



**ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DE
RESTAURACIÓN, EN LA CANTERA ZORCUNA, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL
DE MURIETA (NAVARRA).**

CLIENTE: VRESA

**REF. INFORME:
ES/GE022/0219
IRGE1119 0411.02**

ESTELLA, FEBRERO 2019

ÍNDICE

1	Introducción.....	1
2	Metodología	2
3	Marco geológico	3
	3.1 Marco geológico, cartografía	3
	3.2 Hidrogeología	6
4	Trabajos de campo.....	8
5	Estaciones geomecánicas. Análisis de inestabilidades	10
6	Consideraciones técnicas.....	50
7	Conclusiones y recomendaciones	55

ANEXOS:

ANEXO 1: Situación geográfica.

ANEXO 2: Mapa geológico y leyenda.

ANEXO 3: Situación de estaciones geomecánicas.

ANEXO 4: Representaciones estereográficas de estaciones geomecánicas.

ANEXO 5: Reportaje fotográfico.

ANEXO 6: Ensayos de laboratorio.

1 INTRODUCCIÓN

Se solicita a **GEEA Geólogos S.L.**, a requerimiento de la empresa de hormigones **VRE-SA** la prestación de servicios profesionales con relación a la cantera Zorcuna, situada en el Término Municipal de Murieta (Navarra), para el estudio de la estabilidad de los taludes de restauración existentes en la zona noreste de la explotación.

A fecha de abril de 2011 se realizó un estudio de la estabilidad de los taludes de restauración de dicha cantera, así como los taludes existentes junto a las instalaciones de tratamiento de material en la zona baja de la cantera. El informe actual es una actualización del estudio anterior, en el que se incluye el análisis de la estabilidad de los nuevos taludes abiertos desde esa fecha hasta la actualidad.

Los servicios recogidos en el presente informe, tratan de caracterizar el terreno desde el punto de vista geológico, con especial importancia en su disposición estructural, analizar las inestabilidades más probables y proponer las medidas más oportunas de cara a la estabilidad de los taludes.

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 GEEA Geólogos S.L., laboratorio acreditado para la realización de dichos ensayos.

Siendo estas cuestiones las que se exponen en este informe con fecha 18 de febrero de 2019.

2 METODOLOGÍA

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

Antecedentes del lugar.

1. IGME// Mapa geológico de España, hoja 140 (Estella), escala 1:50.000.
2. Gobierno de Navarra/Mapa Geológico de Navarra 140-III (Estella), escala 1:25.000.
3. Gobierno de Navarra// Mapa geológico de Navarra, escala 1:200.000.
4. Estudios previos realizados en la zona.
5. Estudio de estabilidad realizado en 2011.

Metodología

1. Visita técnica 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 de las nuevas bermas. Comprobación de los taludes en las zonas no modificadas por la actividad.
2. Análisis y estudio de inestabilidades en gabinete a partir de los datos recogidos en campo.
3. Redacción de informe técnico.

Contenidos en informe.

1. Descripción geológica general.
2. Situación de afloramientos y taludes naturales. Cartografía a pequeña escala.
3. Análisis de la estabilidad de los taludes existentes.
4. Conclusiones y recomendaciones.

3 MARCO GEOLÓGICO

3.1 MARCO GEOLÓGICO, CARTOGRAFÍA

Desde el punto de vista orográfico, esta zona se caracteriza por presentar alturas medias, comprendidas entre los 400 y 600 m, a excepción de una pequeña área situada en los Picos de Montejurra (al Sur de Estella), donde el relieve supera los 1.000 m de altitud.

Desde el punto de vista geológico, la zona está situada en el borde de la Depresión del Ebro. Los materiales que la constituyen son de origen continental, y principalmente de edades comprendidas entre el Oligoceno y el Mioceno.

Desde el punto de vista estructural, lo que ha caracterizado a esta zona es su relativa movilidad tectónica que ha ido acompañada de variaciones de cierta importancia en el espesor de las series detríticas. El hecho que más ha influido en la formación de estructuras es el diapiro de Estella y en menor medida el de Alloz, dando estructuras como la falla inversa de Ayegui, la falla de Muniain y las fallas transversales asociadas a ellas, la de Urbiola, Luquin. Otras estructuras relacionadas en parte con el diapiro son los sinclinales de Murieta y Olejúa-Monjardín y las fallas de Oco y de Learza-Monjardín.

El área objeto de la presente investigación se encuentra dentro del dominio estructural del **sinclinal de Murieta**.

La evolución tectónica global de la zona debe enmarcarse en el contexto de la apertura del Golfo de Vizcaya en relación con las fases alpinas que estructuraron la cadena Pirenaica.

En la estratigrafía se diferencian dos grupos sedimentarios diferentes, por una parte, el complejo marino, que comprende distintas litofacies de calizas, areniscas, margas, arcillas y yesos de edades comprendidas entre el Keuper y Eoceno. Por otra el complejo continental que está constituido por limos, margas, yesos y calizas de edades comprendidas entre el Hea-doniense y el Astaraciense. Dentro del complejo continental se han diferenciado a su vez cuatro unidades tectosedimentarias separadas unas de otras por discontinuidades sedimentarias.

Estratigráficamente limitándonos al área de Murieta afloran unas **calizas del Astaraciense**, que forman el sinclinal de Murieta y están constituidas por una al-

ternancia de calizas beiges, en capas de 0,50 m de potencia. Rellenando este sinclinal existen **unas arcillas rojas del Plioceno** apoyándose discordantemente sobre la unidad anterior. Se trata de arcillas y limos de color rojizo intenso, con cantos de calizas dispersos. Estos materiales representan el sustrato rocoso terciario aflorante bajo la cobertera cuaternaria existente en la zona del presente estudio, sin poder determinarse con exactitud si son las calizas o las arcillas las que se encuentran inmediatamente debajo de la cobertera cuaternaria.

Sobre los materiales descritos, la red de drenaje ha depositado durante el Cuaternario materiales de acarreo y se ha formado una extensa cobertera cuaternaria con el desarrollo de terrazas aluviales asociadas al río Ega y a sus afluentes, con un predominio de cantos rodados en una matriz arenosa; depósitos coluviales y de fondo de valles formados por gravas, arenas, y arcillas.

Concretamente la cantera Zorcuna se sitúa sobre las calcarenitas bioclásticas en bancos métricos, con cierto contenido terrígeno, de edad Coniaciense inferior-superior (Cretácico). Estos materiales están formados por calcarenitas de grano grueso a fino agrupadas en bancos métricos, entre los que aparecen pasadas margosas.

La potencia de esta unidad está estimada en unos 400-450 metros, aunque en otras zonas se ha observado con un espesor de hasta 700-800 metros.

Internamente presentan estratificación cruzada a gran escala, en sets de orden métrico a decamétrico. Hacia techo se observan superficies de estratificación muy bioturbadas y ricas en fauna bentónica (ostreidos, braquiópodos, serpulidos y corales).

Las calizas y calcarenitas explotadas en la cantera presentan un contenido en arcillas y arenas rojizas variable, siendo en algunas zonas muy importante. La aparición de estas zonas arcillosas parece tener una conexión directa con las zonas de mayor fracturación de la roca, apareciendo especialmente en zonas de fractura y fallas.

Estos materiales se encuentran dispuestos con un buzamiento general variable entre 20° - 30° hacia el Sur Suroeste, si bien en algunas zonas de la cantera se han interpretado buzamientos puntuales variables de entre 20° y 30° en dirección Este y Sureste.

Respecto a la fracturación que afecta a los materiales calcáreos, se han observado en los distintos taludes la existencia de numerosas fracturas y fallas, que en general dan un aspecto caótico a las paredes. Estas fracturas no son lo suficientemente relevantes para su cartografía individual en las paredes, sino que se pueden agrupar en varias familias con dirección de buzamiento similar que producen un cuarteo del material a pequeña escala, lo que junto con la nodulosidad del propio material produce ese aspecto caótico en las paredes, con el consiguiente desprendimiento de rocas puntuales sobre las bermas.

La fracturación observada en el macizo la analizaremos por taludes en los siguientes apartados del presente documento. De forma general, el aspecto que presentan los taludes vistos desde la plaza de cantera superior es el siguiente:



Se observa el aspecto de las bermas en la zona noreste de la cantera, con una fracturación intensa que le da ese aspecto caótico. Se observan también, desde esta vista general, algunas paredes lisas producidas por la extracción de los materiales durante la formación de los taludes, a favor de una familia de fracturas subverticales (con buzamientos observados de entre 70 y 90°) con dirección general N031E. Esta familia genera en ocasiones bloques en estado metaestable con aspecto de potencial caída por vuelco, si bien, a escala de afloramiento, esa inestabilidad no es tan evidente.

En el anexo 1 del presente informe, se presenta el mapa geológico y leyenda de la zona de estudio.

3.2 HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra en el margen sur de la unidad hidrogeológica de Lóquiz, situada en el extremo oeste de la Navarra media. Dicha unidad está formada por la Sierra de Lóquiz y la Sierra de Cantabria.

La unidad está constituida de forma general, por materiales calcáreos del cretácico superior (Coniaciense superior-Santonense inferior), con una transición gradual de facies más margosas en la zona norte a facies más arenosas al sur. La potencia de los materiales acuíferos es del orden de 300-350 metros, e incluso mayor en la zona oeste de la unidad. La base está formada por una formación margosa del Cretácico superior (Cenomaniense-Coniaciense inferior), con intercalaciones de calizas arcillosas en bancos finos con estructura nodular (*flysch* de bolas).

Los accidentes tectónicos más relevantes que afectan a esta unidad son el cabalgamiento de la Sierra de Cantabria con sus fallas paralelas asociadas, y las fosas tectónicas de Santa Cruz de Campezo, Acedo y Oco, en la cual se encuentra la parcela de estudio.

Dentro de la unidad se han diferenciado cuatro acuíferos kársticos; acuífero del Itxa-ko al norte, Alborón y Ancín en la zona central a lo largo del valle del Ega y el de Genevilla en el extremo oeste.

La recarga de los acuíferos se produce principalmente por infiltración de agua de lluvia, y en menor medida por los aportes de infiltración procedentes de los ríos Biarra y Ega.

El conjunto Mioceno-Plioceno, se compone de materiales de baja permeabilidad. En función de la fracturación que presenten, se puede infiltrar parte del agua de lluvia o del agua recogida por la red de drenaje superficial, pero no constituyen, a priori acuíferos de interés. La unidad caliza puede presentar por su parte una permeabilidad elevada debido a procesos de karstificación.

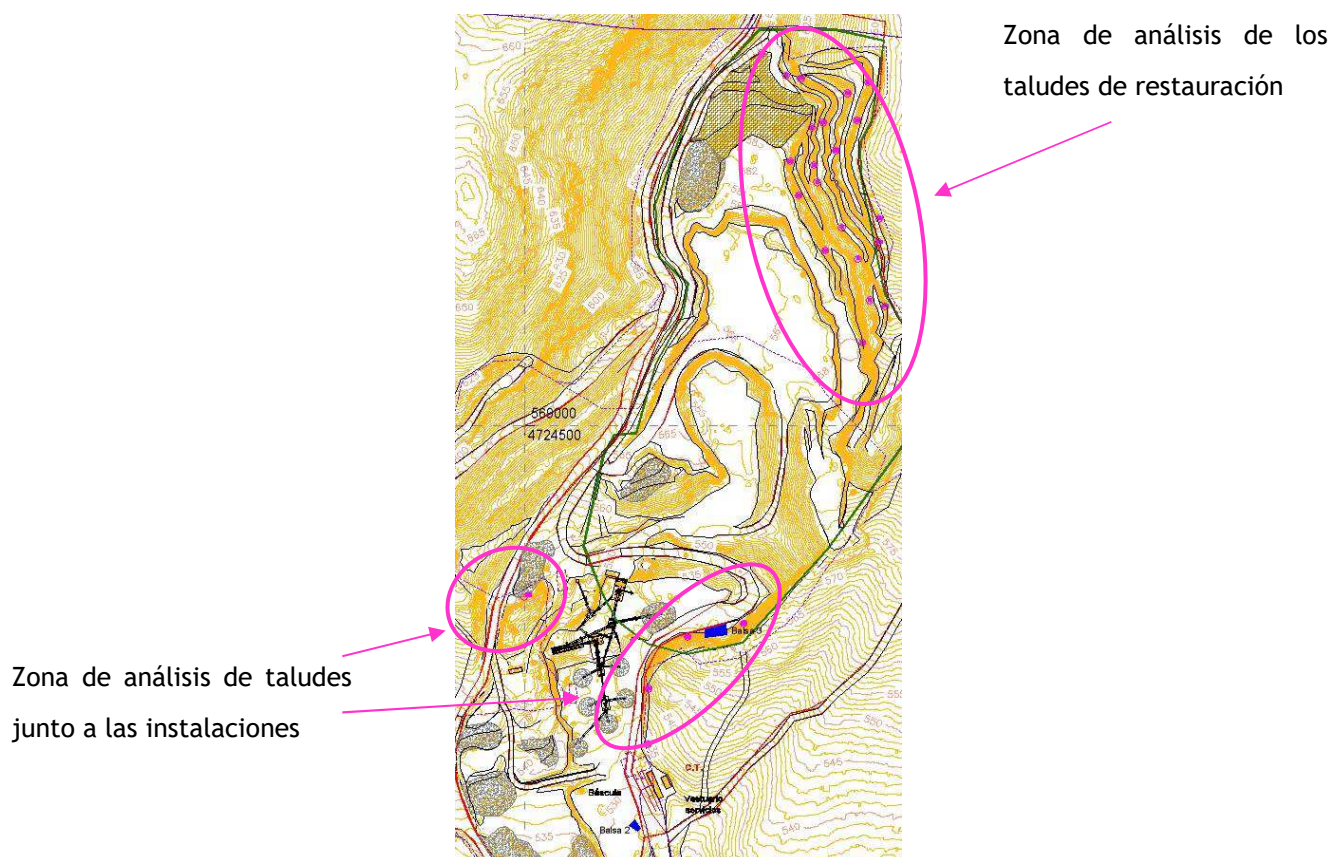
Los materiales calizos explotados en la cantera presentan una permeabilidad por fisuración y fracturación, si bien no se han observado indicios evidentes de karstificación que hagan pensar en la aparición de procesos de inestabilidad generados por este motivo.

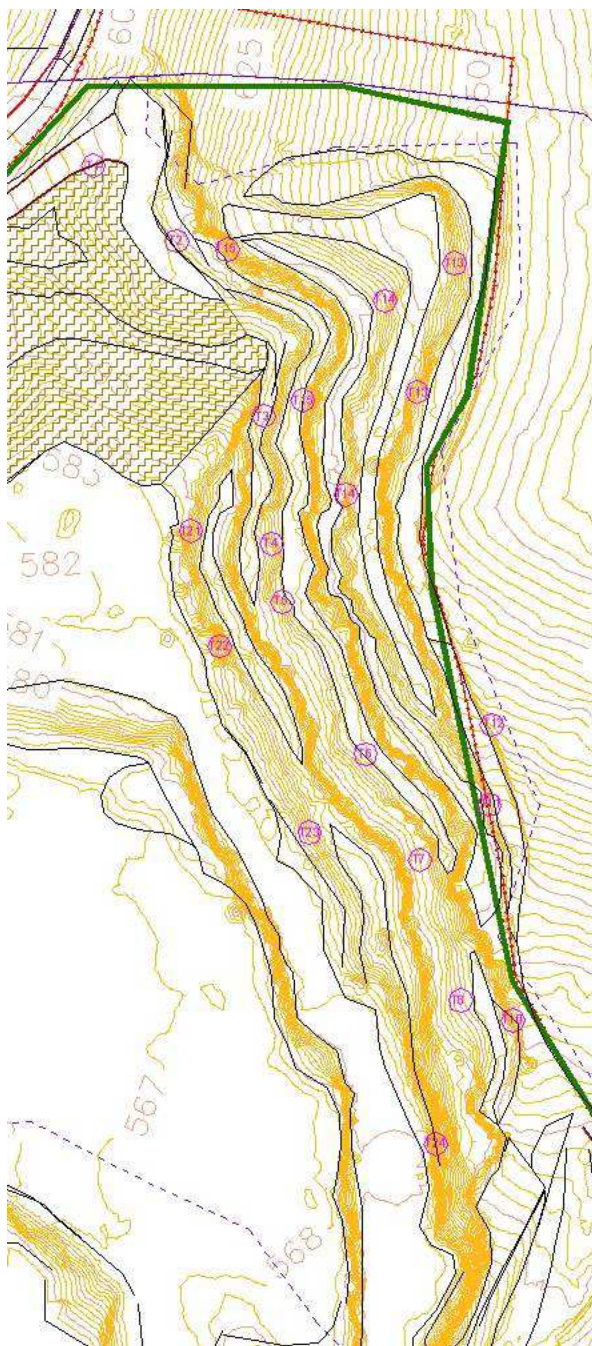
Durante la visita a la obra no se observaron filtraciones de agua a través de las fisuras de los taludes en ninguno de los afloramientos observados.

4 TRABAJOS DE CAMPO

De cara a la ejecución del presente estudio, el día 14 de febrero de 2019 se realiza una visita a la cantera en la que se comprueba el estado de los taludes existentes, cuyo análisis ya se contempló en el estudio anterior de 2011. Se han levantado nuevas estaciones geomecánicas en los nuevos taludes, creados por la actividad extractiva llevada a cabo desde la fecha del anterior estudio hasta ahora.

En el estudio inicial se establecieron veinte estaciones geomecánicas en la cantera, centrando el análisis especialmente en las bermas de restauración existentes en el extremo Noreste de la misma, así como en dos puntos más junto a la zona de tratamiento de material, uno al Oeste y otro al Este de la zona. Esto, se hizo así pues el peticionario hizo mención expresa de analizar los taludes para posibles actuaciones futuras de cara a la seguridad de la explotación y sus instalaciones. En la visita llevada a cabo ahora se levantaron cuatro estaciones geomecánicas a lo largo de la nueva berma existente.





En esta imagen podemos ver ampliada la zona de restauración. Las estaciones T1 a T20 fueron levantadas en el informe inicial. Las estaciones T21 a T24, en la berma más baja, se levantaron en la última visita realizada.

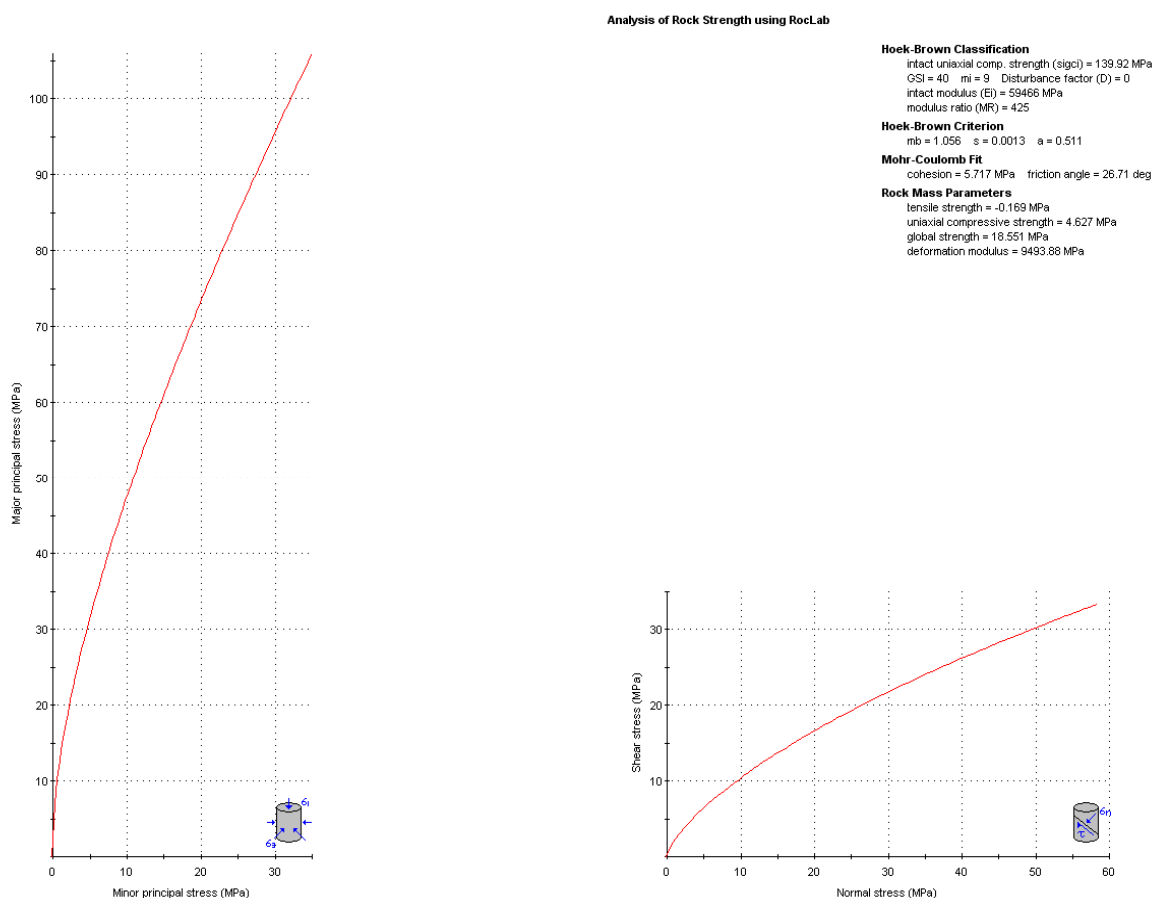
En el siguiente apartado se exponen los cálculos de estabilidad de todas las estaciones levantadas, añadiendo a las ya realizadas en el estudio anterior, las nuevas estaciones analizadas.

