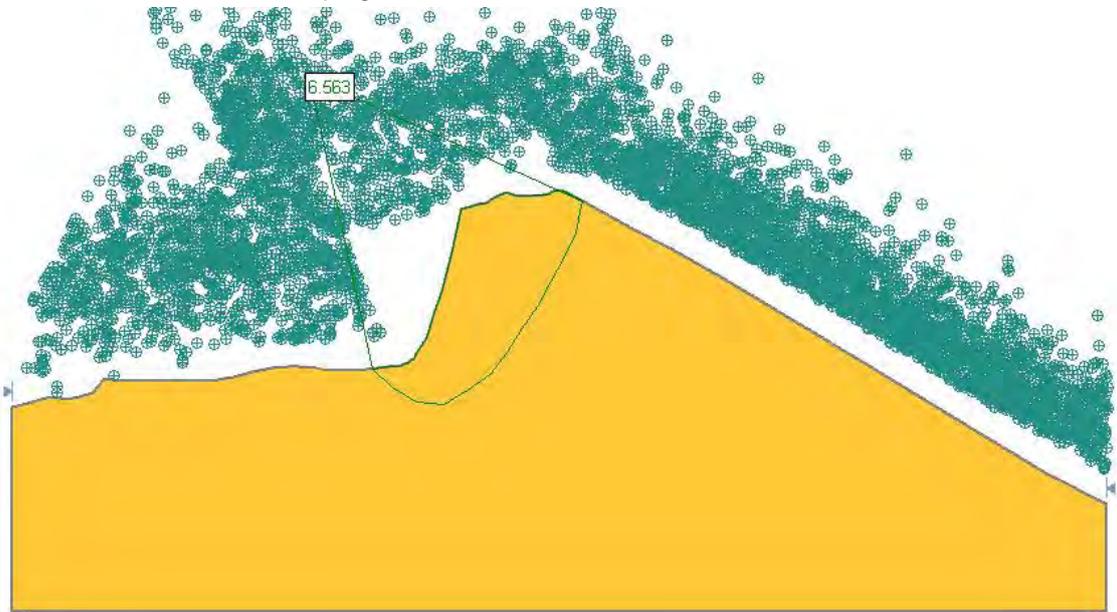
**Talud T1 (perfil P5 NO)**  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



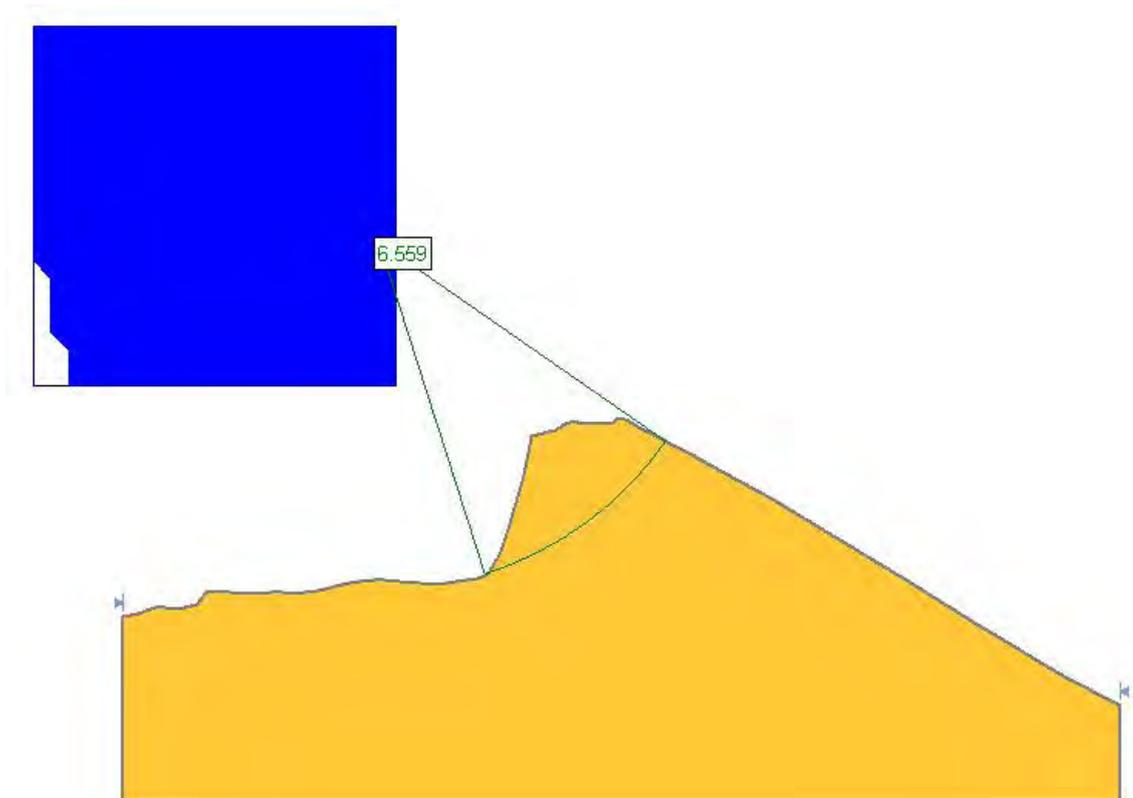
Topografía proyectada. Rotura circular.



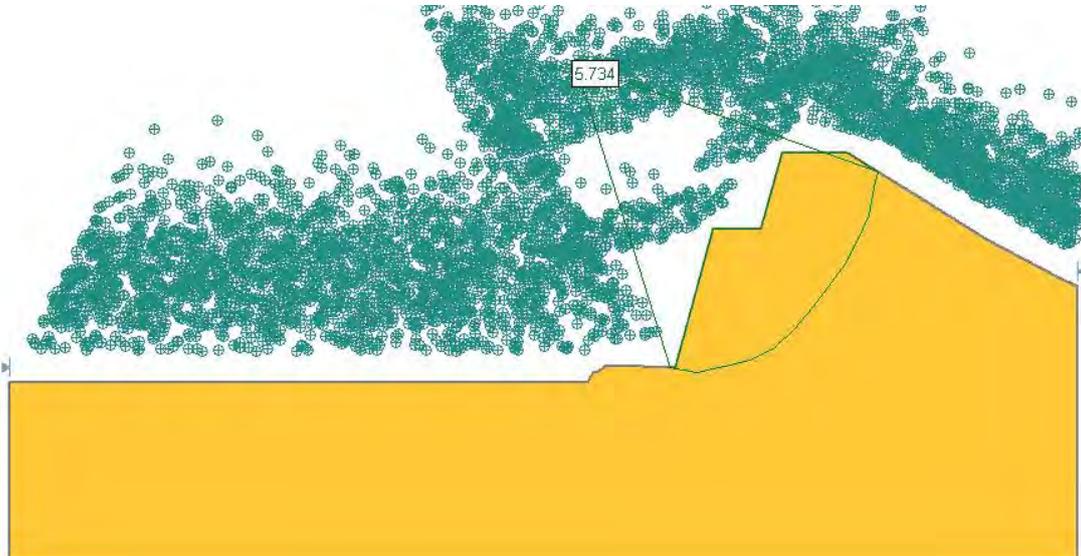
**Talud T8 (perfil P1 NE)**  
Topografía actual. Rotura no circular.



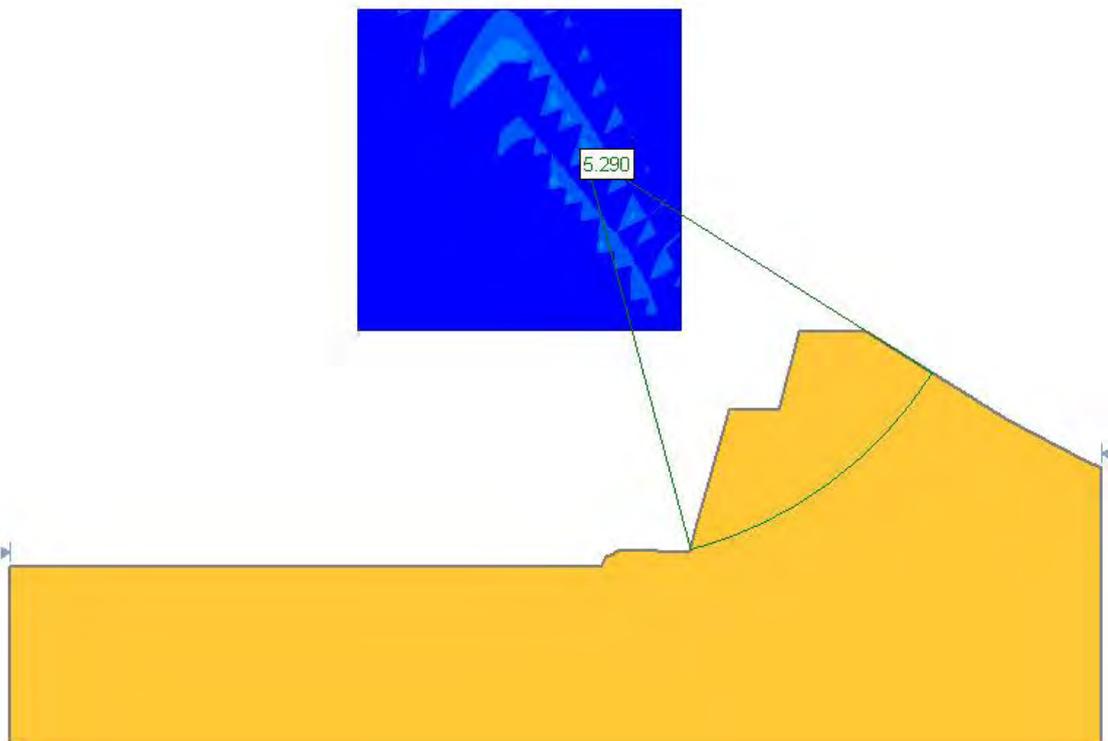
Topografía actual. Rotura circular.



**Talud T8 (perfil P1 NE)**  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



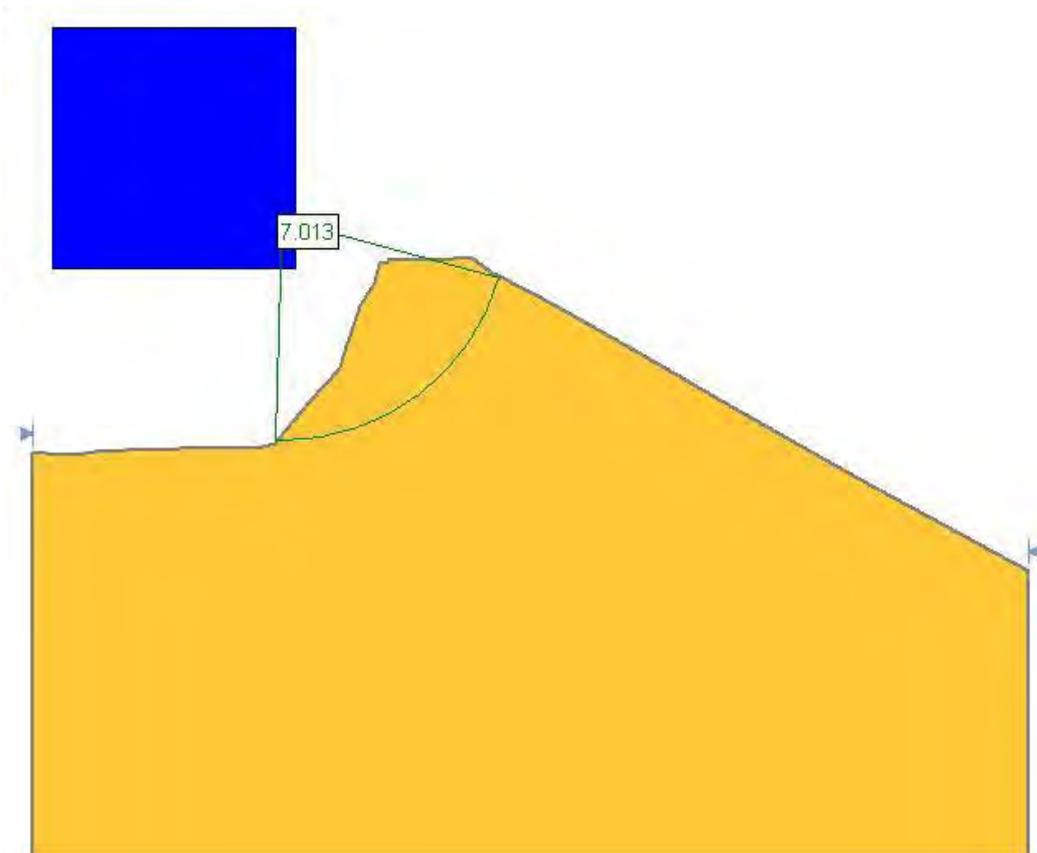
Topografía proyectada. Rotura circular.



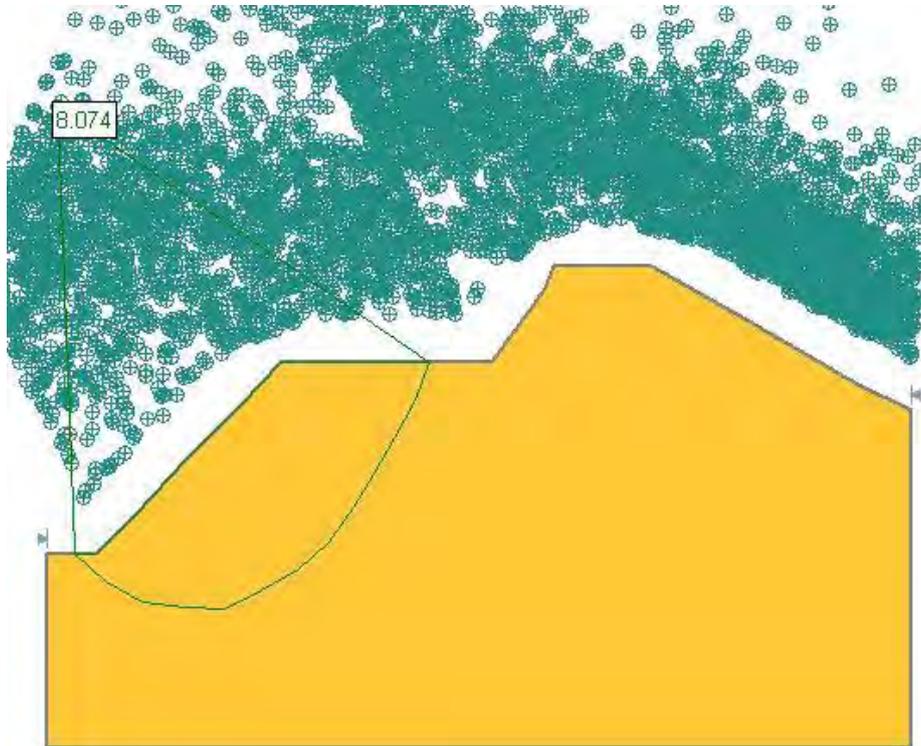
**Talud T8 (perfil P2 NE)**  
Topografía actual. Rotura no circular.



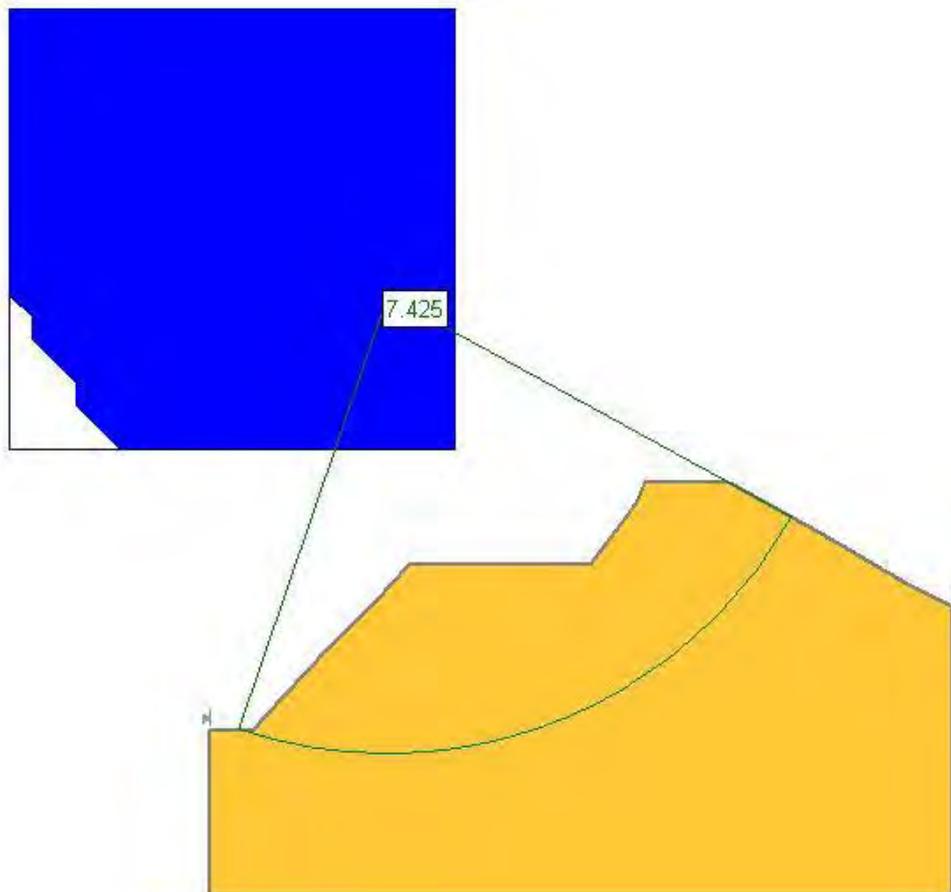
Topografía actual. Rotura circular.



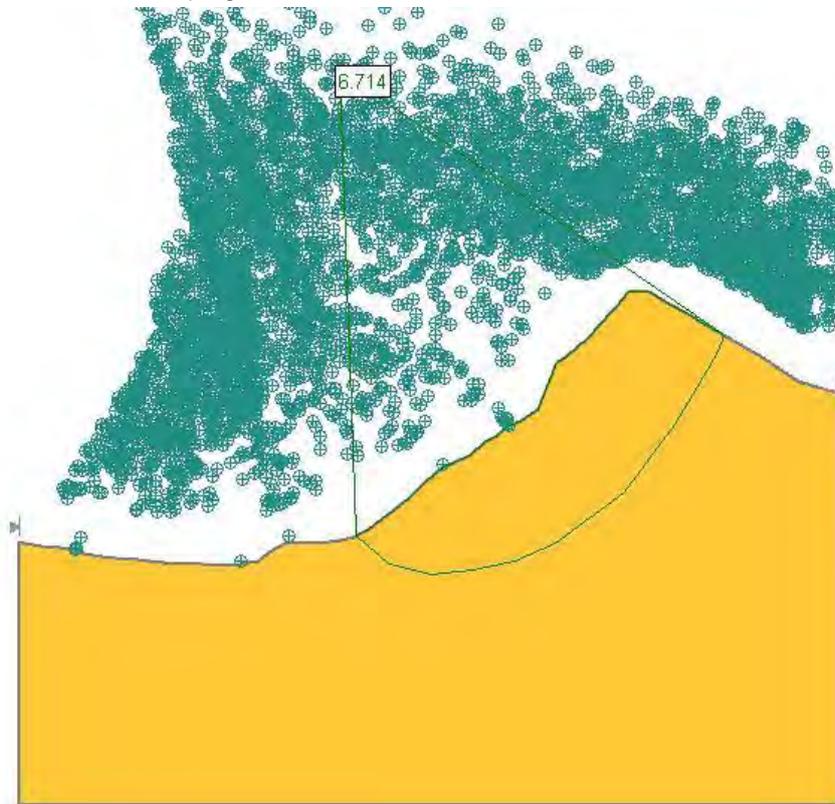
**Talud T8 (perfil P2 NE)**  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



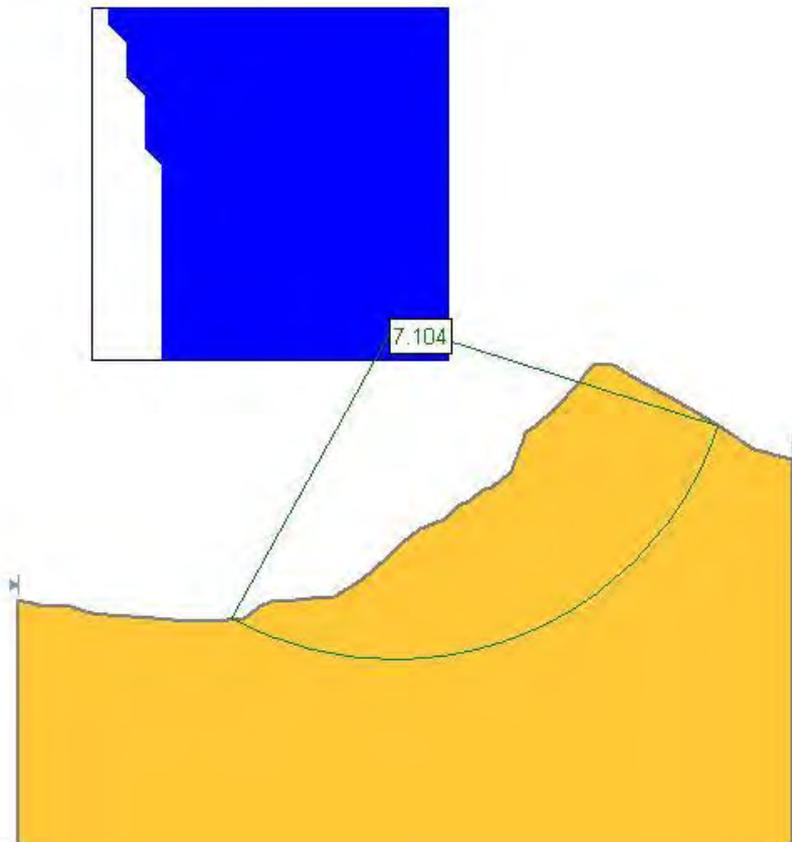
Topografía proyectada. Rotura circular.



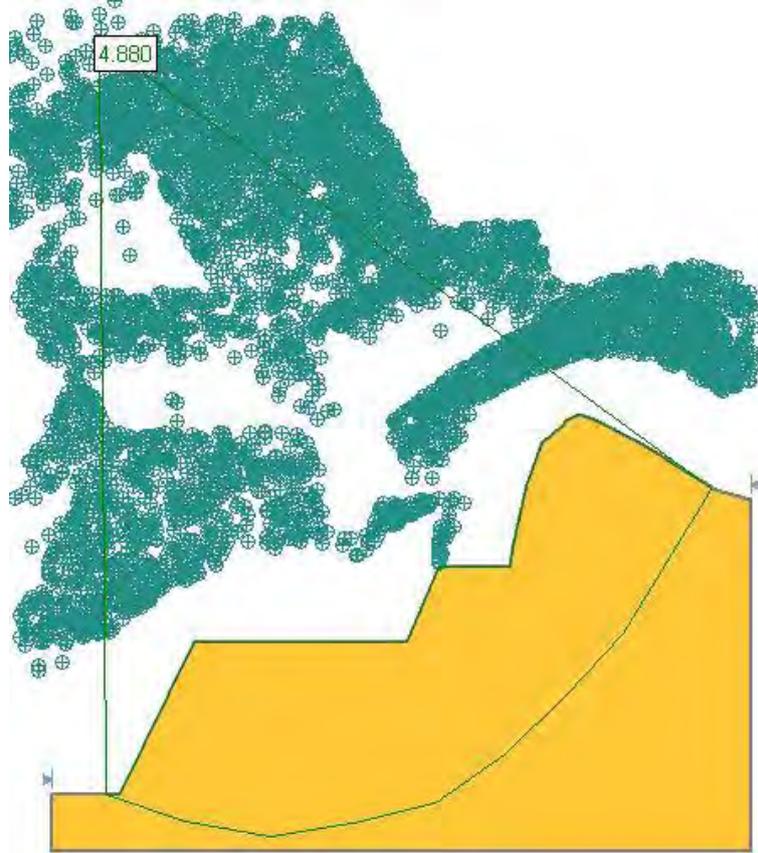
**Talud T5 (perfil P3 SE)**  
Topografía actual. Rotura no circular.



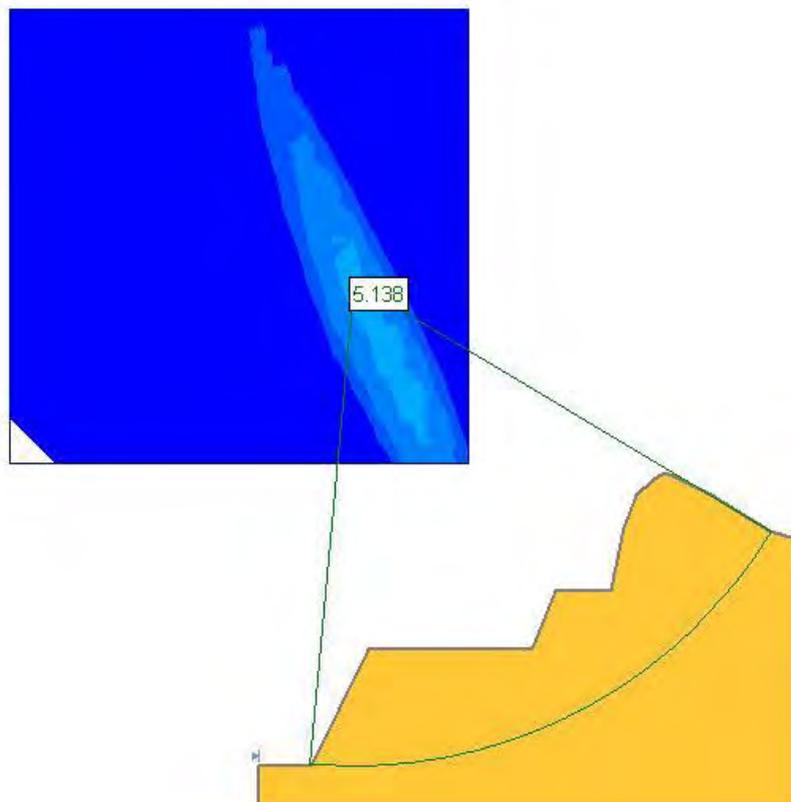
Topografía actual. Rotura circular.



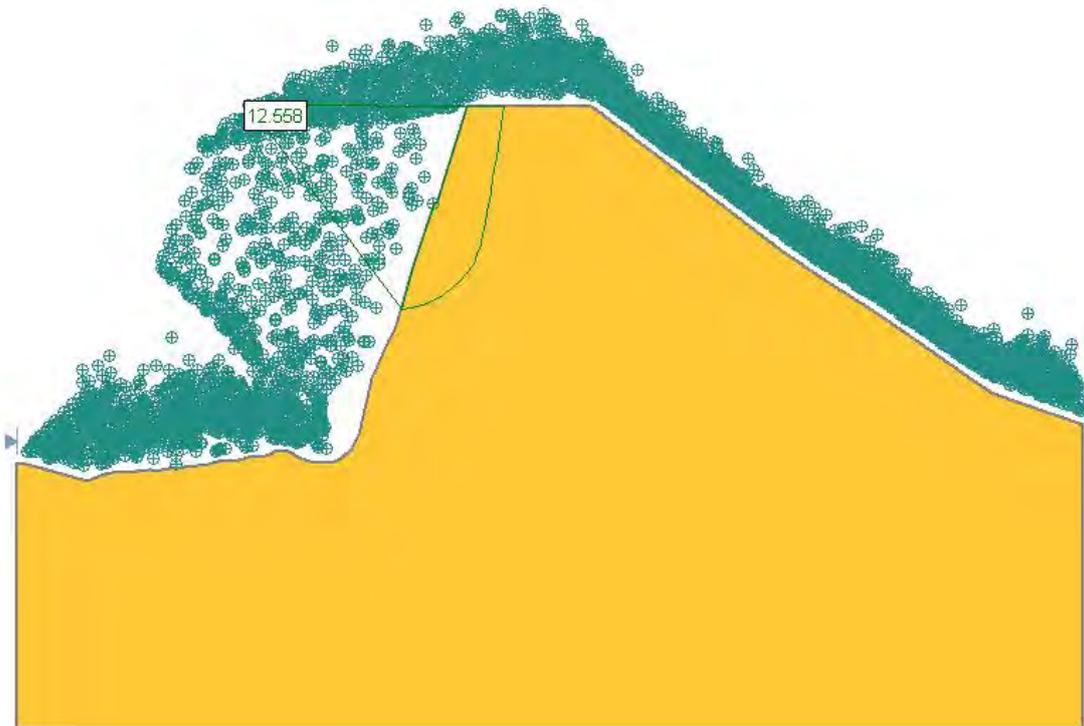
### Talud T5 (perfil P3 SE) Topografía proyectada. Rotura no circular.