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 croquis de situación de la cantera (anexo 1), mapa geológico general y la leyenda (anexo 2), situación de afloramientos (anexo 3), representaciones estereográficas de las estaciones geomecánicas definidas en los taludes estudiados (anexo 4), el reportaje fotográfico (anexo 5) y los ensayos de laboratorio (anexo 6).

5 ESTACIONES GEOMECÁNICAS. ANÁLISIS DE INESTABILIDADES

De cara a la comprensión de la estructura general del macizo calcáreo en el que se em-
plaza la cantera de estudio, y para el estudio concreto de los taludes generados por la explo-
tación realizada, se levantaron varias estaciones geomecánicas en las que se realizaron las
oportunas medidas para el estudio de su estabilidad, tales como toma de medidas de direc-
ción de fracturación y buzamientos, características de las discontinuidades, espaciados, resis-
tencias de la matriz rocosa, etc.

A partir de una resistencia característica para este tipo de rocas de $1.399,2 \text{ kg/cm}^2$ y
según los datos de campo obtenidos se obtiene los siguientes parámetros mecánicos para la
formación.



A continuación, se describen las distintas estaciones geomecánicas y el estudio de los procesos de inestabilidad observados para cada una de ellas.

El material observado en la cantera es homogéneo en todos los taludes analizados, aunque varía la cantidad de arcillas rojizas que aparecen en los interestratos y en las zonas de mayor alteración asociadas a las fracturas que afectan al macizo. El tipo de explotación realizada ha dejado en la zona taludes subverticales de entre 6 y 11 metros de altura, con bermas de anchura variable, de entre unos 5 metros hasta incluso menores de 2 metros en algunas zonas puntuales.

En un macizo rocoso como en el que nos encontramos, los procesos de inestabilidad a los que nos referimos son la caída de bloques y masas de material provocada por la intersección de discontinuidades (estratificación, fracturas, fallas, etc.) con la superficie del talud abierto en una zona concreta. De esta forma, la disposición de esas discontinuidades respecto al talud producirá la aparición de roturas en cuña, roturas planares y vuelcos.

- o Roturas planares. Roturas en las que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana. Para que se den, los rumbos del plano del talud y del plano de deslizamiento deben ser paralelos o subparalelos, formando un ángulo máximo entre sí de 20°. Así mismo, el buzamiento de la superficie de deslizamiento deberá ser inferior a la inclinación del talud, para que pueda cortarlo.
- o Roturas por cuñas. Para que se de esta rotura deben existir dos familias de discontinuidades de rumbos oblicuos respecto al del talud, quedando el rumbo de este comprendido entre los de las familias de discontinuidades. Además, la inclinación de la superficie de deslizamiento, la cual viene dada por la intersección de las dos familias de discontinuidades, deberá ser menor que la inclinación del talud.
- o Roturas por vuelco. Este tipo de roturas suponen la rotación de columnas o bloques de roca. Este tipo de roturas se produce cuando dos familias de discontinuidades ortogonales forman un sistema de bloques en donde la estabilidad se cuantifica mediante la fuerza estabilizadora que ha de aplicarse a la columna

de material en el pie del talud.

A continuación, se exponen una a una todas las estaciones geomecánicas analizadas, definiendo los procesos observados y describiendo el análisis de las inestabilidades observadas en cada uno.

Las estaciones comprendidas entre la T1 a la T15, y de la T21 a la T24, fueron levantadas en los taludes de restauración existentes en el extremo noreste de la cantera. Su distribución puede observarse en el plano adjunto en el anexo 3.

Como se puede observar, las nuevas estaciones T21 a T24 se levantaron en el talud de la berma más baja, en torno a 582 metros (no se tiene en cuenta en este estudio la berma inferior, cuya base está a 568 metros ya que es una berma en la cual se sigue explotando material).

Los taludes de las bermas superiores no han sido tocados durante estos años, a excepción de los taludes en los que se establecieron las estaciones T1 y T2, los cuales han sido cubiertos por material de rechazo que se está acopiando en la zona norte de la explotación. Aún así, a continuación, exponemos también la descripción de estos taludes que se realizó en su día, ya que, aunque actualmente no estén a la vista, su análisis ayuda al estudio en conjunto de todo el macizo.

❖ Estación geomecánica T1

Situada en los taludes existentes en el extremo norte de la berma de altura 601 metros, actualmente cubiertos por material de rechazo. Talud que gana altura hacia el sur, desde 1 hasta 5 metros. La litología observada son calizas y calcarenitas nodulosas recristalizadas de colores grises a beige con tonalidades rojizas debido a las arcillas de alteración y a las arcillas que aparecen entre las fracturas. Material muy fracturado. El aspecto del talud es a primera vista caótico.

En la siguiente fotografía se observa el aspecto que presenta el talud analizado en el año 2011. Se observa una gran fracturación sin apreciarse claramente la estratificación. Las tonalidades rojizas se deben a las arcillas que aparecen en las fisuras existentes entre la ro-

ca.



En este afloramiento no se identifica de forma clara la orientación de la estratificación.

GEOMETRIA DEL TALUD T1 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	70
Orientación talud [°]	167
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	4

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	314	86	20
2	40	84	20

De cara a la seguridad, la cohesión de todas las discontinuidades se considera 0.00 kN/m³. Así mismo, consideraremos taludes en condiciones drenadas ya que no se observó la aparición de agua en ninguno de los taludes estudiados. Estas dos premisas se tendrán en cuenta en todos los taludes analizados.

Las representaciones estereográficas obtenidas para este afloramiento se adjuntan en el anexo 4 del presente documento.

No se obtiene ninguna cuña inestable en este talud para las familias de fracturas reconocidas. Así mismo, tampoco se observan discontinuidades propensas a sufrir roturas planares ni por vuelco.

Se puede considerar que el más importante aspecto desestabilizador en este caso es la caída de bloques de poco tamaño debido a la gran nodulosidad del material y a la gran persistencia de las fracturas observadas, aunque no afectará a grandes bloques ni cuñas de material.

Para este talud no se considera necesaria la ejecución de medidas preventivas de cara a la estabilidad, ya que se encuentra actualmente cubierto.

❖ Estación geomecánica T2

Situada en la continuación del talud anterior hacia el sur. La litología es la misma que en el caso anterior, calcarenitas y calizas recristalizadas, nodulosas, con arcillas rojizas rellenando fisuras y zonas de fractura.

En la siguiente fotografía se observa el aspecto que presenta esta zona del talud.



Al igual que en el caso anterior, el talud presenta un aspecto caótico debido a la gran fracturación y la nodulosidad del material. Es reseñable la apertura de algunas fracturas, que llegan a ser en ocasiones de varios centímetros y aparecen huecas, lo que parece ser produci-

do por los trabajos de voladura y extracción de la caliza.

GEOMETRIA DEL TALUD T2 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80
Orientación talud [°]	240
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	7

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	020	82	20
2	090	82	20

Al igual que en el caso anterior, no se han obtenido cuñas reseñables ni discontinuidades que puedan generar roturas planares o por vuelco.

Las representaciones estereográficas obtenidas para este caso se adjuntan en el anexo 4.

El proceso de inestabilidad más importante que afecta a este talud es la caída de bloques de tamaño variable, a priori no muy elevado, debido a la gran fracturación y fisuración del material, especialmente en la zona más externa del talud, en donde los trabajos de extracción llevados a cabo han originado fisuras abiertas que dan un aspecto metaestable a algunos bloques. Este talud se encuentra actualmente cubierto por material de rechazo, por lo que no es necesaria la toma de medidas para garantizar su estabilidad.

❖ Estación geomecánica T3

Situada en la continuación hacia el sur del talud anteriormente analizado, en la berma de cota 601-603 m.s.n.m.

En este caso, la litología sigue siendo la misma que en los casos anteriores. En la siguiente imagen se puede observar el aspecto que presenta el talud:



Se observa una familia de fracturas dominante, con dirección de buzamiento 035-045, subverticales, que cuarteán todo el material, lo que, junto con la nodulosidad del mismo, y fracturas más puntuales, dan un aspecto muy fracturado al conjunto.

Las características del talud analizado y las familias en las que se agrupan las fracturas y discontinuidades observadas en esta estación son las siguientes:

GEOMETRIA DEL TALUD T3 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	75
Orientación talud [°]	288
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	7

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	043	87	20
2	230	20	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para esta estación los

siguientes factores de seguridad para las cuñas resultantes:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS)

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
043	87	SI	230	20	SI	9.91

En este caso, para las familias de discontinuidades definidas y la orientación de talud considerado se ha obtenido una cuña, con un F.S. de 9,91, la cual es en las condiciones analizadas estable.

No se observan procesos de inestabilidad por rotura planar ni por vuelco.

❖ Estación geomecánica T4

En esta estación, situada en el mismo talud que la anterior en su continuación hacia el sur, únicamente la comentamos para hacer referencia a la gran fracturación de la roca que se observa, con la aparición de fracturas superficiales con apertura de varios centímetros, probablemente por los trabajos de extracción llevados a cabo en el material.

Las fracturas aquí observadas siguen siendo las mismas que las definidas en la estación anterior, por lo que no las analizaremos aquí. A continuación, se adjunta una fotografía del aspecto de esta zona del talud:



❖ Estación geomecánica T5

Situada al sur de la estación T4, en la misma berma.

En este caso, se observan en campo dos familias claramente diferenciadas, una de ellas con una dirección de buzamiento de entre N038E y N045E y otra con fracturas de dirección de buzamiento entre N100E y N128E, ambas con buzamientos subverticales.

En la fotografía siguiente se observa el afloramiento analizado.



GEOMETRIA DEL TALUD E5 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	75
Orientación talud [°]	248
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	5

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	034	78	20
2	091	88	20
3	250	80	20
4	128	90	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, no se obtiene para esta estación ninguna cuña que pueda ser inestable. Así mismo, no se han observado discontinuidades en disposición de desarrollar roturas planares ni por vuelco.

Para este afloramiento, de cara a garantizar su estabilidad, es recomendable realizar un saneo que elimine los bloques que puedan estar en equilibrio metaestable.

❖ Estación geomecánica T6

Situada en la misma berma que las estaciones anteriores, al sur de las mismas. En este caso consideraremos dos orientaciones de talud diferentes, ya que el talud va girando, aunque las fracturas que afectan al material son constantes a lo largo de toda su longitud.

En este caso, se observa unas discontinuidades que presentan un buzamiento de 20° en dirección N295E que podrían interpretarse como estratificación, si bien esa dirección no se corresponde con la estratificación observada en la zona sur de la cantera (estaciones T16 a T18), en donde la estratificación aparece claramente buzando hacia el sur.

El estado de este afloramiento se puede observar en la siguiente fotografía:



GEOMETRIA DE LOS TALUDES T6A Y T6B Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80	80
Orientación talud [°]	243	227
Roca densidad [kN/m³]	26	26
Altura [m]	5	5

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	224	90	20
2	190	73	20
3	335	72	20
4	283	88	20
5	090	50	20
6	270	55	20
7	295	20	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para esta estación los siguientes factores de seguridad para las cuñas resultantes:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS) - TALUD T6A

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
190	73	SI	335	72	SI	0.48
190	73	NO	283	88	NO	0.00
190	73	NO	270	55	SI	0.07
190	73	SI	295	20	SI	0.86
335	72	NO	270	55	NO	0.00
335	72	SI	295	20	SI	1.57
283	88	SI	270	55	SI	2.60
090	50	SI	270	55	SI	99.99

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS) - TALUD T6B

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
190	73	SI	335	72	SI	0.47
190	73	NO	283	88	NO	0.00
190	73	NO	270	55	SI	0.07
190	73	SI	295	20	SI	0.83
335	72	NO	270	55	NO	0.00

335	72	SI	295	20	SI	1.57
283	88	SI	270	55	SI	2.57
090	50	SI	270	55	SI	99.99

En este caso, para las familias de discontinuidades definidas y las orientaciones de talud consideradas se han obtenido varias cuñas inestables, de las cuales dos de ellas presentan un factor de seguridad de 0.

No se observan discontinuidades susceptibles de generar inestabilidades planares ni por vuelco.

❖ Estación geomecánica T7

Situada al sur de la estación T6, en la misma berma. En la siguiente fotografía se puede observar el aspecto del afloramiento.



En este caso, las fracturas observadas se han agrupado en tres familias, una de dirección de buzamiento N055E, otra de dirección de buzamiento N335E, ambas subverticales, y otra de dirección N295E con buzamiento de 20°, interpretable como la estratificación.

GEOMETRIA DEL TALUD T7 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80
Orientación talud [°]	277
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	18

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	055	80	20
2	335	90	20
3	295	20	20

La representación estereográfica obtenida se adjunta en el anexo 4 del presente documento.

En este caso, para las familias de discontinuidades definidas y la orientación de talud considerado se ha obtenido una rotura por cuña, formada por la posible estratificación y la familia de fracturas subverticales con dirección de buzamiento N055E.

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS)

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
055	80	NO	295	20	SI	0.79

No se observan indicios de procesos de inestabilidad planar ni por vuelco.

❖ Estación geomecánica T8

Situada al sur de la anterior, en la misma berma, es la última de las estaciones situada en la berma de cota 601 m. en la que analizaremos la fracturación. La litología observada es similar a la de los casos anteriores.

GEOMETRIA DEL TALUD T8 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80
Orientación talud [°]	253
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	8

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	044	86	20
2	188	85	20
3	198	55	20
4	285	88	20
5	335	90	20
6	270	55	20
7	295	20	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para esta estación los siguientes factores de seguridad para las cuñas resultantes:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS)

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
044	86	NO	270	55	SI	0.07
044	86	NO	295	20	SI	0.79
188	85	SI	198	55	SI	3.80
188	85	NO	270	55	SI	0.05
188	85	SI	295	20	SI	0.86
198	55	SI	285	88	NO	0.00
198	55	SI	270	55	SI	0.15
198	55	SI	295	20	SI	0.86
285	88	SI	270	55	SI	2.28

En este caso, para las familias de discontinuidades definidas y la orientación de talud considerado se han obtenido varias cuñas con un F.S. por debajo de 1.00, lo que supone que son inestables. No se observan procesos de rotura planar, ni por vuelco en esta estación.

❖ Estación geomecánica T9

Con esta estación nos referimos a la parte final del talud de la berma de cota 601 m.s.n.m., en donde la altura del talud va disminuyendo desde los 7-8 metros hasta desaparecer. En esta zona, las calizas y calcarenitas se observan más masivas, fracturadas, pero con un aspecto más compacto y masivo.

No se observan problemas de inestabilidad importantes, a excepción de la posible caída de algún bloque en equilibrio metaestable.

❖ Estación geomecánica T10

Situado sobre el talud T8, en la berma de 613 metros de altura. La litología observada es similar a la de los casos anteriores.

En la imagen siguiente se observa la berma y el talud considerado.



GEOMETRIA DEL TALUD T10A Y T10B, Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80	80
Orientación talud [°]	239	267
Roca densidad [kN/m³]	26	26
Altura [m]	8	8

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
------------	---------------	---------	---------

1	031	89	20
2	293	87	20
3	341	82	20
4	100	50	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, no se obtiene para esta estación ninguna cuña que pueda ser inestable. Así mismo, no se han observado discontinuidades en disposición de desarrollar roturas planares.

No obstante, las discontinuidades pertenecientes a las familias 1 y 4 buzan en dirección al interior del talud presentando zonas en voladizo, que son susceptibles de caída. Estos materiales que aparecen en voladizo deberían ser eliminados mediante saneo.

❖ Estación de geomecánica T11

Estación levantada en el talud sobre la berma de cota 625 metros. Talud formado por el mismo material que en los casos anteriores, aunque en algunas zonas aparece cubierto por material caído de la zona superior.

La berma presenta abundante tierra vegetal dispuesta bajo los taludes. A continuación, se puede observar el aspecto de esta berma y del talud.



La altura del talud es de unos 3 metros. El aspecto general a primera vista no es problemático. Esto se corrobora con el resultado del análisis estructural, que no refleja cuñas ni procesos de inestabilidad relevantes.

GEOMETRIA DEL TALUD T11, Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80
Orientación talud [°]	248
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	3

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	037	84	20
2	280	95	20
3	165	90	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, no se obtiene para esta estación ninguna cuña que pueda ser inestable. Así mismo, no se han observado discontinuidades en disposición de desarrollar roturas planares.

Por otro lado, en la berma se observan algunas grietas que separan bloques de material metaestable del talud inferior (T7), como en el caso de la imagen siguiente, estas deberán ser saneadas.



❖ Estación geomecánica T12

Estación geomecánica situada en el camino de acceso a las bermas superiores, situado sobre el talud T11. El talud que presenta la margen derecha de dicho camino, tiene una altura variable de entre 0 y 4 metros, con una inclinación variable, desde vertical en algunos puntos, hasta de unos 60° en las zonas en las que su altura es más elevada.

En dicho talud se observan calizas arenosas, nodulosas, en estratos de potencia variable entre 10 y 20 centímetros, con intercalaciones de margas de espesor centimétrico, con algunas pasadas carbonosas oscuras dispersas.

El buzamiento aparente que presentan estos estratos es de entre 10 y 20°, N060E, lo que no corresponde a la estratificación observada en las estaciones anteriores (en el talud T6 se interpreta una discontinuidad como estratificación buzando 20° N295E). No obstante, esta dirección NE sí que es más coherente con la observada en las estaciones T17 y T18, en donde como veremos más adelante, la estratificación presenta un buzamiento de 20-30° N150-180E.

En la foto siguiente se observa el aspecto de estos materiales.



No se observaron zonas problemáticas en toda la longitud del talud, por lo que se considera que el talud es estable.

❖ Estación geomecánica T13

Situada al norte de la explotación, sobre la berma de cota 635.

Talud de altura variable de hasta 12 metros en su punto más alto. La inclinación del talud es de entorno a 70-80°. Para el análisis de la estabilidad de la roca se consideran tres orientaciones de talud.

GEOMETRIA DEL TALUD T13 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80	80	80
Orientación talud [°]	289	265	249
Roca densidad [kN/m³]	26	26	26
Altura [m]	11	11	11

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	210	89	20
2	270	88	20
3	155	70	20
4	305	77	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para esta estación los siguientes factores de seguridad para las cuñas resultantes:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 13A

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
210	89	NO	305	77	NO	0.00
155	70	SI	305	77	SI	0.51

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 13B

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
210	89	NO	305	77	NO	0.00
155	70	SI	305	77	SI	0.63

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 13C

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
270	88	NO	155	70	NO	0.00
155	70	SI	305	77	SI	0.66

En este caso, para las familias de discontinuidades definidas y la orientación de talud considerado se han obtenido varias cuñas, todas con F.S. por debajo de 1, lo que supone que son inestables. No se observan procesos de rotura planar ni por vuelco en esta estación.

❖ Estación geomecánica T14

Situada en la berma inferior a la estación T13, a la cota 625 metros. Talud de altura variable de hasta 12 metros en su punto más alto. La inclinación del talud es de entorno a 80°. Para el análisis de la estabilidad de la roca se consideran dos orientaciones de talud.

GEOMETRIA DEL TALUD T14 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80	80
-----------------------	----	----

Orientación talud [°]	281	251
Roca densidad [kN/m³]	26	26
Altura [m]	11	11

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	210	89	20
2	270	88	20
3	155	70	20
4	305	77	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para esta estación los siguientes factores de seguridad para las cuñas resultantes:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 14A

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
210	89	NO	305	77	NO	0.00
155	70	SI	305	77	SI	0.57

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 14B

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
155	70	SI	305	77	SI	0.65

En este caso, como en el caso anterior ya que las estaciones están definidas en el mismo talud general a diferente altura, para las familias de discontinuidades definidas y las orientaciones de talud consideradas se han obtenido varias cuñas, todas con F.S. por debajo de 1, lo que supone que son inestables. No se observan procesos de rotura planar, ni por vuelco en esta estación.