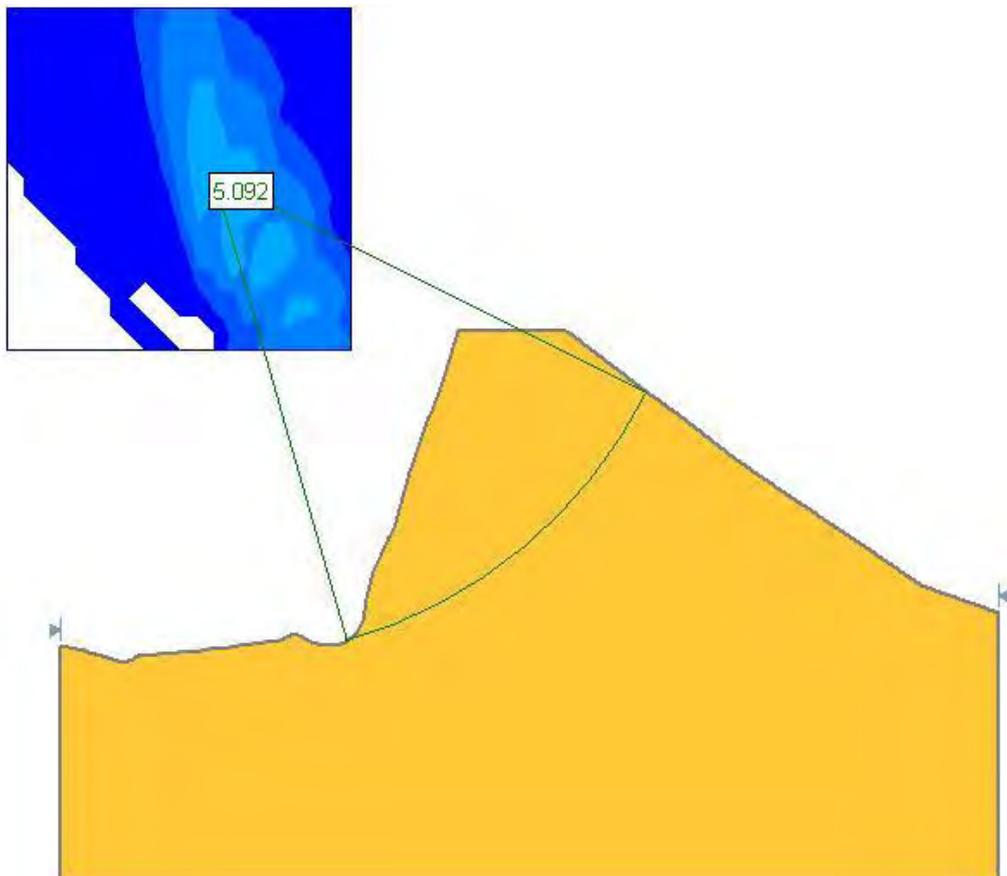
### Topografía proyectada. Rotura circular.



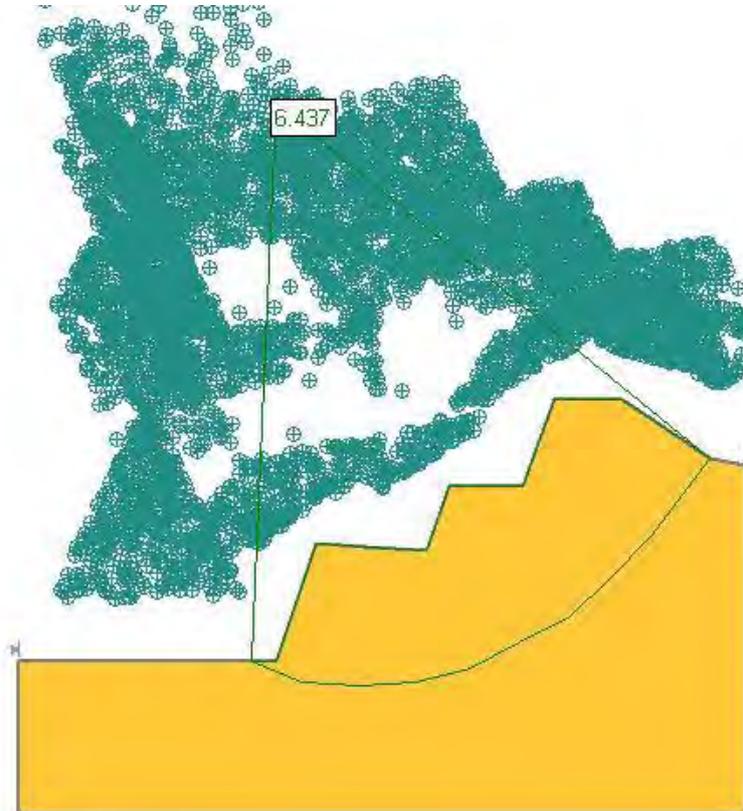
Talud T5 (perfil P4 SE)  
Topografía actual. Rotura no circular.



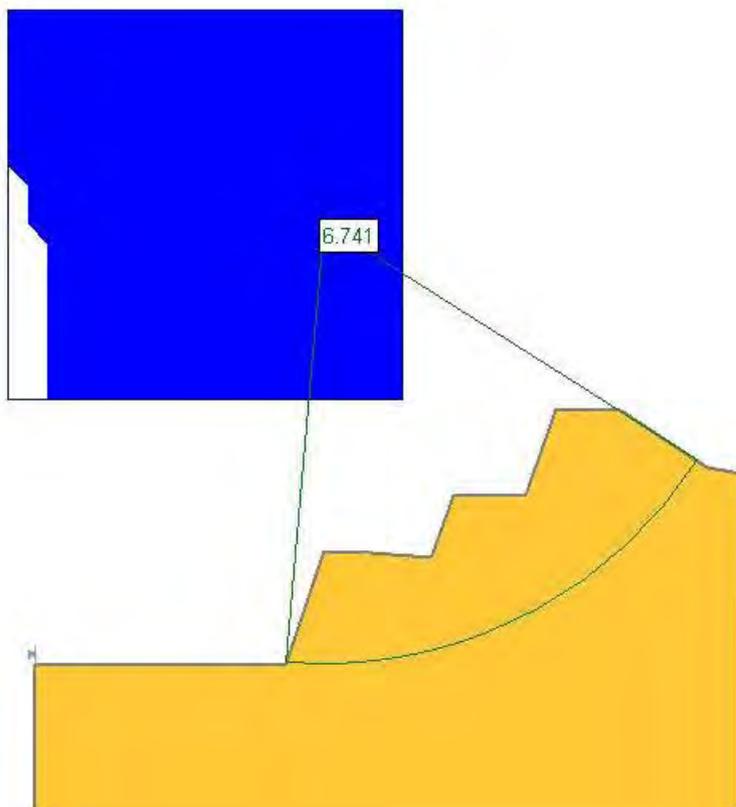
Topografía actual. Rotura circular.



**Talud T5 (perfil P4 SE)**  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



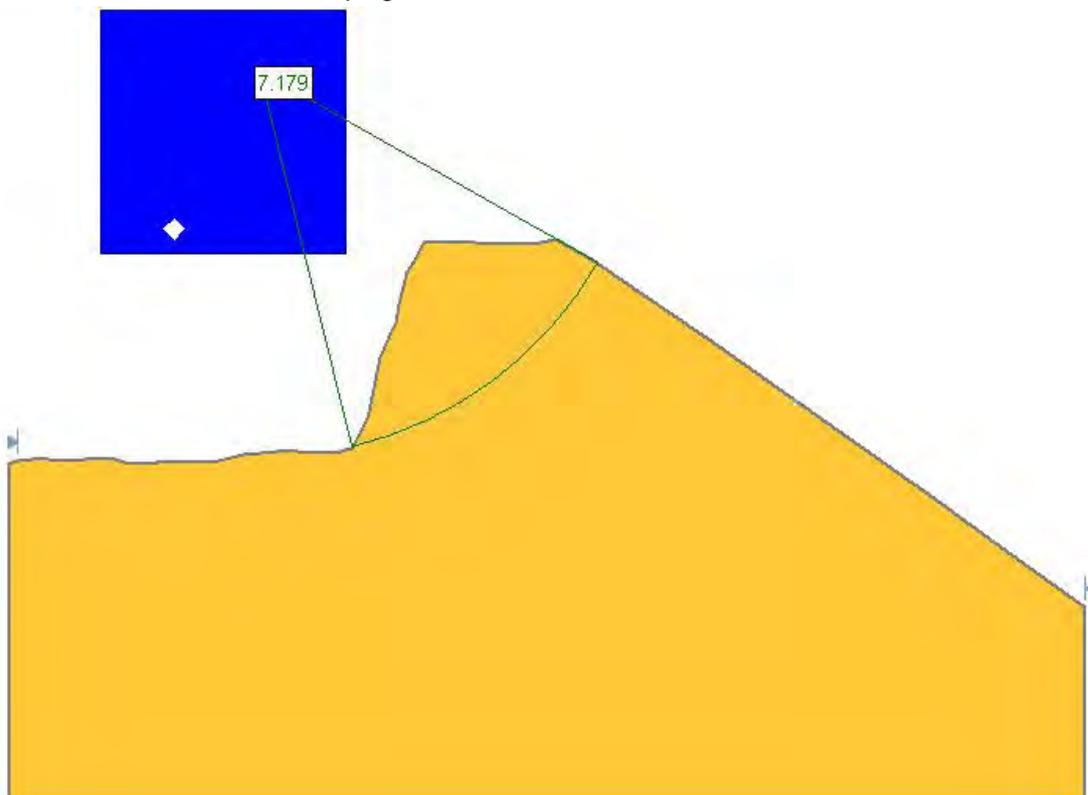
Topografía proyectada. Rotura circular.



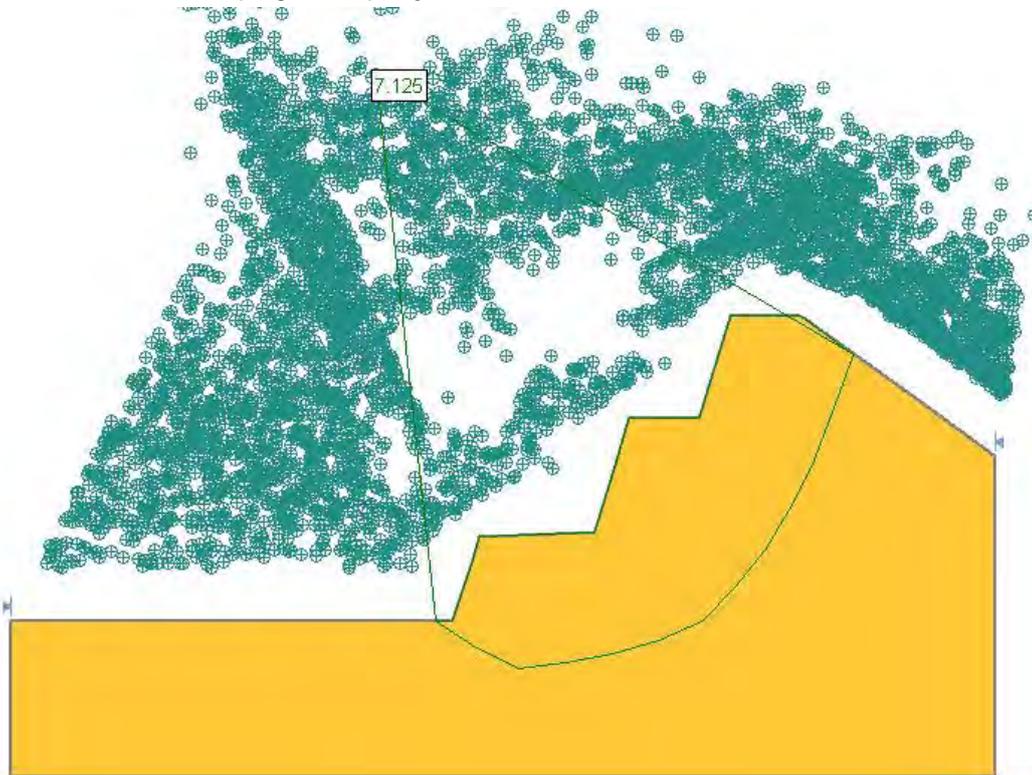
Talud T5 (perfil P5 SE)  
Topografía actual. Rotura no circular.



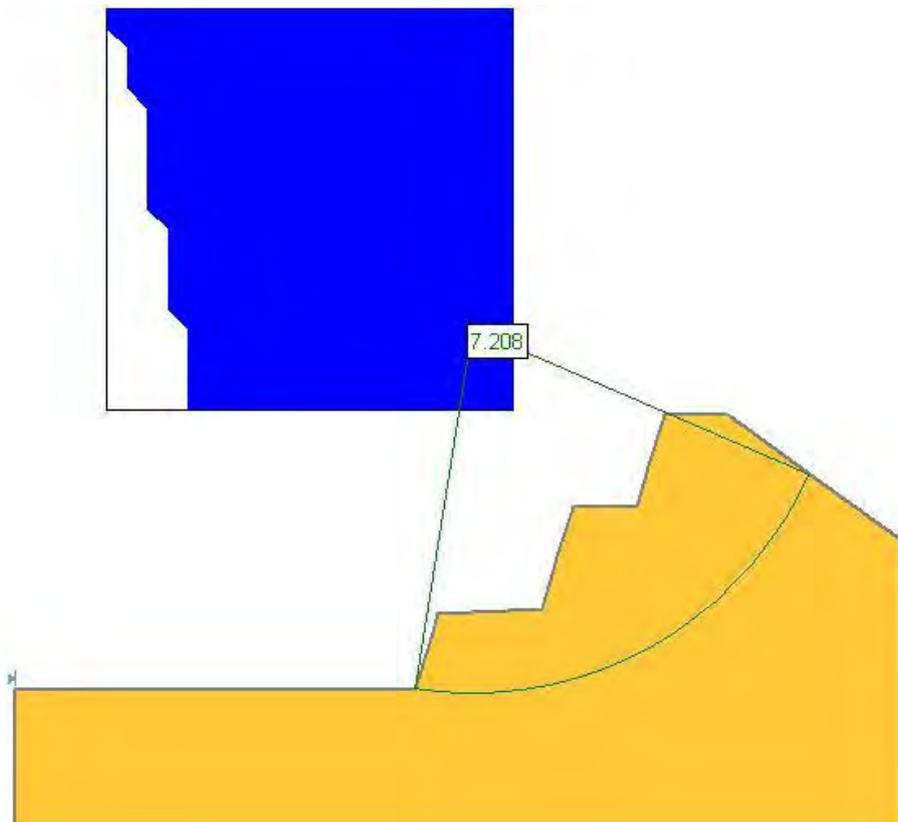
Topografía actual. Rotura circular.



Talud T5 (perfil P5 SE)  
Topografía proyectada. Rotura no circular.



Topografía proyectada. Rotura circular.



## **ANEXO N° 5**

---

**REPRESENTACIONES ESTEREOGRÁFICAS DE ESTACIONES**

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almándoiz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T1E1-E2

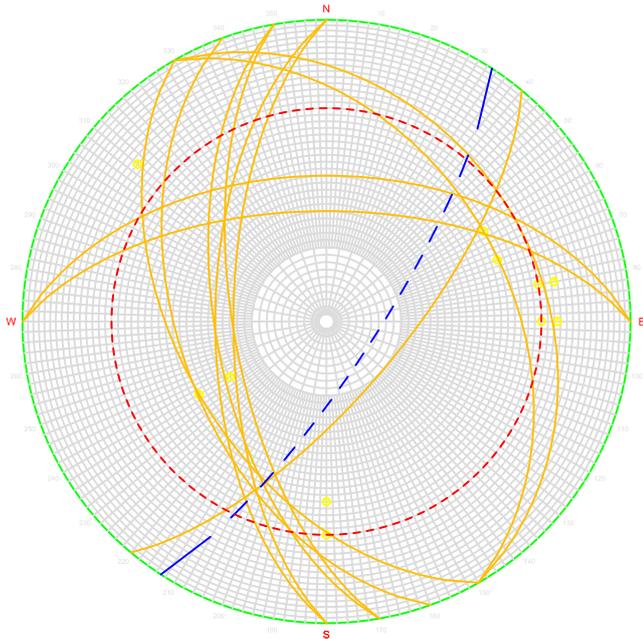
FECHA: Marzo de 2020

REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

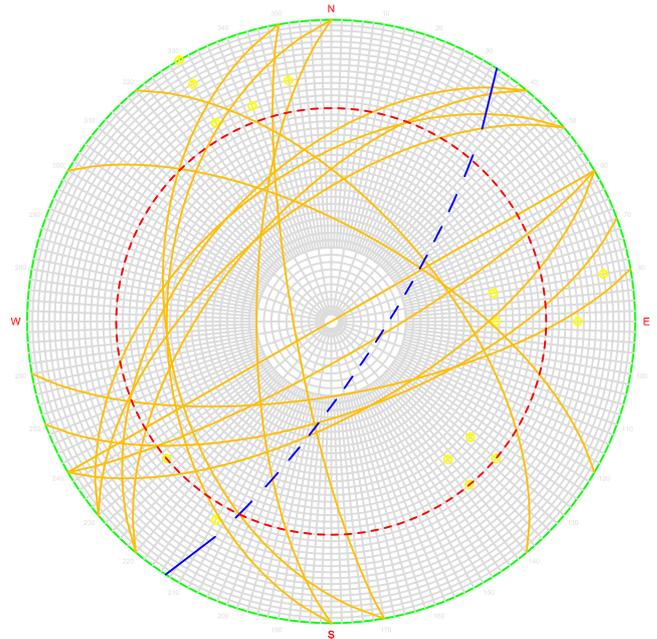
CANTERA OFITAS  
TALUD T1 ESTACIÓN E1



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

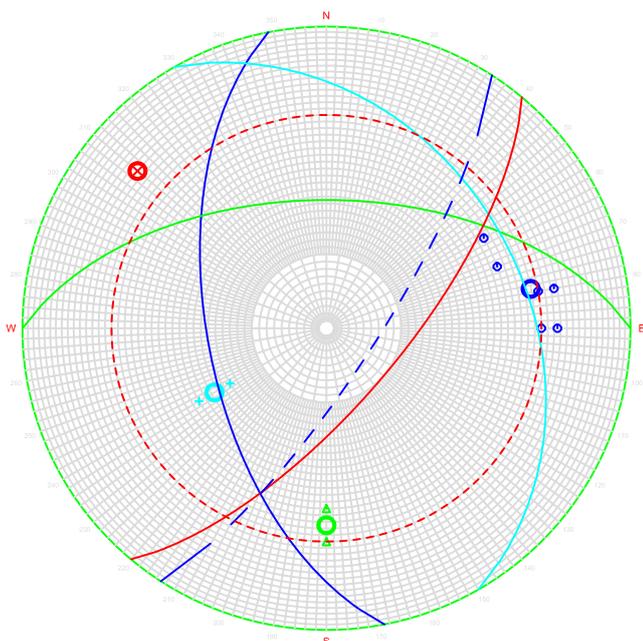
CANTERA OFITAS  
TALUD T1 ESTACIÓN E2



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

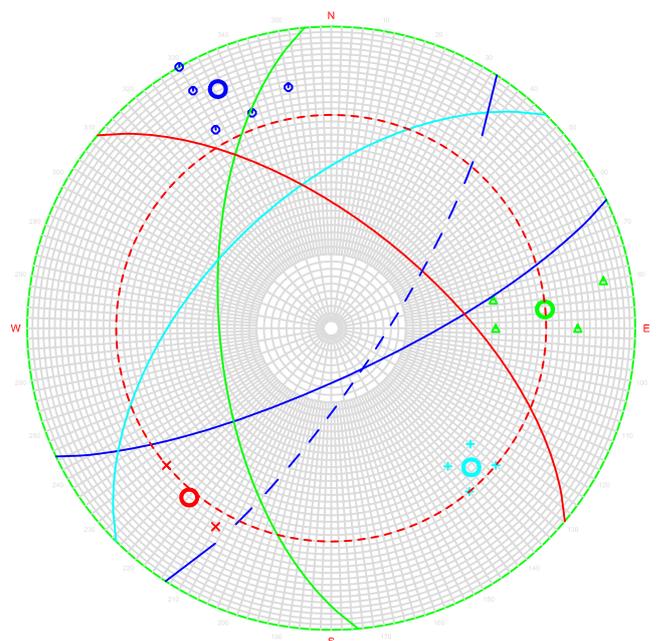
CANTERA OFITAS  
TALUD T1 ESTACIÓN E1



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS  
TALUD T1 ESTACIÓN E2





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLÓGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T2E3-E4

FECHA: Marzo de 2020

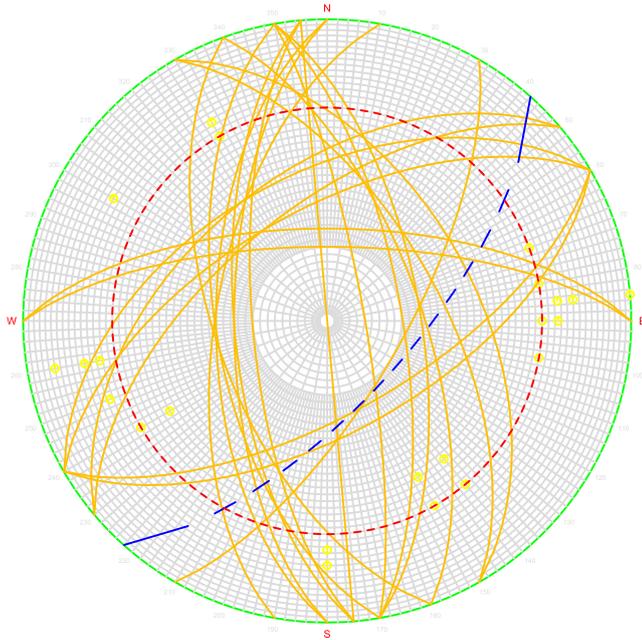
REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA OFITAS

TALUD T2 ESTACIÓN E3

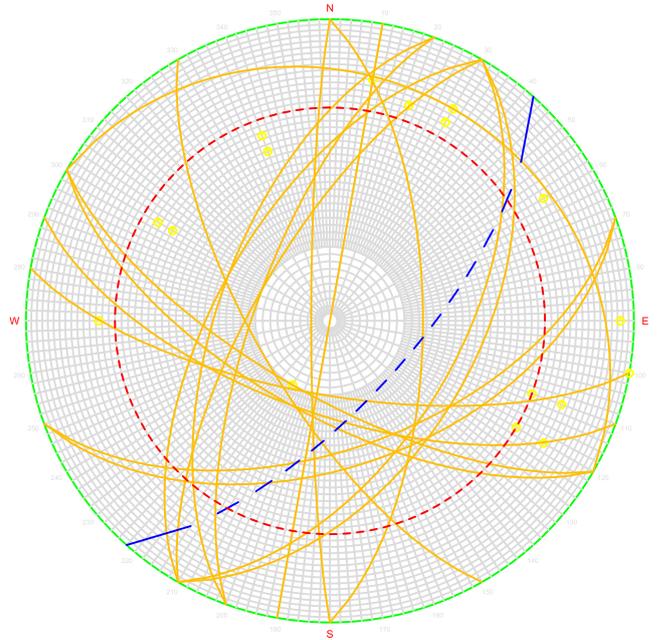


### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA OFITAS

TALUD T2 ESTACIÓN E4

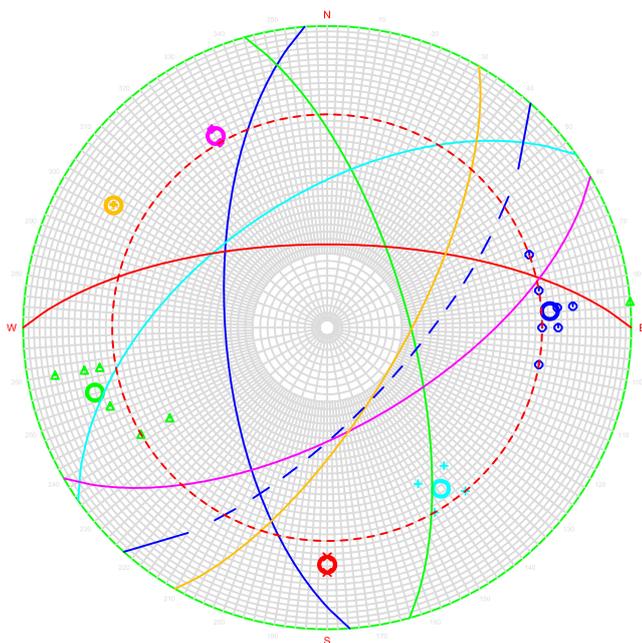


### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS

TALUD T2 ESTACIÓN E3

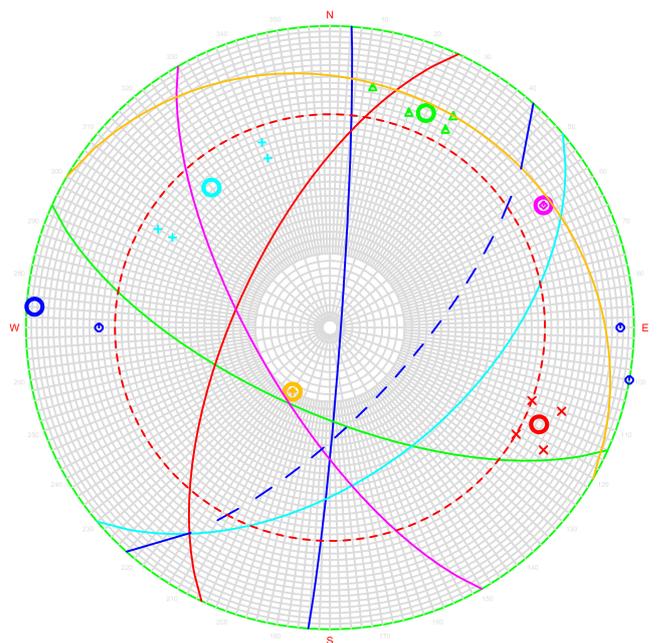


### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS

TALUD T2 ESTACIÓN E4





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLOGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T2E5-E6

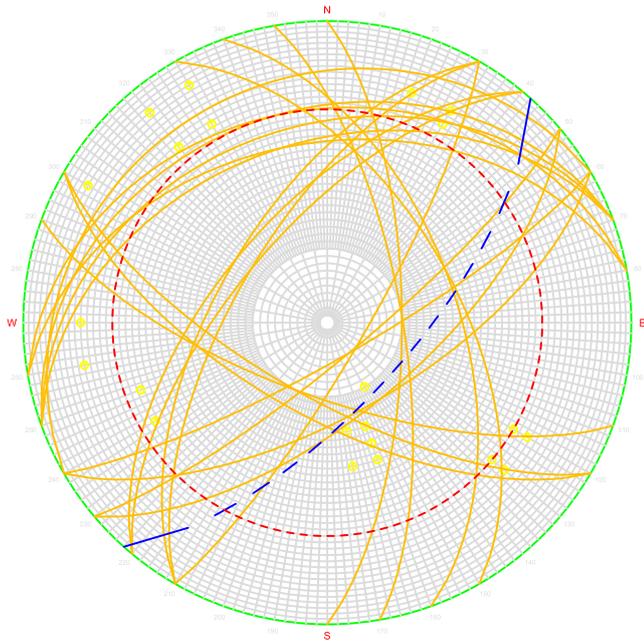
FECHA: Marzo de 2020

REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

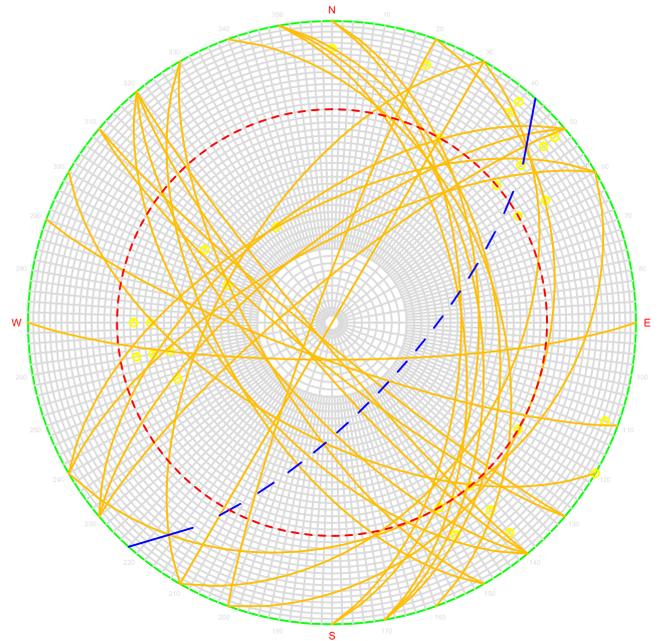
CANTERA OFITAS  
TALUD T2 ESTACIÓN E5



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

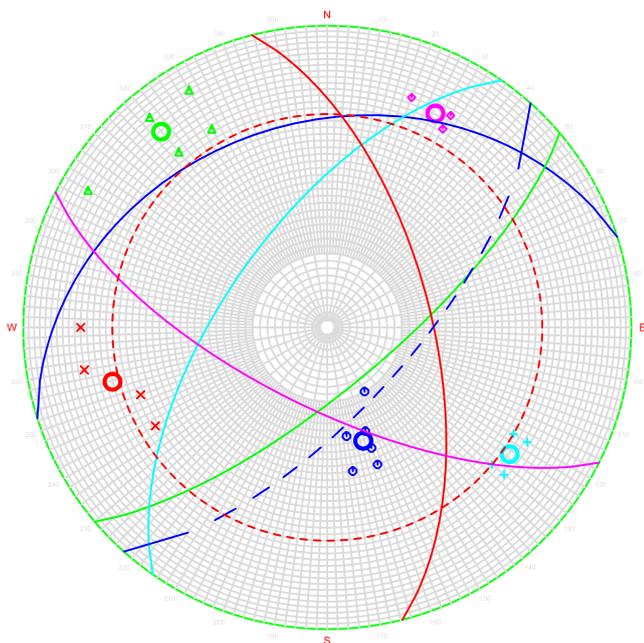
CANTERA OFITAS  
TALUD T2 ESTACIÓN E6



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

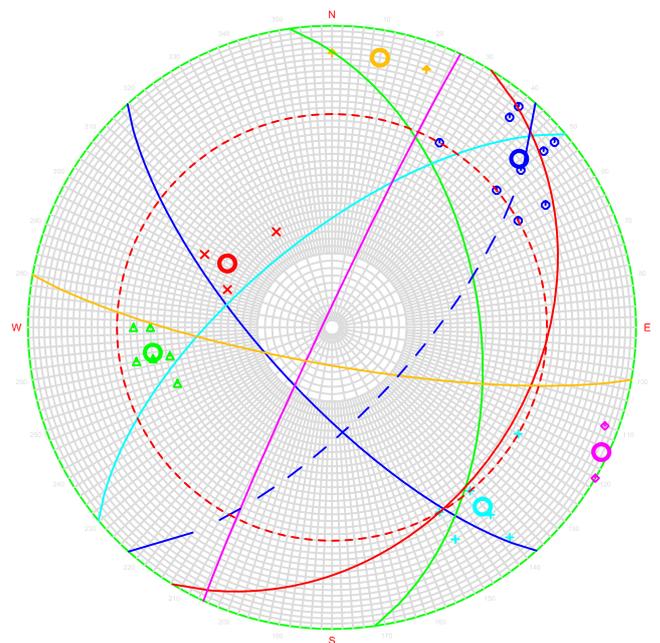
CANTERA OFITAS  
TALUD T2 ESTACIÓN E5



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS  
TALUD T2 ESTACIÓN E6





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLÓGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T3E7-E8