❖ Estación geomecánica T15

Situada en el talud de la berma de cota 610. En este caso se han tomado cinco orienta-

ciones de talud diferentes. El talud presenta una altura homogénea de 12 metros. La inclinación del talud es de entorno a 80-90°. En la fotografía siguiente se observa el talud en el que se define esta estación.



GEOMETRIA DEL TALUD T15 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80	80	80	80	80
Orientación talud [°]	239	201	289	268	245
Roca densidad [kN/m³]	26	26	26	26	26
Altura [m]	12	12	12	12	12

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	010	70	20
2	243	60	20
3	285	65	20
4	060	20	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para esta estación los siguientes factores de seguridad para las cuñas resultantes:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 15A

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
010	70	NO	243	60	SI	0.04
243	60	NO	285	65	NO	0.00

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 15B

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
243	60	NO	285	65	NO	0.00

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 15C

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
010	70	SI	243	60	SI	0.38
010	70	SI	285	65	NO	0.05
243	60	NO	285	65	NO	0.00
243	60	SI	060	20	SI	27.42
285	60	NO	060	20	SI	1.12

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 15D

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
010	70	SI	243	60	SI	0.38
010	70	NO	285	65	NO	0.00
243	60	SI	285	65	NO	0.01
243	60	SI	060	20	SI	27.38

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 15E

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
010	70	SI	243	60	SI	0.37
243	60	SI	285	65	SI	0.01

243	60	SI	060	20	SI	26.53
-----	----	----	-----	----	----	-------

En este caso, para las familias de discontinuidades definidas y las orientaciones de talud consideradas se han obtenido varias cuñas con F.S. por debajo de 1, lo que supone que son inestables.

Se observa para los casos de talud 15A y 15E, un plano susceptible de sufrir un deslizamiento planar. Dicho plano es el que constituye la familia nº 2, 60°N243E. Para ambos casos, el factor de seguridad obtenido para este tipo de rotura respecto a los taludes 80°N239E (talud 15A) y 80°N245E (talud 15E), es de 0,21.

Es de resaltar en este talud la gran cantidad de bloques y fragmentos rocosos caídos del talud y acumulados en la base del mismo, creando acumulaciones de material suelto en la berma, la cual a su vez está cubierta de tierra vegetal.

Así mismo, como ya se ha observado en otras bermas, se observan algunas grietas de tracción en las mismas, definiendo bloques metaestables en el talud inferior, que deberán ser saneadas.

❖ Estación geomecánica T16

Estación levantada en el promontorio rocoso existente al suroeste de la explotación, junto a las instalaciones de clasificación de material.



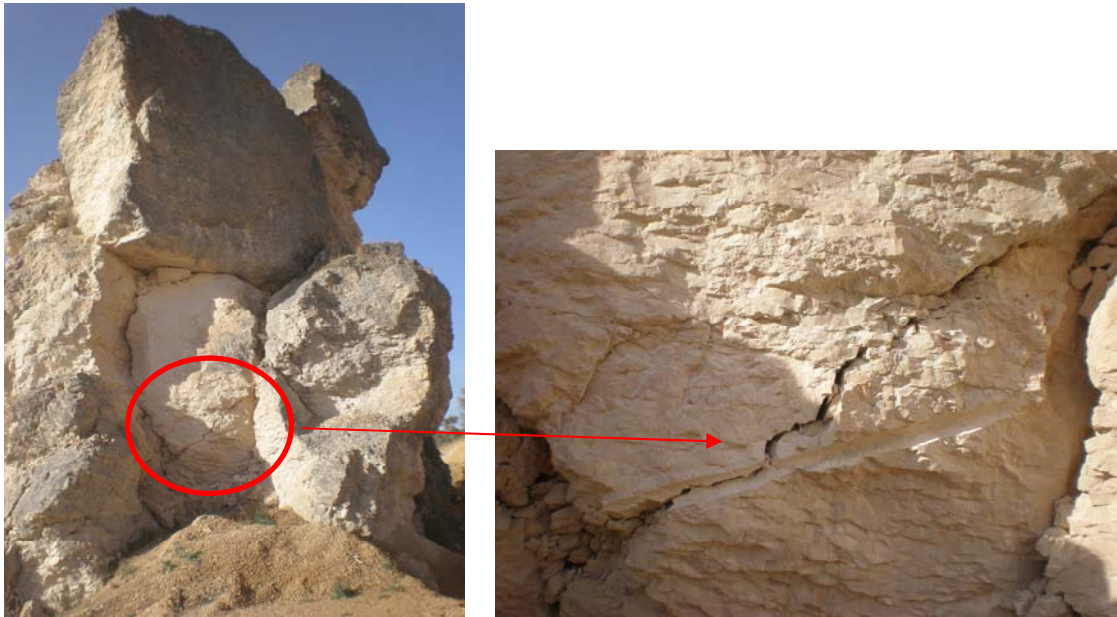
A continuación, se adjuntan dos imágenes del promontorio rocoso; la de la izquierda de su lado Norte, y la de la derecha de su lado Oeste. Se observa que dicho promontorio está formado por varios grandes bloques de caliza masiva, nodulosa, con una disposición estructural tal que buza entre 10° y 25° en dirección N220-250E. El lado Oeste del promontorio presenta un talud verticalizado, mientras que el lado Este presenta un talud tendido de entre 40 a 60° .



Rellenando los interestratos de caliza aparecen arcillas margosas, cuyo espesor no es

superior a 10 cm.

Se observa en el lado norte del promontorio la aparición de grietas en el bloque rocoso inferior, generadas por el peso del bloque superior. Esto se puede ver en las siguientes fotos.



A primera vista no se observan indicios de inestabilidades de importancia que generen bloques inestables. A continuación, analizaremos el talud Oeste del promontorio, en el que es más probable la existencia de procesos de inestabilidad.

GEOMETRIA DEL TALUD T16 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	85
Orientación talud [°]	329
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	17

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	065	87	20
2	137	72	20
3	221	15	20
4	345	85	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para esta estación una sola cuña, formada por la intersección de la familia de fracturas 85°N345E con la estratificación. El factor de seguridad resultante es el siguiente:

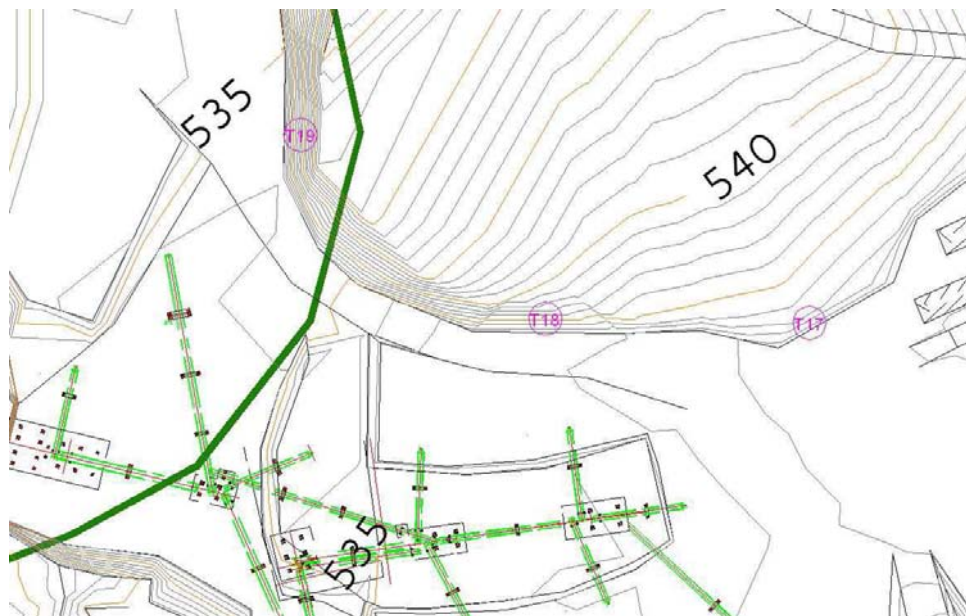
FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 15A

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
221	15	SI	345	85	NO	1.30

No se observan indicios de procesos de inestabilidad tales como roturas planares o vuelcos.

❖ Estaciones geomecánicas T17 y T18

Estaciones levantadas en la zona baja de la explotación, en su lado Este, junto a la explanada en la que se encuentran las infraestructuras de tratamiento de material.



La zona del talud en la que se levanta la estación T17 está “camuflada” por el polvo generado por el tratamiento del material y el trasiego de maquinaria.

Las litologías de este talud, al igual que en el caso de la estación T18, son calizas nodulosas en bancos de entre 20 y 30 cm de potencia, encontrándose buzando 30-32° N150-170E.



No se observan fallas ni fracturas de importancia que puedan desestabilizar el talud o crear peligro de caída de grandes bloques de material.

GEOMETRIA DEL TALUD T18A Y T18B Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80	80
Orientación talud [°]	270	312
Roca densidad [kN/m ³]	26	26
Altura [m]	6	6

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	057	66	20
2	160	31	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, no se obtiene para esta estación ninguna cuña que pueda ser inestable. Así mismo, no se han observado discontinuidades en disposición de desarrollar roturas planares.

Se observa la presencia de materiales coluviales en la zona alta del talud, lo que puede generar la caída de bloques y rocas sueltas. Este riesgo se debería evitar saneando esa zona

del talud, e incluso retranqueándolo y descendiendo la inclinación del mismo cuando afecte a este tipo de material.

❖ Estaciones geomecánicas T19

Estación levantada en el mismo talud que las estaciones anteriores, en su continuación hacia el norte, cuanto éste gira para tomar una dirección del talud E-O.

A continuación, se expone el croquis de situación de esta estación.



Las litologías de este talud, al igual que en el caso de las estaciones anteriores, son calizas nodulosas en bancos de entre 20 y 30 cm de potencia, buzando 30-32° N150-170E. Además de la estratificación, se observa una familia de discontinuidades de persistencia importante, con buzamientos variables de entre 65 y 75° en dirección N040-065E.



No se observan fallas ni fracturas de importancia que puedan desestabilizar el talud o crear peligro de caída de grandes bloques de material.

GEOMETRIA DEL TALUD T19 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80
Orientación talud [°]	359
Roca densidad [kN/m ³]	26
Altura [m]	16

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	051	68	20
2	160	31	20

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, no se obtiene para esta estación ninguna cuña que pueda ser inestable. Así mismo, no se han observado discontinuidades en disposición de desarrollar roturas planares o por vuelco.

Se observa la presencia de materiales coluviales en la zona alta del talud, lo que puede generar la caída de bloques y rocas sueltas. Este riesgo se debería evitar saneando esa zona del talud, e incluso retranqueándolo y descendiendo la inclinación del mismo cuando afecte a este tipo de material.

❖ Estaciones geomecánicas T20

Estación emplazada en la zona del talud a continuación de las estaciones geomecánicas anteriores.

El talud presenta una altura considerable, de hasta 30 metros en su zona más elevada, con una inclinación de entre 80° y la vertical. La base se encuentra tapada por el polvo de la explotación.



En cuanto a la estructura de los materiales, se observa continuidad en los materiales y en la fracturación respecto a las estaciones anteriores, si bien en este caso el talud presenta un aspecto más caótico y masivo.

El estado de la base del talud, junto con la inaccesibilidad a sus zonas elevadas, no hizo posible la toma de medidas estructurales específicas para este talud. No obstante, tomando como referencia las discontinuidades registradas en la estación T19, respecto al talud T20, considerando para éste un buzamiento de 80° N315E, obtenemos:

GEOMETRIA DEL TALUD T19 Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	80
Orientación talud [°]	315
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	30

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	051	68	20
2	160	31	20

De acuerdo con esto, no se obtiene para esta estación ninguna cuña que pueda ser inestable. Así mismo, no se han observado discontinuidades en disposición de desarrollar roturas planares o por vuelco.

Al igual que en los casos anteriores, se observa la presencia de materiales coluviales en la zona alta del talud, lo que puede generar la caída de bloques y rocas sueltas. Este riesgo se debería evitar saneando esa zona del talud, e incluso retranqueándolo y descendiendo la inclinación del mismo cuando afecte a este tipo de material.

❖ Estaciones geomecánicas T21

Estación emplazada en el talud cuya base se encuentra en la berma con altura 582-583 metros, situada al norte de dicho talud.

El talud presenta una altura de en torno a 10 metros, con una inclinación general de 64° llegando a la vertical en zonas puntuales. A continuación, podemos ver una fotografía del talud analizado.



El aspecto general a primera vista no es problemático, aunque se observa muy fracturado.

GEOMETRIA DEL TALUD T21, Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	64
Orientación talud [°]	279
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	10

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	197	90	20
2	302	88	20
3	257	22	20

La tercera familia corresponde a la estratificación del material.

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este caso una sola cuña, formada por la intersección de la familia de fracturas 88°N302E con la estratificación. El factor de seguridad resultante es el siguiente:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 21

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
302	88	NO	257	22	SI	0,24

No se observan indicios de procesos de inestabilidad tales como roturas planares o vuelcos.

❖ Estaciones geomecánicas T22

Estación emplazada en el talud cuya base se encuentra en la berma con altura 582-583 metros, situada unos 20 metros al sur de la anterior estación.

El talud presenta una altura de en torno a 10 metros, con una inclinación general de 75° llegando a la vertical en zonas puntuales. A continuación, podemos ver una fotografía del talud analizado.



El aspecto general a primera vista no es problemático, aunque se observa muy fracturado. A la izquierda del talud, se observa una fractura importante con orientación N030E75°. En la imagen anterior se puede apreciar a la izquierda originando un plano pseudoperpendicular al talud.

GEOMETRIA DEL TALUD T22, Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	75
Orientación talud [°]	245
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	10

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	303	86	20
2	244	16	20
3	022	82	20
4	150	50	20

La segunda familia corresponde a la estratificación del material.

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este caso una sola cuña, formada por la intersección de la familia de fracturas 86°N303E con la familia 50°N150E. El factor de seguridad resultante es el siguiente:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 22

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
303	86	SI	150	50	SI	0,39

No se observan indicios de procesos de inestabilidad tales como roturas planares o vuelcos.

❖ Estaciones geomecánicas T23

Estación emplazada en la continuación hacia el sur del talud de la anterior estación, con una altura aproximada de 10 metros, con una inclinación general de 57° llegando a la vertical en zonas puntuales. A continuación, podemos ver una fotografía del talud analizado.



El aspecto general a primera vista no es problemático, aunque se observa muy fracturado.

GEOMETRIA DEL TALUD T23, Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	57
Orientación talud [°]	239
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	10

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
1	116	89	20
2	251	22	20
3	207	82	20
4	155	80	20

La segunda familia corresponde a la estratificación del material.

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este caso dos cuñas, formadas por la intersección de la estratificación con las familias de discontinuidades 82°N207E y 80°N155E. Los factores de seguridad resultantes son:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 23

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
251	22	SI	207	82	NO	0,06
251	22	NO	155	80	NO	0,00

No se observan indicios de procesos de inestabilidad tales como roturas planares o vuelcos.

❖ Estaciones geomecánicas T24

Estación emplazada en el extremo sur del talud anterior, con una altura aproximada de 15 metros, con una inclinación general de 74° llegando a la vertical en zonas puntuales. A continuación, podemos ver una fotografía del talud analizado.



El aspecto general a primera vista no es problemático, aunque se observa más fracturado que en las estaciones anteriores. Conforme se avanza hacia el sur, el talud aumenta en fracturación, si bien dicha fracturación crea bloques de pequeño tamaño, que hace más caótico el aspecto general del talud. Se observan también pequeños plegamientos puntuales de la estratificación que contribuyen a dar ese aspecto caótico al talud.

Lo más llamativo de esta estación es la aparición de una fractura dispuesta con dirección de buzamiento N085E80°, la cual crea una superficie plana de hasta 3 metros de altura en el talud por la que rezuma algo de agua.

GEOMETRIA DEL TALUD T24, Y DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Inclinación talud [°]	74
Orientación talud [°]	251
Roca densidad [kN/m³]	26
Altura [m]	10

ORIENTACIÓN Y PARAMETROS MECANICOS DE LAS DISCONTINUIDADES

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]	Phi [°]
------------	---------------	---------	---------

1	084	83	20
2	265	18	20
3	310	74	20
4	040	82	20

La segunda familia corresponde a la estratificación del material.

De acuerdo con las mediciones tomadas en campo, se obtiene para este caso una cuña, formada por la intersección de la estratificación con la familia de discontinuidades 82°N040E. Los factores de seguridad resultantes son:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD 24

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
265	17	NO	040	82	NO	0,00

En este caso sí se podría pensar en la aparición de roturas por vuelco, ya que aparecen discontinuidades con orientaciones similares a la del talud, unas con un buzamiento muy elevado, y otras, perpendiculares, con un buzamiento más suave. Estas, con buzamiento suave son las constituidas por la estratificación y son las que definen la dirección de caída de los bloques, los cuales vienen delimitados por la discontinuidad 82°N040E.

También se observa la disposición de la estratificación que podría generar roturas planares a su favor,

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (PLANAR). TALUD 24

P1 [°]	Buz.P1 [°]	F.S.[-]
265	18	4,07

De forma general, los procesos de inestabilidad más importantes en este talud son la creación de bloques por cuñas y la caída de material a favor de los planos de estratificación por roturas planares. Estos procesos cuartejan del material dando al talud un aspecto caótico. De cara a garantizar la estabilidad del talud, se recomienda ejecutar un saneo del mismo para eliminar los bloques que pudieran estar dispuestos susceptibles de caída.

❖ Taludes generales

De forma general, teniendo en cuenta todas las discontinuidades medidas mediante brújula, y un talud de orientación general para la zona de bermas superiores (estaciones T1 a T15 y T21 a T24), podemos establecer 10 familias de fracturas diferentes, en las cuales se pueden integrar la totalidad de las discontinuidades presentes.

Dichas familias tienen como media las siguientes orientaciones:

Nº familia	Dirección [°]	Buz [°]
1	031	86
2	271	89
3	154	81
4	123	87
5	189	85
6	002	69
7	198	55
8	283	62
9	279	18
10	096	52

Considerando una inclinación y orientación general de talud de 80° N253E, obtenemos un conjunto de cuñas generadas por la intersección de los distintos planos de discontinuidad, que exponemos a continuación. Estas cuñas, así como su factor de seguridad, se deben tomar como un indicativo de la gran fracturación del material calizo que forma los taludes. Las cuñas inestables existentes en cada estación analizada son las que aparecen en los apartados anteriores. A continuación, se exponen las que se originan en un talud teórico con todas las discontinuidades presentes, obtenidas de las distintas estaciones levantadas en campo.

Para el talud general considerado, se generan las siguientes cuñas:

FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS POSIBLES INESTABILIDADES (CUÑAS). TALUD GENERAL

P1 [°]	Buz.P1 [°]	Des.P1	P2 [°]	Buz.P2 [°]	Des.P2	F.S.[-]
031	86	NO	002	69	NO	0.00
031	86	NO	283	62	NO	0.00
031	86	NO	279	18	SI	0.91
271	89	NO	198	55	NO	0.00
271	89	SI	096	52	SI	7.01
154	81	SI	198	55	SI	0.19
154	81	SI	283	62	SI	0.25
154	81	SI	279	18	SI	1.32
123	87	NO	198	55	SI	0.03
123	87	SI	283	62	SI	1.49
123	87	SI	279	18	SI	3.10
189	85	SI	002	69	SI	5.26
189	85	SI	198	55	SI	3.96
189	85	NO	283	62	NO	0.00
189	85	NO	279	18	SI	0.87
002	69	SI	198	55	SI	2.40
002	69	NO	283	62	NO	0.00
002	69	NO	279	18	SI	0.84
198	55	SI	283	62	SI	0.14
198	55	NO	279	18	SI	0.88
283	62	SI	279	18	SI	17.77

De esta forma, se obtienen un total de 21 cuñas generadas a partir de la intersección de cualquiera de las familias de discontinuidad registradas. Esto no significa que en todos los taludes tengan que aparecer estas fracturas, ya que en gran medida depende de cada orientación de talud concreta, pero sí que da una idea de la gran fracturación a la que está sujeto el macizo rocoso analizado.

No consideramos en este apartado el talud general de la zona baja de la explotación (en donde se levantaron las estaciones T17 a T20), ya las familias registradas en esta zona son pocas y muy nítidas, quedando ya definidas en los análisis de los taludes concretos de esa zona.

6 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

De acuerdo con lo observado en la cantera Zorcuna, y las conversaciones mantenidas con el peticionario, se observan tres zonas a considerar de forma independiente:

1. Zona de restauración al noreste de la explotación. Talud de hasta 70 metros de altura, tomando como parte más baja la explanada de cota 582 metros, en el que se presentan seis bermas con taludes de altura variable de hasta 15 metros.
2. Zona Oeste de las instalaciones de tratamiento de material, donde existe un promontorio rocoso, a priori estable, el cual se baraja la posibilidad de eliminar.
3. Zona Este de las instalaciones de tratamiento de material, en el que existe un talud de altura variable que alcanza los 30 metros en su zona más elevada, en donde se baraja la posibilidad de dividir en bermas y taludes más bajos.

De cara a exponer las consideraciones técnicas más convenientes en cada caso, a continuación, se expondrán las distintas zonas por separado.

1. Zona de restauración al Noreste de la explotación.

Como ya se ha comentado anteriormente, esta zona consiste en un talud de unos 70 metros de altura dividido en seis taludes de menor altura, variable de hasta 12-15 metros, entre los que se han dispuesto varias bermas de anchura también variable.

Partiendo como base de la explanada de cota 582, se observan seis bermas, cuyas alturas son 592 metros, 603 metros, 612 metros, 625 metros, 635 metros y la más alta de 645 metros, aunque estas cotas no son fijas, sino que las alturas de las bermas son variables.

La anchura de las bermas también varía, en general está situada alrededor de los 4-5 metros, si bien en algunos puntos esta anchura baja, hasta llegar en algunas zonas a los 1,60 metros. Especialmente estrecha es la berma que se sitúa a 612 metros, sobre la que se definió la estación T15.

En la superficie de las bermas se observa que se ha depositado tierra vegetal de color marrón oscuro, sobre las que en algunas zonas ha crecido algo de vegetación herbácea. También se observan acumulaciones de material rocoso suelto caído de los taludes, que va acu-

mulándose a los pies de los mismos.

Un aspecto a tener en cuenta es que se han observado en algunos puntos, grietas en la zona exterior de las bermas, que separan bloques metaestables de los taludes inferiores. Esto tiene importancia si tenemos en cuenta que esas grietas son una vía de entrada del agua de escorrentía a las zonas internas del talud, pudiendo lubricar las superficies de inestabilidad, bajando el factor de seguridad de las posibles cuñas metaestables. Además, estas grietas pueden adquirir mucha importancia por la entrada de agua por ellas, de cara a los procesos de hielo-deshielo que puedan ocurrir en los meses invernales.

Respecto a los taludes, ya hemos visto anteriormente los problemas de inestabilidad que presentan; aparición de cuñas inestables por intersección de discontinuidades y algunas roturas planares. A menudo se observan fallas y fracturas asociadas en lugares concretos del talud, que crean zonas de aspecto caótico con material muy fracturado.

El hecho de que muchas de las fracturas tengan buzamientos muy fuertes, incluso verticalizados en algunos puntos de su desarrollo, hace que se observen a menudo superficies lisas, correspondientes a la propia superficie de movimiento de la fractura, a veces en posición vertical o pseudovertical, dando un aspecto inestable al conjunto.

De acuerdo con estas observaciones, exponemos las siguientes consideraciones:

- Se han observado numerosas zonas en las que se dan procesos de inestabilidad por creación de cuñas y en menor medida, de roturas planares. Estos procesos se consideran especialmente importantes en los taludes en los que se han levantado las estaciones geomecánicas T6, T8, T10, T13, T14, T15 y T24. Estos procesos provocan la existencia de bloques en aparente equilibrio metaestable de tamaño variable.
- Además de los procesos antes mencionados, se observan a los pies de los taludes numerosas rocas caídas por la descomposición de los taludes de la roca nodulosa, por posibles procesos de hielo-deshielo y por lavado de finos de zonas más arcillosas.
- Las bermas existentes presentan anchuras variables, de entre 2 y 5 metros. En algunas zonas son tan estrechas que no permiten la entrada de maquinaria por

las mismas (en algunos puntos de la berma de cota 605-612, tiene una anchura inferior a los 2 metros).

- También se observan en algunas ocasiones, grietas en las zonas exteriores de las bermas, que independizan bloques rocosos metaestables de los taludes inferiores.

Teniendo en cuenta la situación actual de los taludes, de cara a la estabilización definitiva de los mismos para su restauración definitiva, se consideran como medidas más convenientes las siguientes:

- La solución más conveniente para la eliminación del riesgo de caída de bloques es el retranqueo del frente de cantera, con el propósito de rebajar los ángulos de inclinación de los distintos taludes (hasta un máximo de 50° de inclinación), y la ejecución de bermas con la anchura suficiente para que éstas paren los posibles bloques que puedan caer. Esta solución requiere realizar un nuevo frente de restauración, con el movimiento de material y el retranqueo de los límites superiores de la explotación que ello supone.
- En el caso de que la solución anterior no sea viable, y que las soluciones a adoptar partan de la situación actual del talud, se deberá realizar un saneo manual o mediante maquinaria en las zonas accesibles. Dicho saneo deberá eliminar todos los bloques en estado metaestable susceptibles de caída.
- Teniendo en cuenta la intensa fracturación de los materiales, se considera conveniente la instalación de malla de doble o triple torsión en los taludes, para la sujeción de los bloques susceptibles de caída.
- Se deberían revegetar las bermas de los taludes con especies arbustivas de la zona, como carrasca y boj, cuya frondosidad puede actuar de pantalla ante la caída de bloques sueltos. De esta forma también se minimizaría el impacto visual.
- De cara a garantizar la integridad de las personas que se muevan por la parte baja de los taludes una vez la actividad extractiva haya finalizado, se considera conveniente el hecho de limitar o acotar el acceso de las personas a esta zona.

Esto, además, permitiría prescindir de instalar mallas de sujeción de los taludes para evitar la caída de pequeños bloques, dejando que la erosión natural del material siga su curso.

2. Promontorio rocoso al Oeste de la planta de tratamiento.

Promontorio rocoso situado al Oeste de la planta de tratamiento de material, sobre el que se ha definido la estación geomecánica T16.

Este promontorio está formado por varios bloques de caliza nodulosa, de aspecto masivo y tamaño métrico, cuarteados por fracturas verticales y la propia estratificación de los materiales (buzando entre 20 y 35°).

En el análisis de estabilidad realizado para la estación T16, únicamente se obtiene una cuña, con un factor de seguridad de 1,30, lo que a priori la hace estable.

De acuerdo con la inspección visual del promontorio, no se observan zonas de caída de bloques ni materiales susceptibles de caída.

El problema del desmantelamiento viene dado por la situación del material respecto a las instalaciones de tratamiento de la cantera, ya que, en caso de voladura, puede existir riesgo de caída de bloques rocosos sobre las mismas.

De cara a la eliminación del material que forma el promontorio, podemos realizar las siguientes consideraciones:

- El lado más delicado por el riesgo de caída en caso de desmantelamiento, es el lado Oeste del promontorio, ya que, en esa zona, el talud existente es vertical.
- De cara a eliminar el material de forma más segura, se considera como opción más conveniente el barrenado del promontorio, dimensionándolo para que la caída de la roca se produzca hacia el lado Oeste.

3. Talud Este de la zona de tratamiento.

Al Este de la campa de instalaciones de tratamiento de material existe un talud rocoso,

en el que se han levantado las estaciones geomecánicas T17 a T20.

De acuerdo con el análisis de estabilidad realizado en las mismas, existen dos familias de fracturas principales en este talud; por un lado, la estratificación del material, con una inclinación de entorno a 20°, y por otro una familia de fracturas de ángulo de inclinación de 66° en dirección Noreste. Actualmente el talud se presenta estable, ya que la dirección del talud respecto a las discontinuidades no genera cuñas ni roturas planares.

Se observan en las zonas elevadas del talud la existencia de depósitos coluviales formados por arenas con cantos y bloques rocosos, los cuales podrían ser susceptibles de caída. De cara a garantizar la seguridad, se considera necesario el saneo de esa zona del talud, incluso si es necesario, realizándose un retranqueo de los mismos y rebajando su ángulo de inclinación.

En el caso de optar por minimizar la altura del talud, especialmente en la zona de establecimiento de la estación T20 en donde adquiere mayor altura, mediante la creación de una o varias bermas para definir taludes individualizados de menor altura, se considera que las direcciones de talud actuales no presentarán especiales problemas, siempre y cuando en la zona superior del talud (no accesibles actualmente) no aparezcan nuevas familias de fracturas de orientaciones distintas que cuarteen el material de forma más intensa.

La forma más conveniente para la eliminación de riesgos a la hora de abrir nuevos taludes es la de analizar éstos durante su ejecución, estudiando las nuevas fracturas existentes y su comportamiento respecto a los nuevos taludes proyectados. De esa forma, se pueden aplicar las inclinaciones de talud oportunas de cara a minimizar la potencial caída de bloques.

Se recomienda que las bermas que se realicen tengan una anchura suficiente de cara facilitar el paso de maquinaria sobre ellas y de forma que paren las posibles caídas de bloques desde los taludes superiores. Dicha anchura será definida por el facultativo de la cantera.

Así mismo, se considera necesaria la ejecución del saneo de los taludes conforme éstos se van realizando, eliminando todo bloque rocoso susceptible de caída.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se solicita a **GEEA Geólogos S.L.**, a requerimiento de **VRESA** la prestación de servicios profesionales con relación a la cantera Zorcuna, situada en el Término Municipal de Murieta (Navarra), para el estudio de la estabilidad de los taludes de restauración existentes en la zona noreste de la explotación, así como los taludes existentes junto a las instalaciones de tratamiento de material en la zona baja de la cantera.
- El presente informe constituye la actualización del estudio de estabilidad anteriormente realizado, a fecha de abril de 2011, tras la realización de una nueva visita para estudiar los nuevos taludes abiertos y el estado actual de los ya existentes anteriormente.
- Se ha realizado una visita de campo a la cantera, en las que se ha examinado la geología de la zona y se han levantado varias estaciones geomecánicas en taludes representativos de las nuevas bermas, para el análisis de los procesos de inestabilidad observados en los mismos de forma conjunta con el resto de las mediciones anteriormente realizadas.
- De acuerdo con las observaciones realizadas, y el estudio de estabilidad realizado se exponen las siguientes consideraciones técnicas:
 - El talud general existente está formado por una serie de taludes de alturas no superiores a 12-15 metros, separados por bermas de anchura variable entorno a 4-5 metros, aunque puntualmente pueden ser más estrechas. La litología que forma los taludes, son calizas nodulosas, arenosas, con alto grado de fracturación debido a las familias de fracturas que las cuartejan en gran medida.
 - En la zona noreste de la cantera, en donde se encuentran los taludes de restauración, se ha realizado el análisis geomecánico de los mismos obteniéndose varias familias que producen cuñas y roturas planares, con factores de seguridad inferiores a 1.

- En las bermas se observa la existencia de tierra vegetal con una incipiente vegetación herbácea, con acumulación de fragmentos y bloques calizos caídos de los taludes. En los taludes se observa la existencia de algunos bloques metaestables.
 - El estado de los taludes y la anchura de las bermas, hacen pensar en que las acciones que se pueden llevar a cabo para la estabilización de los taludes, partiendo de los actualmente existentes, son principalmente el saneo manual o mediante maquinaria (si fuera posible su introducción en las bermas), y la posterior instalación de mallas de doble o triple torsión en los taludes para minimizar en lo posible el riesgo de caída de bloques.
 - En cuanto al promontorio rocoso existente al Oeste de las instalaciones, éste es actualmente estable. De cara a su desmantelamiento, se deberá realizar un estudio de las posibilidades de voladura, de forma que los bloques caigan hacia el Oeste, salvando así el riesgo de producir daños en las instalaciones de la cantera.
 - Respecto a los taludes existentes al Este de la zona de tratamiento de materiales, se observan estables, especialmente en la zona de levantamiento de las estaciones geomecánicas T17 a T19. De cara a la ejecución de nuevos taludes con bermas para rebajar la altura que presenta dicho talud, se considera a priori favorable teniendo en cuenta los actuales taludes existentes y las fracturas observadas. No obstante, durante la apertura de los nuevos taludes se deberá realizar un seguimiento de la misma, analizando las fracturas que puedan aparecer, de cara a ejecutar los mismos de forma conveniente. Dicho seguimiento es todavía más importante en la zona de levantamiento de la estación T20, en donde el talud se observa más caótico, y en donde no se pudo realizar una toma de medidas estructurales completa.
- Como aspecto más relevante del estudio se puede concluir que, debido al estado de fracturación que tiene el macizo rocoso estudiado, el principal tratamiento que se deberá aplicar es el saneo de los taludes. El saneo evita el riesgo de caídas y al mismo tiempo

disminuye las posibilidades de ataque de la meteorización a las rocas, ya que quedan rocas más sanas aflorando, en vez de las rocas meteorizadas y agrietadas que existen actualmente en superficie.

- La revegetación de la zona de cara a la estabilidad de los taludes de restauración, es otro aspecto que se deberá tener en cuenta, ya que la vegetación por un lado sujeta la roca y a la vez puede hacer de pantalla si hubiera alguna caída de pequeños bloques, por lo que puede ser una medida interesante de cara a estabilizar las zonas que ya no serán explotadas.

Estella, 18 de febrero de 2019



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

ANEXO GRÁFICO

- **SITUACIÓN GEOGRÁFICA**
- **MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA**
- **SITUACIÓN DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS**
- **CICLOGRÁFICAS DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS**
- **REPORTAJE FOTOGRÁFICO**
- **ENSAYOS DE LABORATORIO**

ANEXO N° 1

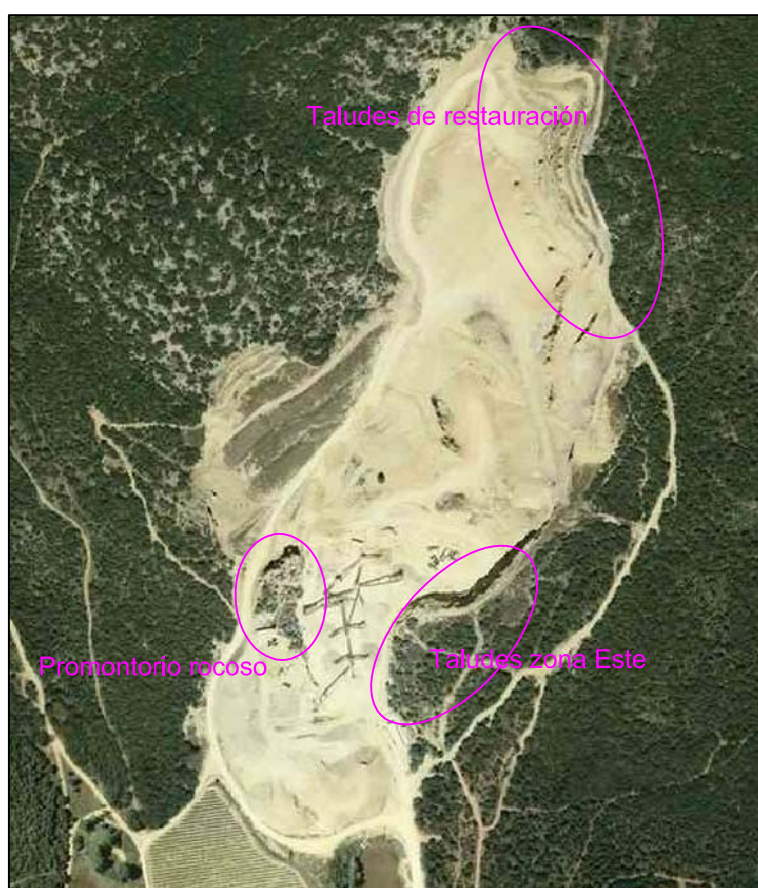
SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Obra: Estudio de taludes de restauración en la Cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

Referencia: IRGE 1119



Sin escala

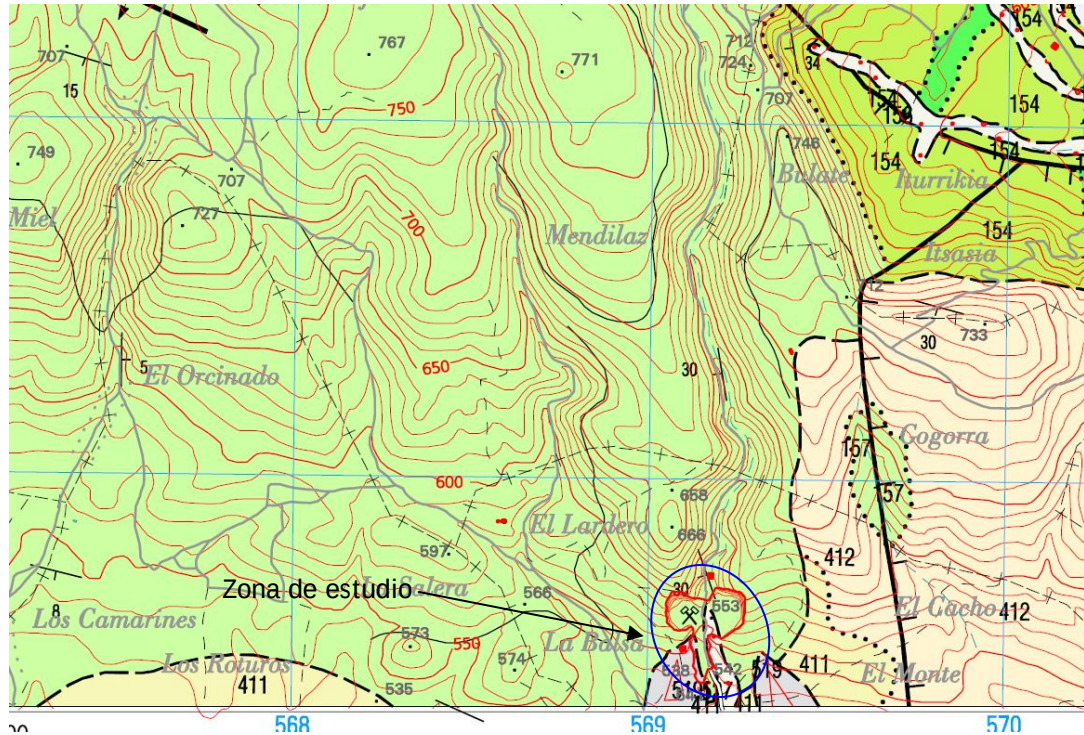


Sin escala

ANEXO N° 2

MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA

MAPA GEOLÓGICO



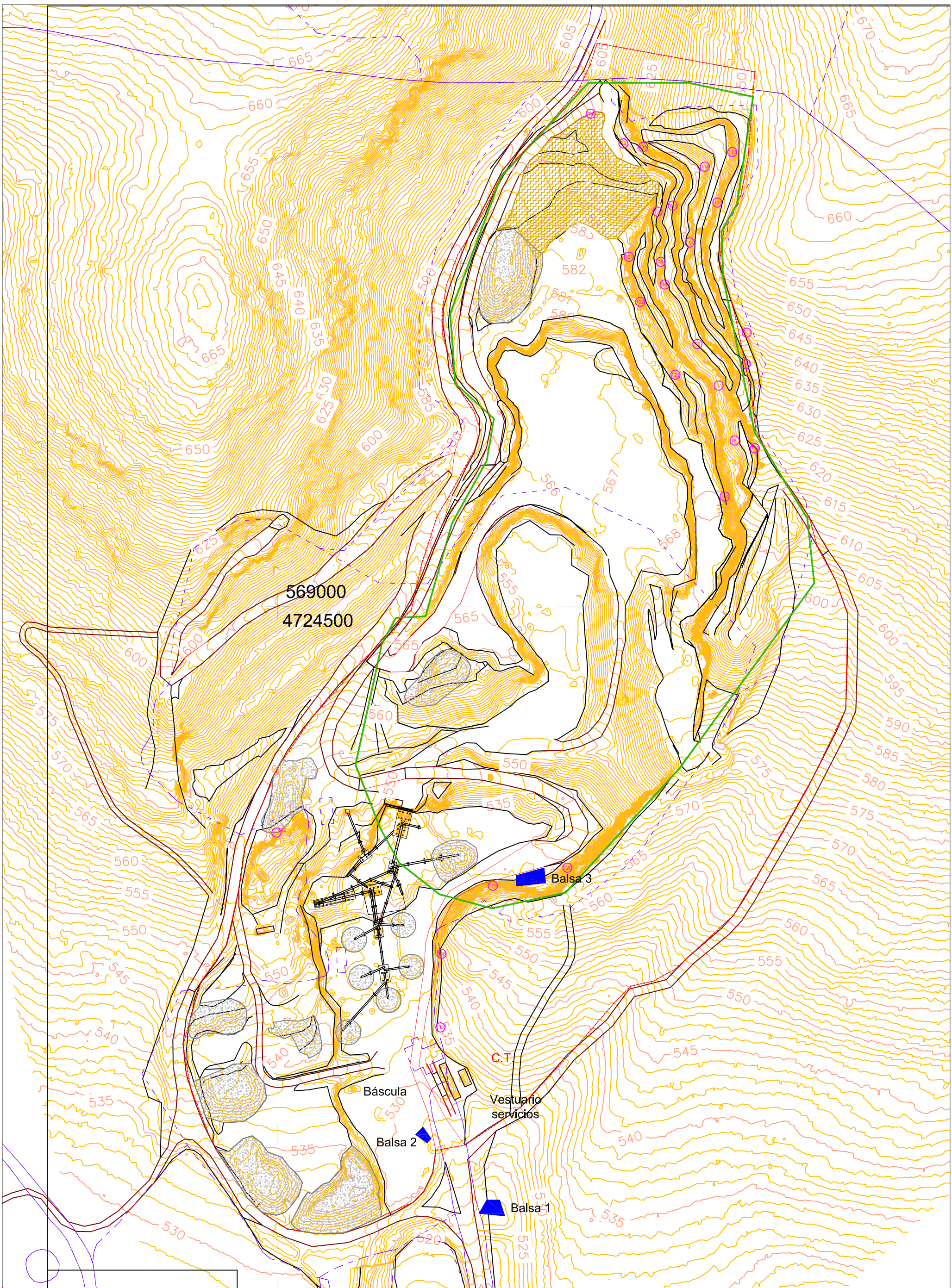
LEYENDA

NEÓGENO	PLIOCENO		PALEOCENO	SUPERIOR	CRETÁCICO
	MIOCENO	Superior			
		Turolense			
		Vallesense			
NEÓGENO	MIOCENO	Medio	PALEOCENO	SUPERIOR	CRETÁCICO
		Serravalense			
		Aragonense			
		Langhiense			
NEÓGENO	MIOCENO	Inf.		PALEOCENO	SUPERIOR
		Ilardiense			
		Thaniense			
		Montiense			
NEÓGENO	MIOCENO	Daniense	PALEOCENO	SUPERIOR	CRETÁCICO
		Maastrichtiense			
		Campaniense			
		Santoniense			
NEÓGENO	MIOCENO	Coniaciense	PALEOCENO	SUPERIOR	CRETÁCICO
		Turonense			
		Cenomaniense			