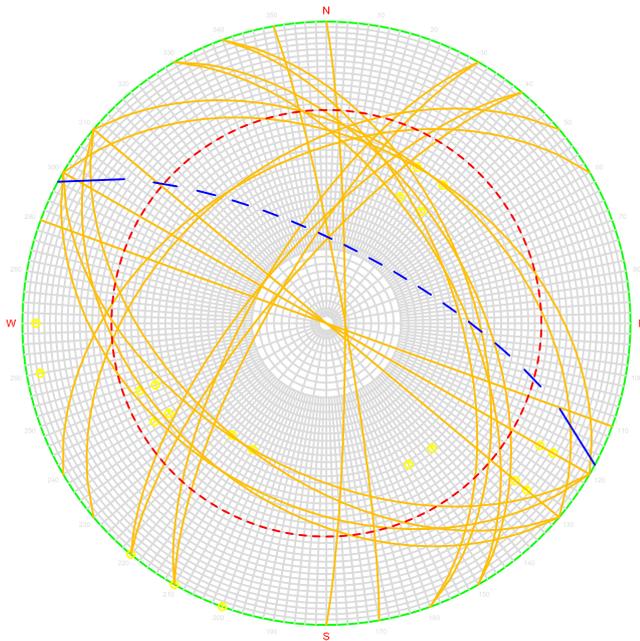
FECHA: Marzo de 2020

REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

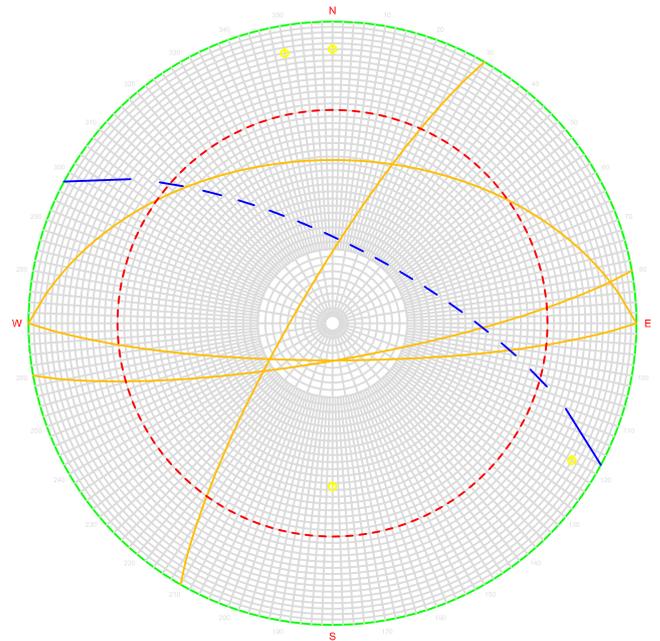
CANTERA OFITAS  
TALUD T3 ESTACIÓN E7



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

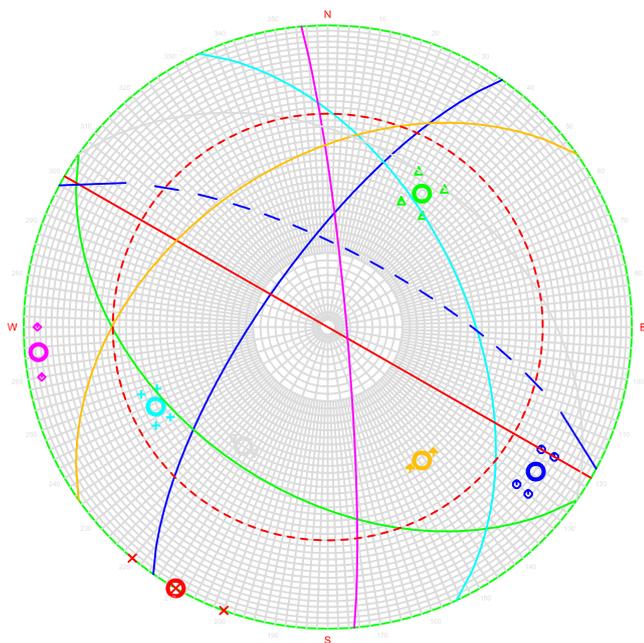
CANTERA OFITAS  
TALUD T3 ESTACIÓN E8



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

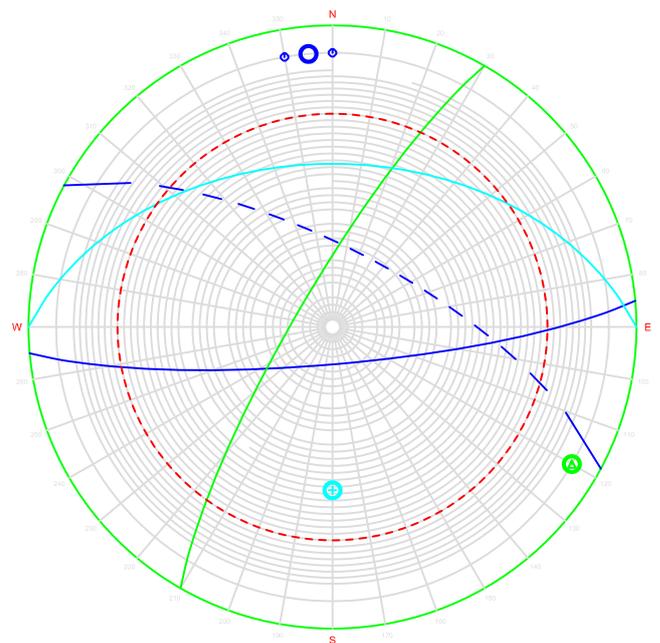
CANTERA OFITAS  
TALUD T3 ESTACIÓN E7



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS  
TALUD T3 ESTACIÓN E8





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLÓGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T3E9

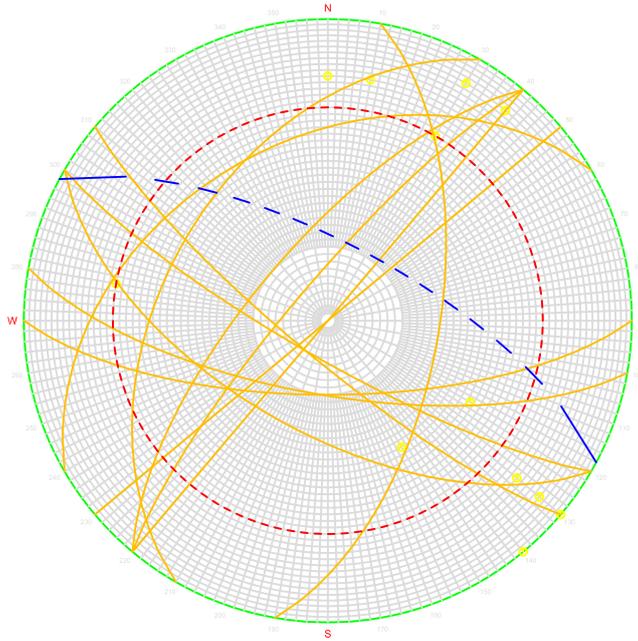
FECHA: Marzo de 2020

REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

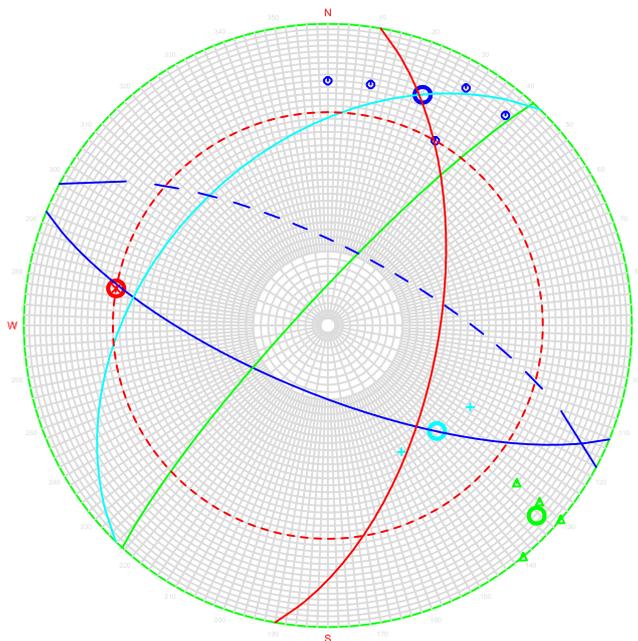
CANTERA OFITAS  
TALUD T3 ESTACIÓN E9



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS  
TALUD T3 ESTACIÓN E9





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLOGICOS

Delegación ESTELLA  
Calle Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T5E10-E11

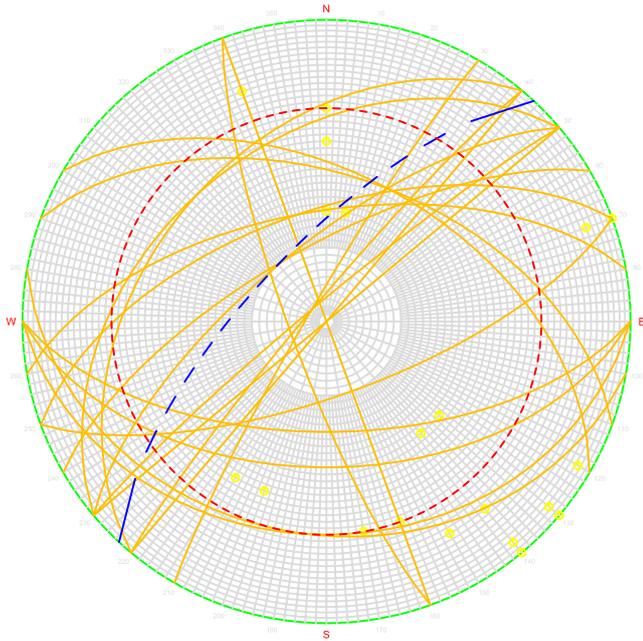
FECHA: Marzo de 2020

REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

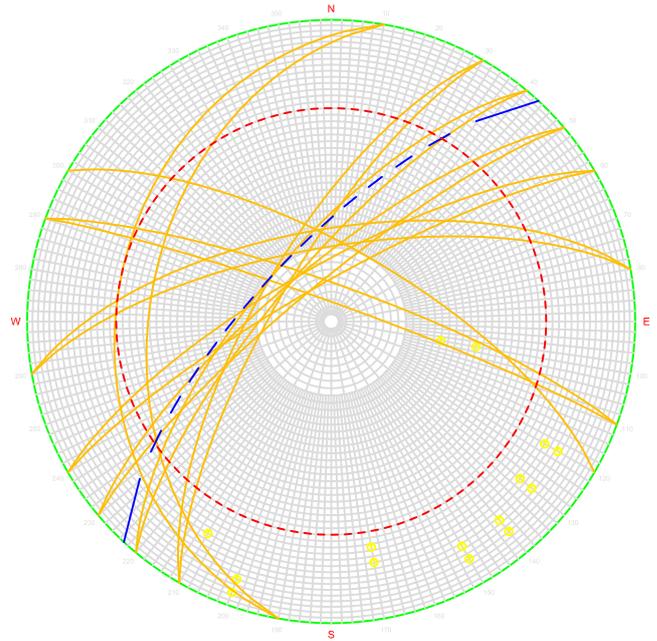
CANTERA OFITAS  
TALUD T5 ESTACIÓN E10



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

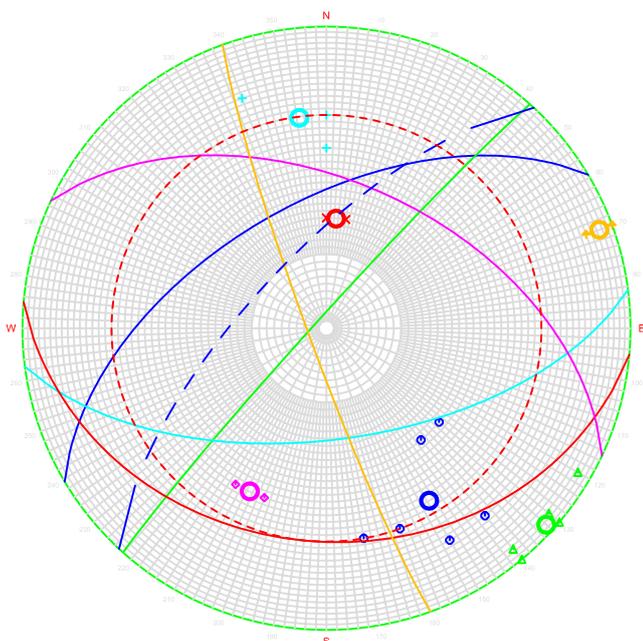
CANTERA OFITAS  
TALUD T5 ESTACIÓN E11



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

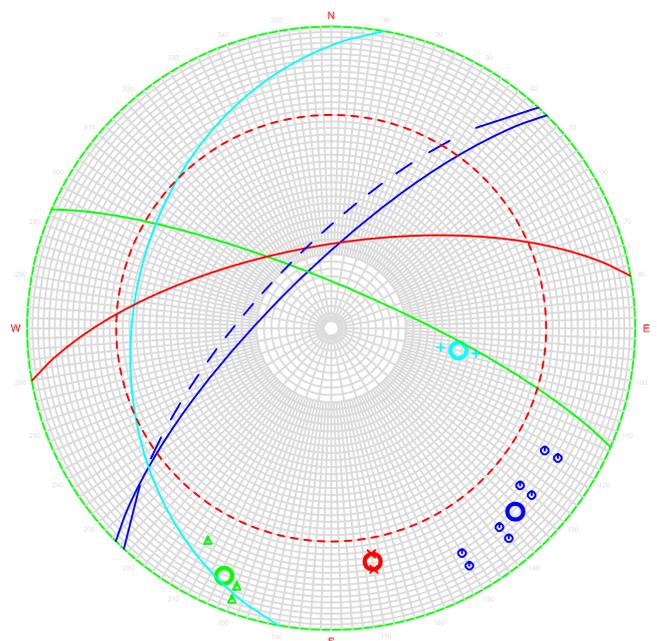
CANTERA OFITAS  
TALUD T5 ESTACIÓN E10



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS  
TALUD T5 ESTACIÓN E11





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLOGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T5E17

FECHA: Marzo de 2020

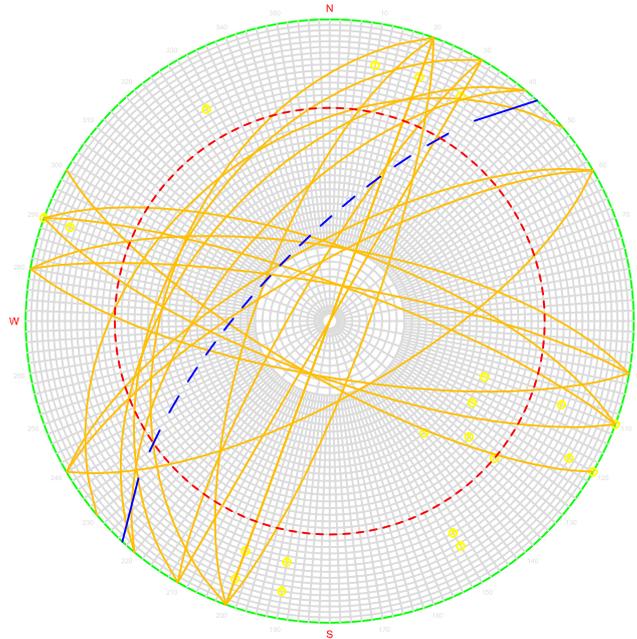
REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA OFITAS

TALUD T5 ESTACIÓN E17

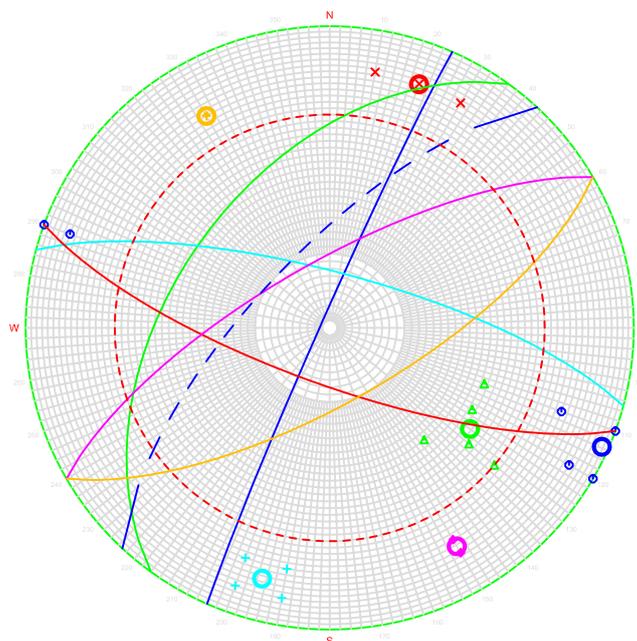


### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS

TALUD T5 ESTACIÓN E17





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLOGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T6E12

FECHA: Marzo de 2020

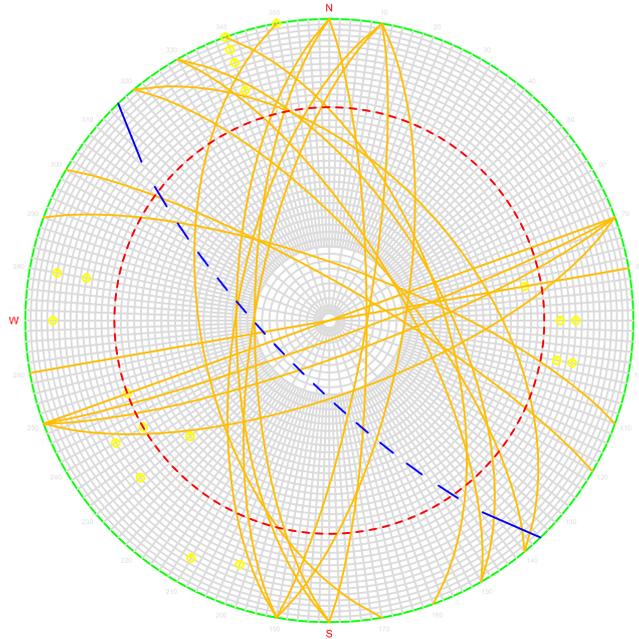
REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA OFITAS

TALUD T6 ESTACIÓN E12

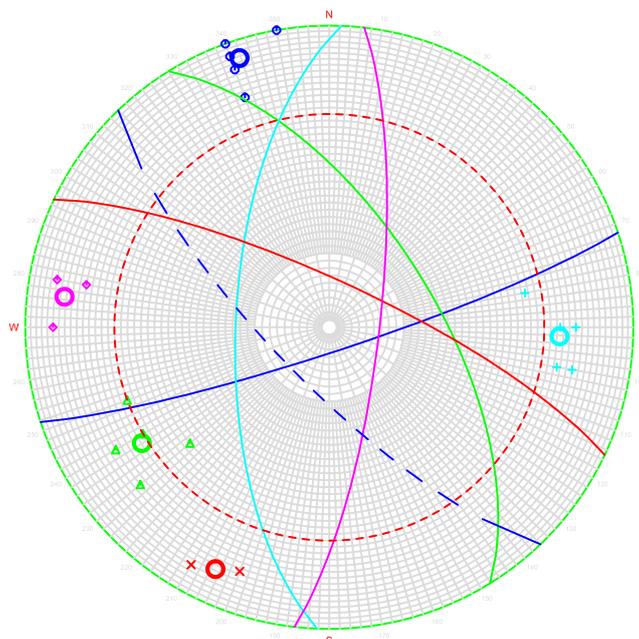


### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS

TALUD T6 ESTACIÓN E12





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLOGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T6E13-E14

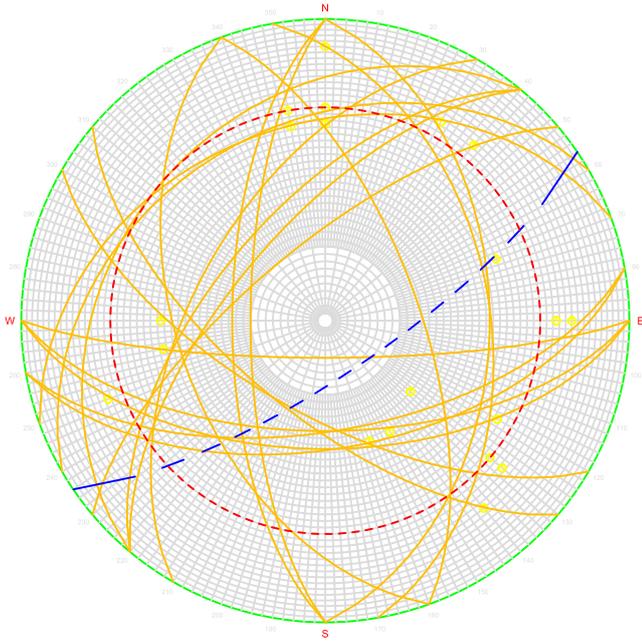
FECHA: Marzo de 2020

REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

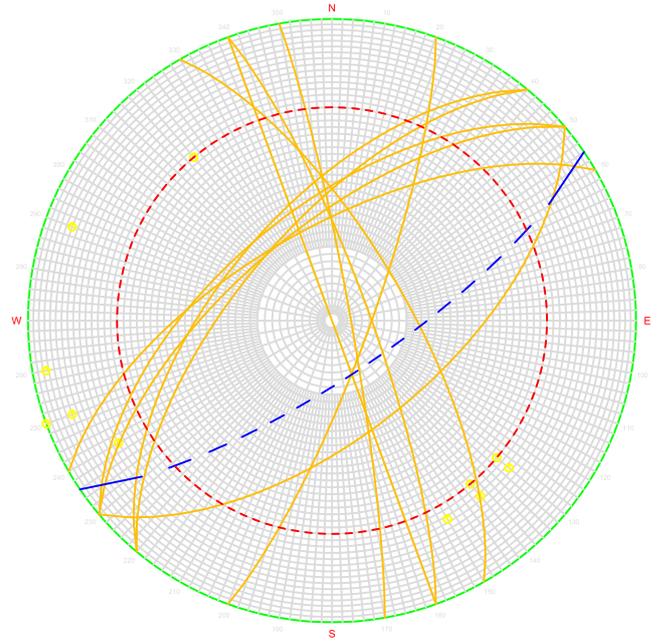
CANTERA OFITAS  
TALUD T6 ESTACIÓN E13



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

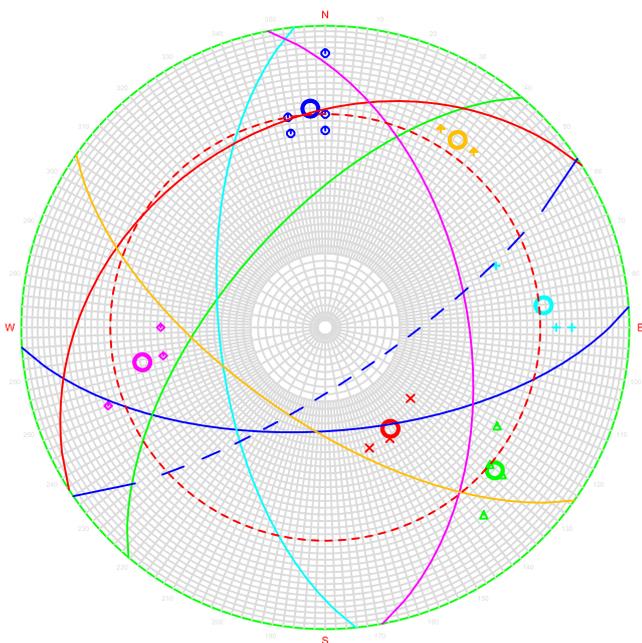
CANTERA OFITAS  
TALUD T6 ESTACIÓN E14



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

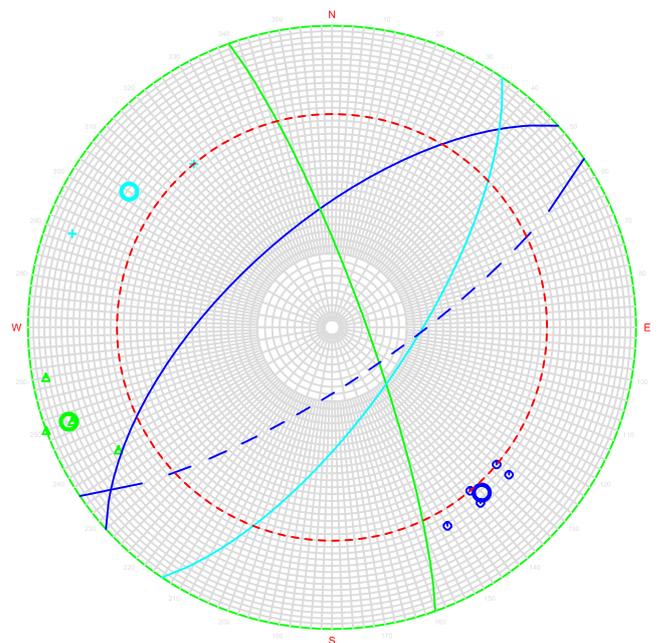
CANTERA OFITAS  
TALUD T6 ESTACIÓN E13



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS  
TALUD T6 ESTACIÓN E14





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLOGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T7E15

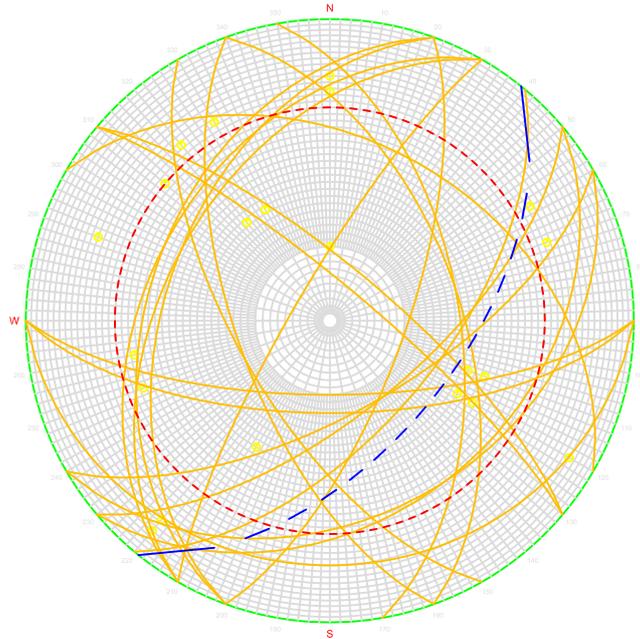
FECHA: Marzo de 2020

REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

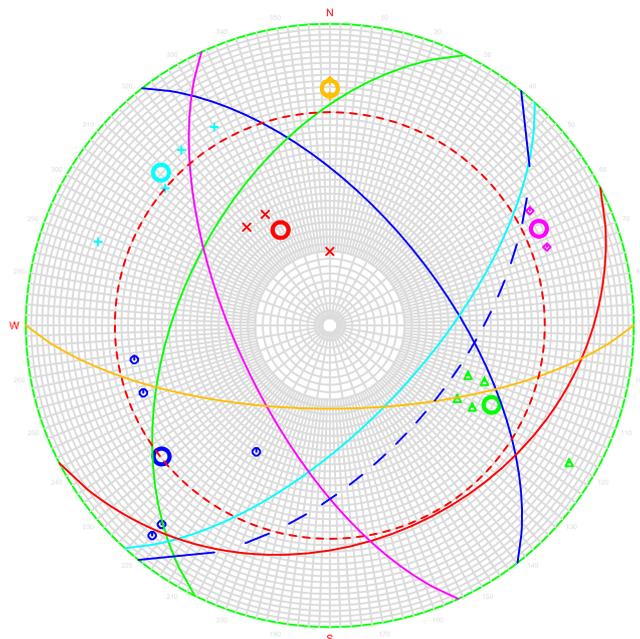
CANTERA OFITAS  
TALUD T7 ESTACIÓN E15



### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS  
TALUD T7 ESTACIÓN E15





ESTUDIOS  
GEOTÉCNICOS,  
GEOFÍSICOS E  
HIDROGEOLÓGICOS

Delegación ESTELLA  
Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Estella  
T. y F.: 948 554 811