530. Fangos y gravas. Meandros abandonados
 527. Gravas, arenas y arcillas. Fondos de valle
 523. Arcilla de descalcificación. Fondos de dolina
 519. Cantos en matriz limo-arcillosa. Glacis
 516. Cantos en matriz limo-arcillosa. Glacis degradado
 508. Gravas, arenas y arcillas. Terrazas
 U. de OCO
 412. Calizas brechoideas
 411. Arcillas y limolitas rojas
 U. SIERRA DE UJUE
 408. Lutitas y areniscas ocre-amarillentas
 407. Areniscas y lutitas ocre-amarillentas
 406. Conglomerados, areniscas y lutitas
 U. de ARTAJONA - OLITE
 383. Lutitas ocre-amarillentas con capas de areniscas
 384. Areniscas en capas extensas y lutitas ocre-amarillentas
 159. Calcarenitas con brechificación "in situ"
 157. Calcarenitas bioclásticas
 156. Margocalizas y margas
 155. Margocalizas nodulosas y margas
 154. Margas y margocalizas
 153. Calcarenitas arenosas y margas limosas
 152. Areniscas calcáreas y margas arenosas
 142. Areniscas finas centimétricas
 151. Arcillas y margas arcillosas con nódulos ferruginosos
 149. Caliza coralina arenosa
 147. Limolitas con nódulos ferruginosos
 148. Areniscas y areniscas bioturbadas
 113. Dolomías, calizas dolomíticas y calizas
 111. Dolomías negras laminadas
 109. Arcillas abigarradas, yesos y sales
 1. Rocas subvolcánicas. Ofitas

ANEXO N° 3

SITUACIÓN DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS



 Estación geomecánica



FECHA: 18 de febrero de 2019

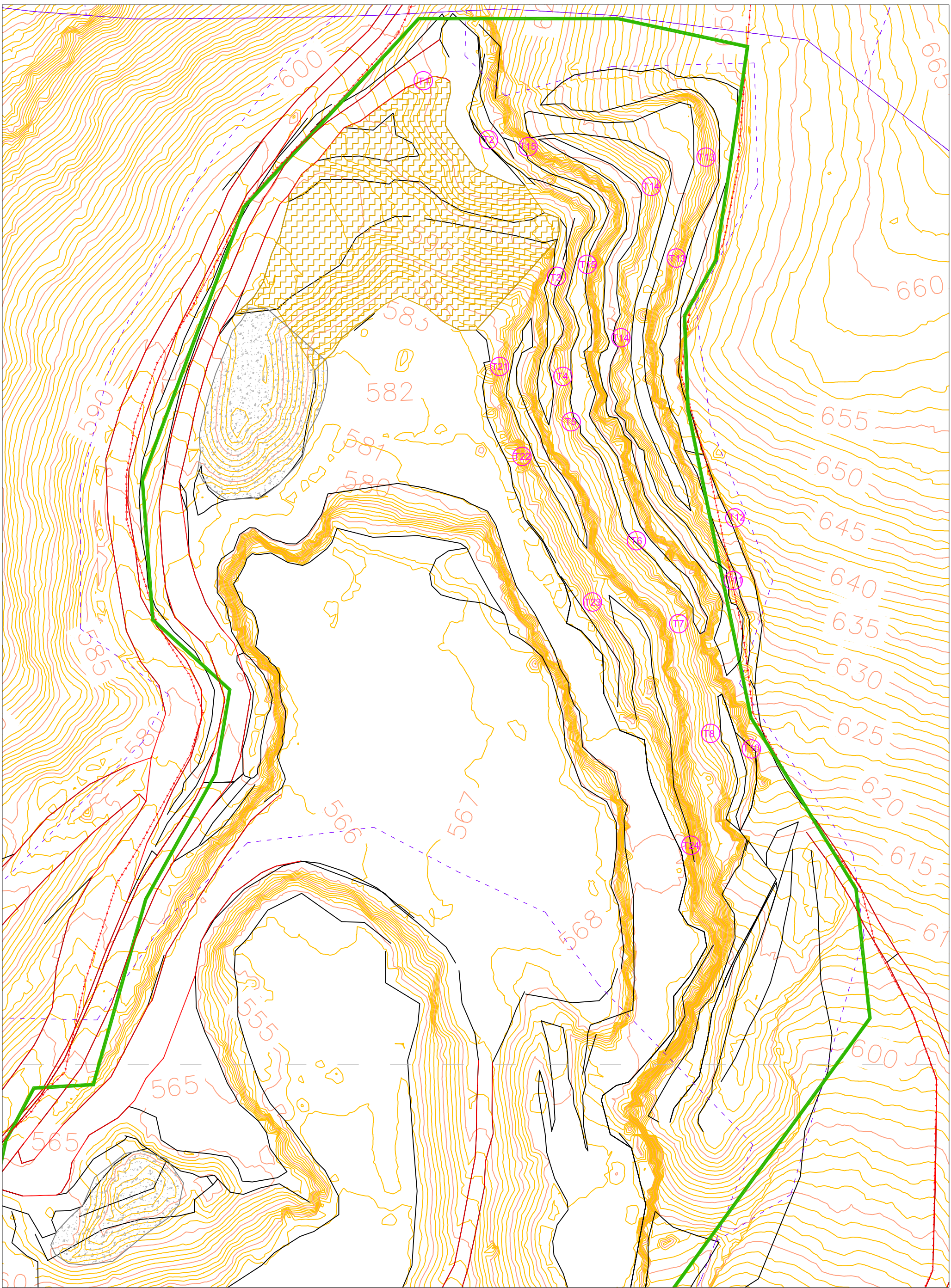
ESCALA: 1/2000

OBRA: Estudio geotécnico de los taludes de restauración de la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

REF. INFORME: ES/GE022/0219

SITUACIÓN DE ESTACIONES GEOMECAÑICAS



T Estación geomecánica



FECHA: 18 de febrero de 2019

ESCALA: 1/1000

OBRA: Estudio geotécnico de los taludes de restauración de la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

REF. INFORME: ES/GE022/0219

SITUACIÓN DE ESTACIONES GEOMECAÑICAS

ANEXO N° 4

CICLOGRÁFICAS DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS



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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T1

FECHA: 18 de febrero de 2019

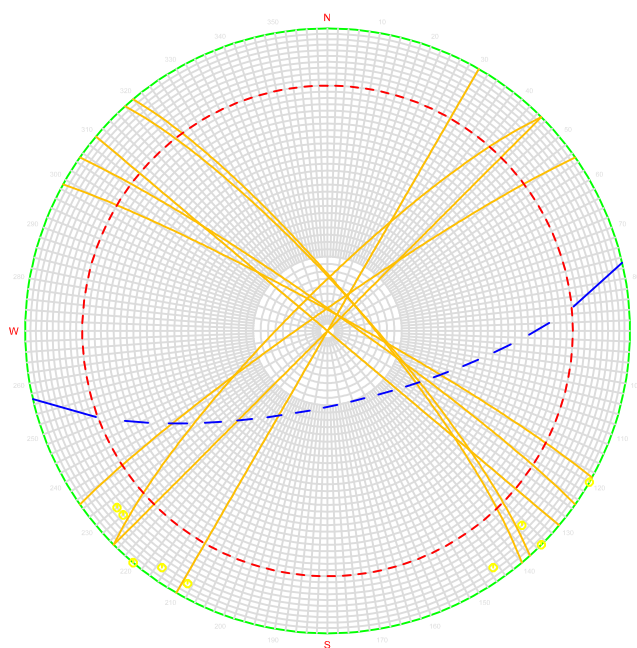
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA ZORCUNA

TALUD T1

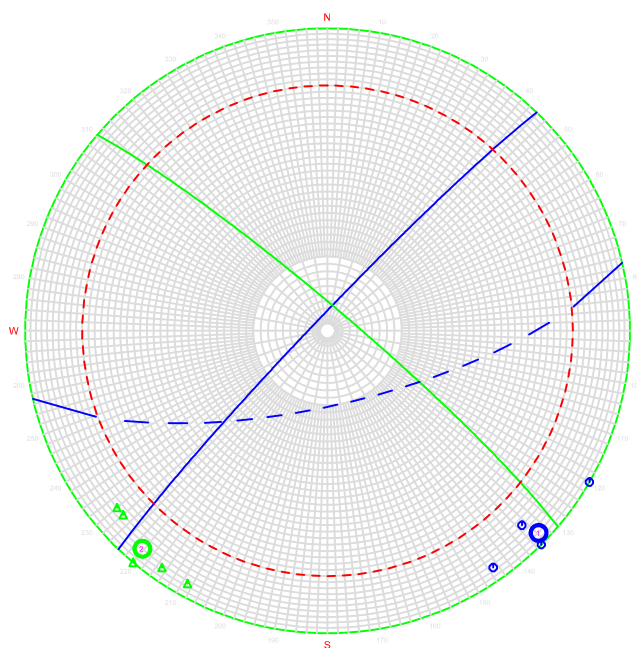


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA

TALUD T1



ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T2

FECHA: 18 de febrero de 2019

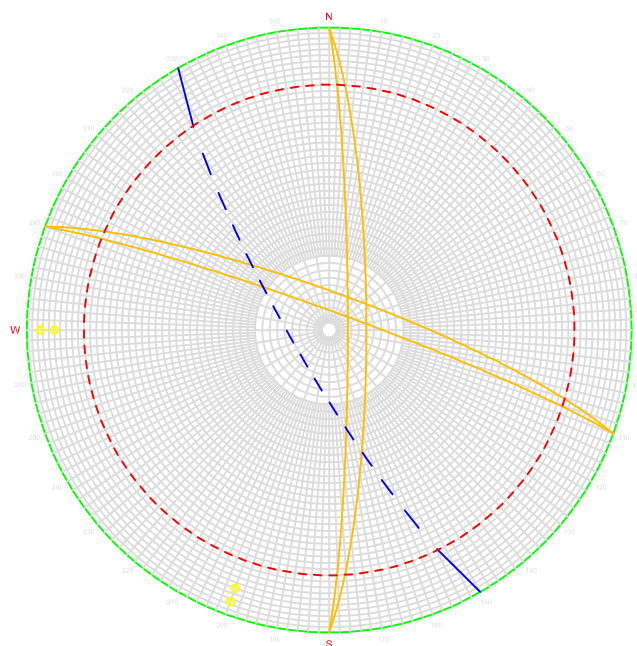
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD T2

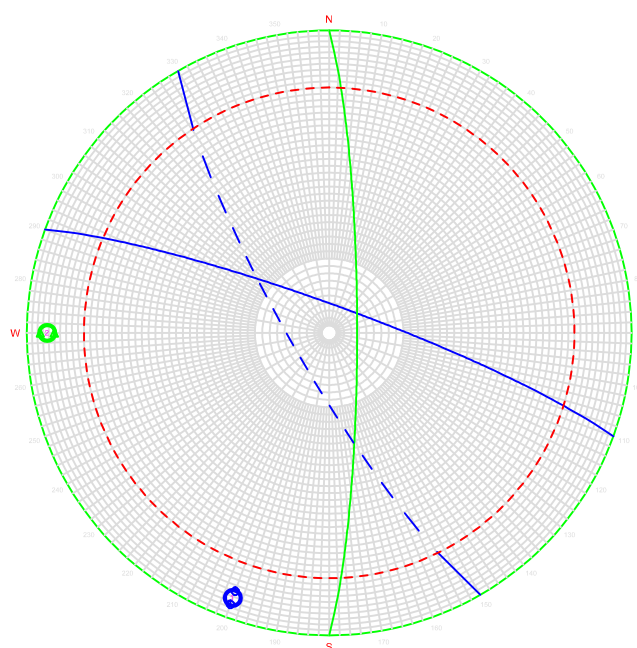


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD T2





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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T3

FECHA: 18 de febrero de 2019

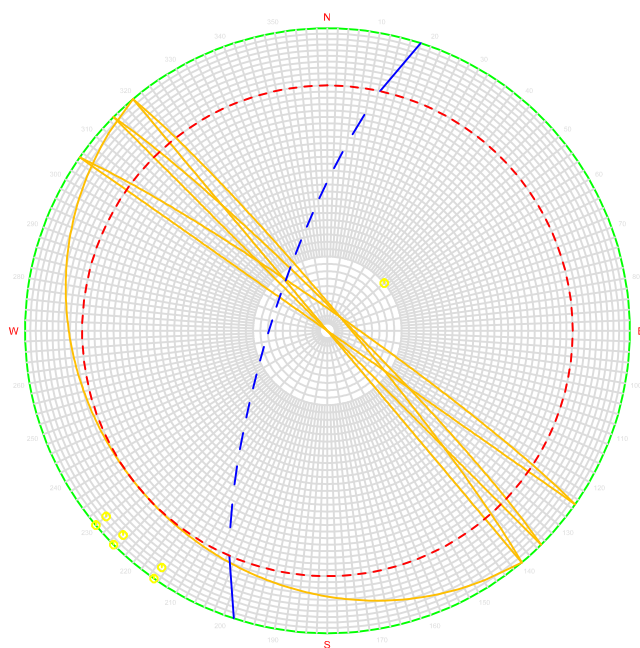
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA ZORCUNA

TALUD T3

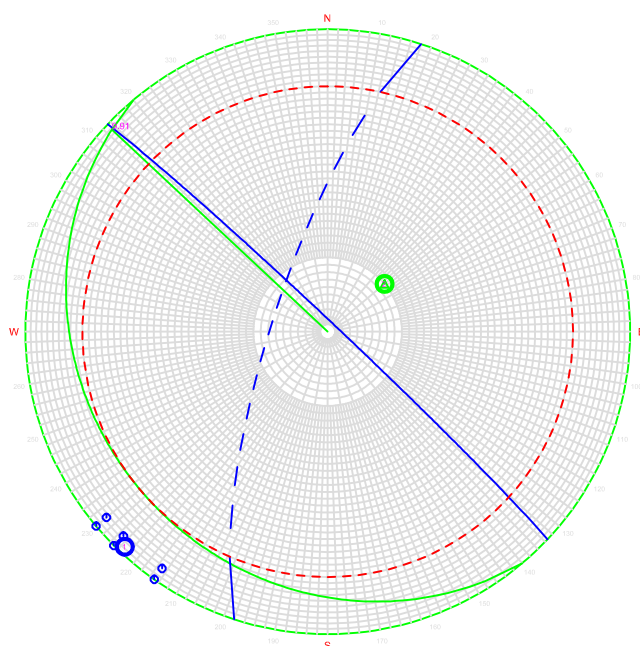


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA

TALUD T3



ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T5

FECHA: 18 de febrero de 2019

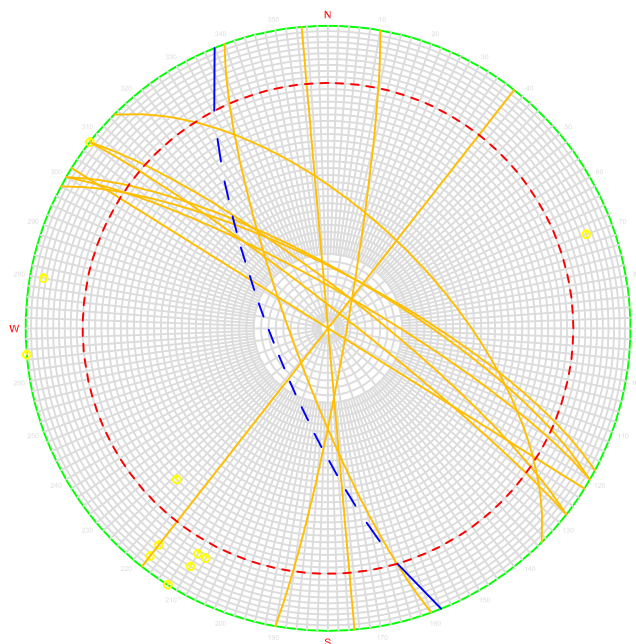
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD T5

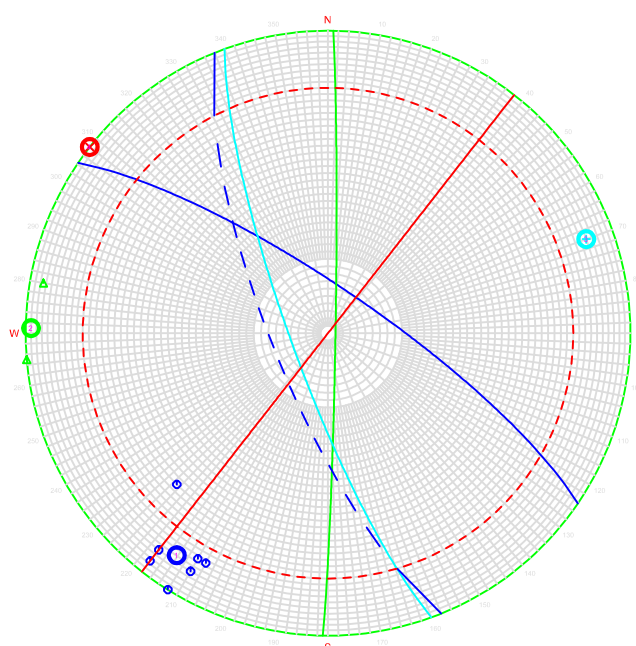


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD T5





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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