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

AFLORAMIENTO: T8E16

FECHA: Marzo de 2020

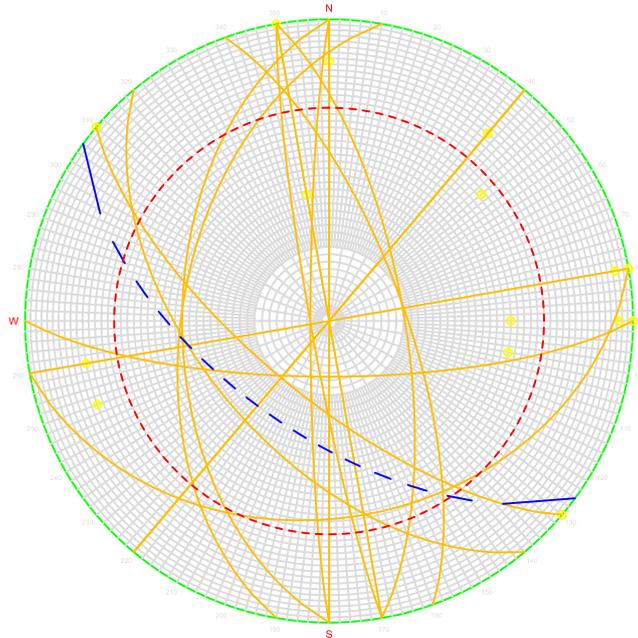
REF. INFORME: ES/GE029/0220

### STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA OFITAS

TALUD T8 ESTACIÓN E16

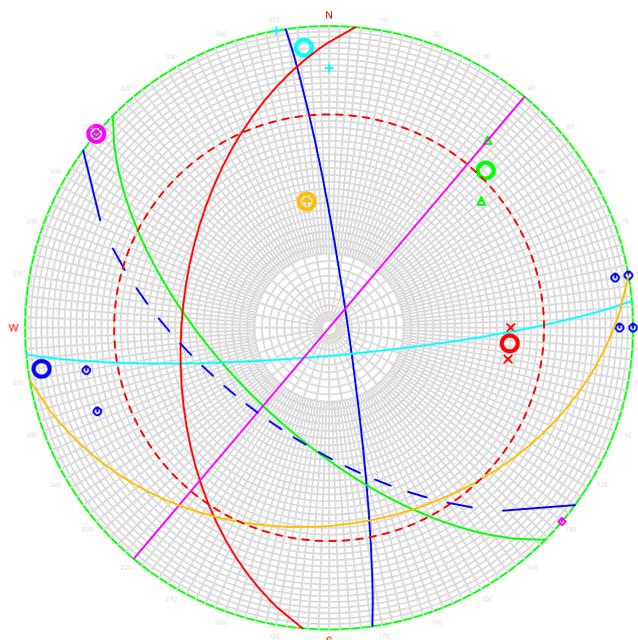


### STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA OFITAS

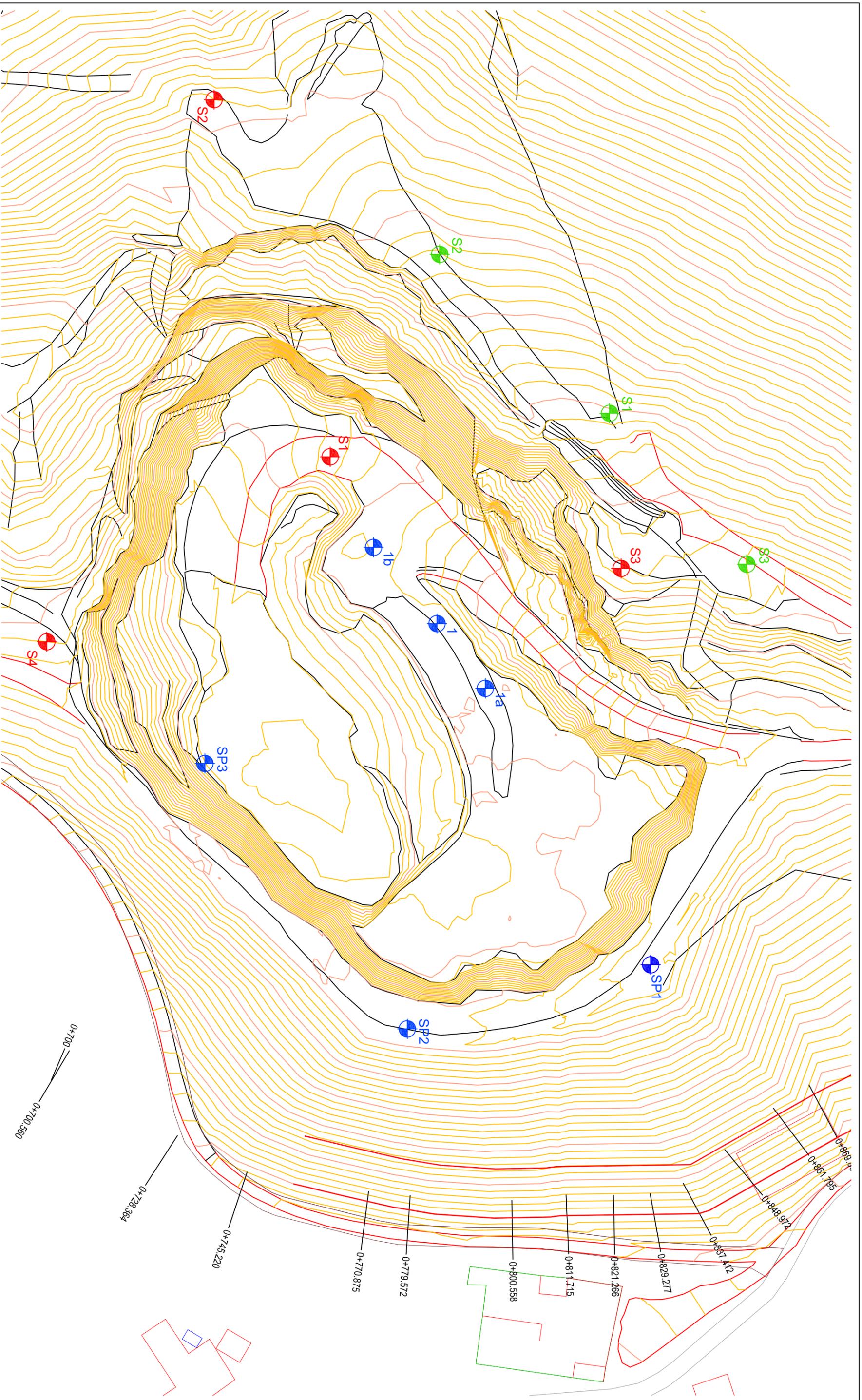
TALUD T8 ESTACIÓN E16



## **ANEXO N° 6**

---

**SONDEOS DE INVESTIGACIÓN PREVIOS; SITUACIÓN Y COLUMNAS**



-  Sondeos (fecha no disponible)
-  Sondeos 2014
-  Sondeos 2000



FECHA: Marzo de 2020	ESCALA: 1/700
OBRA: Estabilidad de taludes en cantera de ofiás, Almandoz (Baztán, Navarra).	
CLIENTE: CANTERAS ACHA	
REF. INFORME: ES/GE029/0220	
<b>SITUACIÓN SONDEOS PREVIOS</b>	

**SONDEOS C.E. ARRITXURI**

**CLIENTE:** CANTERAS ACHA S.A.



**FECHA INIC:** 22/02/00

**ORIENTACION:** -90°

**MAQUINA:**

**FECHA FIN:** 06/03/00

**LONGITUD:** 53,00 m

MOBILLE DRILL FMS-165

MTS.	LITOLOG.	DESCRIPCION
0 m		
		<p><b>0,00 - 0,80. SUELO VEGETAL</b>, de color pardo oscuro con frecuentes bolos, gravas y gravillas de naturaleza fundamentalmente ofítica.</p>
05 m		
		<p><b>0,80 - 53,00. OFITAS</b> masivas, sanas, de tonalidades verdosas muy oscuras. Presentan a nivel textural una trama constituida fundamentalmente por cristales xenomorfos de piroxeno mayores de 2 mm (facies "gruesa") en una matriz de finos cristales de piroxeno y plagioclasas. El tramo presenta abundantes diaclasas de tension, con superficies recubiertas por una fina pátina de oxidación.</p>
10 m		
15 m		
20 m		
25 m		
30 m		
35 m		
40 m		
45 m		
50 m		

**SONDEOS C.E. ARRITXURI**

**CLIENTE:** CANTERAS ACHA S.A.



**FECHA INIC:** 06/03/00

**ORIENTACION:** -90°

**MAQUINA:**

**FECHA FIN.:** 10/03/00

**LONGITUD:** 48,60 m

**MOBILLE DRILL FMS-165**

MTS.	LITOLOG.	DESCRIPCION
0 m		<b>0,00 - 1,50 m. SUELO VEGETAL</b> , de color pardo oscuro con gravillas polimicticas dispersas.
05 m		<b>1,50 - 4,50 m. SUELO COLUVIAL</b> , limoarenoso de tonos grises abigarrados, con frecuentes gravas y gravillas muy meteorizadas de naturaleza fundamentalmente margosa, y presencia de cantos yesíferos o calizos.
10 m		<b>4,50 - 13,05 m. ALTERNANCIA DE MARGAS YESIFERAS Y YESOS.</b> Niveles margosos o argilíticos finamente laminados y muy deleznales, con intercalaciones ocasionales de finas capas de yeso, y un grado de alteración variable (en general muy meteorizadas o completamente meteorizadas), que presentan coloraciones desde gris oscuro en los relictos relativamente sanos, a gris claro o tonos verdosos, en las zonas más alteradas. Alternan con capas decimétricas de yesos de color gris claro a beige, que también se presentan muy meteorizadas.
15 m		<b>13,05 - 16,70, YESOS</b> de tonalidades grisáceas, bastante meteorizados.
20 m		<b>16,70 - 30,00. OFITAS</b> masivas, de tonalidades verdosas muy oscuras, con presencia de zonas sanas o ligeramente meteorizadas, que alternan con tramos muy brechificados y alterados. Facies de tipo "gruesa" (xenocristales de tamaño superior a 2 mm.).
25 m		<b>30,00 - 48,60. OFITAS</b> masivas, de tonalidades verdosas muy oscuras, en facies más fina que el anterior tramo, con parches y venillas dispersas rellenas de carbonato. El tramo presenta diaclasas de tensión relativamente abundantes, con superficies recubiertas de una fina pátina de oxidación.
30 m		
35 m		
40 m		
45 m		
50 m		

**SONDEOS C.E. ARRITXURI**

CLIENTE: CANTERAS ACHA S.A.



FECHA INIC: 10/03/00

ORIENTACION: -90°

MAQUINA:

FECHA FIN: 16/03/00

LONGITUD: 35,00 m

MOBILLE DRILL FMS-165

MTS.	LITOLOG.	DESCRIPCION
0 m		
05 m		
10 m		
15 m		
20 m		
25 m		
30 m		
35 m		
40 m		
45 m		
50 m		

**0,00 - 35,00. OFITAS** masivas, sanas, de tonalidades verdosas muy oscuras, en general en facies "gruesa". El tramo presenta diaclasas de tensión relativamente abundantes, con superficies recubiertas por una fina pátina de oxidación.

# SONDEOS C.E. ARRITXURI

CLIENTE: CANTERAS ACHA S.A.



FECHA INIC: 16/03/00	ORIENTACION: -90°	MAQUINA:
FECHA FIN.: 20/03/00	LONGITUD: 31,20 m	MOBILE DRILL FMS-165

MTS.	LITOLOG.	DESCRIPCION
0 m		<p><b>0,00 - 31,20. OFITAS</b> masivas, sanas, de tonalidades verdosas muy oscuras, con puntuales venillas rellenas de carbonatos. Hasta 27,65 metros, la facies relativamente "fina", pasando en general a "gruesa" desde ese punto hasta el final del sondeo. Abundantes diaclasas de tension que a menudo presentan una fina patina de oxidacion, especialmente presentes hasta 21 metros.</p> <p>- De 12,20 a 13,70 metros, zonas brechoides poco alteradas, con parches relicticos de yeso.</p>
05 m		
10 m		
15 m		
20 m		
25 m		
30 m		
35 m		
40 m		
45 m		
50 m		

PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO

SONDEO:

COORDENADAS UTM

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztan, Navarra)

FECHA: 27 de octubre de 2014

S-1

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF.: G07077

REF. INFORME: ES/GE058/0814

X: ..  
Y: ..  
Z: ..

Bateria	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático		Prof. (m)	S.P.T. N <sub>15</sub>	P.L.T. Mpa	C.S. kg/cm <sup>2</sup>	FOTOGRAFÍAS SONDEO
						R.O.D.	Grado de meteorización					
		0,20	0,20	*	Tierra vegetal.		20 40 60 80					
		1	2,10	▽▽▽	Limos algo arcillosos de color marrón, con cantos dispersos no superiores a 1 cm. Coluvial cuaternario.							
		2	2,30	▽▽▽	Arenas finas y limos de color marrón ocre, con abundantes restos verisicolores de arcillas y limos.							
		3	2,40	▽▽▽	A base el material se hace más arcilloso. Keuper con restos de ofita alterada (VI).							
		4	116	▽▽▽								
		4,70		▽▽▽								
		5		▽▽▽	Limos de color beige y verdoso con tonos anaranjados. Ofita meteorizada con alteración de grado VI.							
		6		▽▽▽	Presenta tonos azulados y grises cuando la ofita aparece menos alterada (V-IV), de 7,00 a 9,60 metros.							
		7		▽▽▽	A partir de 9,60 metros, los limos aparecen mezclados con arcillas más blanquecinas, lo que se interpreta como ofita alterada mezclada con arcilla del Keuper.							
		8	1280	▽▽▽								
		9		▽▽▽								
		10		▽▽▽				9,20-9,80	9-13-14-33			
		113		▽▽▽				10,75-11,01	46-50R,11			

Tipo de Sonda RL48-L M.I.: Muestra inalterada; R: Rechazo; Su: Ensayo Vanestef; C.S.: Ensayo de compresión simple.  
B: Bateria simple; T: Bateria doble tubo; W: Corona de Wldia; D: Corona de diamante; C: Corona de carburo

**PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO**

SONDEO:

COORDENADAS UTM

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztan, Navarra)

FECHA: 27 de octubre de 2014

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF.: G07077

REF. INFORME: ES/GE058/0814

**S-1**

X: --  
Y: --  
Z: --

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.		Grado de meteorización	Prof. (m)	S.P.T.		P.L.T. Mpa	C.S. kg/cm <sup>2</sup>	Humedad %	Límites Atterberg L/Ip	Granulometría % pasa 0,4-0,08	Sulfatos mg/kg	Clasificación Casagrande/ASTM	FOTOGRAFÍAS SONDEO.	
							20	40			N <sub>15</sub>	N <sub>60</sub>									
B	113	14	12,80		Limos de color beige y verdoso con tonos anaranjados. Ofita meteorizada con alteración de grado VI. Presenta tonos azulados y grises cuando la ofita aparece menos alterada (V-IV), de 7,00 a 9,60 metros. A partir de 9,60 metros, los limos aparecen mezclados con arcillas más blanquecinas, lo que se interpreta como ofita alterada mezclada con arcilla del Keuper.			VI	13,00-13,50	16-22-28-50/1,5											
		15								15,45-16,05	16-22-31-32										
		16																			
		17																			
		17,50																			
		18			Ofitas poco meteorizadas, con alteración de grado Ib a sana.																
		19																			
		20																			
		21																			
		21,90																			
		22,90			FIN DE SONDEO																
T	86		4,40																		

Tipo de Sonda RL48-L M.I.: Muestra inalterada; R: Rechazo; Su: Ensayo Vanesteel; C.S.: Ensayo de compresión simple.

B: Batería simple; T: Batería doble tubo; W: Corona de Widia; D: Corona de diamante; C: Corona de carburo

**PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO**

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztan, Navarra)

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF.: G07078

FECHA: 28 de octubre de 2014

REF. INFORME: ES/GE058/0814

SONDEO:

**S-2**

COORDENADAS UTM

X: --  
Y: --  
Z: --

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático		Prof. (m)	S.P.T. N <sub>15</sub>	P.L.T. Is (50) Mpa	C.S. kg/cm <sup>2</sup>	FOTOGRAFÍAS SONDEO	
						R.Q.D.	Grado de meteorización						
B	116	0,10	0,10		Tierra vegetal.								
		1	2,75		Arenas y arcillas marrones con cantos dispersos de tamaño variable. Coluvial cuaternario.								
		2											
		3	2,85			Limos de color beige y verdosos. Ofita meteorizada con alteración de grado VI.			2,40-3,00	5-9-11			
		4											
		5											
		6	5,45						5,10-5,70	10-12-13-18			
		7											
		8											
		8,30					Ofita con alteración de grado II-Ib. Material muy fracturado.			7,85-8,19	9-36-50R/4		
		9											
10	2,70												
T 86													
11					FIN DE SONDEO								

Tipo de Sonda RL48-L M.L.: Muestra inalterada; R: Rechazo; Su: Ensayo Vanetest; C.S.: Ensayo de compresión simple.  
B: Batería simple; T: Batería doble tubo; W: Corona de Widia; D: Corona de diamante; C: Corona de carburo



## **ANEXO N° 7**

---

**PERFILES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**



Perfil geológico

-  Sondeos (fecha no disponible)
-  Sondeos 2014
-  Sondeos 2000



FECHA: Marzo de 2020      ESCALA: 1/1.000

OBRA: Estabilidad de taludes en cantera de ofiás, Almandoz (Baztán, Navarra).

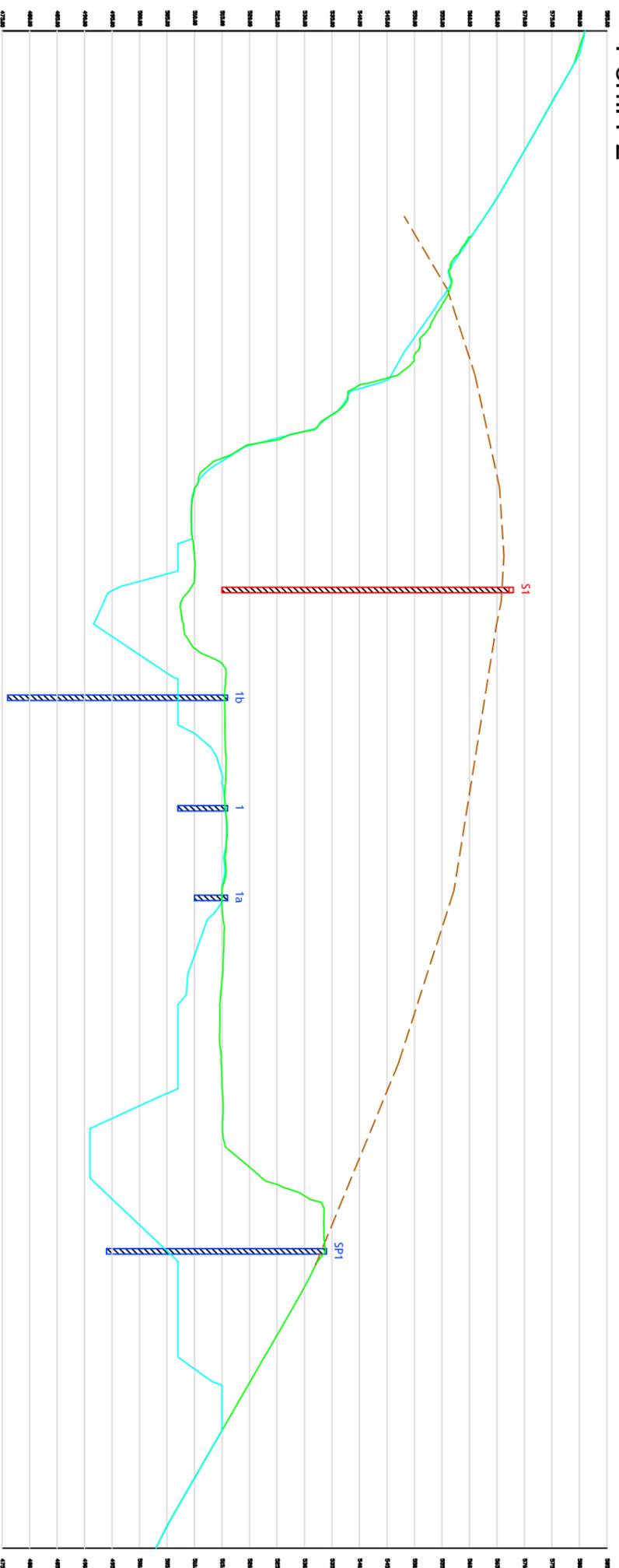
CLIENTE: CANTERAS ACHA      REF. INFORME: ES/GE029/0220

**SITUACIÓN PERFILES**

Perfil P1



Perfil P2



-  Topografía actual
-  Topografía prevista tras explotación
-  Interpretación yacimiento ofitas
-  Sondeos (fecha no disponible)
-  Sondeos 2014
-  Sondeos 2000



FECHA: Marzo de 2020

ESCALA: 1/1.000

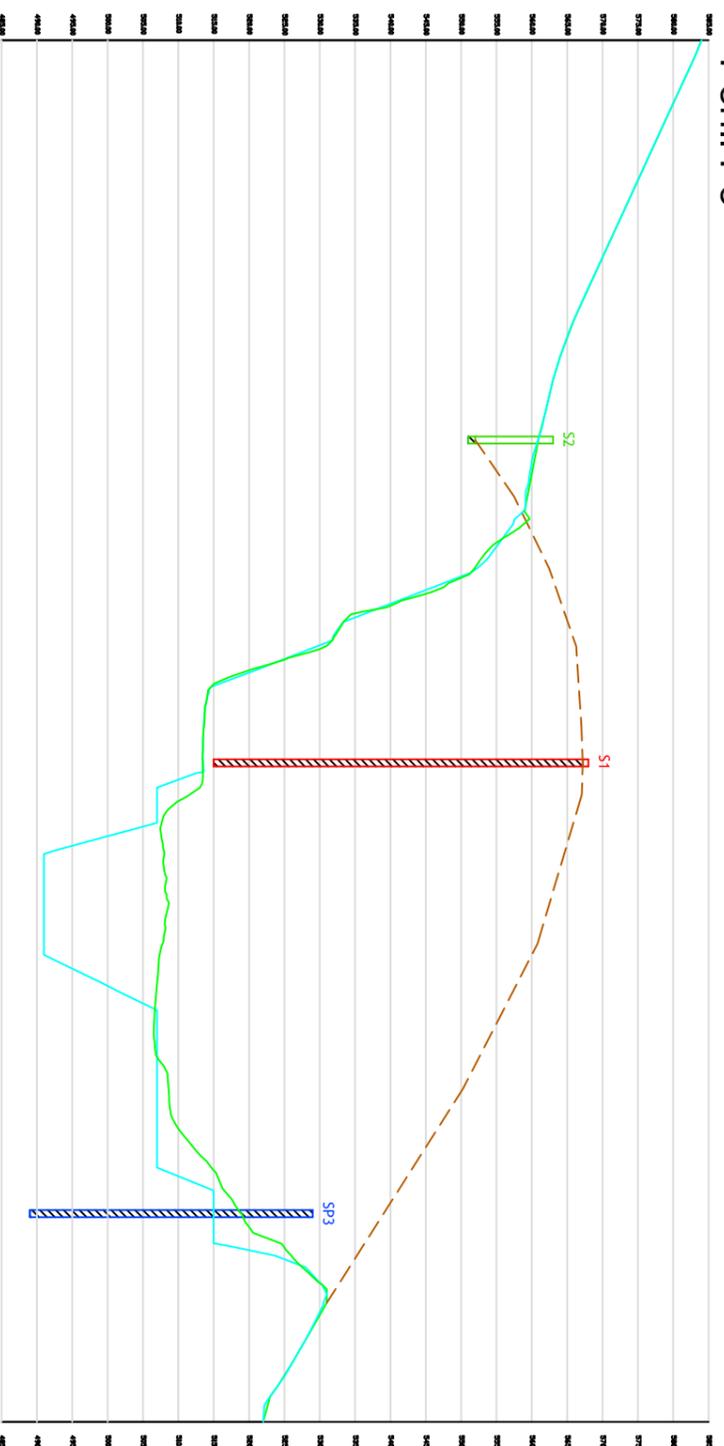
OBRA: Estabilidad de taludes en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

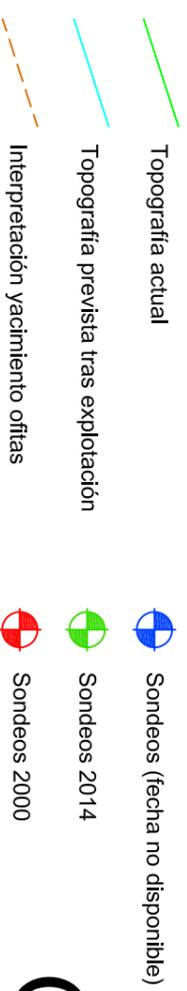
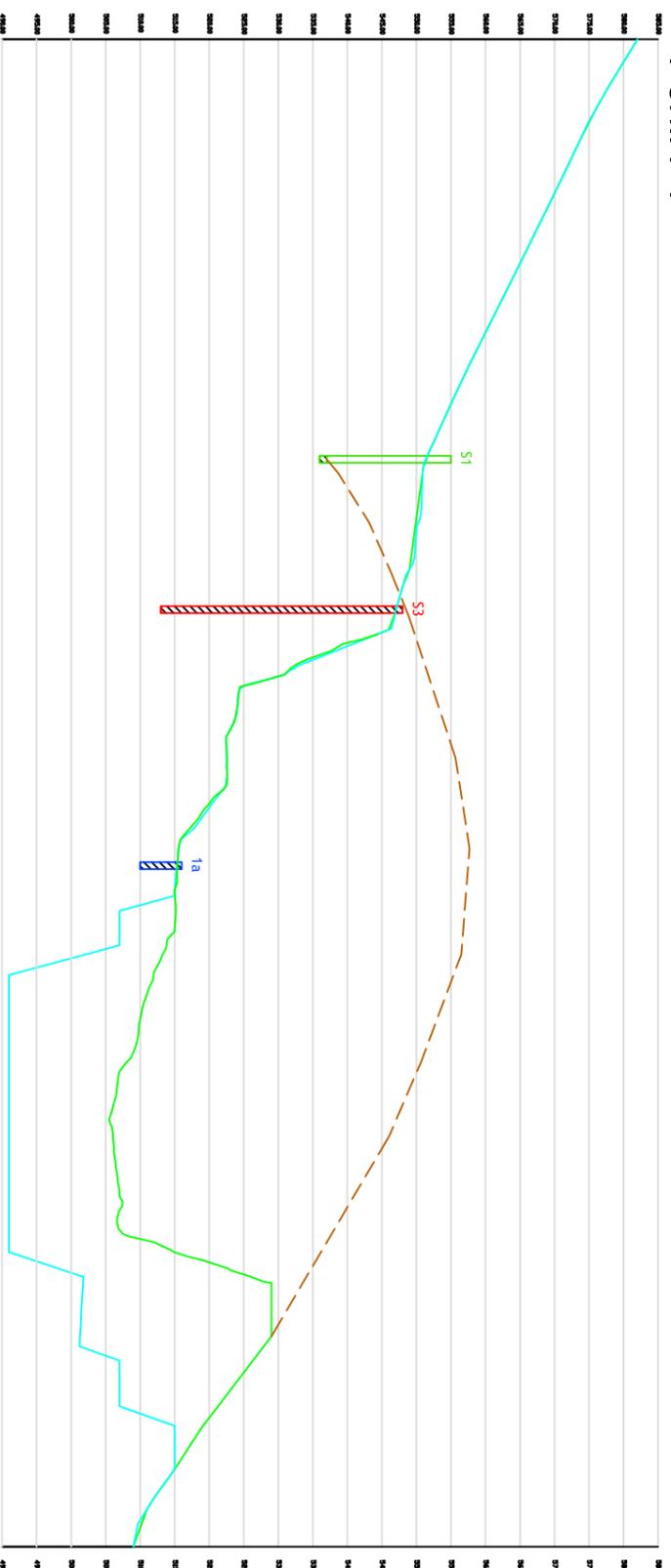
REF. INFORME: ES/GE029/0220

PERFILES LONGITUDINALES P1 Y P2

Perfil P3



Perfil P4



FECHA: Marzo de 2020

ESCALA: 1/1.000

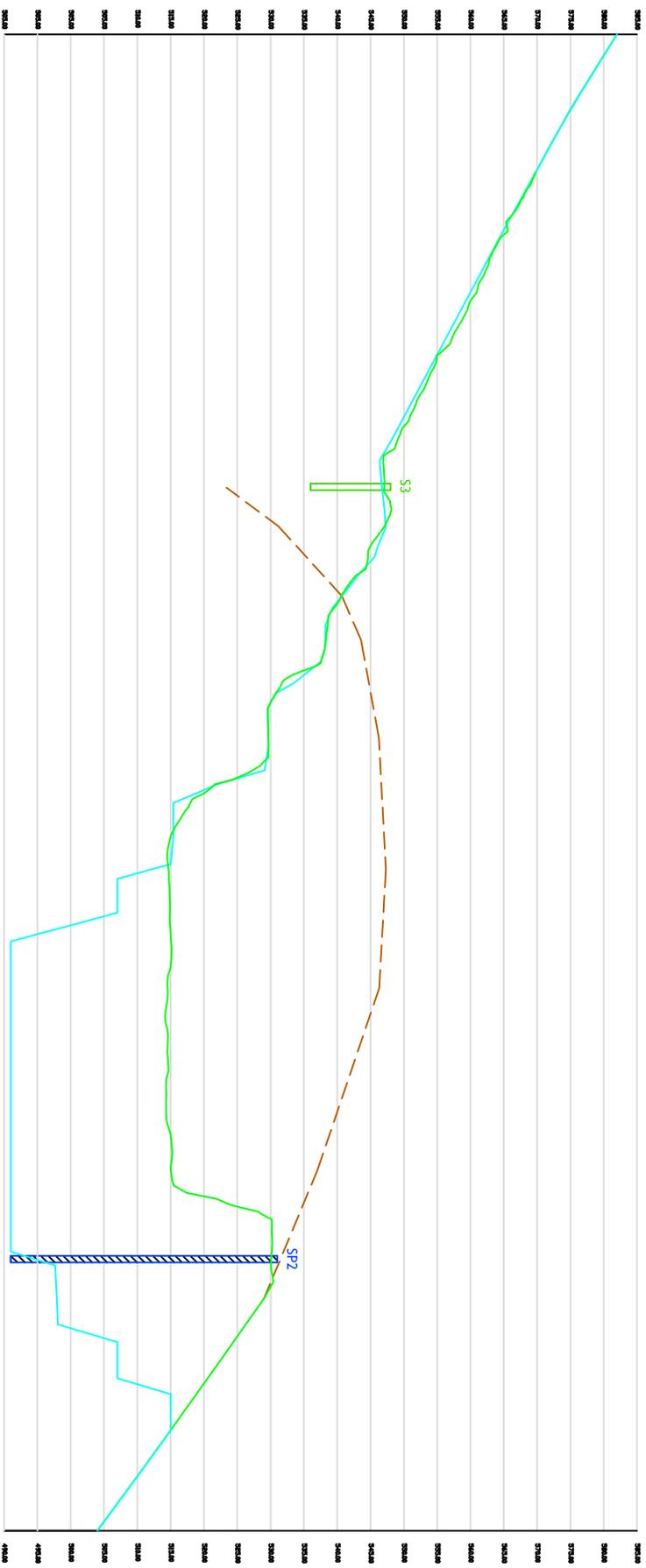
OBRA: Estabilidad de taludes en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

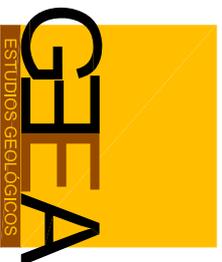
REF. INFORME: ES/GE029/0220

PERFILES TRANSVERSALES P3 Y P4

# Perfil P5



- Topografía actual
- Topografía prevista tras explotación
- Interpretación yacimiento ofitas
- Sondeos
- Sondeos 2014
- Sondeos 2000



FECHA: Marzo de 2020

ESCALA: 1/1.000

OBRA: Estabilidad de taludes en cantera de ofitas, Almandoz (Baztán, Navarra).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF. INFORME: ES/GE029/0220

## PERFIL TRANSVERSAL P5

## **ANEXO N.º 8**

---

**BOLETÍN DE ENSAYOS DE LABORATORIO**



**GEEA GEÓLOGOS S.L.**

Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Ayegui- Navarra  
T. y F. 948 55 48 11

*Ensayo* **RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAxIAL  
DE PROBETAS CILINDRICAS DE ROCA**

*Norma* **UNE 22950-1/90**

*Acta n°*  
**AN028418**

*N° Copia*

**Copia 1 CANTERAS ACHA**

<b>Referencia Muestra....</b>	<b>N07797</b>
PROCEDENCIA	SONDEO
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA
FECHA ENTRADA	4 DE NOVIEMBRE DE 2014

<b>Referencia Informe.....</b>	<b>EN-341/14</b>
REF. CLIENTE	S1 C10
PETICIONARIO	CANTERAS ACHA
DEN. OBRA	ALMANDOZ

DATOS PROBETA			
PESO (gr)	1492,90	SUP. BASE (cm <sup>2</sup> )	54,11
DIAMETRO. (mm)	83,00	VOL. PROBETA (cm <sup>3</sup> )	503,19
ALTURA (mm)	93,00	DENS. PROB. (gr/cm <sup>3</sup> )	2,97

RESULTADO DEL ENSAYO	
LECTURA PRENSA (Tm)	18,26
ESBELTEZ	1,12
COEFICIENTE (K)	1,09
CARGA ROTURA CORREGIDA	16,69
<b>TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>308,4</b>

Fdo: Ana Quintanar  
Responsable del ensayo



VºBº: Guillermo Erice  
Director Técnico

Ayegui,

14 DE NOVIEMBRE DE 2014

HOJA 1 DE 1

Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal. Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.

Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra (<http://www.cfnavarra.es/obraspublicas/obras/labora.htm>)

## **6. ESTUDIO GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD TALUD NORTE (año 2014)**



ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL FRENTE NOROESTE DE LA CANTERA DE  
OFITAS DE ALMANDOZ (BAZTÁN, NAVARRA).

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF. INFORME: ES/GE058/0814

ESTELLA, NOVIEMBRE 2014

## ÍNDICE

1	Introducción .....	1
2	Metodología .....	2
3	Características del terreno .....	3
	3.1 Marco geológico, cartografía .....	3
	3.2 Hidrogeología .....	4
	3.3 Sismicidad .....	4
4	Trabajos de campo .....	6
	4.1 Descripción de la tomografía eléctrica .....	6
	4.2 Descripción de los sondeos.....	10
	4.2.1 Ensayo estándar de penetración (S.P.T.).....	11
5	Ensayos de Laboratorio .....	13
	5.1 Resultados de los ensayos de laboratorio.....	13
6	Características geotécnicas de los materiales .....	14
7	Consideraciones técnicas de estabilidad.....	16
8	Conclusiones.....	25

### **ANEXOS:**

ANEXO 1: Mapa geológico y leyenda.

ANEXO 2: Registro de los sondeos de reconocimiento.

ANEXO 3: Perfil de tomografía eléctrica.

ANEXO 4: Boletín de los ensayos de laboratorio.

ANEXO 5: Plano de ubicación de pruebas realizadas.

## 1 INTRODUCCIÓN

Se solicita a GEEA GEÓLOGOS S.L., a requerimiento de CANTERAS ACHA, la prestación de servicios profesionales con relación al frente noroeste de la cantera de ofitas que el peticionario tiene en Almándoiz (Baztán, Navarra), para el estudio geológico de la zona posterior al frente tras el deslizamiento de parte del mismo.

Los servicios recogidos en el presente informe, tratan de caracterizar el terreno, identificar los diferentes tipos de materiales y evaluar la continuidad de las ofitas hacia el interior de dicho frente.

Los geólogos que firman el presente informe están avalados por su titulación para la realización de estudios geotécnicos, según consta en el Real Decreto 1378/2001 de 7 de diciembre, en el que se definen las funciones del geólogo. Los ensayos de campo y de laboratorio se han realizado por un laboratorio acreditado para la realización de dichos ensayos.

Las conclusiones de unos y otros ensayos obtenidas por los geólogos que firman el informe, han permitido la realización del mismo, que se encuentra avalado por la misma ley anteriormente comentada.

Siendo estas cuestiones las que se exponen en este informe con fecha 13 de noviembre de 2014.

## 2 METODOLOGÍA

Una vez indicados los objetivos del actual informe, el método ha sido ordenado de la siguiente manera:

### Antecedentes de los lugares

1. IGME/ Mapa Geológico de España. Hoja 90 (Sumbilla), escala 1:50.000.
2. Gobierno de Navarra/Mapa Geológico de Navarra. Hojas 90-II y 90-IV (Sumbilla y Alkotz), escala 1:25.000
3. Estudios previos realizados en la zona, observaciones de campo.

### Investigación de campo

1. Reconocimiento superficial del terreno.
2. Montaje del sistema de medición y ejecución del ensayo de tomografía.
3. Emplazamiento y ejecución de sondeos mecánicos.

### Investigación de gabinete

1. Encuadre geológico.
2. Interpretación de la tomografía eléctrica mediante software Res2Dinv de Geotomo-Software.
3. Análisis y descripción de los materiales perforados en los sondeos.
4. Correlación e integración de resultados geofísicos con los registros de los sondeos mecánicos.
5. Análisis de la información. Redacción de informe técnico.

### 3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

#### 3.1 MARCO GEOLÓGICO, CARTOGRAFÍA

La zona investigada se enmarca desde el punto de vista geológico en el Pirineo occidental en su confluencia con el Arco Vasco.

El límite entre el Pirineo occidental y la cuenca vasco-cantábrica coincide con un accidente transversal a la cadena de dirección NE-SO, conocido como falla de Pamplona (o de Estella-Elizondo), la cual se refleja superficialmente en la alineación de diapiros navarros existentes a lo largo de todo el sistema.

Geológicamente la zona en la que nos encontramos es muy complicada tectónicamente, ya que en ella convergen la falla de Pamplona con la falla de Leizta, continuación de la falla Norpirenaica, separando la primera de ellas el macizo de Quinto Real al sureste del Manto de Mármoles y la Ultzama al suroeste, y la segunda los dominios de la Depresión intermedia y del Macizo de Cinco Villas.

Concretamente los materiales que afloran en esta zona pertenecen a edades entre el Triásico, en el que intruyen las ofitas, y el Cretácico. Los materiales presentan en general buzamientos hacia el norte y noroeste, formando parte del flanco sur de uno de los sinclinales de dirección O-E, de los que se compone el sistema de sinclinales y anticlinales de la denominada Zona Central de Pliegues, desarrollada entre los macizos de Cinco Villas y Quinto Real.

Los materiales explotados actualmente en la zona son tres; por un lado, en el frente de explotación principal (frente de Arriturri) se extraen calizas marmorizadas de edad Cretácico inferior (Aptiense-Albiense). Por otro lado, en el frente de Apurtxi se extraen calizas dolomíticas marmorizadas de color gris de edad Jurásico inferior (Rethiense-Lías).

Entre estos dos frentes se encuentra el frente de en el que se explotan las ofitas que aparecen asociadas a arcillas y yesos triásicos del Keuper en las que se encuentran intruidos. Este frente se encuentra situado geográficamente sobre el cementerio de Almándoiz. Es en este punto en el que se ha realizado el estudio objeto de este informe.

Las ofitas explotadas aparecen asociadas a arcillas abigarradas del Keuper (triásico superior) en las que se intruyen. Son rocas subvolcánicas masivas de colores verdosos, con fenocris-

tales de piroxeno (augita), englobados en una matriz de plagioclasa y piroxenos, además de otros minerales de carácter accesorio. Presentan abundantes diaclasas de tensión observables en el frente de cantera abierto, en donde el diaclasado produce bloques rocosos de tamaño variable hasta métrico.

En el anexo 1 se encuentra el mapa geológico de la zona y la leyenda del mismo.

### 3.2 HIDROGEOLOGÍA

Las arcillas y yesos del Keuper son de carácter marcadamente impermeable, aunque conviene recordar que la aparición de ofitas aumentará su permeabilidad, en especial si éstas son sanas, por la filtración de agua a través de sus fracturas.

En cuanto a la cobertera cuaternaria existente en la parcela al norte del frente de cantera, constituye un depósito principalmente cohesivo (aunque con cantos) con una porosidad moderada y permeabilidad en general baja, aunque superior a la de las arcillas del keuper, que podría ser puntualmente mayor en zonas con mayor cantidad de cantos.

Durante la fase de ejecución de los trabajos no se ha identificado la existencia del nivel freático en los sondeos.

### 3.3 SISMICIDAD

El presente apartado tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse para la consideración de la acción sísmica en el proyecto de las obras a las que le sea aplicable de acuerdo con las especificaciones dadas en la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02), según lo establecido en el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre (B.O.E. nº244 de 11 de Octubre de 2002).

La zona de estudio, Baztán (Navarra), posee unas características sísmicas tales que la aceleración sísmica básica es de  $a_b = 0,05g$ , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad, y el coeficiente de contribución  $K_v = 1$ .

## GEEA Geólogos.

---

### Pamplona

Pº Sandua nº 28 Bajos, 31012

T: 948.382.975, F: 948.382.319, M: 696.435.907

### Estella.

Cañada Real de Imas, nave 12, 31240 Ayegui

T y F: 948.554.811, M: 606.507.335

### Logroño

Baltasar Gracian 11, 1º of.5. 26006

T: 941.509.482, M: 695.363.336

## 4 TRABAJOS DE CAMPO

Para establecer las características geotécnicas de los materiales que forman el frente de la cantera, se ha realizado un reconocimiento geológico que ha consistido en la realización de una tomografía eléctrica y tres sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo, cuya ubicación puede consultarse en el anexo nº 5.

También se ha recopilado información de estudios previos y se ha realizado un reconocimiento visual del área afectada por el proyecto.

La tomografía eléctrica nos permite obtener un perfil continuo en dos dimensiones formado por las resistividades de los materiales que forman el suelo por el que discurre la alineación, para posteriormente poder interpretar y correlacionar las distintas resistividades a los materiales perforados en los sondeos.

Los sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo nos permiten reconocer hasta la profundidad requerida la naturaleza del terreno.

Adjunto a esta memoria, en la que se describen las características del terreno y las conclusiones y recomendaciones que se deducen del estudio, se presentan unos anexos que contienen el mapa geológico y la leyenda (anexo 1), los registros de los sondeos de reconocimiento y fotografías (anexo 2), el perfil de tomografía eléctrica resultante (anexo 3), ensayos de laboratorio (anexo 4) y un plano con la ubicación de los ensayos realizados (anexo 5).

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

Se ha realizado un reconocimiento geofísico mediante Tomografía Eléctrica mediante la ejecución de un perfil de 235 metros lineales, con un espaciado entre electrodos de 5 metros. El perfil se adjunta en el anexo 3 y su ubicación queda reflejada en el anexo 5.

El objetivo de la realización de esta campaña de tomografía es averiguar mediante la diferencia de resistividades, la evolución de las ofitas en profundidad y su disposición tras el frente noroeste de la cantera.

### *Tomografía eléctrica. Fundamentos metodológicos*

Los métodos de investigación geoelectrónica tienen su base de aplicación en la medición de la capacidad para conducir electricidad que posee el subsuelo introduciendo una corriente eléctrica en el terreno y midiendo la resistencia que ofrecen los materiales al paso de la corriente eléctrica. La resistencia que ofrecen los materiales al paso de la corriente eléctrica se define como resistividad y se mide en Ohmios por metro. Los materiales muy conductivos son poco resistivos, tales como los minerales metálicos, arcillas, formaciones saturadas en agua, etc. En cambio los materiales poco conductivos son muy resistivos, tales como las arenas, gravas no saturadas en agua, rocas calcáreas, rocas ígneas, metamórficas, etc. La resistividad depende de la porosidad efectiva, el nivel de saturación en agua y el grado de litificación.

Normalmente, un suelo, se considera como aislante frente a la conductividad eléctrica, y por tanto de resistencia (ó resistividad, medida en ohm.m) muy elevada. De existir agua en el terreno, a favor de superficies como diaclasas o fallas, aumentará relativamente la capacidad conductora del medio en virtud de la propia capacidad conductora del agua, por lo que la resistividad será menor.

La naturaleza trifásica de un suelo -constituido por partículas minerales y huecos entre éstas, rellenos de aire o agua- incide directamente en la capacidad conductora del mismo. Así, en un macizo rocoso, la conducción de electricidad a su través se verá dificultada por la existencia de fisuras o huecos rellenos con aire. De esta forma, en el terreno que nos encontramos, de resistividad elevada debido a la naturaleza calcárea, cambios bruscos de los valores de resistividad representarán la presencia de una zona fracturada o existencia de cavidades que dificultan la conducción de la corriente.

En términos geofísicos puede esquematizarse el problema de dimensionado de los horizontes como un modelo que representa un contraste no solo lateral sino también vertical en la distribución de la resistividad del medio estudiado. Por lo tanto, de entre las diversas variantes prospectivas de los métodos geofísicos basados en las medidas de la resistividad del terreno la más adecuada para nuestro caso es la Tomografía eléctrica en función de su capacidad para determinar la distribución de la resistividad real del terreno en forma de secciones 2D.

El resultado final en este tipo de estudio es una sección con la distribución de resistividad real, o aparente, del subsuelo interpretable directamente en términos comprensibles desde el punto de vista geológico-geotécnico.

Las medidas de resistividad aparente del terreno para un estudio mediante Tomografía eléctrica se efectúan mediante técnicas de corriente continua, con posibilidad de empleo de una gran variedad de dispositivos, en lo que a distribución de los electrodos del dispositivo de medida se refiere. Uno de los más ampliamente utilizado es el denominado método dipolo-dipolo que es el se ha empleado en el presente estudio.

El dispositivo dipolo-dipolo pertenece a la categoría de medidas de resistividad por CC, que operan de modo general como se indica a continuación: Para realizar las medidas se hace circular por el terreno una corriente mediante dos electrodos (A,B) clavados en el suelo midiendo su intensidad (I). Mediante otros dos electrodos (MN) se mide la diferencia de potencial ( $\cdot \nabla$ ) que se establece entre ellos al circular la mencionada corriente por el subsuelo.

Para cada localizador del dipolo emisor (AB) se miden los valores de intensidad (I) y de  $\nabla$  para varias posiciones diferentes del dipolo receptor (MN). A continuación se desplaza el dispositivo completo (A,B-M,N) una distancia igual a AB y se repite el proceso.

A partir de los valores medidos de  $\cdot \nabla$  e I se calcula para cada posición de los electrodos un valor de resistividad aparente mediante la expresión  $\cdot r^a = k \times \cdot \nabla / I$ , siendo K una constante geométrica que depende de las distancias entre electrodos.

Al desplazar el dispositivo de medida a lo largo del perfil y asignar los valores de la forma indicada se obtiene una distribución de valores  $\cdot r^a$  que refleja las variaciones de este parámetro en dos dimensiones a lo largo del perfil medido.

La capacidad de profundización de este tipo de medidas depende de la distancia entre los electrodos A,B (dipolo emisor y también de la separación entre estos y el dipolo receptor (MN).

Por su parte la capacidad de resolución lateral es tanto mayor cuanto menor sea la distancia entre los electrodos del dipolo receptor (M,N). Así pues, para la ejecución de un estudio concreto han de compaginarse ambos factores ya que si se opera con muy pequeño espaciado

entre electrodos se obtiene una buena resolución lateral pero a costa de perder capacidad de profundización. Lo opuesto ocurre en el caso contrario.

### Medios materiales empleados

Para la ejecución de las medidas se han empleado los siguientes medios materiales:

- Transmisor SYSCAL R-1 48 de la marca IRIS INSTRUMENTS. Opera con pulsos de corriente cuadrados, dipolares y de duración variable.
- Receptor SYSCAL R-1 48 de la marca IRIS INSTRUMENTS. Se trata de un receptor del tipo multidipolo controlado por un microprocesador que realiza un análisis estadístico de las múltiples repeticiones de las medidas efectuadas para cada dipolo. Este análisis permite evaluar la calidad de los datos durante las operaciones de campo.
- Cables especiales multiconductor con salidas múltiples.

### Procesado de datos

El tratamiento de datos de la resistividad aparente del terreno obtenidos según la metodología descrita en el apartado anterior, comprende dos etapas diferenciadas que son las siguientes:

- Representación de la pseudosección de resistividad aparente. Esta forma de presentación de los datos de campo no es directamente interpretable o comprensible en términos geológicos, porque se basa en un simple convenio de asignación de valores y produce una distorsión respecto a la distribución real de la resistividad del terreno.
- Interpretación de la pseudosección anterior para obtener un modelo con la distribución, comprensible en términos geológicos. Esta fase se realiza mediante modelización e inversión de los datos de campo y es la esencia del método de la Tomografía eléctrica. Los sondeos directos son necesarios para realizar esta interpretación.
- El ajuste final del proceso se realiza mediante inversión de los datos para obtener como resultado una sección con la distribución real de resistividad del subsuelo.

#### 4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SONDEOS.

Para la descripción de los sondeos de reconocimiento se han seguido los criterios propuestos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (I.S.M.R.):

GRADO	DENOMINACIÓN	CRITERIOS DE RECONOCIMIENTO
IA	SANA	No hay señales de alteración de la roca matriz.
IB	DÉBILMENTE METEORIZADA	Decoloración de superficies de discontinuidades principales.
II	LIGERAMENTE METEORIZADA	La decoloración indica la alteración de la roca matriz y de las superficies de discontinuidad. Toda la roca matriz puede estar decolorada y puede ser apreciablemente más débil que en su estado sano.
III	MODERADAMENTE METEORIZADA	Menos de la mitad del material de la roca está descompuesto y/o desintegrado en forma de suelo. Pueden presentarse zonas de roca sana y decolorada, bien formando un marco continuo bien como bloques o núcleos sanos.
IV	MUY METEORIZADA	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada en suelo. Pueden presentarse zonas de roca sana o decolorada bien formando un marco continuo bien como bloques o núcleos sanos.
V	COMPLETAMENTE METEORIZADA	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada en forma de suelo. La estructura original del macizo permanece fundamentalmente intacta.
VI	SUELO RESIDUAL	Toda la roca convertida en suelo. Destruída la estructura del macizo y material. Se produce un gran cambio de volumen, pero el suelo no ha sido transformado de modo significativo.

Los sondeos se llevaron a cabo durante los días 24 y 31 de septiembre de 2014. Se alcanzó una profundidad de investigación máxima de 21,90 metros, habiéndose perforado un total de 44,90 metros. Para la realización de los mismos se ha empleado una máquina de rotación, tipo RL-48L, montada sobre orugas, utilizándose un diámetro máximo de perforación de 116 mm.

Los testigos recuperados, así como las correspondientes muestras, fueron colocados en cajas de cartón parafinadas que, debidamente organizadas, fueron examinadas por personal técnico especializado.

La columna litológica reconocida en el sondeo está compuesta por los siguientes niveles litológicos:

<u>Sondeo S1</u>	<u>Sondeo S2</u>	<u>Sondeo S3</u>	<u>Perfil litológico</u>
0,00-0,20	0,00-0,10	0,00-0,80	Tierra vegetal, zahorras (en S3).
0,20-2,30	0,10-2,85	0,80-5,40	Limos arcillosos, arenas y arcillas con cantos, y arcillas limosas con cantos de tamaño inferior a 1 cm. Coluvial cuaternario.
2,30-17,50	2,85-8,30	5,40-12,00	Arenas finas y limos, más o menos arcillosos, de colores variables (verdes, beige, grises, ocre, amarillos). Ofitas meteorizadas con alteración VI, mezcladas con arcillas del Keuper.
17,50-21,90	8,30-11,00	--	Ofita de color gris oscuro, poco meteorizada con alteración de grado II a IB.

En el anexo 2 del presente informe se encuentra el perfil litológico de los sondeos.

No se observó la presencia de agua en ninguno de ellos.

#### 4.2.1 Ensayo estándar de penetración (S.P.T.)

Dentro de los trabajos llevados a cabo durante la ejecución de los sondeos, se han realizado varios ensayos de penetración estándar (S.P.T.), con objeto de estimar la resistencia, así como la mayor o menor compacidad de los diferentes estratos atravesados, a partir de la determinación de la resistencia del suelo a la penetración de un tomamuestras tubular de acero, en el interior del sondeo. El ensayo se encuentra descrito en la norma UNE 103-800.

Básicamente el ensayo viene definido por el número de golpes necesarios para hincar 30 cm un tubo tomamuestras normalizado, mediante una maza de 63,5 kg de peso, que cae desde una altura de 75 cm.

Cuando el terreno es arenoso - limoso, se utiliza la cuchara de Terzaghi y Peck (normalizado), de 2 pulgadas de diámetro exterior y 1 1/3 pulgadas de diámetro interior, mientras

que para gravas se utiliza la puntaza cónica, cerrada en punta, de 2 pulgadas de diámetro y 60° de ángulo en punta.

En la siguiente tabla se muestra la profundidad y los valores obtenidos en los ensayos realizados:

Sondeo	Profundidad	Valores SPT, ( $N_{30}$ )	Litología
1	9,20-9,80	9-13-14-33, (27)	Ofita meteorizada
1	10,75-11,01	46-50Rbaja11	Ofita meteorizada
1	13,00-13,50	16-22-38-50Rbaja5	Ofita meteorizada
1	15,45-16,05	16-22-31-32, (53)	Ofita meteorizada
2	2,40-3,00	5-8-9-11, (17)	Coluvial cuaternario
2	5,10-5,70	10-12-13-18, (25)	Ofita meteorizada
2	7,85-8,19	9-36-50Rbaja4	Ofita meteorizada
3	2,00-2,60	3-3-4-5, (7)	Coluvial cuaternario
3	4,15-4,75	3-6-15-6, (21)	Coluvial cuaternario
3	6,00-6,60	8-6-12-17, (18)	Ofita meteorizada
3	8,00-8,60	19-26-35-50Rbaja14	Ofita meteorizada
3	10,10-10,55	19-33-50Rbaja15	Ofita meteorizada

En cinco ensayos se alcanzó el rechazo, todos ellos sobre material de ofita alterada.

Se realizaron tres ensayos sobre material perteneciente a los depósitos coluviales cuaternarios, registrándose valores de  $N_{30}$  de 17, 7 y 21. El valor medio de  $N_{30}$  es de 15.

Los valores de  $N_{30}$  registrados por los ensayos realizados en la ofita alterada son variables entre 18 y 53, alcanzándose el rechazo en cinco de los nueve que se hicieron sobre ese material. El valor medio de  $N_{30}$  de los ensayos que no alcanzaron el rechazo es de 30.

## 5 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los resultados de los ensayos se han obtenido de acuerdo con la Normativa o, en su defecto, a través de técnicas habituales en mecánica de suelos. Cada ensayo tiene un grado de precisión recogido en la Norma asignada, y generalmente, en la bibliografía técnica.

Las características de los sucesivos materiales localizados en los ensayos, más allá de los puntos analizados, se pueden inferir a partir de los resultados en los mencionados puntos. Ahora bien, es necesario considerar que el conjunto no presenta variaciones litológicas y/o mecánicas bruscas. Esta condición previa puede ser, en ocasiones, incorrecta, declinando esta empresa toda responsabilidad derivada de la proyección de los resultados fuera de los puntos de ensayo.

Sobre la base de los perfiles litológicos, obtenidos de las pruebas de reconocimiento, se seleccionó una muestra representativa del terreno reconocido, para ser ensayada en laboratorio acreditado, donde fue examinada por personal técnico especializado. La muestra se tomó en el sondeo S1 a 24,60 metros, sobre la que se realizará un ensayo a compresión simple (UNE 22950)

### 5.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Se adjunta a continuación un cuadro resumen de resultados de los ensayos realizados, el informe desarrollado puede consultarse en el anexo 4, adjunto al final de la presente memoria.

	<b>S1C10</b>
Nº Referencia	N07797
Profundidad (m)	24,60-24,80
Res. compresión simple (kg/cm <sup>2</sup> )	308,40
Suelo/Roca	Ofita

## 6 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Se definen a continuación los niveles geotécnicos diferenciados en el subsuelo de la zona de estudio, que son los que forman el frente de la cantera.

- **Nivel geotécnico I**, depósitos coluviales formados por arcillas y arenas con cantos, en general inferiores a 1 cm. El espesor máximo observado de estos materiales es de 4,60 metros en el sondeo S3, alcanzando profundidades máximas de 2,30 metros en el sondeo S1, 2,85 metros en el sondeo S2, y 5,40 metros en el sondeo S3. Estos materiales representan depósitos coluviales cuaternarios. Su comportamiento resistente se ha evaluado mediante ensayos de penetración estándar SPT obteniéndose un valor medio de  $N_{30}$  de 15, lo que equivale a una carga admisible de  $1,61 \text{ kg/cm}^2$ . Los parámetros geotécnicos considerados para este nivel son:

Peso específico aparente $\gamma$ ( $\text{g/cm}^3$ )	1,50-1,80
Resis. comp. simple ( $\text{kg/cm}^2$ )	1,88
Cohesión no drenada $c_u$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	0,94
Ángulo de rozamiento interno ( $^\circ$ )	0,00
Cohesión drenada $c_d$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	0,19
Ángulo de rozamiento interno ( $^\circ$ )	21,00
Módulo de elasticidad E ( $\text{kg/cm}^2$ )	128,50

Fuente: Ensayos de laboratorio y Documento básico SE-C, C.T.E.

- **Nivel geotécnico II**, limos y arenas finas versicolores producto de la meteorización de ofita, con fragmentos de ofita menos alterada dispersos. El espesor máximo observado de este nivel es de 12,80 metros en el sondeo S1. La base de este nivel se observa en el sondeo S1 a 17,50 metros, y en el S2 a 8,30 metros. Se corresponden con el perfil de meteorización grado VI de la ofita subyacente. Su comportamiento resistente se ha evaluado mediante la ejecución de nueve ensayos de penetración estándar SPT, en donde se alcanza el rechazo en cinco de ellos, obteniéndose un valor medio de  $N_{30}$  (en los que no alcanzaron rechazo) de 30. Los parámetros geotécnicos considerados para este nivel son:

Peso específico aparente $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,70-2,00
Cohesión drenada $c_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,00
Ángulo de rozamiento interno (º)	37,56
Módulo de elasticidad E (kg/cm <sup>2</sup> )	277,13

Fuente: Ensayos de laboratorio y Documento básico SE-C, C.T.E.

- **Nivel geotécnico III, ofitas poco alteradas (II-IB) y sanas, de color gris oscuro.** Este material se alcanza en los sondeos S1 y S2 a partir de 17,50 y 8,30 metros, no habiéndose observado en el sondeo S3. Se corresponde con la ofita sana explotada en la cantera. Su comportamiento resistente se ha evaluado mediante un ensayo de resistencia a la compresión simple, obteniéndose un valor de 308,40 kg/cm<sup>2</sup>. Los parámetros geotécnicos considerados para este nivel son:

Peso específico aparente $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	2,97
Resis. comp. simple (kg/cm <sup>2</sup> )	308,40
Cohesión drenada $c_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	16,61
Ángulo de rozamiento interno (º)	33,09
Módulo de elasticidad E (kg/cm <sup>2</sup> )	25.000

Fuente: Ensayos de laboratorio y Documento básico SE-C, C.T.E.