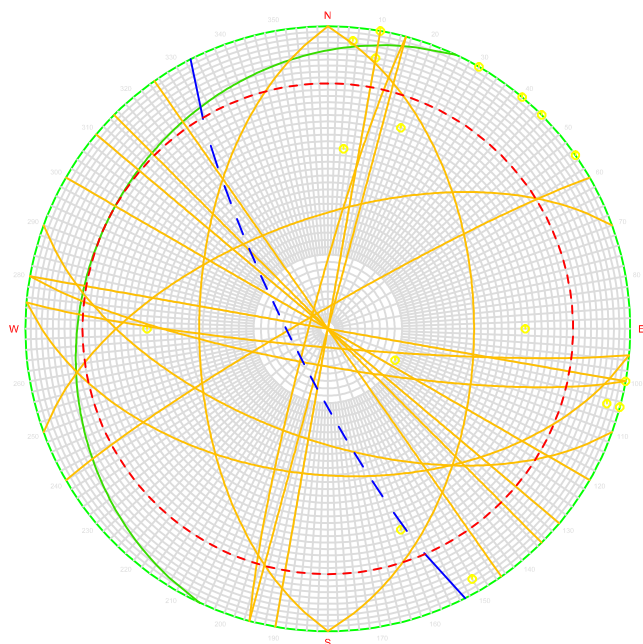
AFLORAMIENTO: T6

FECHA: 18 de febrero de 2019

REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

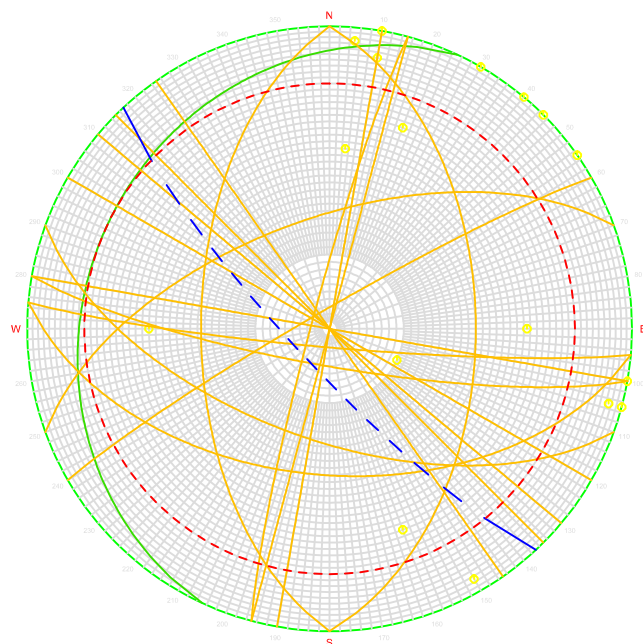
STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection
CANTERA ZORCUNA
TALUD T6 A



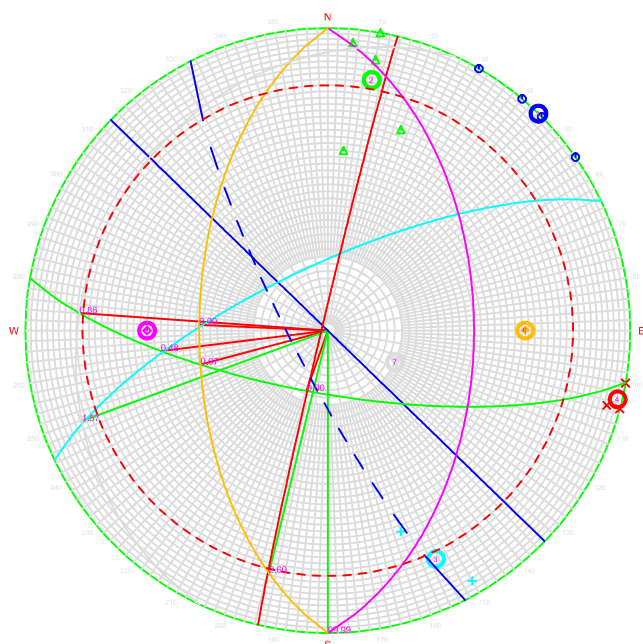
STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection
CANTERA ZORCUNA
TALUD T6 B



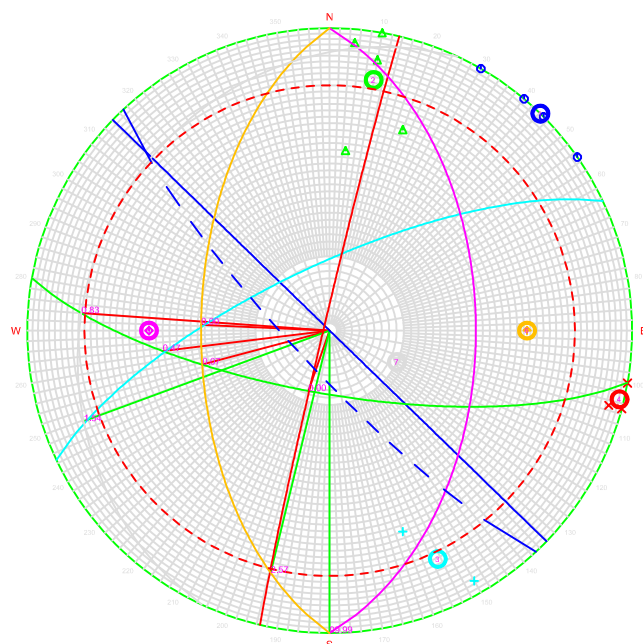
STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis
CANTERA ZORCUNA
TALUD T6 A



STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis
CANTERA ZORCUNA
TALUD T6 B



Afloramiento T6A. Orientación del talud 80° N243E

Afloramiento T6B. Orientación del talud 80° N227E

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T7

FECHA: 18 de febrero de 2019

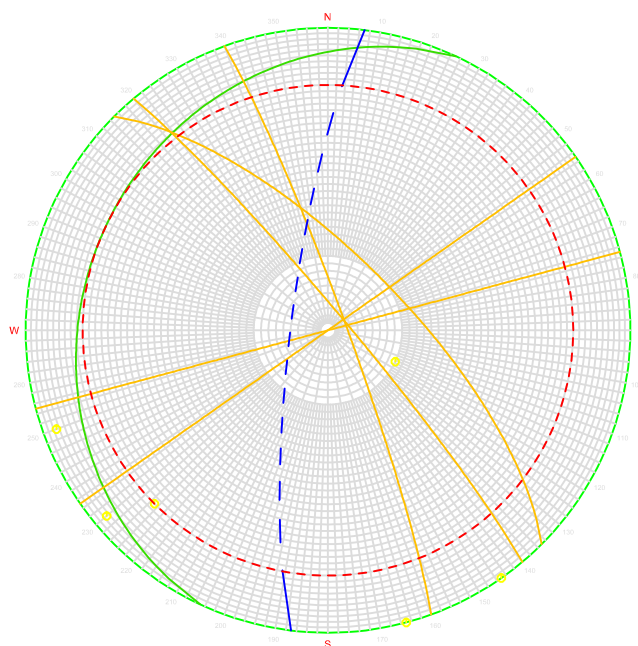
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA ZORCUNA

TALUD T7

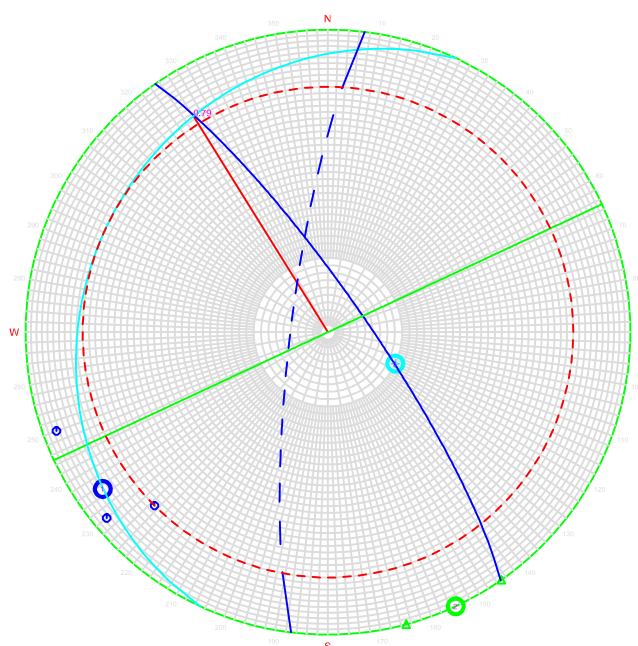


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA

TALUD T7



ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T8

FECHA: 18 de febrero de 2019

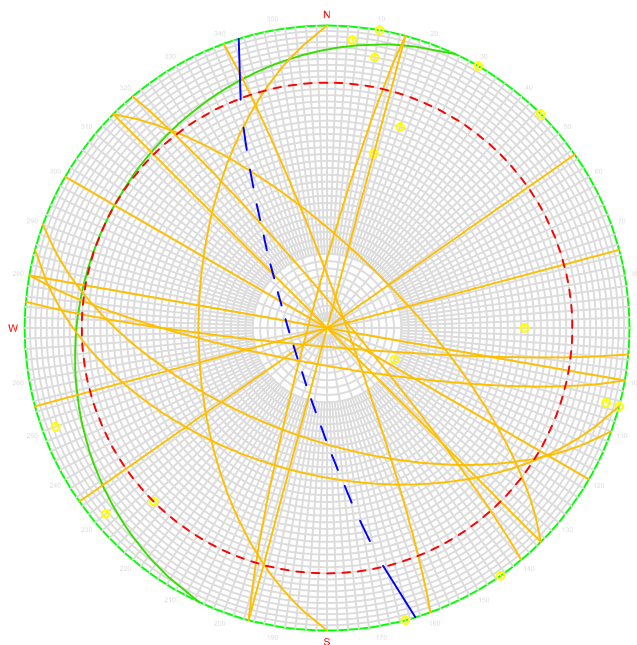
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA ZORCUNA

TALU T8

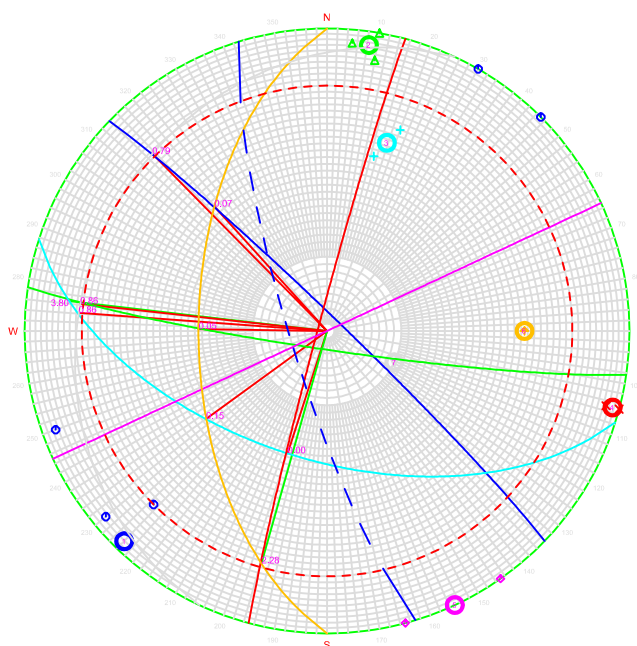


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA

TALU T8





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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

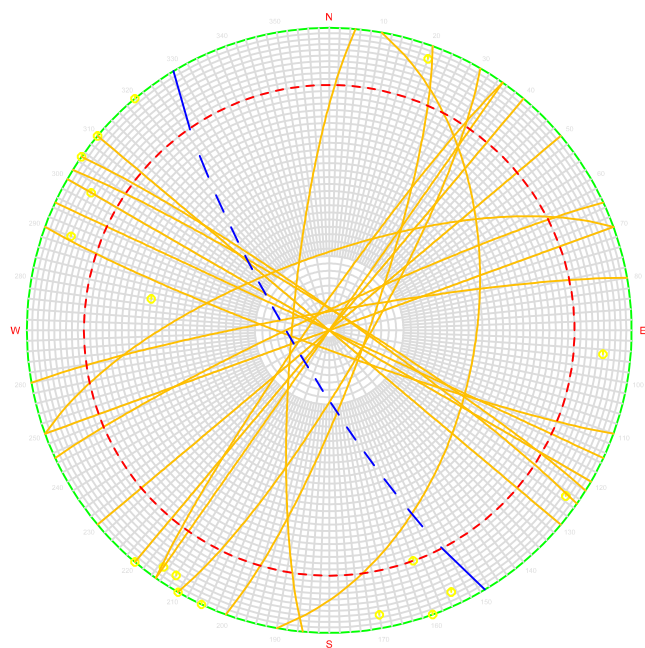
AFLORAMIENTO: T10

FECHA: 18 de febrero de 2019

REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

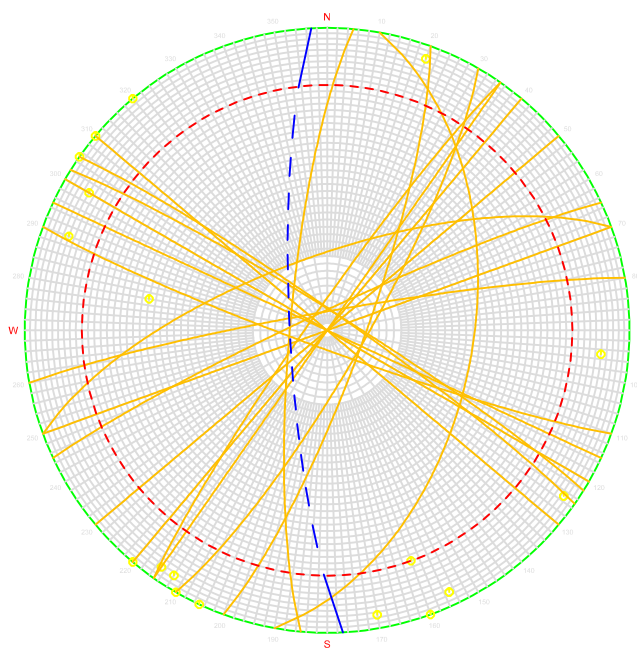
STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection
CANTERA ZORCUNA
TALUD 10A



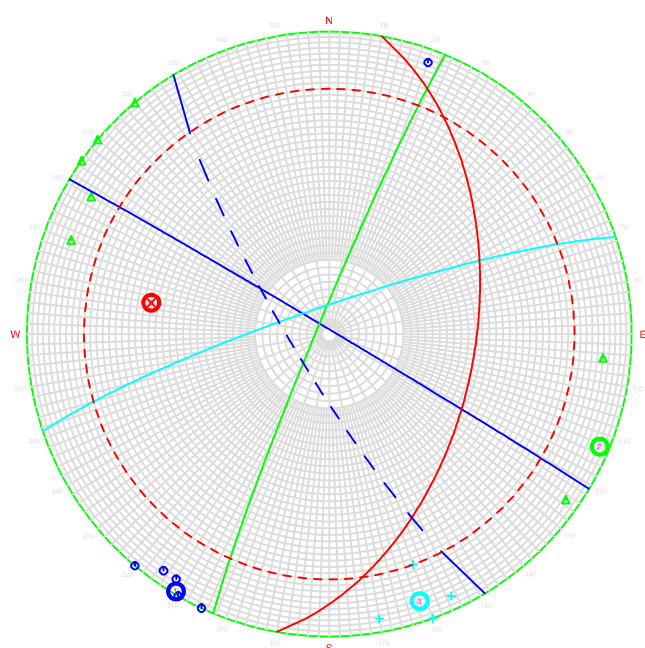
STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection
CANTERA ZORCUNA
TALUD 10B



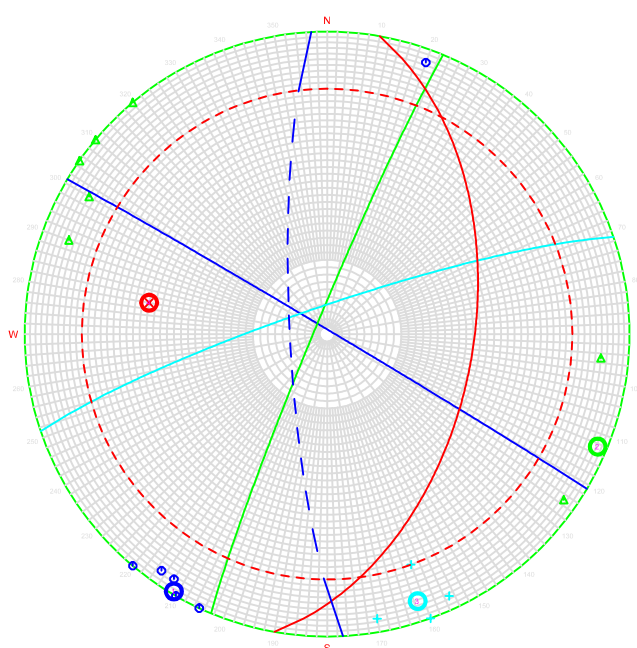
STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis
CANTERA ZORCUNA
TALUD 10A



STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis
CANTERA ZORCUNA
TALUD 10B



Afloramiento T10A. Orientación del talud 80° N239E

Afloramiento T10B. Orientación del talud 80° N267E



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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T11

FECHA: 18 de febrero de 2019

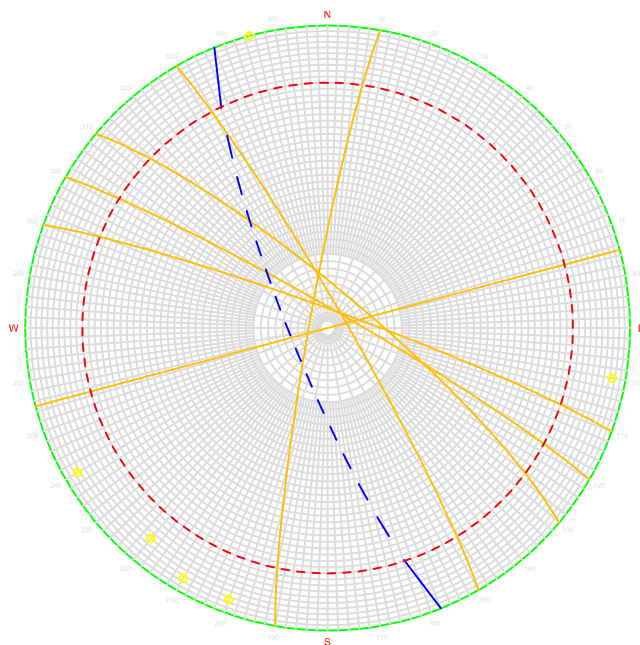
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA ZORCUNA

TALUD 11

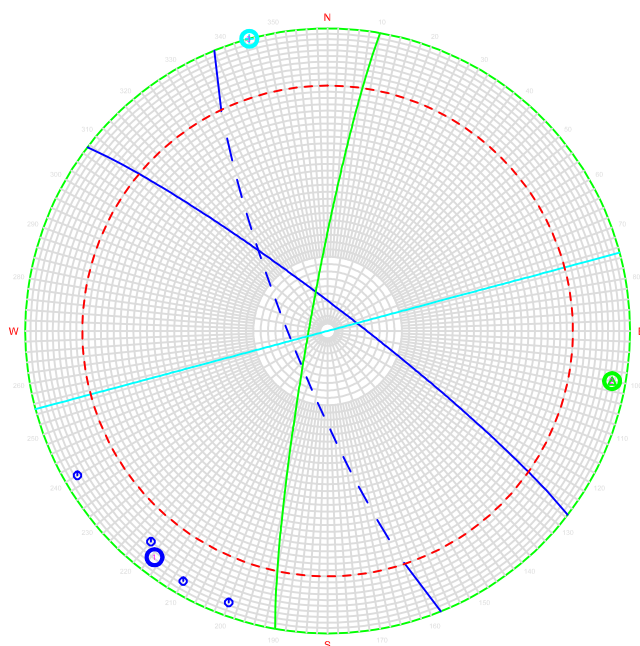


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA

TALUD 11



Afloramiento T11. Orientación del talud 80° N248E

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T13

FECHA: 18 de febrero de 2019

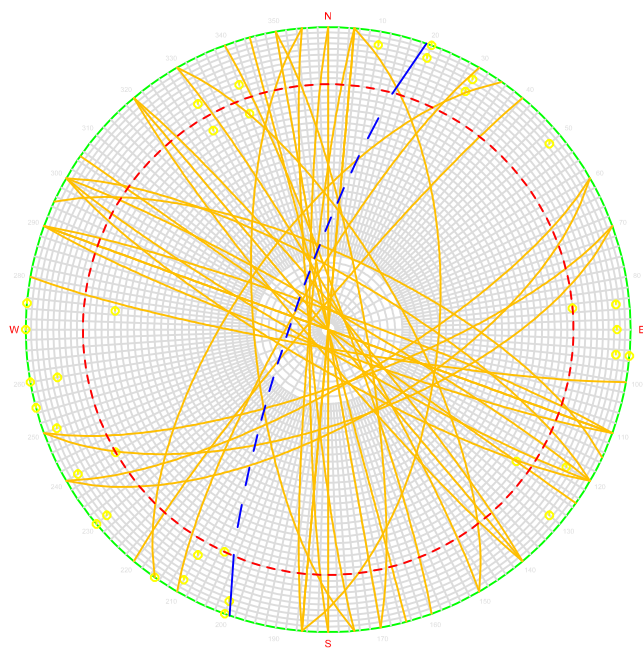
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 13A