## 7 CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE ESTABILIDAD.

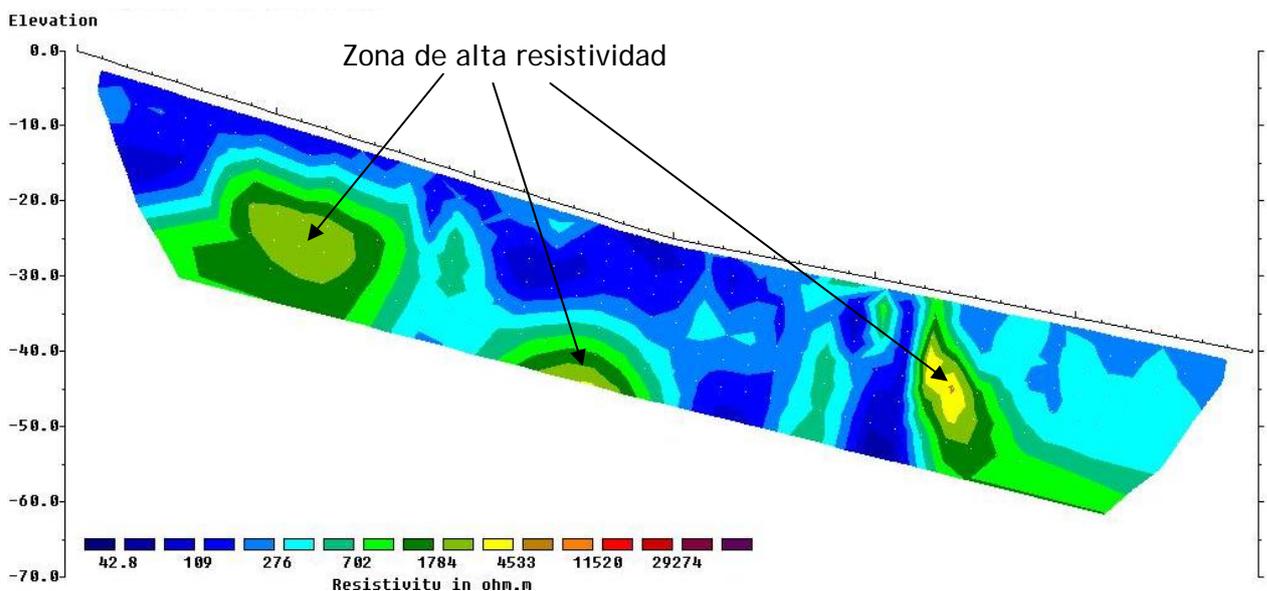
A continuación, se exponen las consideraciones técnicas oportunas de cara a la estabilidad del frente, en función de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en ellas.

Debe hacerse mención que los planteamientos aquí expuestos están realizados a partir de los datos obtenidos con los medios de investigación utilizados y sus limitaciones, referidas a lo largo del presente informe.

Se ha realizado una investigación de campo con el objetivo de observar los materiales que aparecen tras el frente noroeste de la cantera de ofita, y su estado.

Se ha realizado una tomografía eléctrica a lo largo del frente de la cantera, paralela a él, a unos 10-15 metros del borde, en donde se ha observado la aparición de tres zonas de alta resistividad, desde 700 hasta 4500 Ohm·m, rodeados por resistividades con valores inferiores a 700 Ohm·m.

El perfil de resistividades obtenido en la tomografía es el siguiente:

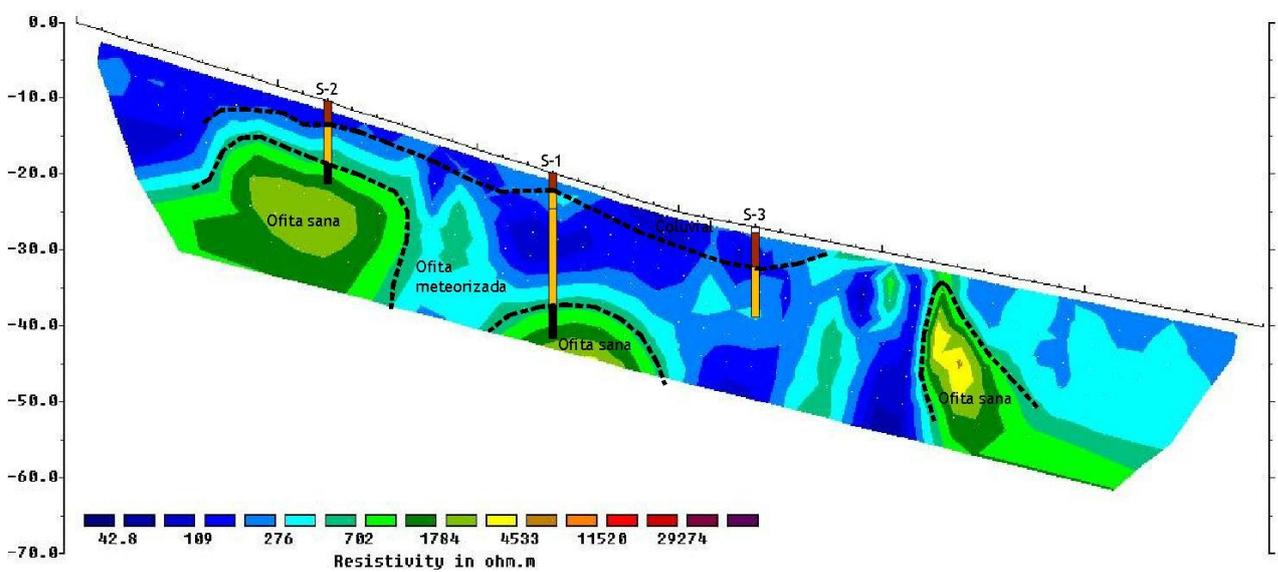


Posteriormente se han realizado tres sondeos mecánicos emplazados en zonas estratégicas del perfil, para correlacionar de forma clara los valores de resistividad con las litologías

existentes. De esta forma, se ha observado que para la roca ofítica poco alterada y sana, se interpretan esos valores superiores a 700 Ohm·m.

Los valores de resistividad inferiores, se corresponden con ofita meteorizada (grado de alteración VI) y con los depósitos coluviales cuaternarios superficiales.

El perfil de tomografía, junto con los sondeos, podemos verlo a continuación.



Así, podemos ver que la zona trasera del frente de cantera está formado principalmente por ofita alterada, con grado de alteración VI, y mezclada con arcillas del Keuper, entre la cual aparecen tres zonas de ofita poco alterada y sana, a partir de 8 metros desde el metro 30 al 70 de la línea (tomando como inicio del perfil el electrodo 1 situado en el extremo izquierdo del mismo), a partir de 17 metros entre los metros 95 y 120 de la línea, y a partir de 2-3 metros de profundidad en la zona del metro 170-180 de la línea.

Los colores azules más intensos que aparecen en el perfil corresponden a los materiales más conductores, interpretables con las litologías más arcillosas, tales como arcillas del keuper, la ofita con mayor grado de alteración, y los depósitos coluviales cuaternarios.

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos hacer las siguientes consideraciones:

- La zona interior del frente, está formada por ofitas, en general muy alteradas, con aparición de núcleos de ofita poco alterada, uno a partir de 8 metros de profundidad, y otro a partir de 17 metros.
- La zona superficial del perfil está formada por una cubierta coluvial cuaternaria formada por arcillas principalmente, de potencia variable, alcanzando una profundidad máxima observada de 5,40 metros (sondeo S3).
- La ofita sana se comporta como una roca dura. Los procesos de inestabilidad que puedan aparecer en taludes formados por ella serán de naturaleza rocosa, tales como caída de bloques por creación de cuñas generadas por los planos de diaclasado, principalmente.
- La ofita alterada se comporta como un suelo, de naturaleza granular fina, tal y como se ha observado en los sondeos. La ofita alterada pasa a arenas y limos, material más fino cuanto mayor es su alteración. Los procesos de inestabilidad que pueden afectarle serán los típicos de suelos, tales como deslizamientos a favor de roturas circulares.
- Si bien la ofita alterada se comporta como un suelo, se ha observado que su consistencia es elevada, como indican los rechazos de la mitad de los ensayos de penetración SPT realizados sobre ella.

A continuación exponemos un breve análisis de la estabilidad a partir de taludes modelizados considerando los parámetros de los materiales. Las siguientes consideraciones se deben tomar de forma orientativa, ya que consideramos una modelización teórica de los taludes y de las morfologías internas de los materiales.

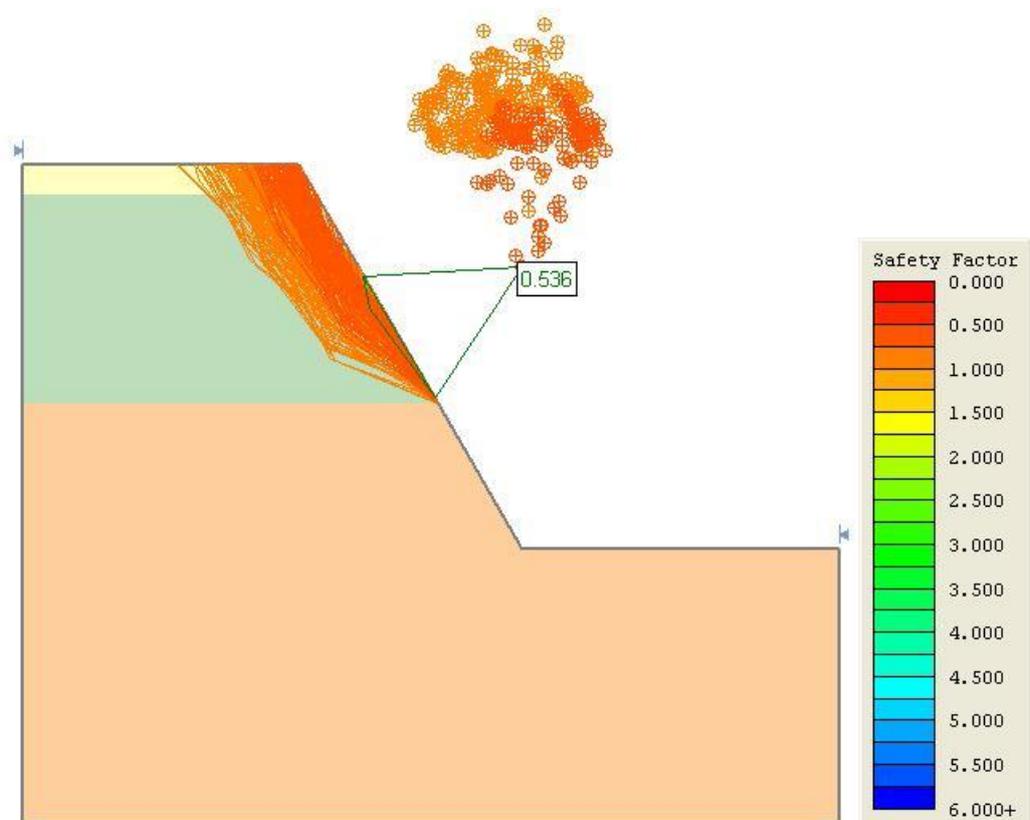
Considerando un talud de 28 metros de altura, con un ángulo general de 60°, en donde los materiales se extienden hacia el interior de forma horizontal (esto no es real, ya que la ofita no aparece de forma horizontalizada en la zona, pero sirve para hacer una estimación de la estabilidad).

Consideramos a continuación tres supuestos, correspondientes a taludes formados por coluvial, ofita alterada y ofita sana, de acuerdo con las profundidades observadas en los tres sondeos realizados en campo. Se consideran, para cada material, los parámetros definidos en el

apartado 6 del presente documento. Se considera este análisis sólo en condiciones secas, por lo que los factores de seguridad resultantes serán más bajos en condiciones saturadas.

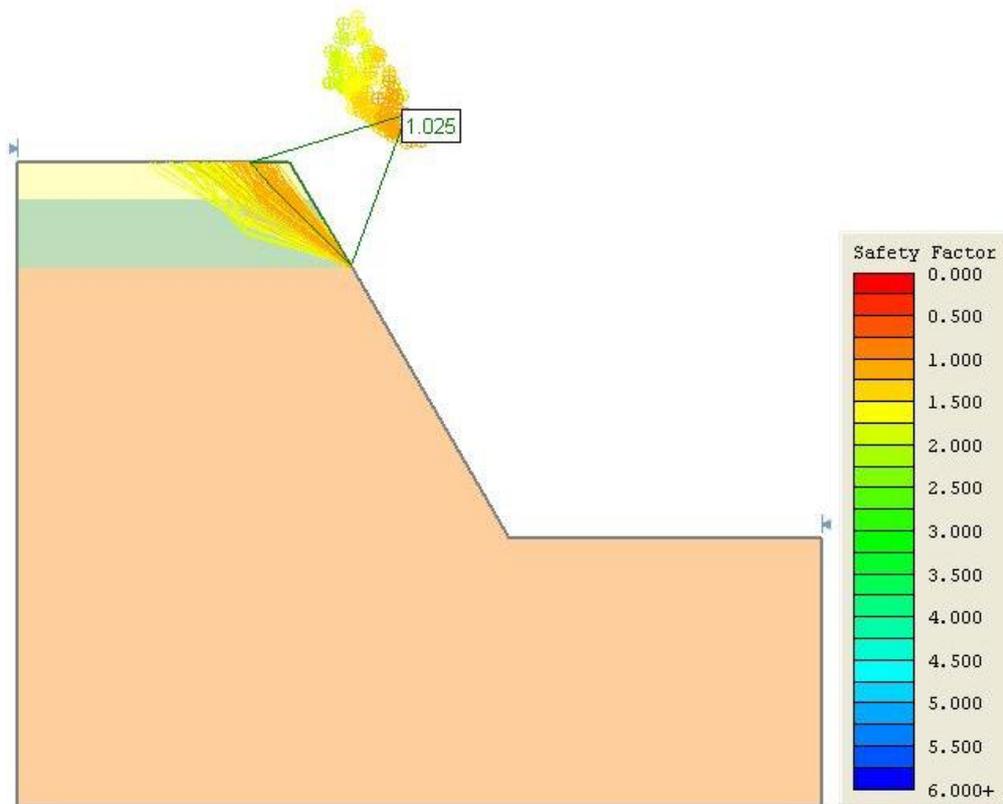
Los materiales representados son el coluvial cuaternario, con color amarillo, el nivel de ofitas alteradas con arcillas del keuper, con color verdoso, y la roca ofita sana con color rosáceo.

Tenemos para la situación del sondeo S1:



El factor de seguridad más desfavorable es de 0,536, lo que indica que es inestable. En el dibujo mostramos los círculos de rotura con valores de factor de seguridad inferior a 1. Se observa que todos ellos afectan al coluvial y a la ofita alterada. No aparecen roturas afectando a la roca poco alterada y sana. Es evidente también que tumbando el talud a unos 37º se alcanzará la estabilidad tal y como se puede observar en el gráfico anterior.

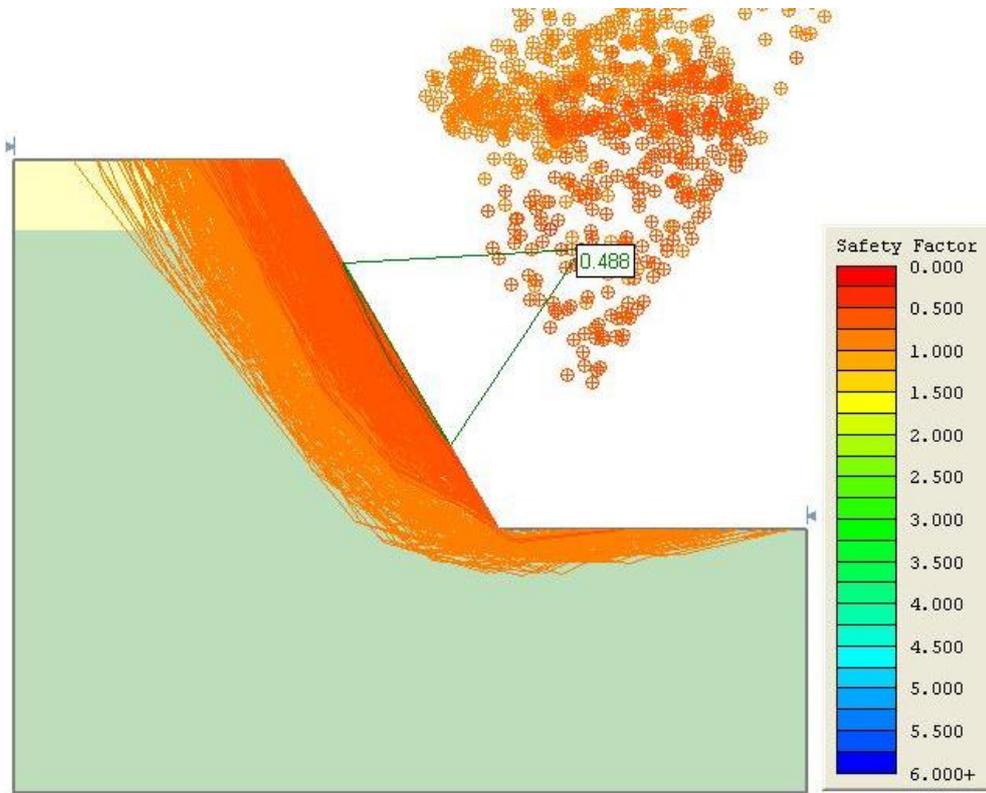
En el caso de un talud correspondiente al sondeo S2:



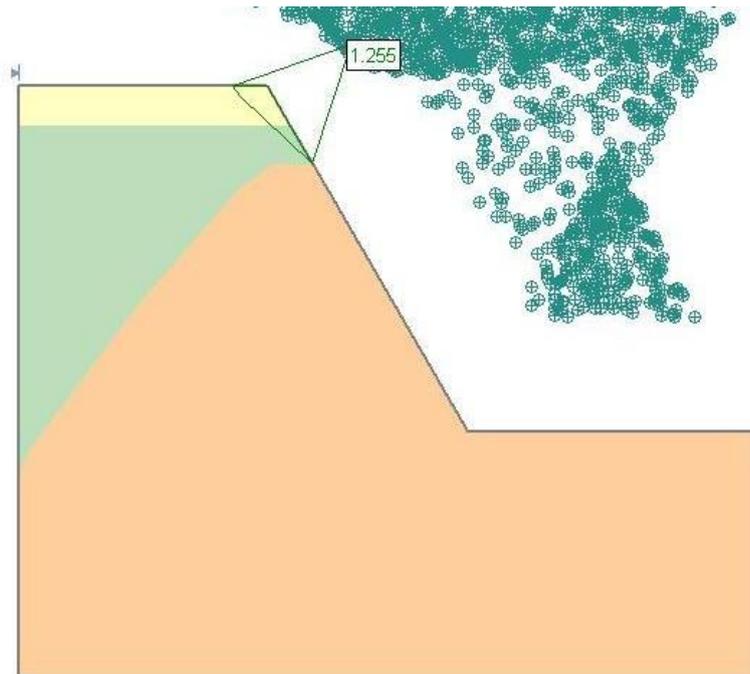
El factor de seguridad de la rotura más desfavorable es de 1,025, lo que se considera estable en condiciones secas, pero que puede pasar a inestable en condiciones saturadas. En este caso, representamos en el dibujo los círculos de rotura con FS inferior a 2, los cuales afectan sólo a los niveles de coluvial y ofita alterada. Igual que en el caso anterior tumbar los taludes a 37º puede ser suficiente para alcanzar valores de factor de seguridad más elevados.

Para el caso de un talud que no esté formado por ofita sana, es decir, formado sólo por coluvial y ofita alterada (modelo del sondeo S3), tenemos el siguiente modelo, en el que el factor de seguridad mínimo es de 0,488.

Al igual que en los casos anteriores, las roturas afectan a coluvial y ofita alterada. Como en este caso todo el talud está formado por esas dos litologías, las roturas afectan a la totalidad del talud, con una mayor masa de material deslizado.



A continuación exponemos un modelo teórico de la situación considerando el material ofítico con morfología de domo que desaparece hacia el interior del talud.



En este caso, como en los anteriores, las roturas con factores de seguridad inferiores afectan al depósito coluvial y a la ofita alterada. Se observa que la ofita sana contiene a los suelos, evitando roturas a su través, por lo que los deslizamientos esperables son siempre de la zona del talud que no está protegida por la roca.

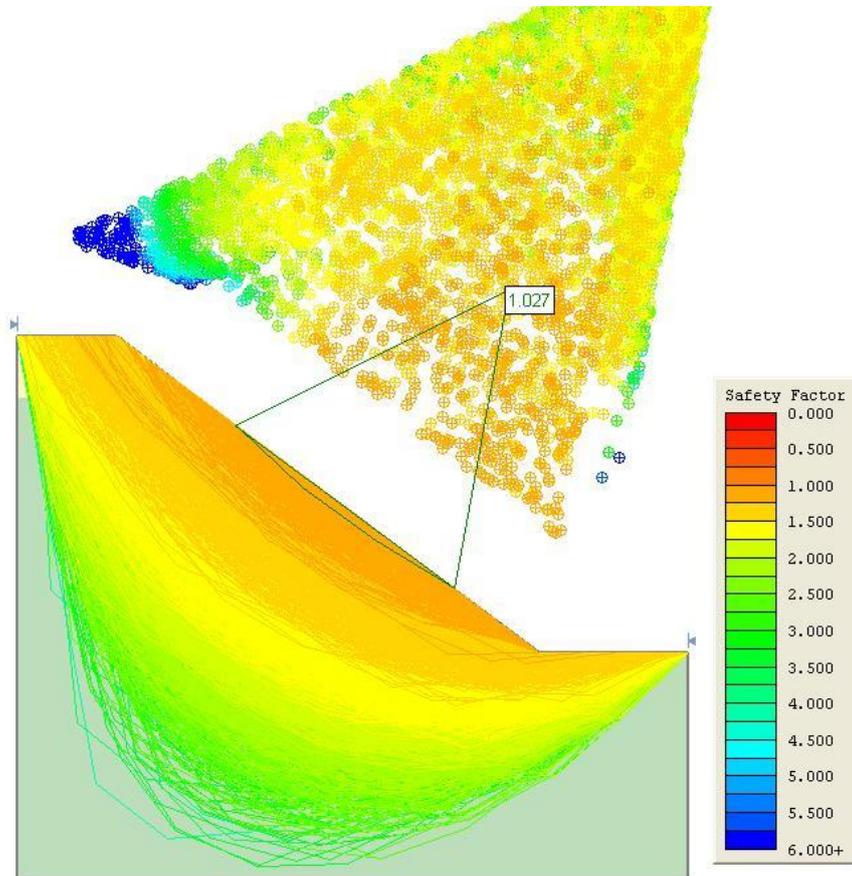
Así, teniendo en cuenta estos aspectos, consideramos conveniente que los taludes del frente que quede al final de la explotación estén formados en lo posible por la máxima cantidad de roca, ya que ésta contendrá posibles deslizamientos de los suelos suprayacentes.

En caso de que al finalizar la explotación, quede en el talud una zona del domo ofítico muy escasa, puede ocurrir que la roca no tenga consistencia como para aguantar los empujes de los suelos situados tras ella. Por ello se aconseja no eliminar toda la ofita sana para que ésta sirva de sujeción del talud final del frente.

Por otra parte, a continuación exponemos una modelización del talud teniendo en cuenta el peor de los supuestos observados, el sondeo S3, retranqueándolo hasta alcanzar una inclinación de talud que sea estable para los materiales que lo forman. Este ángulo deberá ser similar al valor del ángulo de rozamiento interno del material que lo forma, en este caso el de la ofita alterada. En este sentido, hemos realizado varios modelos con valores de inclinación de talud, llegando a la conclusión de que el talud con mayor inclinación para que los factores de seguridad de las roturas sean superiores a 1, corresponde exactamente al que presente una inclinación de 37°, el mismo valor que el del rozamiento interno de la ofita alterada.

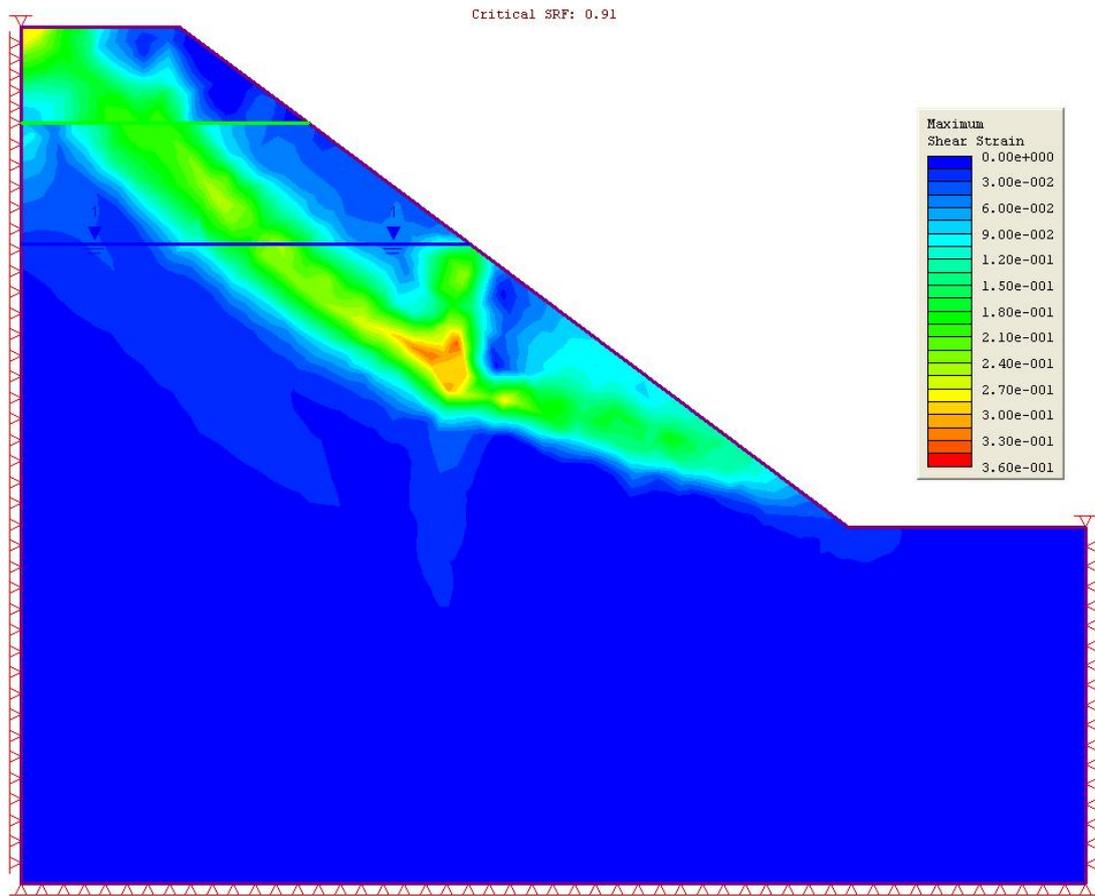
En este supuesto, para un ángulo de talud de 37°, obtenemos una rotura más desfavorable con un valor mínimo de factor de seguridad de 1,027. Dicha rotura afecta solamente a material de ofita alterada.

A continuación se expone el gráfico correspondiente a esta modelización, con el total de roturas resultantes expuestas.



Para este supuesto, realizamos también el cálculo mediante software Phase de elementos finitos, obteniéndose un valor de factor de seguridad mínimo de 1,03. También realizamos este supuesto considerando la existencia de nivel freático a media altura de talud, en donde obtenemos un factor de seguridad mínimo de 0,91.

Lo vemos en la siguiente figura, en donde queda marcado mediante colores claros la zona de máximo estrés del talud.



Esto significa que de cara a garantizar la estabilidad del talud, se debería retaluzar hasta alcanzar un talud de inclinación no superior a 30°.

Estos aspectos reflejados son una valoración aproximada de la estabilidad del talud del frente, que ya permite ver que los taludes en suelos (coluvial y ofita muy alterada), son inestables con el ángulo de talud considerado (60°). De cara a la ejecución de un análisis de estabilidad más definitivo, se debería estudiar la morfología del material ofítico más allá de la zona en la que se han realizado los sondeos para esta investigación, pudiendo de esta forma, hacer perfiles transversales del frente más exactos.

## 8 CONCLUSIONES

- Se solicita a **GEEA GEÓLOGOS S.L.**, a requerimiento de **CANTERAS ACHA**, la prestación de servicios profesionales con relación al frente noroeste de la cantera de ofitas que el petionario tiene en Almándoiz (Baztán, Navarra), para el estudio geológico de la zona posterior al frente tras el deslizamiento de parte del mismo.
- Se ha definido un perfil geotécnico formado por los siguientes niveles:
  - **Nivel geotécnico I**, depósitos coluviales formados por arcillas y arenas con cantos, en general inferiores a 1 cm. El espesor máximo observado de estos materiales es de 4,60 metros en el sondeo S3, alcanzando profundidades máximas de 2,30 metros en el sondeo S1, 2,85 metros en el sondeo S2, y 5,40 metros en el sondeo S3. Estos materiales representan depósitos coluviales cuaternarios.
  - **Nivel geotécnico II**, limos y arenas finas versicolores producto de la meteorización de ofita, con fragmentos de ofita menos alterada dispersos. El espesor máximo observado de este nivel es de 12,80 metros en el sondeo S1. La base de este nivel se observa en el sondeo S1 a 17,50 metros, y en el S2 a 8,30 metros. Se corresponden con el perfil de meteorización grado VI de la ofita subyacente.
  - **Nivel geotécnico III**, ofitas poco alteradas (II-IB) y sanas, de color gris oscuro. Este material se alcanza en los sondeos S1 y S2 a partir de 17,50 y 8,30 metros, no habiéndose observado en el sondeo S3. Se corresponde con la ofita sana explotada en la cantera.
- No se ha identificado la existencia del nivel freático en los sondeos realizados.
- A partir de los trabajos realizados y los resultados obtenidos, se observa que tras el frente actual de la cantera, los materiales que aparecen son principalmente suelos formados por la ofita con grado de alteración VI, bajo la cual aparecen tres zonas de alta resistividad interpretada como roca ofítica poco alterada. Sobre la ofita alterada aparece un espesor variable superficial de depósitos coluviales cuaternarios de naturaleza arcillosa.
- De cara a la estabilidad de los taludes del frente, consideramos que los taludes formados por suelos, coluvial cuaternario y ofitas meteorizadas con alteración VI, serán inestables,

especialmente si la potencia de estos materiales es importante. Por el contrario, los taludes formados por roca ofítica poco alterada se consideran estables (aunque presentarán inestabilidades puntuales por caída de bloques).

- Considerando un talud formado totalmente por suelos, es decir, coluvial cuaternario y ofita alterada, según modelo del sondeo S3, el ángulo de talud más elevado que no provoque roturas con factores de seguridad inferior a 1 será de 37º.

Estella, 17 de noviembre de 2014



Fdo. : JAVIER ARNEDILLO RUIZ-AGUIRRE  
GEÓLOGO Col. Nº 3.078

Fdo. : GUILLERMO ERICE LACABE  
GEÓLOGO Col. Nº 2.577

Fdo. : EDUARDO ARANA RICO  
GEÓLOGA Col. Nº 3.461

## **ANEXO GRÁFICO**

---

- **MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA.**
- **REGISTRO DE LOS SONDEOS DE RECONOCIMIENTO.**
- **PERFIL DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA.**
- **BOLETÍN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.**
- **PLANO DE UBICACIÓN DE PRUEBAS REALIZADAS.**

## **ANEXO N° 1**

---

**MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA**



# GEEA GEÓLOGOS, S.L.

**Pamplona:** Paseo Sandúa nº 28, 31012

**Estella:** Cañada Real de Imas nave 12, 31240 Ayegui

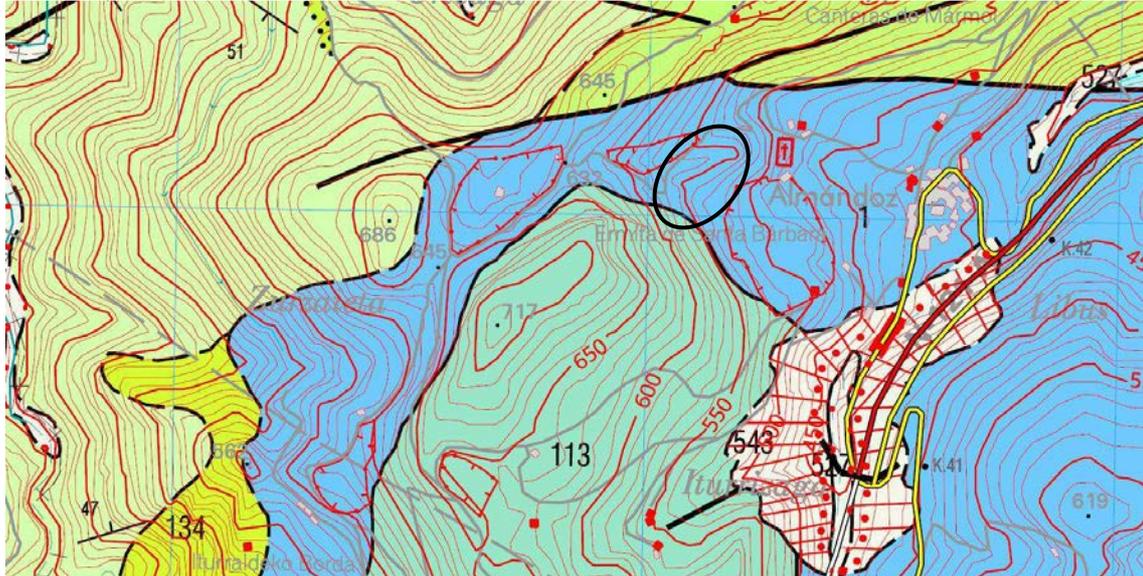
**Logroño:** Baltasar Gracián nº 11, 1º of. 5, 26.006

Lugar: Almandoz (Baztán, Navarra)

Ref. informe: ES/GE058/0814

Hojas: Gob. de Navarra 1:25.000 Sumbilla (hoja 90-II).

## MAPA GEOLÓGICO



## LEYENDA

CRETÁCICO	INFERIOR	Vraconiense	145, 146, 145, 146, 152, 153	166.- Alternancia de margas, areniscas y calizas
		Albiense	144, 143, 147, 148, 147, 148	143.- Conglomerados calcáreos
			141, 140, 147, 148, 148	142.- Areniscas
		Aptiense	137, 134, 138	145.- Calizas
			135, 133, 136	140.- Arcillas, areniscas y pizarras
	MALM	Barremiense	131, 132	138.- Mármol
		Hauteriviense	124, 128, 129	137.- Calizas masivas
		Valangiense	122, 123	135.- Areniscas
		Berriasiense	121, 127	136.- Conglomerados calcáreos
			126	134.- Margas
JURÁSICO	MALM	Tithoniense	120, 119, 125	133.- Calizas con construcciones de rudistas
		Kimmeridgiense	126	128.- Arcillas, margas arenosas, arenas y calizas
		Oxfordiense	117, 126	126.- Margas negras y calizas
	DOGGER	Calloviense	117	118.- Calizas y margas
		Bathoniense	116, 118	116.- Calizas tableadas
		Bajociense	115, 118	115.- Calizas arcillosas y margas
		Aalenense	115	114.- Margas y calizas
	LIAS	Toarciense	113, 115	113.- Dolomías, calizas y brechas calcáreas
		Pliensbachiense	114	109.- Arcillas yesíferas
		Sinemuriense	114	108.- Arcillas abigarradas
Hettangiense		114	107.- Calizas y dolomías	
KEUPER	Rhethiense	112, 113	104.- Arcillas y areniscas	
	Gediniense	111, 109, 110	103.- Areniscas rojas	
	111, 109, 110	102.- Conglomerados y areniscas		
		4.- Basaltos	4.- Basaltos	
		71.- Arcillas, limos y conglomerados	71.- Arcillas, limos y conglomerados	
		49.- Pizarras, grauwacas y conglomerados. F. Olazar	49.- Pizarras, grauwacas y conglomerados. F. Olazar	
		48.- Dolomías	48.- Dolomías	
		47.- Dolomías, pizarras y esquistos. F. Baserdí	47.- Dolomías, pizarras y esquistos. F. Baserdí	
		3.- Lherzollitas	3.- Lherzollitas	
		2.- Diabasas	2.- Diabasas	
		1.- Ofitas	1.- Ofitas	

## **ANEXO N° 2**

---

### **REGISTRO DE LOS SONDEOS DE RECONOCIMIENTO**

**PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO**

SONDEO:

COORDENADAS UTM

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztan, Navarra)

FECHA: 27 de octubre de 2014

**S-1**

X: --  
Y: --  
Z: --

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF.: G07077

REF. INFORME: ES/GE058/0814

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización				Prof. (m)	S.P.T. N15	P.L.T. Is (50) Mpa	C.S. kg/cm <sup>2</sup>	FOTOGRAFÍAS SONDEO				
							20	40	60	80	VI	V	IV	III							II		
B	116	0,20	0,20	▼▼▼▼▼	Tierra vegetal.																		
		1	2,10	●●●●●	Limos algo arcillosos de color marrón, con cantos dispersos no superiores a 1 cm. Coluvial cuaternario.																		
		2	2,30	▼▼▼▼▼	Arenas finas y limos de color marrón ocre, con abundantes restos versicolores de arcillas y limos. A base el material se hace más arcilloso. Keuper con restos de ofita alterada (VI).																		
		3	2,40	▼▼▼▼▼																			
		4	4,70	▼▼▼▼▼	Limos de color beige y verdoso con tonos anaranjados. Ofita meteorizada con alteración de grado VI. Presenta tonos azulados y grises cuando la ofita aparece menos alterada (V-IV), de 7,00 a 9,60 metros. A partir de 9,60 metros, los limos aparecen mezclados con arcillas más blanquecinas, lo que se interpreta como ofita alterada mezclada con arcilla del keuper.																		
		5		■																			
		6		■																			
		7																					
		8	12,80																				
		9																					
		10														9,20-9,80	9-13-14-33						
11	113													10,75-11,01	46-50R 11								

Tipo de Sonda RL48-L M.I.: Muestra inalterada; R: Rechazo; Su: Ensayo Vanettest, C.S.: Ensayo de compresión simple.  
 B: Batería simple; T: Batería doble tubo; W: Corona de Widia; D: Corona de diamante; C: Corona de carburo

PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO

SONDEO:

COORDENADAS UTM

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztan, Navarra)

FECHA: 27 de octubre de 2014

**S-1**

X: --  
Y: --  
Z: --

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF.: G07077

REF. INFORME: ES/GE058/0814

Batería	Diámetro (m)	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización	Prof. (m)	S.P.T. N15	P.L.T. Is (50) Mpa	C.S. kg/cm <sup>2</sup>	Humedad %	Límites Atterberg L <sub>ip</sub>	Granulometría % p/asa 0.4-0.08	Sulfatos mg/kg	Clasificación Casagrande/AASHTO	FOTOGRAFÍAS SONDEO.
							20	40	60	80											
B	113	12	12,80	[Grid]	Limos de color beige y verdoso con tonos anaranjados. Ofita meteorizada con alteración de grado VI. Presenta tonos azulados y grises cuando la ofita aparece menos alterada (V-IV), de 7,00 a 9,60 metros. A partir de 9,60 metros, los limos aparecen mezclados con arcillas más blanquecinas, lo que se interpreta como ofita alterada mezclada con arcilla del keuper.	[Dotted]	[Dotted]	[Dotted]	[Dotted]	[Diagonal]	13,00-13,50	16-22-28-50R15								[Photo]	
		13																			
		14																			
		15																			
T	86	16	4,40	[Grid]	Ofitas poco meteorizadas, con alteración de grado Ib a sana.	[Dotted]	[Dotted]	[Dotted]	[Dotted]	[Diagonal]	15,45-16,05	16-22-31-32								[Photo]	
		17																			
		17,50																			
		18																			
		19																			
		20																			
21																					
		21,90			FIN DE SONDEO																

Tipo de Sonda RL48-L M.I.: Muestra inalterada; R: Rechazo; Su: Ensayo Vanetest, C.S.: Ensayo de compresión simple.

B: Batería simple; T: Batería doble tubo; W: Corona de Widia; D: Corona de diamante; C: Corona de carburo

**PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO**

SONDEO: **S-2**  
 COORDENADAS UTM  
 X: --  
 Y: --  
 Z: --

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztan, Navarra)      FECHA: 28 de octubre de 2014  
 CLIENTE: CANTERAS ACHA      REF.: G07078      REF. INFORME: ES/GE058/0814

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización				Prof. (m)	S.P.T. N15	P.L.T. Is (50) Mpa	C.S. kg/cm <sup>2</sup>	FOTOGRAFÍAS SONDEO	
							20	40	60	80	VI	V	IV	III						
B	116	0,10	0,10	.....	Tierra vegetal.															
		1	2,75	.....	Arenas y arcillas marrones con cantos dispersos de tamaño variable. Coluvial cuaternario.															
		2	2,85	.....	Limos de color beige y verdosos. Ofita meteorizada con alteración de grado VI.															
3	4	.....																		
4	5	.....																		
B	113	5	5,45	.....																
		6	7	.....																
T	86	7	8,30	.....	Ofita con alteración de grado II-lb. Material muy fracturado.															
		8	9	.....																
		9	10	.....																
		10	11	.....																
					FIN DE SONDEO															

**PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO**

SONDEO:

COORDENADAS UTM

OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztan, Navarra)

FECHA: 29 de octubre de 2014

**S-3**

X: --  
 Y: --  
 Z: --

CLIENTE: CANTERAS ACHA

REF.: G07079

REF. INFORME: ES/GE058/0814

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización				Prof. (m)	S.P.T. N <sub>15</sub>	P.L.T. Is (50) Mpa	C.S. kg/cm <sup>2</sup>	FOTOGRAFÍAS SONDEO	
							20	40	60	80	VI	V	IV	III						
B	113	0,80	0,80	[Dotted pattern]	Arenas con cantos y bolos. Suelo.															
		1		[Dotted pattern]	Arcillas limosas marrones con cantos dispersos de tamaño variable inferior a 1 cm. Coluvial cuaternario.										2,00-2,60	3-3-4-5				
		2		[Dotted pattern]																
		3	4,60	[Dotted pattern]																
		4		[Dotted pattern]											4,15-4,75	3-6-15-6				
		5	5,40	[Dotted pattern]																
6		[Brick pattern]		Limos arcillosos de color beige y gris. Ofita meteorizada con alteración de grado VI, mezclada en algunas zonas con arcillas de color blanquecino, del keuper.										6,00-6,60	8-6-12-17					
7		[Brick pattern]																		
8		[Brick pattern]												8,00-8,59	19-26-35-50R14					
9		[Brick pattern]																		
10		[Brick pattern]												10,10-10,55	19-33-50R15					
12		[Brick pattern]			FIN DE SONDEO															

Tipo de Sonda RL48-L M.I.: Muestra inalterada; R: Rechazo; Su: Ensayo Vanettest, C.S.: Ensayo de compresión simple.  
 B: Batería simple; T: Batería doble tubo; W: Corona de Widia; D: Corona de diamante; C: Corona de carburo

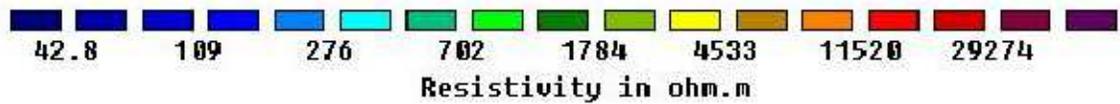
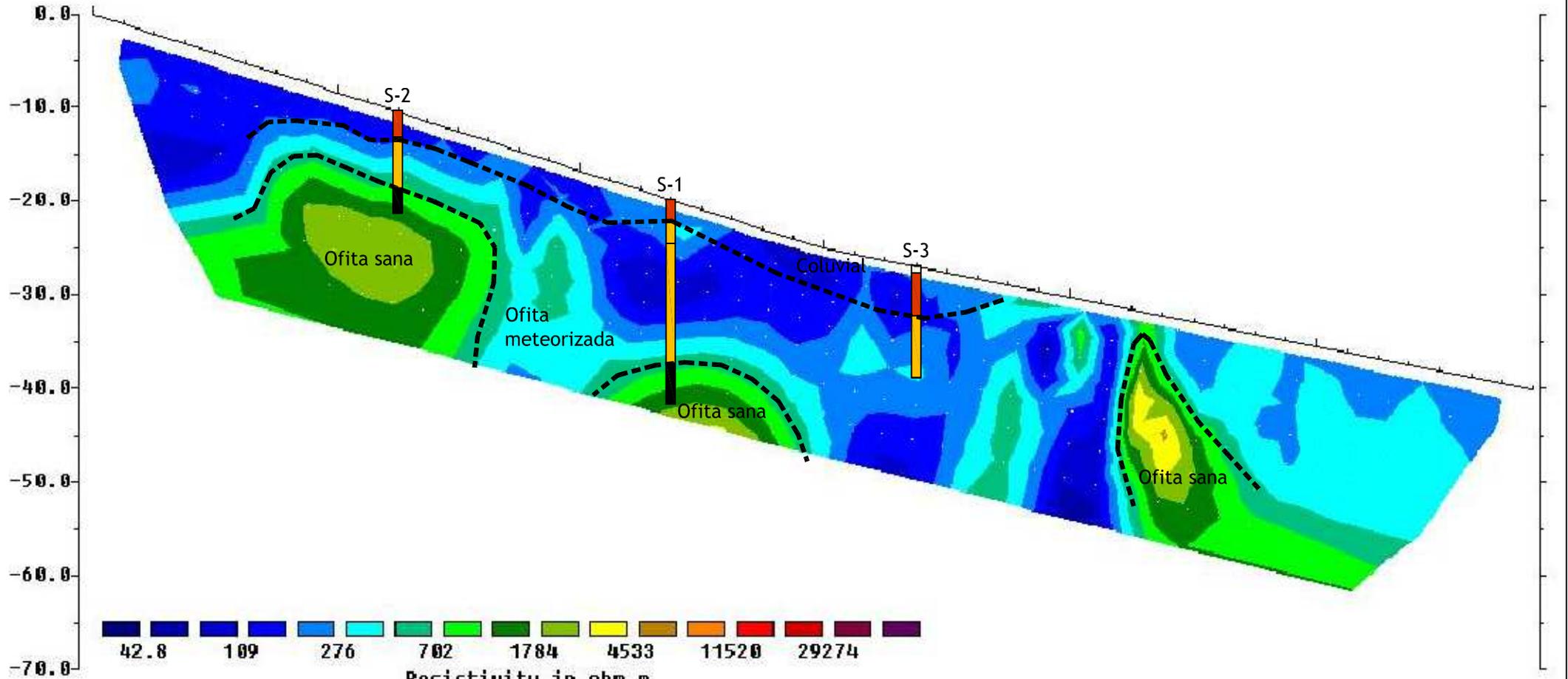
## **ANEXO N° 3**

---

**PERFIL DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA**

Elevation

0.0  
-10.0  
-20.0  
-30.0  
-40.0  
-50.0  
-60.0  
-70.0



Unit Electrode Spacing = 5.00 m.



- Coluvial cuaternario
- Ofita meteorizada y arcillas
- Ofita sana

Escala gráfica

FECHA: Noviembre de 2014	
OBRA: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztán, Navarra).	
CLIENTE: CANTERAS ACHA	REF. INFORME: ES/GE058/0814
<b>PERFIL DE TOMOGRAFÍA</b>	

## **ANEXO N° 4**

---

**BOLETÍN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO**



**GEEA GEÓLOGOS S.L.**

Cañada Real de Imas, nave 12  
31240 Ayegui- Navarra  
T. y F. 948 55 48 11

*Ensayo* **RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAxIAL  
DE PROBETAS CILINDRICAS DE ROCA**

*Norma* **UNE 22950-1/90**

*Acta n°*  
**AN028418**

*N° Copia*

**Copia 1 CANTERAS ACHA**

<b>Referencia Muestra....</b>	<b>N07797</b>
PROCEDENCIA	SONDEO
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA
FECHA ENTRADA	4 DE NOVIEMBRE DE 2014

<b>Referencia Informe.....</b>	<b>EN-341/14</b>
REF. CLIENTE	S1 C10
PETICIONARIO	CANTERAS ACHA
DEN. OBRA	ALMANDOZ

DATOS PROBETA			
PESO (gr)	1492,90	SUP. BASE (cm <sup>2</sup> )	54,11
DIAMETRO. (mm)	83,00	VOL. PROBETA (cm <sup>3</sup> )	503,19
ALTURA (mm)	93,00	DENS. PROB. (gr/cm <sup>3</sup> )	2,97

RESULTADO DEL ENSAYO	
LECTURA PRENSA (Tm)	18,26
ESBELTEZ	1,12
COEFICIENTE (K)	1,09
CARGA ROTURA CORREGIDA	16,69
<b>TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>308,4</b>

Fdo: Ana Quintanar  
Responsable del ensayo



VºBº: Guillermo Erice  
Director Técnico

Ayegui,

14 DE NOVIEMBRE DE 2014

HOJA 1 DE 1

Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal. Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.

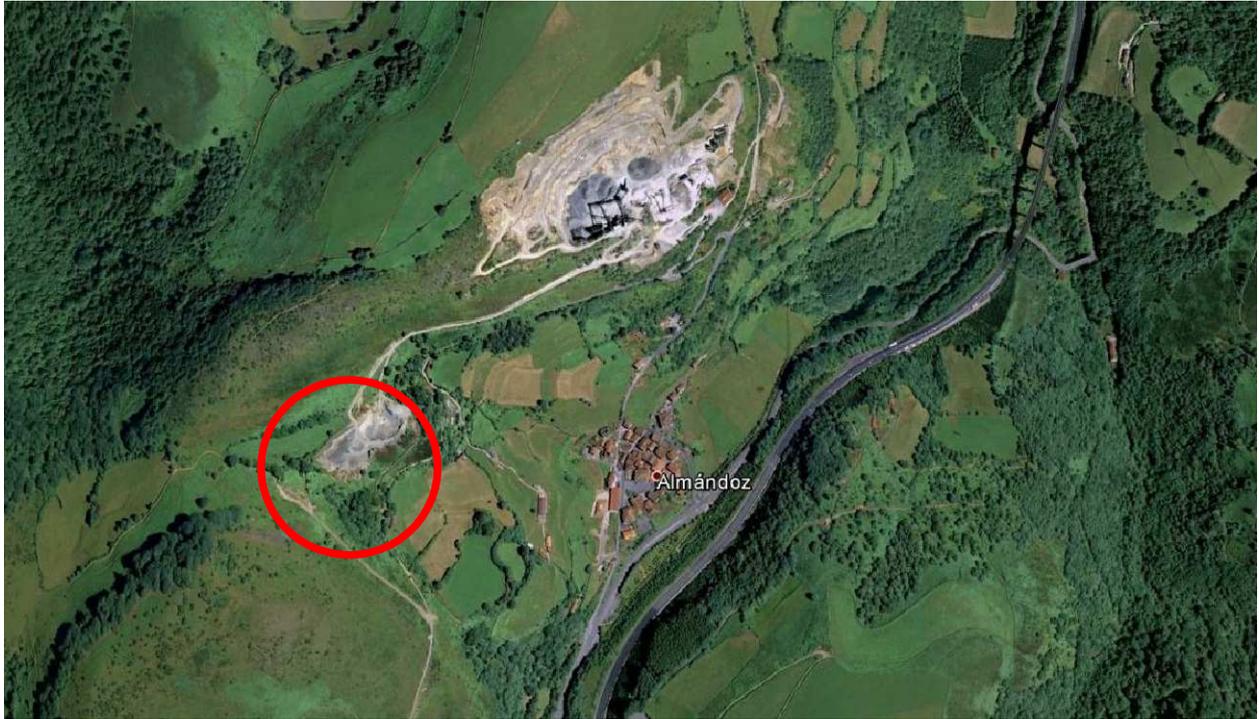
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra (<http://www.cfnavarra.es/obraspublicas/obras/labora.htm>)

## **ANEXO N° 5**

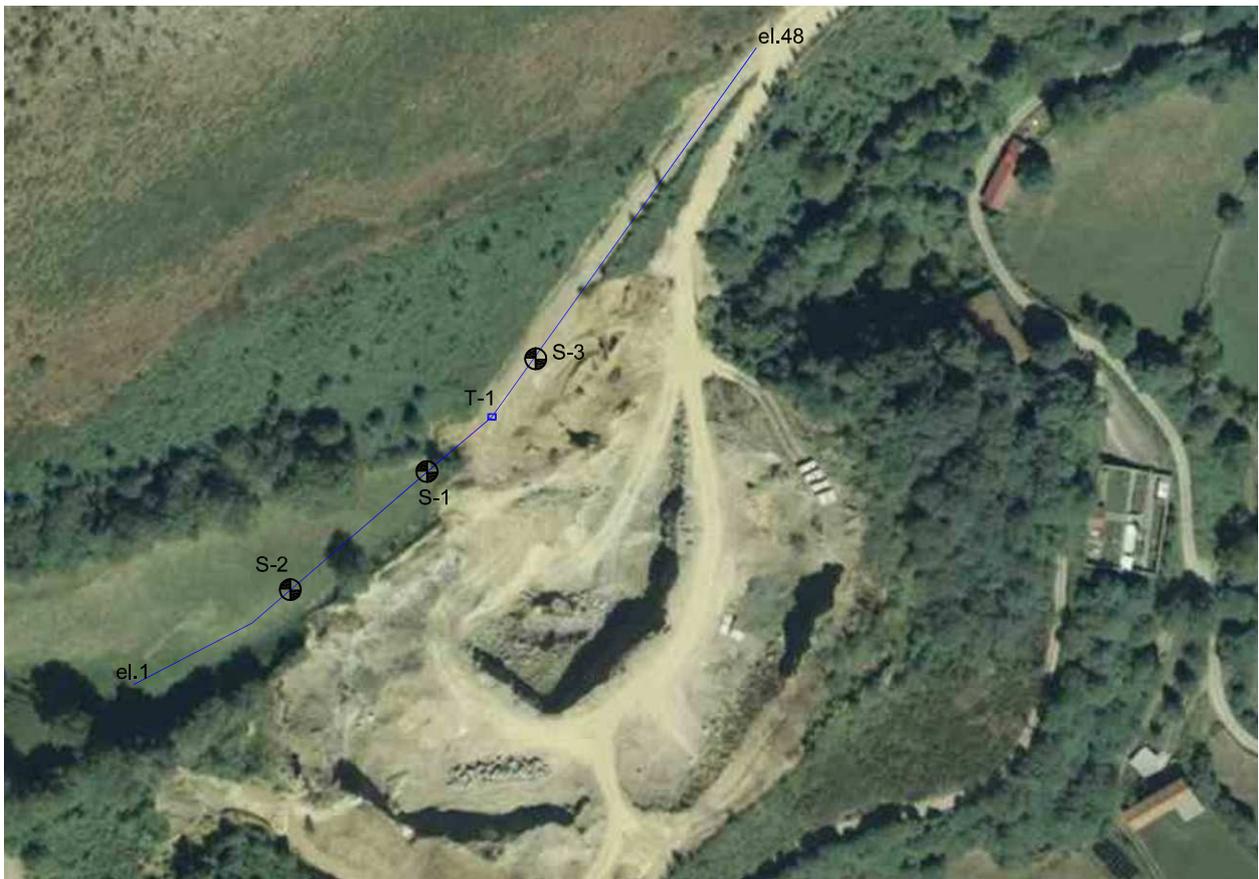
---

**PLANO DE UBICACIÓN DE PRUEBAS REALIZADAS**

Obra: Estudio de estabilidad en cantera de ofitas en Almandoz (Baztán, Navarra).  
Referencia: ES/GE058/0814



Sin escala



Escala 1/2.000

## 7. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

La zona que abarca este proyecto está incluida en la unidad hidrogeológica norte, de acuerdo con lo expuesto en el libro "Las aguas subterráneas de Navarra", editado por la Diputación Foral de Navarra. Dicha Unidad hidrogeológica, se constituye por materiales paleozoicos y triásicos, que forma los macizos de Cinco Villas, Quinto Real y Oroz Betelu. Su diversidad litológica y tectónica, permite diferenciar gran número de acuíferos, en general poco importantes y repartidos por toda la unidad.

Fundamentalmente se puede hablar de dos tipos de acuíferos: los formados por zonas de alteración de rocas, que juegan papel importante en la retención del agua de lluvia y los formados por calizas, dolomías, areniscas, etc. como puede ser el caso, con permeabilidad por fisuración.

Los primeros, localizados en fondos de valles y laderas de altas montañas, son drenadas por multitud de pequeños manantiales de circulación hipodérmica. Los segundos, debido a la estructura y litología, forman pequeños acuíferos muy compartimentados y aislados unos de otros. Ambos se alimentan por agua de lluvia y descargan por manantiales. Sus aguas suelen ser de mineralización débil y blanda.

Como recurso, dadas las condicionantes de su formación, no existe. Por ese motivo, sin que ninguno de los múltiples acuíferos destaque, se ha calculado para el conjunto de la unidad, a partir del balance hídrico, un total de 157 Hm<sup>3</sup>/año.

De acuerdo con el Mapa de Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, la zona de estudio se encuentra incluida en terrenos donde la contaminación de los acuíferos puede revestir características variables por ser de diversos tipos. En este caso, se trata de formaciones no homogéneas, alternancia de areniscas, calizas y margas, y las facies flysch del Mesozoico y Terciario, con permeabilidad en general, baja y acuíferos poco importantes. La contaminación es muy relativa. No obstante, pueden existir problemas locales.

## 8. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El área de estudio pertenece desde el punto de vista climatológico al dominio templado-oceánico, con veranos relativamente frescos e inviernos suaves y una oscilación térmica baja. Las precipitaciones son prácticamente siempre en forma de lluvia con una media anual que se sitúa en 1.548,9 mm. Se extienden a lo largo de todo el año, aunque el período de mayor incidencia de este meteoro abarca de Noviembre a Febrero, así como el mes de Abril. El riesgo de heladas es bajo, con un periodo potencial que abarca desde Noviembre a Abril. Los vientos regionales, son en general flojos, dominando los de componente Norte y en especial los de Sur.

Las características climáticas de la zona unidas a las condiciones orográficas, hacen de ella un área de cabecera hidrográfica con tendencia a la formación de redes dendríticas y un desarrollo de cursos fluviales de cierta entidad. Sin embargo, tanto las zonas explotadas como sus instalaciones asociadas, se asientan sobre un sustrato en el que hay un nulo desarrollo de la red hidrográfica, limitándose en todo caso la circulación superficial a pequeñas escorrentías, producto de una intensa precipitación puntual.

En base a los datos existentes se han diseñado obras de drenaje que se describen con mayor detalle en apartado específico. Estas obras fueron incluidas en el anterior proyecto de explotación, y se han realizado de acuerdo a lo recogido en el mismo.

### 8.1. PLANTEAMIENTO GENERAL

En este apartado se describe el Estudio Hidrológico realizado y los criterios que se han adoptado para ello.

El drenaje actual de la cantera no está suficientemente ordenado por lo que es necesario estudiar y ordenar la hidrología superficial. Para ello se van a construir una serie de cunetas y obras de paso de forma que las aguas de escorrentía puedan ser recogidos, controlados y gestionados. Para ello es preciso estudiar las aguas de escorrentía que afectan a la cantera.