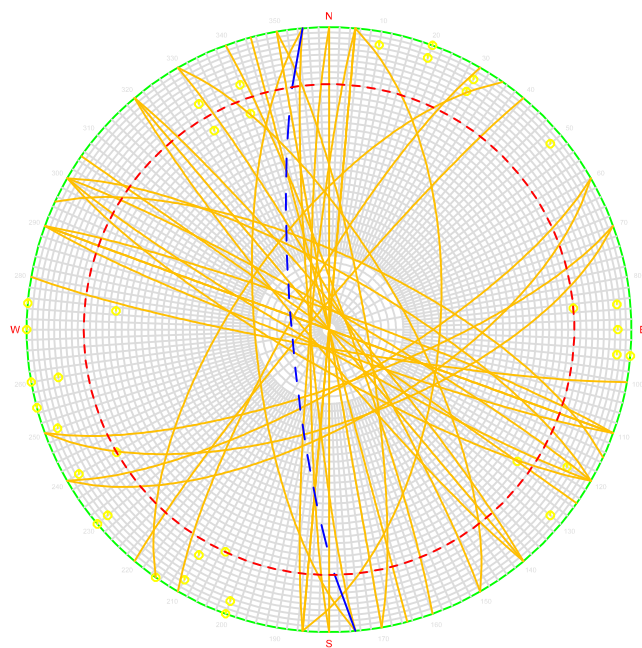


STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 13B

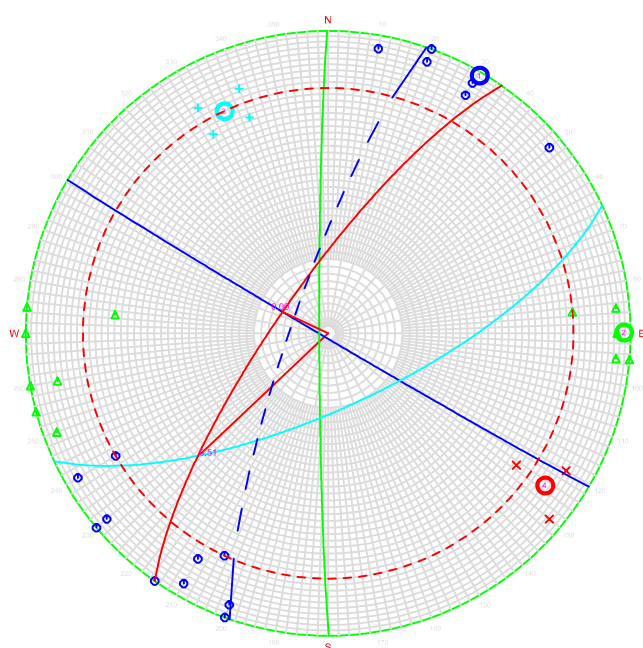


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 13A

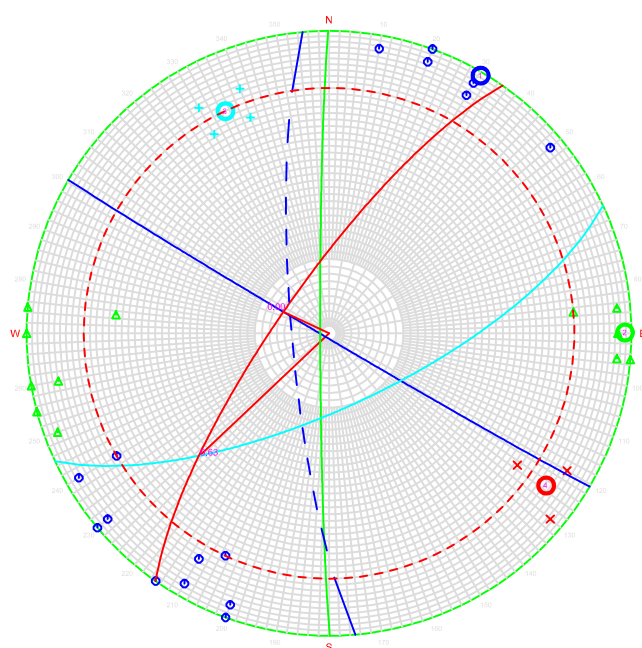


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 13B



Afloramiento T13A. Orientación del talud 80° N289E

Afloramiento T13B. Orientación del talud 80° N265E



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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T13

FECHA: 18 de febrero de 2019

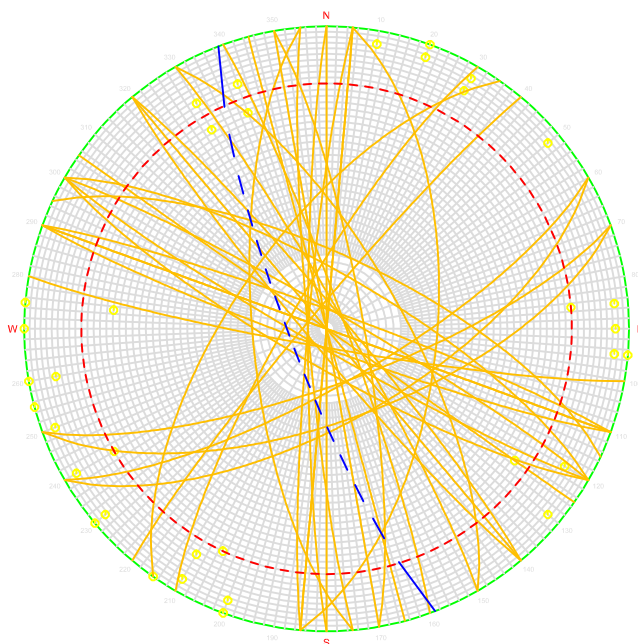
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA ZORCUNA

TALUD 13C

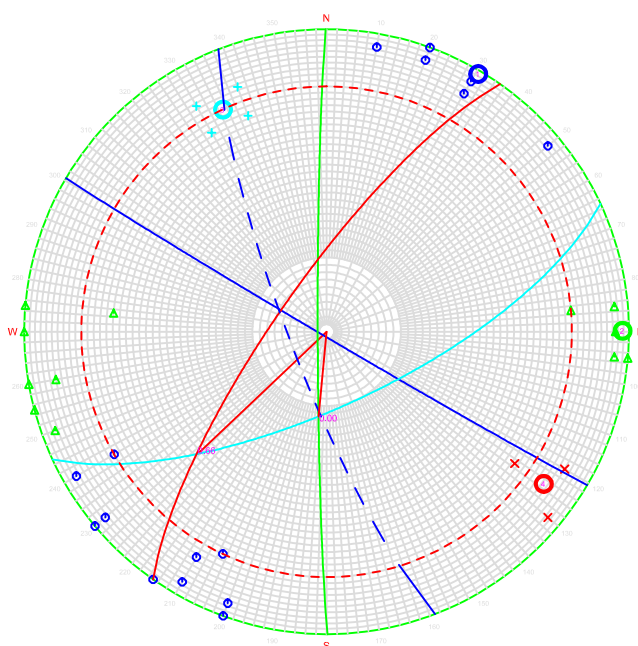


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA

TALUD 13C





ESTUDIOS
GEOTÉCNICOS,
GEOFÍSICOS E
HIDROGEOLOGICOS

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

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T14

FECHA: 18 de febrero de 2019

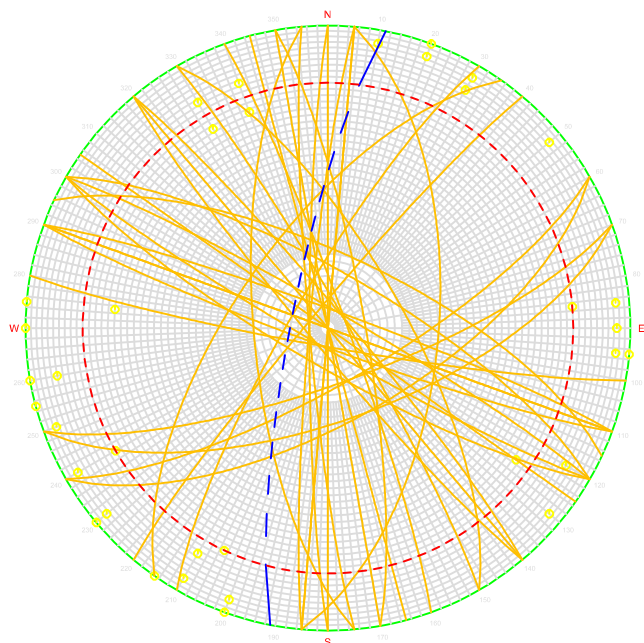
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 14A

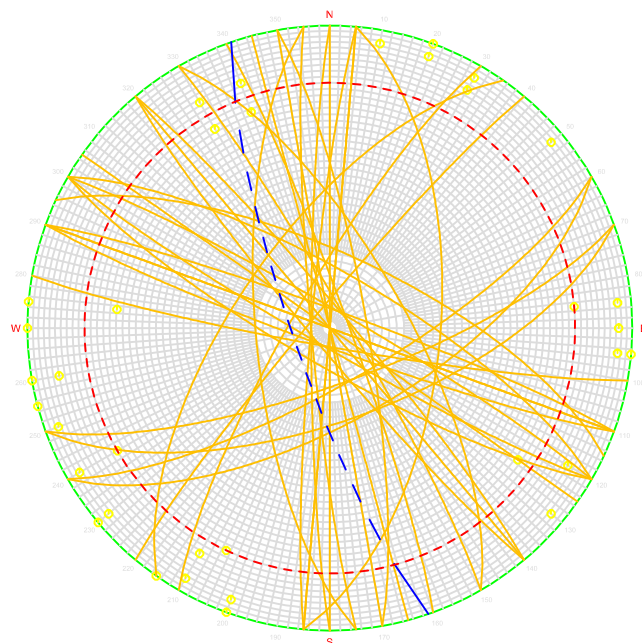


STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 14B

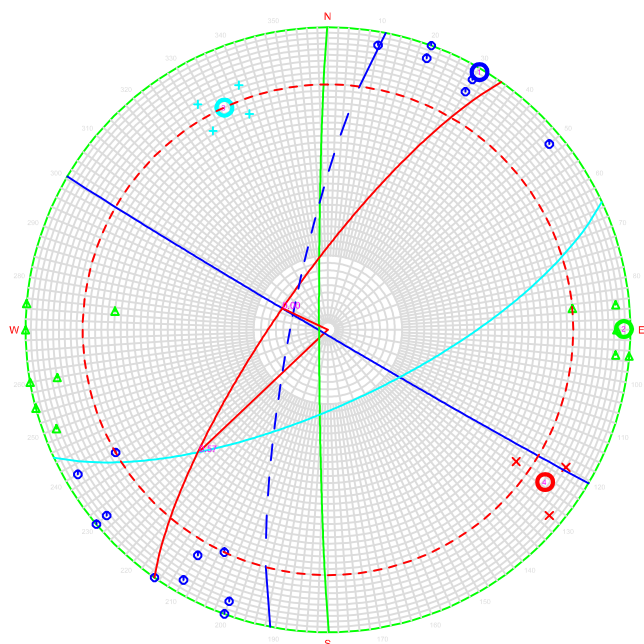


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 14A

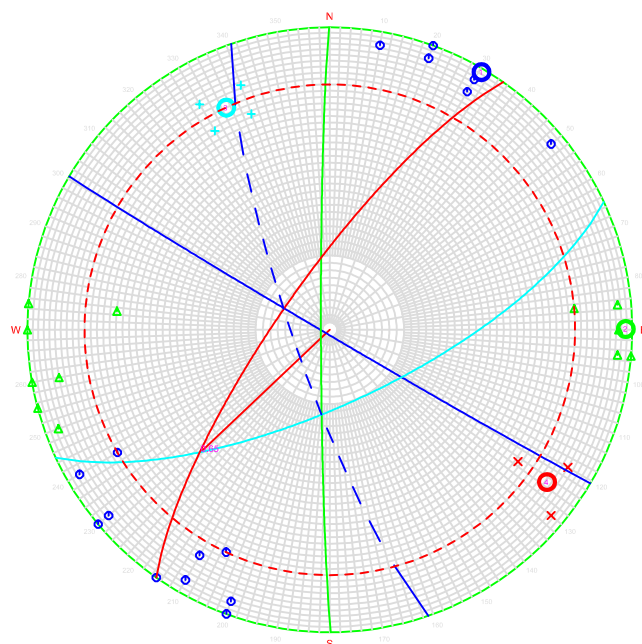


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 14B



Afloramiento T14A. Orientación del talud 80° N281E

Afloramiento T14B. Orientación del talud 80° N251E



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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T15

FECHA: 18 de febrero de 2019

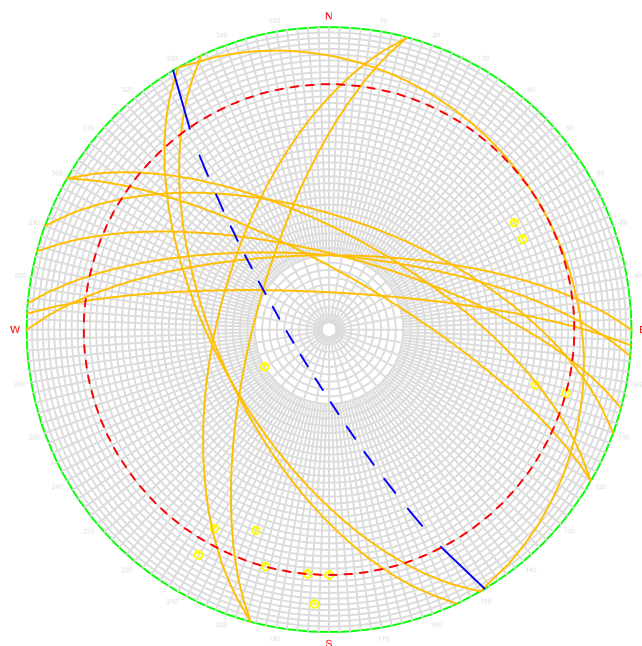
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 15A

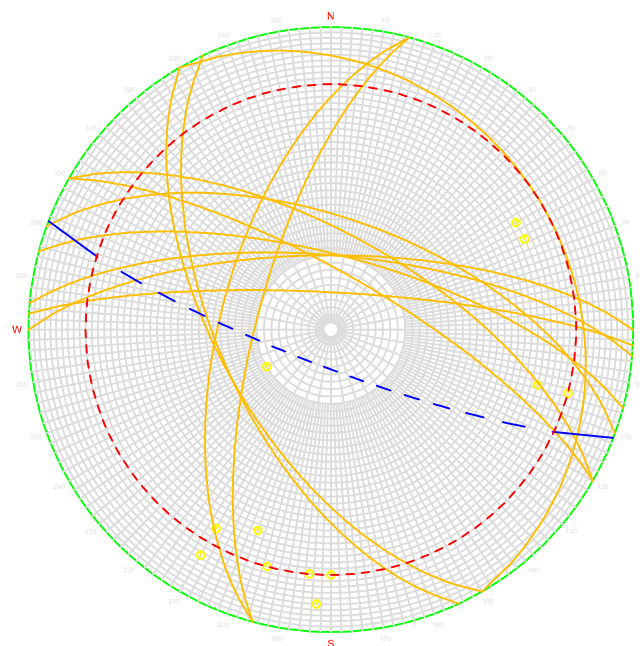


STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 15B

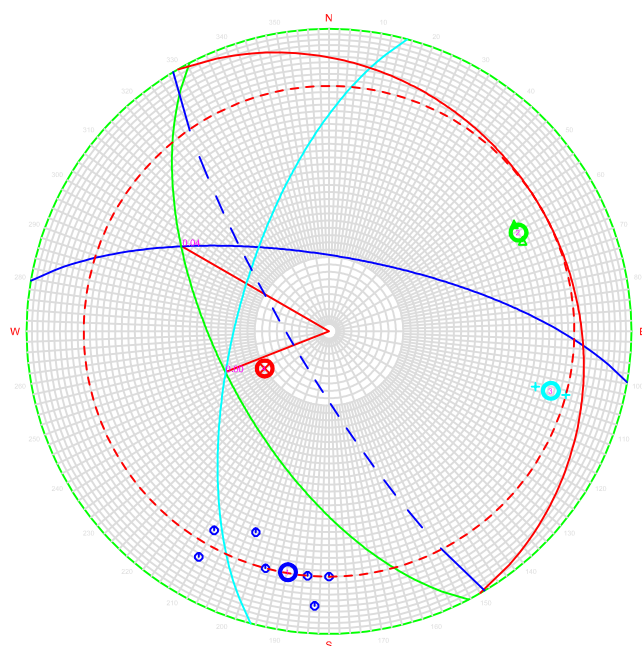


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 15A

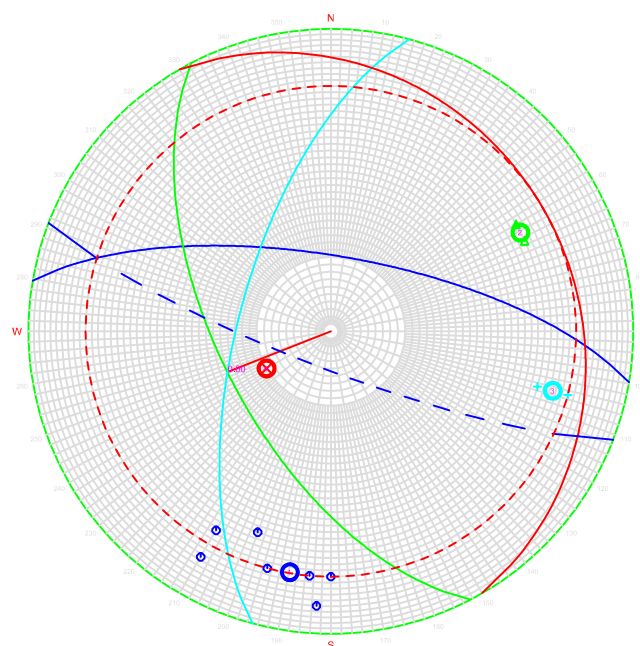


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 15B



Afloramiento T15A. Orientación del talud 80° N239E

Afloramiento T15B. Orientación del talud 80° N201E

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T15

FECHA: 18 de febrero de 2019

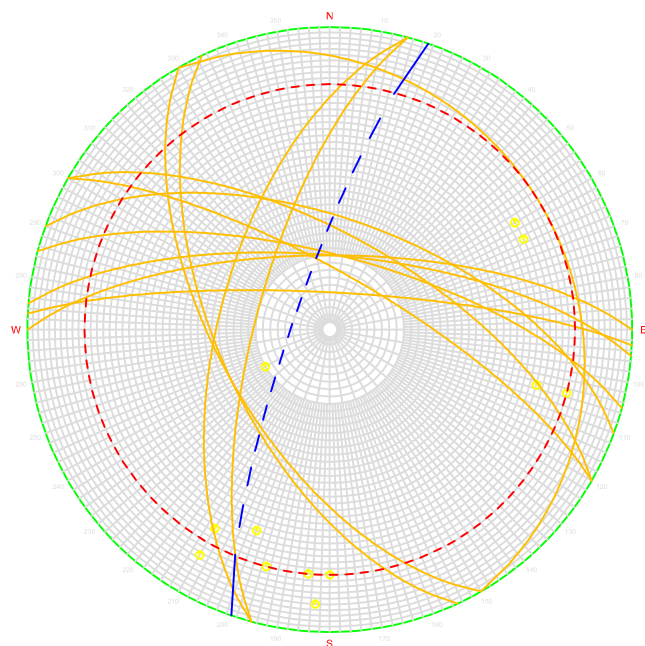
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 15C