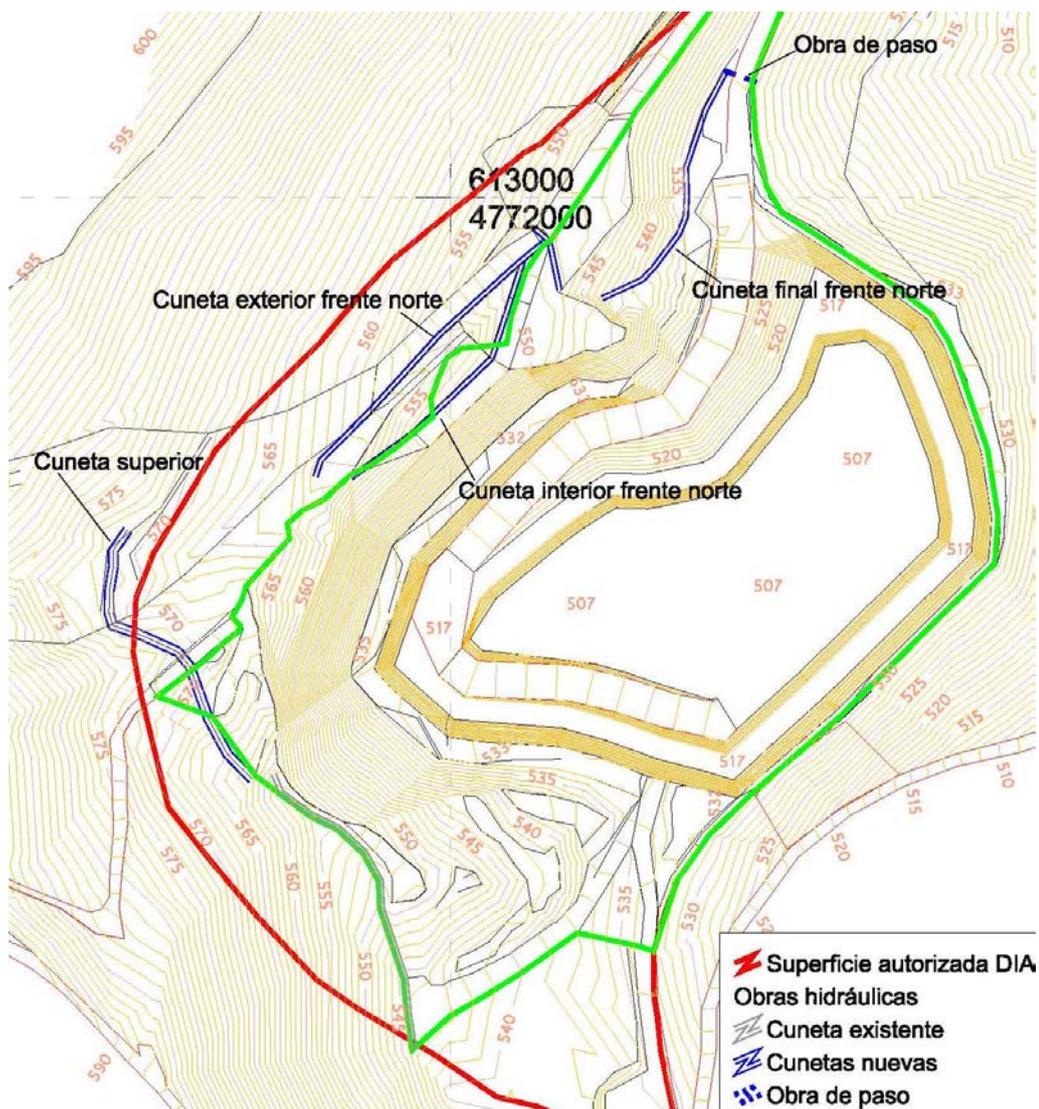
Por un lado se encuentran las aguas de escorrentía precipitadas en la parte superior de la ladera que ocupa la cantera. Dichas aguas a día de hoy llegan a la vaguada que forma la parcela 441 y se vierten sobre el frente norte. Esto acelera los procesos de inestabilidad detectados en el material coluvial. Para evitar esto, se ha proyectado la construcción de dos cunetas de guarda sobre el frente norte (una hacia el norte y otra hacia el sur), de forma que se recojan las aguas de escorrentía del exterior y se desvíen a los laterales de la cantera para que sigan drenando ladera abajo, sin entrar en contacto con la cantera.

Por otro lado se encuentran las aguas que se precipitan en la zona donde se desarrollará la explotación. La mayor parte de las aguas precipitadas dentro de la cantera llegan a la plaza de la cantera. La plaza de la cantera es una superficie irregular ligeramente deprimida, creando puntos bajos a las cotas 517. El método de arranque (por medio de voladuras) y la propia naturaleza del macizo rocoso hacen que la plaza tenga un carácter altamente permeable, de forma que estas aguas terminan infiltrándose en el terreno. Durante todo el periodo en el que se lleva trabajando por debajo de la cota 533 no se han observado embalsamientos o acumulaciones de agua.

Por último señalar que debido a las obras de estabilización del frente norte se va a crear un talud de desmonte sobre el coluvial de forma que se generarán aguas de escorrentía hacia el interior de la cantera. Para evitar esto y teniendo en cuenta que estas aguas únicamente tienen contacto con el perfil del terreno excavado y no son potencialmente contaminadas ni portadoras de sólidos en suspensión, se recogerán y unirán a las provenientes de la cuneta exterior de guarda de esta zona de la cantera.

En este Anexo se calculará el caudal punta que y se dimensionarán las cunetas para poder recoger y gestionarlo. En el plano nº 10 se muestran las distintas cunetas. Como recopilación se esquematizan las cunetas a dimensionar:

- Cuneta superior: Recoge aguas provenientes de las cotas superiores de la vaguada que forma la parcela 441. Evacúa las aguas sobre la cuneta existente en la zona oeste del frente.
- Cuneta exterior frente norte: Recoge aguas provenientes de las cotas superiores de la vaguada que forma la parcela 441. Evacúa las aguas sobre la nueva cuneta final del frente norte
- Cuneta interior frente norte: Recoge aguas provenientes del desmonte de estabilización del coluvial. Evacúa las aguas sobre la nueva cuneta final del frente norte
- Cuneta final frente norte: Recoge aguas provenientes de las dos nuevas cunetas de guarda del frente norte. Evacúa las aguas sobre la obra de paso
- Obra de paso: Recoge aguas provenientes de las nuevas cunetas de guarda del frente norte. Evacúa las aguas sobre la vaguada que hay aguas abajo



## 8.2. CÁLCULO DE CAUDALES

El método hidrometeorológico para calcular el caudal máximo al que se ha recurrido es el método más extendido y aplicado, el recogido en la Instrucción 4.12C de CARRETERAS.

Dicho método está basado en la adaptación realizada por Témez a los métodos de cálculo hidrometeorológico estadounidenses a las condiciones españolas. En concreto el método desarrollado por la instrucción recomienda emplear esta modificación del Método Racional atendiendo a la extensión de la cuenca. Dicho criterio se basa en delimitación del tamaño de cuenca apto para emplear este método a un máximo de tiempo de concentración ( $t_c$ ) de 6 horas. Por tanto, el primer paso y clave a la hora de elegir el método consiste en calcular el tiempo de concentración por medio de la expresión de Témez.

$$t_c = 0,3 \cdot \left( \frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76} \quad (1)$$

Donde:

- $t_c$  (h) es el tiempo de concentración
- $L$  (Km) es la longitud del cauce principal
- $J$  (m/m) es a pendiente media del cauce principal

El cálculo se realizará para el posterior dimensionamiento de las cunetas, por lo que habrá una cuenca por cuneta:

Cuneta - cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud (Km)	Cota inferior (m)	Cota superior (m)	Desnivel	Tc (horas)
Cuneta superior	18.441,13	0,255	562	638	76	0,13
C. exterior f. norte	19.293,63	0,306	548	645	97	0,15
C. interior f. norte	566,71	0,073	550	561	11	0,06
Cuneta final f. norte	20.907,67	0,392	534	645	111	0,19

El resultado mayor es de 0,19 horas, inferior a las 6 horas establecidas como tamaño máximo de cuenca para el cálculo de caudales descrito en la instrucción. Por lo tanto la metodología propuesta por Temez es apta para realizar este cálculo.

El método seguido emplea la siguiente fórmula para el cálculo de los caudales:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \quad (2)$$

Donde:

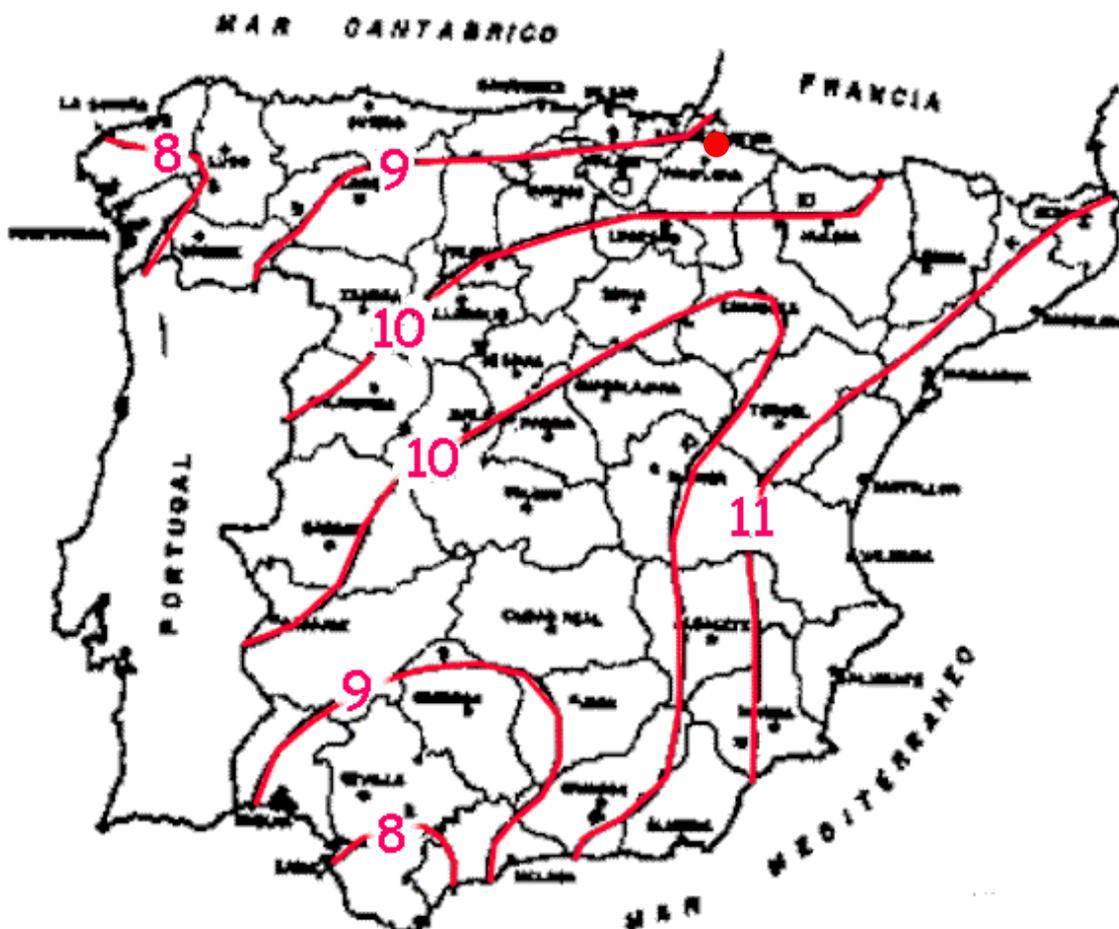
- $Q$  (m<sup>3</sup>/s) es el caudal máximo desaguado
- $I$  (mm/h) es la máxima intensidad de lluvia de duración igual al tiempo de concentración  $t_c$ , para el periodo de retorno fijado, y calculado por la expresión de Témez.
- $A$  (Km<sup>2</sup>) es la superficie de la cuenca drenada
- $C$  coeficiente teórico de escorrentía asociado a esta fórmula

Por lo tanto, es preciso determinar el valor de los parámetros  $C$  e  $I$ , ya que el área de las cuencas es conocida.

La máxima intensidad de lluvia ( $I$ ) se calcula por la expresión general; Intensidad máxima  $I$ , de duración  $t_c$  para un periodo de retorno determinado:

$$I = I_d \cdot \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - t_c^{0.1}}{28^{0.1}}} \quad (3)$$

Los valores obtenidos de la relación  $I_1/I_d$ ; se obtienen a partir del mapa desarrollado por el INM:



Como se observa, la localización exacta de la cuenca (señalada con punto rojo en el mapa) es difícil de precisar con exactitud en este mapa, pero se sitúa entre la isolínea de valor 9 y 10 del factor  $I_1/I_d$ . Se ha adoptado un valor de 9,2.

El valor de  $I_d$  es la intensidad horaria asociada a un periodo de retorno y se obtiene directamente de la Precipitación Máxima en 24 horas. A la hora de elegir la fuente de la que calcular dicho valor se ha recurrido a los datos de la estación meteorológica de Lekaroz contenidos en el Estudio Agroclimático de Navarra por ser la serie más larga y cercana. Como se puede observar en la ficha de la estación meteorológica adjunta, para un periodo de retorno de 10 años, le corresponde un valor de 108,7 mm.

El Coeficiente de Escorrentía  $C$  define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad  $I$ , y depende de la razón entre la precipitación diaria  $P_d$  correspondiente a cada periodo de retorno y el umbral de escorrentía ( $P_o$ ) a partir del cual se inicia esta.

La expresión de cálculo del coeficiente  $C$  es el siguiente:

$$C = \frac{(P_d - P_o)(P_d + 23P_o)}{(P_d + 11P_o)^2} \quad (4)$$

- $P_o$  para un determinado periodo de retorno
- $P_o = K P_o'$  donde K es un factor de mayoración
- $P_o'$  se obtiene de las tablas correspondientes

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los valores del parámetro  $P_o'$  en función de los usos y tipos de suelo.

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	>3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	>3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	>3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	>3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	<3	R/N	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	>3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	>3	Pobre	24	14	8	6

		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
		Pobre	58	25	12	7
	<3	Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
		Pobre	62	26	15	10
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	>3	Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
		Pobre	*	34	19	14
	<3	Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
		Pobre	*	34	19	14
	Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)	Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
Media		*	34	22	16	
Espesa		*	47	31	23	
Muy espesa		*	65	43	33	

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE (%)	UMBRAL DE ESCORRENTÍA (mm)
Rocas permeables	>3	3
	<3	5
Rocas impermeables	>3	2

	<3	4
Firmes granulares sin pavimento		2
Adoquinados		1,5
Pavimentos bituminosos o de hormigón		1

Notas:

1. N: denota cultivo según las curvas de nivel.

R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

2. \*: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida.

3. Las zonas abalancadas se incluirán entre las de pendiente menor del 3%.

Para determinar el tipo de suelo adecuado se recurre a la siguiente tabla:

GRUPO	INFILTRACION (cuando están muy húmedos)	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo- -limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el grupo D

La base para determinar el tipo de suelo y su tasa de infiltración es compleja. Generalmente se recurre a mapas geológicos en los que se determina en función de la roca madre el tipo de suelo. En este sentido existe otra cuestión interesante como es la profundidad del suelo. En el caso de la cuenca analizada en este Estudio, se ha

considerado un sustrato de roca poco permeable (se trata de roca no explotada mediante voladura). Por tanto se adopta como  $P_o'$  un valor de 4.

A partir del valor de  $P_o'$  se calcula el valor de  $P_o$  (ver ecuación y su leyenda). Para ello, se debe utilizar un coeficiente de mayoración, que según la instrucción, se obtiene del siguiente mapa:



Figura 3: Valores del coeficiente de mayoración K

Al igual que el caso de la figura 2, en esta ocasión la localización de las cuencas se encuentra en torno a la isolínea de valor 2. En este caso, se propone un valor de 2 para el coeficiente K.

### 8.3. CAUDALES ESTIMADOS

Una vez se han calculado los valores de los parámetros que intervienen en el cálculo de los caudales, se obtienen sus valores.

	Área	Longitud	$I_d$	$I_1/I_d$	$P_o'$	$K$	$P_o$	$Q$
Cuenca	m <sup>2</sup>	Km						m <sup>3</sup> /s
Cuneta superior	18.441,13	0,255	108,7	9,2	4	2	8	<b>0,405</b>
C. exterior f. norte	19.293,63	0,306	108,7	9,2	4	2	8	<b>0,400</b>
C. interior f. norte	566,71	0,073	108,7	9,2	4	2	8	<b>0,018</b>
Cuneta final f. norte	1.047,33	0,070	108,7	9,2	4	2	8	<b>0,434</b> (0,034+0,0400)

**Tabla 4:** Caudales estimados (en m<sup>3</sup>/s) para los distintos periodos de retorno

Estos caudales son los que se toman como referencia para el dimensionamiento de las cunetas.

#### 8.4. DIMENSIONAMIENTO

Para calcular las dimensiones de la sección transversal se recurre a la fórmula de Manning, que relaciona el caudal y las características de la sección de un canal en lámina libre.

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (4)$$

Su expresión es:

donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

n = Rugosidad

A = Area (m<sup>2</sup>)

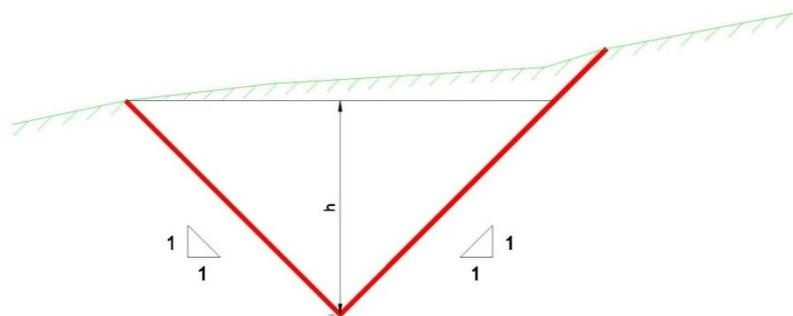
R = Radio hidráulico = Area de la sección húmeda / Perímetro húmedo

S = Pendiente

Conociendo el caudal que hay que evacuar, se calculan las dimensiones de la sección necesaria para la forma deseada.

##### 8.4.1. Cuneta Superior

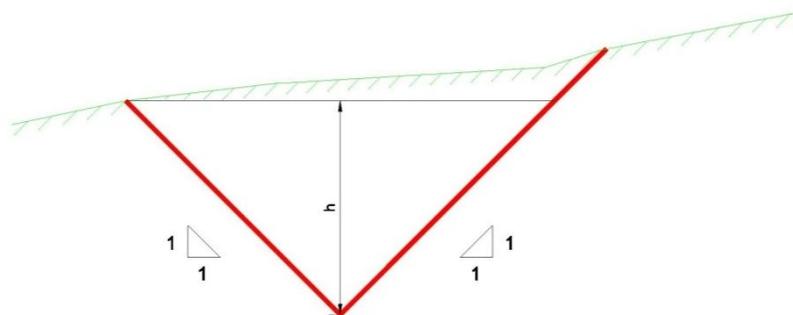
La longitud de la cuneta es de 42,29 m y una pendiente de 21,30 %. La cuneta superior consistirá en excavar una cuneta de forma triangular. En este caso se ha propuesto realizarlo con taludes 1/1.



Para un caudal de  $0,405 \text{ m}^3/\text{s}$  del periodo de retorno de 10 años, la ecuación de Manning da como solución un calado-altura de cuneta de  $0,40 \text{ m}$ , con lo que se ha optado por un calado de  $0,50 \text{ m}$  y una anchura de  $1,00 \text{ m}$ .

#### 8.4.2. Cuneta exterior frente norte

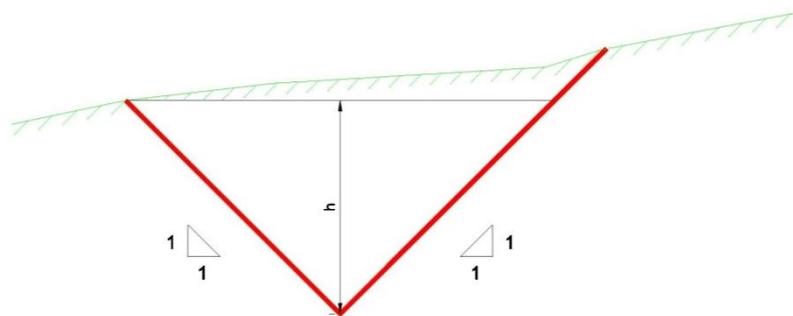
La longitud de la cuneta es de  $73,79 \text{ m}$  y una pendiente de  $17,60 \%$ . La cuneta superior consistirá en excavar una cuneta de forma triangular. En este caso se ha propuesto realizarlo con taludes  $1/1$ .



Para un caudal de  $0,400 \text{ m}^3/\text{s}$  del periodo de retorno de 10 años, la ecuación de Manning da como solución un calado-altura de cuneta de  $0,40 \text{ m}$ , con lo que se ha optado por un calado de  $0,50 \text{ m}$  y una anchura de  $1,00 \text{ m}$ .

#### 8.4.3. Cuneta interior frente norte

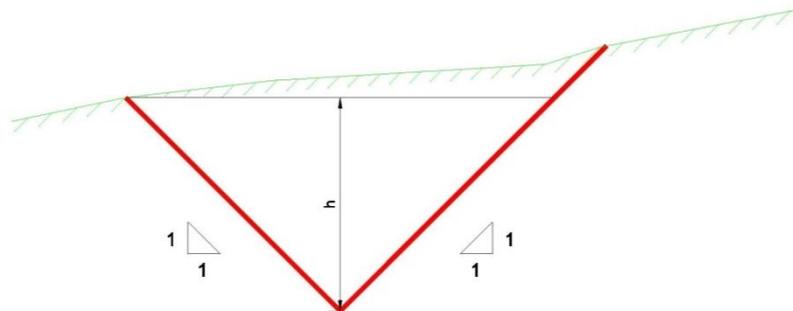
La longitud de la cuneta es de  $62,24 \text{ m}$  y una pendiente de  $17,70 \%$ . La cuneta superior consistirá en excavar una cuneta de forma triangular. En este caso se ha propuesto realizarlo con taludes  $1/1$ .



Para un caudal de  $0,018 \text{ m}^3/\text{s}$  del periodo de retorno de 10 años, la ecuación de Manning da como solución un calado-altura de cuneta de  $0,15 \text{ m}$ , con lo que se ha optado por un calado de  $0,25 \text{ m}$  y una anchura de  $0,50 \text{ m}$ .

#### 8.4.4. Cuneta final frente norte

La longitud de la cuneta es de  $60,75 \text{ m}$  y una pendiente de  $13,20 \%$ . La cuneta superior consistirá en excavar una cuneta de forma triangular. En este caso se ha propuesto realizarlo con taludes  $1/1$ .



Para un caudal de  $0,018 \text{ m}^3/\text{s}$  del periodo de retorno de 10 años, la ecuación de Manning da como solución un calado-altura de cuneta de  $0,44 \text{ m}$ , con lo que se ha optado por un calado de  $0,50 \text{ m}$  y una anchura de  $1,00 \text{ m}$ .

#### 8.4.5. Obra de paso

Por último se dispondrá una obra de paso formado por un tubo de hormigón de diámetro  $400 \text{ mm}$  para poder cruzar el camino y verter sobre la vaguada.

## **9. ANTEPROYECTO DE ABANDONO**

El objetivo del Anteproyecto de abandono es definir en líneas generales las actuaciones previstas en el final del periodo de explotación de la cantera, encaminadas a conseguir las condiciones de restauración adecuadas.

Este Anteproyecto deberá ser coherente con lo recogido en el Plan de Restauración de la explotación.

Así, en este apartado se describirán a grandes rasgos las acciones previstas de restauración y su alcance.

### **9.1. ESTABLECIMIENTO DE LA TOPOGRAFÍA FINAL**

Una vez agotada parcial o totalmente la explotación del recurso en la superficie autorizada se alcanzará la topografía final. En este caso una vez alcanzada la topografía final de extracción se habrá obtenido la topografía final de restauración, ya que ambas son idénticas.

Para ello, la cantera dispondrá de un frente principal desde la cota 565-550 hasta la 491 estructurada en distintos bancos (cotas 530, 515, 507 y 491).

En cada una de esas cotas se dispondrá de distintas superficies que se podrán emplear en las tareas de revegetación.

En los últimos años de la explotación las actividades extractivas se centrarán en entre las cotas 507 y 491, por lo que se pueden haber alcanzado la situación final en las superficies de cotas superiores.

### **9.2. DRENAJE**

La topografía final proyectada no considera el relleno del hueco de cantera aunque sí que considera que este puede contar con aportes de tierra para la mejora de la topografía final.

La depresión originada supone una alteración en las condiciones de drenaje superficial y la posibilidad de encharcamiento en los momentos en los que la pluviometría pudiera superar la capacidad de infiltración del terreno.

Con el fin de favorecer la eliminación de estas aguas está prevista la realización de perforaciones horizontales (a modo de zapatera) que desde las cotas inferiores de la cantera permita la evacuación de las aguas a través de ellas.

Estarán ubicadas en el frente este y permitirán evacuar las aguas hacia la cuneta del camino que discurre por las cotas inferiores por encima del cementerio.

Presentarán una ligera pendiente (10%) en sentido del hueco hacia el exterior.

### **9.3. RESTRUCTURACIÓN DEL SUELO**

En las superficies en las que se alcanza la topografía final la superficie del terreno se caracteriza por ser de roca con perfiles antrópicos, propios de su explotación mediante el uso de explosivos. Este tipo de terreno no favorece

el desarrollo en él de especies vegetales, por lo que es preciso llevar a cabo una reproducción de un suelo que mejore las posibilidades de la implantación de especies vegetales.

Se aportará la tierra del decapado de la cantera disponible, de forma que se alcance una altura de 50 cm.

Si en el transcurso de las labores de restauración se obtienen tierras y piedras de excavación, podrían ser empleados en el aporte y formación del suelo.

Es conveniente ir realizando estas labores conforme se van alcanzando la topografía final en las diferentes zonas.

#### **9.4. LABORES DE REVEGETACIÓN**

En la cantera se realizarán distintas labores de revegetación que tendrán como fin mejorar las condiciones ambientales de la superficie afectada y contribuir a una mejor integración en el entorno, pudiendo recuperar usos del terreno similares a los anteriores a la explotación.

La superficie afectada estaba clasificada como pastizal – matorral y en el mismo se observaban especies arbóreas formando pequeños grupos, con predominio de pastizales. Por tanto, se ha diseñado una restauración de acuerdo a los objetivos y a la vegetación existente en la zona.

En el plano nº 8 se muestran las distintas actuaciones de revegetación previstas en la cantera.

##### **9.4.1.1. Plantación lineal berma 515**

Se ha diseñado una pantalla arbórea a colocar en el borde Este de la cantera, en torno a la cota 515, con la principal finalidad de formar una pantalla visual, colocada en este caso en la zona de borde de la actuación.

Se dispondrá un caballón de tierras de 4,00 m de anchura por el perímetro. En el mismo se plantarán las siguientes especies arbóreas: *Fraxinus excelsior* y *Corylus avellana*. El espaciamiento entre cada pie será de 6 m. El ahoyado para la implantación de cada árbol será de 60x60x60 cm. El material vegetal llevará cepellón y su porte mínimo será de 1 m. Es preferible realizar el ahoyado con una antelación de 15 días a la plantación.

Esta labor se puede realizar cuando se acabe la extracción a la cota 515.

##### **9.4.1.2. Plantación lineal acceso actual**

Se ha diseñado una pantalla arbórea a colocar en el pie del talud principal, en el espacio que actualmente ocupa el acceso.

Se dispondrá un caballón de tierras de 4,00 m de anchura por el perímetro. En el mismo se plantarán las siguientes especies arbóreas: *Fraxinus excelsior* y *Corylus avellana*. El espaciamiento entre cada pie será de 6 m. El ahoyado para la implantación de cada árbol será de 60x60x60 cm. El material vegetal llevará cepellón y su porte mínimo será de 1 m. Es preferible realizar el ahoyado con una antelación de 15 días a la plantación.

Esta labor se puede realizar cuando se realice el acondicionamiento final de acceso y quede el acceso actual libre para labores exclusivas de restauración.

#### **9.4.1.3. Pradera rústica**

Se sembrarán especies herbáceas en las zonas indicadas compuestas por *Festucasp.* (mínimo 40%), *Ulexsp.* (25%) y *Trifoliumsp.* (mínimo 10%) junto con base de especies disponibles propias de la zona hasta completar el 100%.

Para asegurar una correcta cobertura se realizarán dos pasadas.

Se dispondrá de abono en la cantidad indicada por el proveedor de semillas.

Se efectuarán dos riegos en el momento de la siembra y a los 3 días.

Se realizarán en épocas propicias, preferiblemente entre el final del invierno y principio de primavera.

#### **9.4.1.4. Plantaciones en grupos**

Se realizarán plantaciones en dos zonas, en la entrada actual a la cantera y en la curva de la pista a la cota 510.

En las plantaciones en grupo se alternarán especies arbóreas y arbustivas, de forma que formen conjuntos heterogéneos.

Las plantaciones arbóreas estarán compuestas por *Fraxinusexcelsior*, *Corilus avellana* y *Pinus radiata*, mientras que las arbustivas serán *Crataegusmonogyna*, *Prunusspinosa*, *IlexAquifolium* y *Juniperuscomunis*.

Las plantaciones se realizarán evitando alineaciones y combinando distintas especies. Entre arboles habrá distancias de 5 m y entre arbustos de 3 m. Mezclados alternativamente son marcos de plantación 1 pie por 6,62 m<sup>2</sup>.

El ahoyado para la implantación de cada árbol será de 60x60x60 cm. El material vegetal llevará cepellón y su porte mínimo será de 1 m. Es preferible realizar el ahoyado con una antelación de 15 días a la plantación.

#### **9.4.1.5. Matorral y trepadoras**

Se propone colocar matorral y especies trepadoras de forma que vayan colonizando espacios en el frente de forma que oculten el propio frente o al menos le den un aspecto más naturalizado y asienten las bases del terreno.

Para ello se colocarán en la zona del acceso actual, para que se puedan desarrollar y ayuden a ocultar las formas antrópicas del frente por debajo del acceso actual.

Las especies propuestas para este fin son *Hedera hélix*, *Lonicerarigidum* y *Loniceraimplexa*.

Todas ellas, tendrán una altura aproximada de 40-60, 60-80 cm y una presentación en container de aproximadamente 14 l.

Se colocarán en ahoyados de 40x40x40 cm y aprovechando grietas, huecos y otros microrrelieves. Se colocarán a 1 m uno de otro.