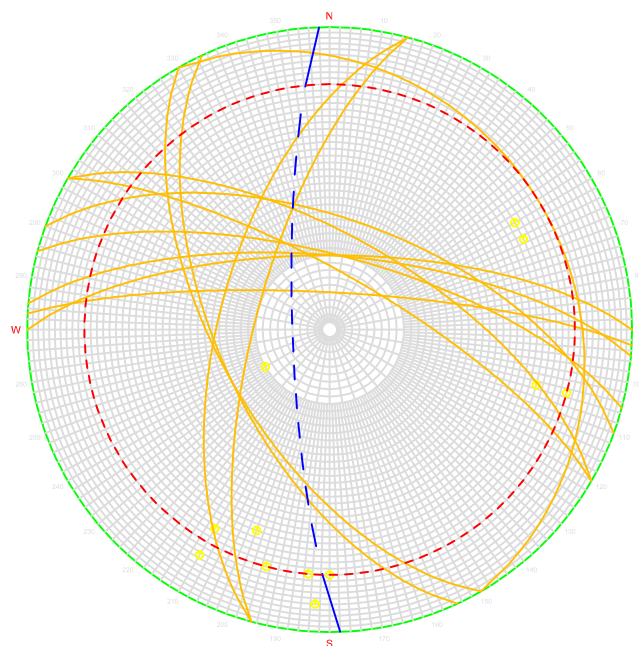


STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 15D

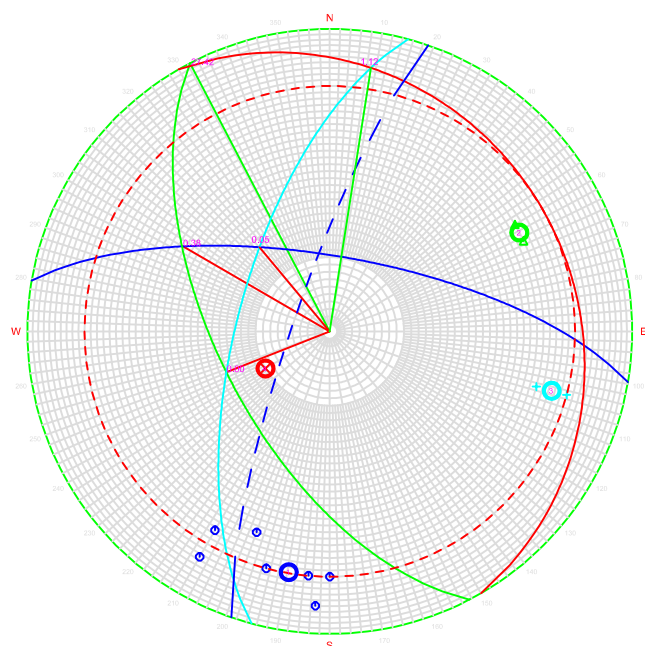


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 15C

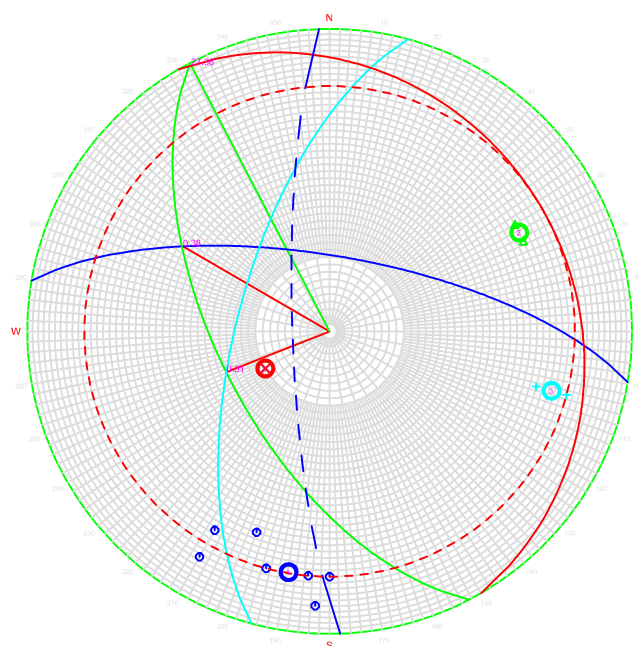


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 15D



Afloramiento T15C. Orientación del talud 80° N289E

Afloramiento T15D. Orientación del talud 80° N268E



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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

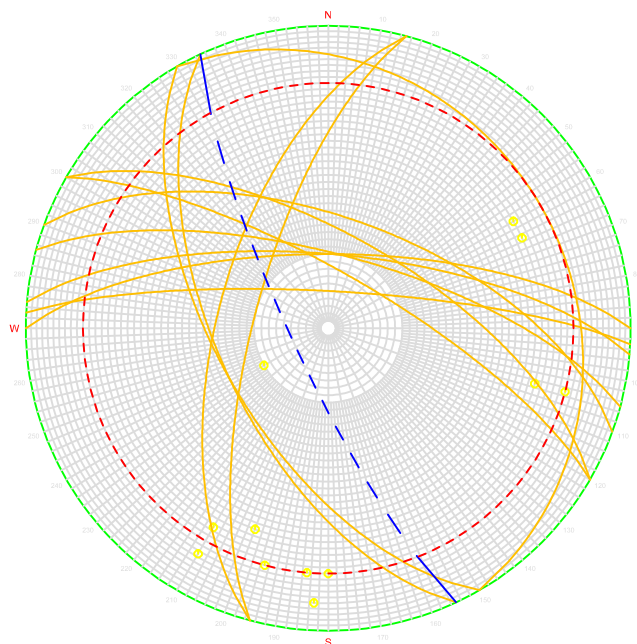
AFLORAMIENTO: T15

FECHA: 18 de febrero de 2019

REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

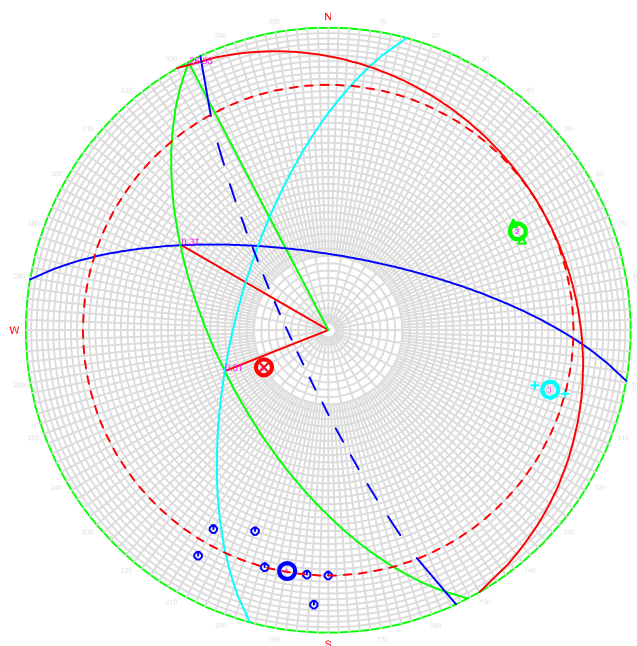
STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection
CANTERA ZORCUNA
TALUD 15E



STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis
CANTERA ZORCUNA
TALUD 15E



Afloramiento T15E. Orientación del talud 80° N245E



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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T16

FECHA: 18 de febrero de 2019

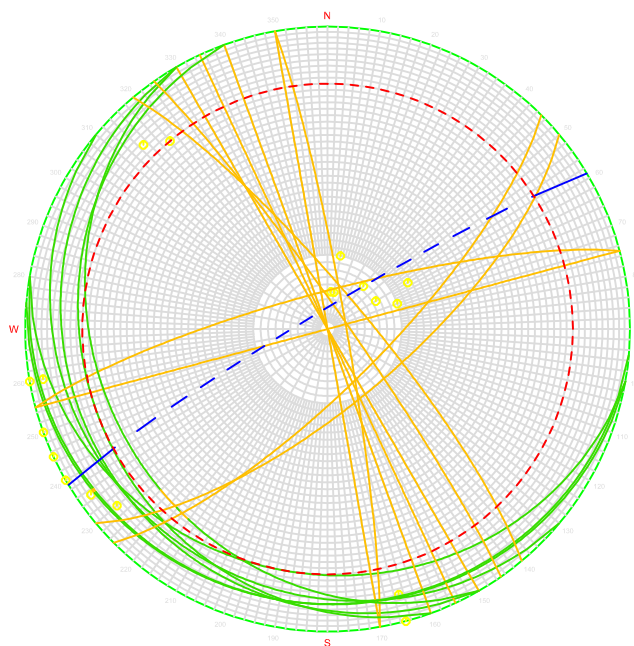
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA ZORCUNA

TALUD 16

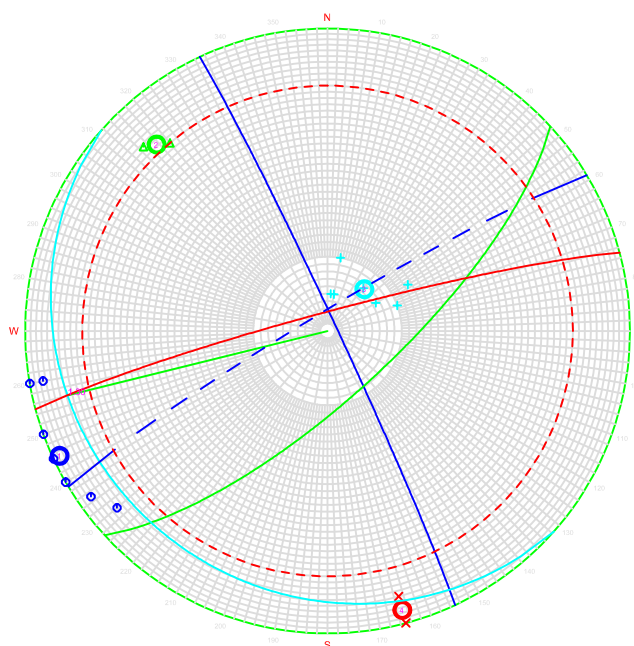


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA

TALUD 16





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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T18

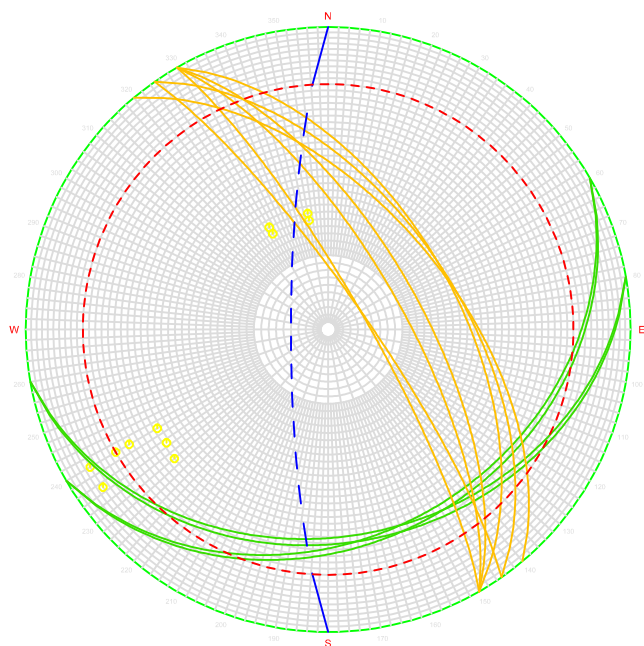
FECHA: 18 de febrero de 2019

REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

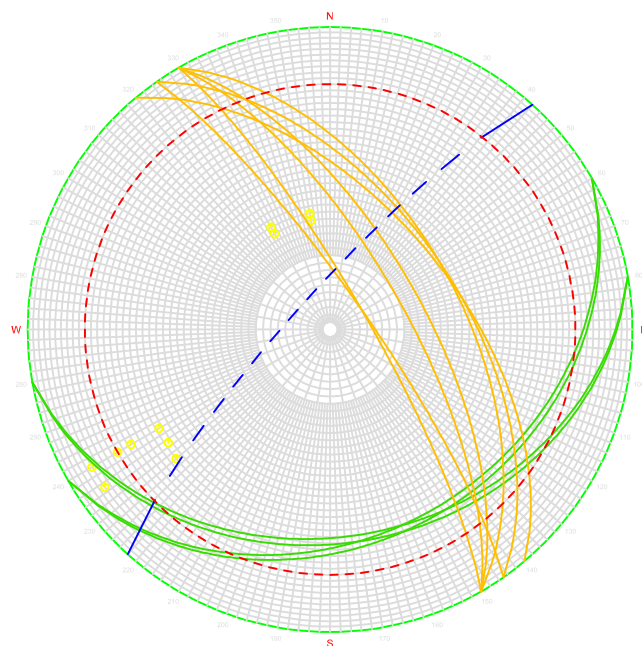
CANtera ZORCUNA
TALUD 18A



STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

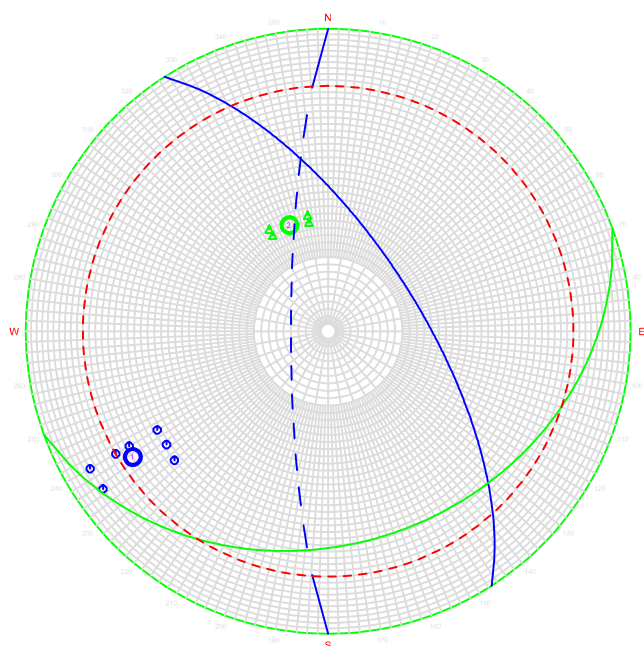
CANtera ZORCUNA
TALUD 18B



STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

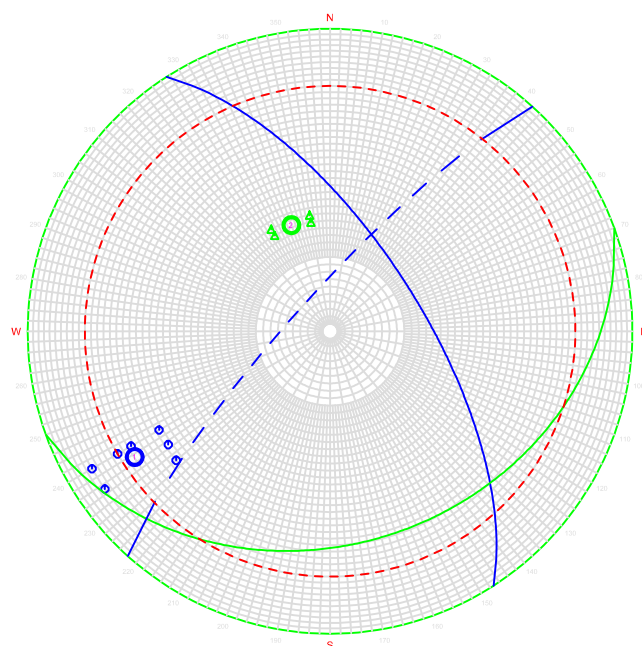
CANtera ZORCUNA
TALUD 18A



STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA
TALUD 18B



Afloramiento T18A. Orientación del talud 80° N270E

Afloramiento T18B. Orientación del talud 80° N312E

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T19

FECHA: 18 de febrero de 2019

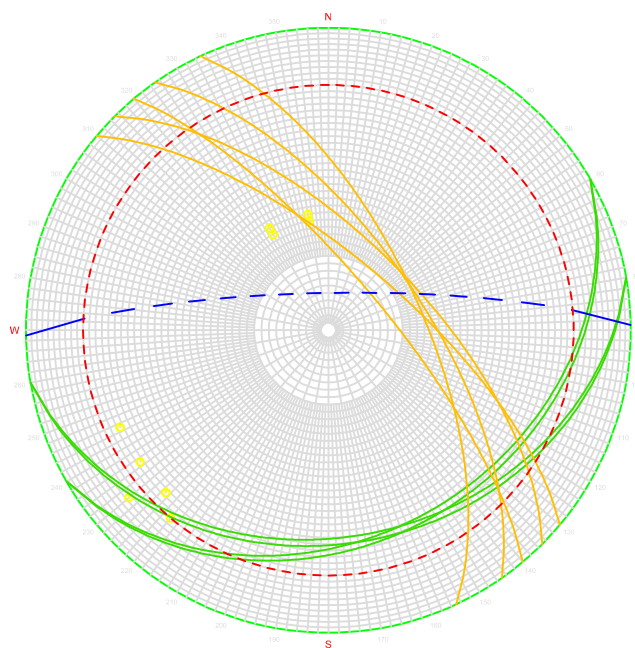
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANTERA ZORCUNA

TALUD 19

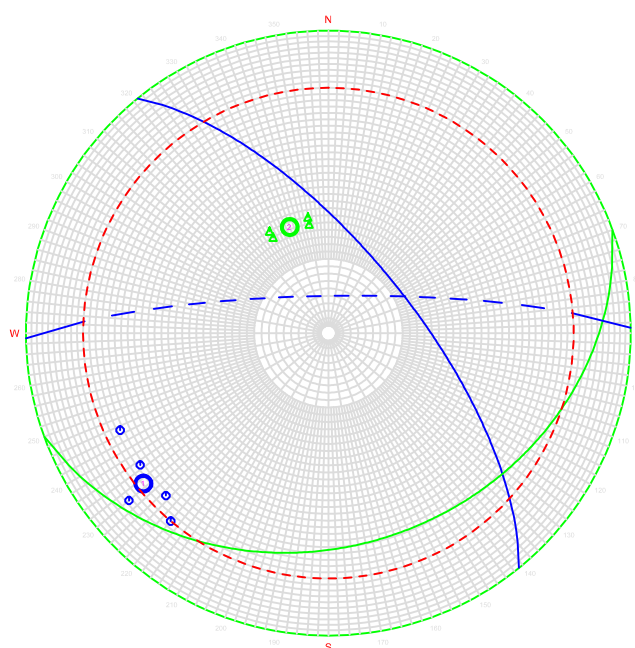


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA

TALUD 19





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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T20

FECHA: 18 de febrero de 2019

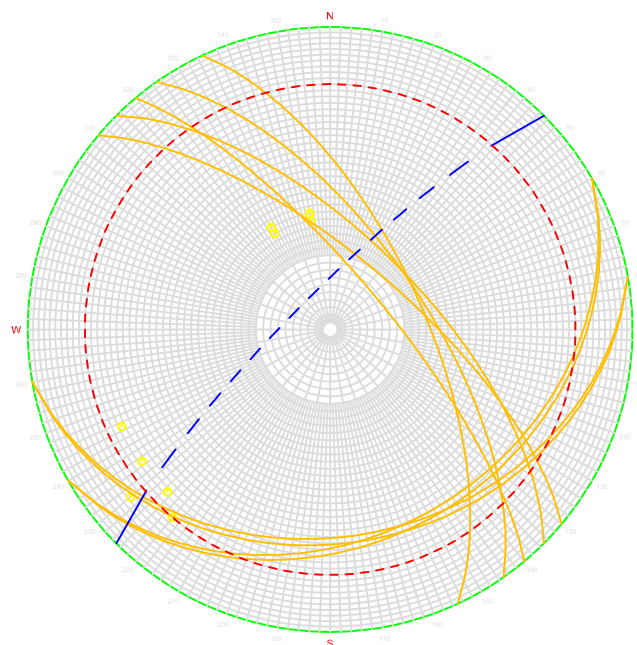
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD 20

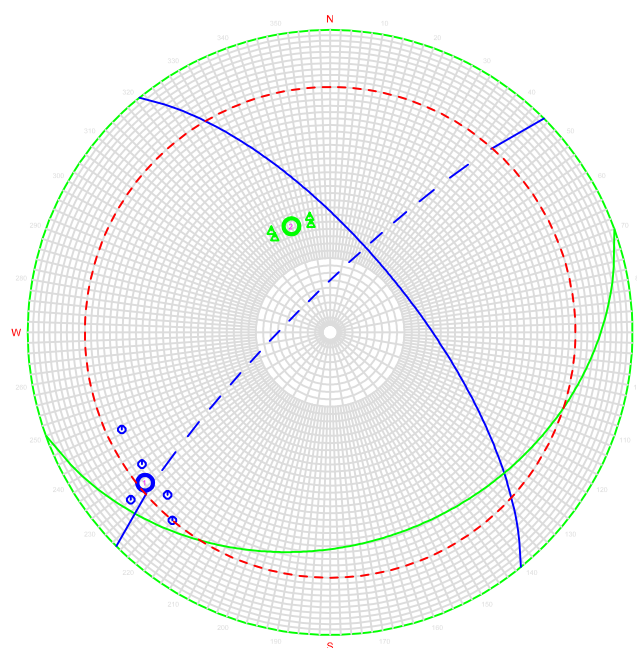


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD 20





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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T21

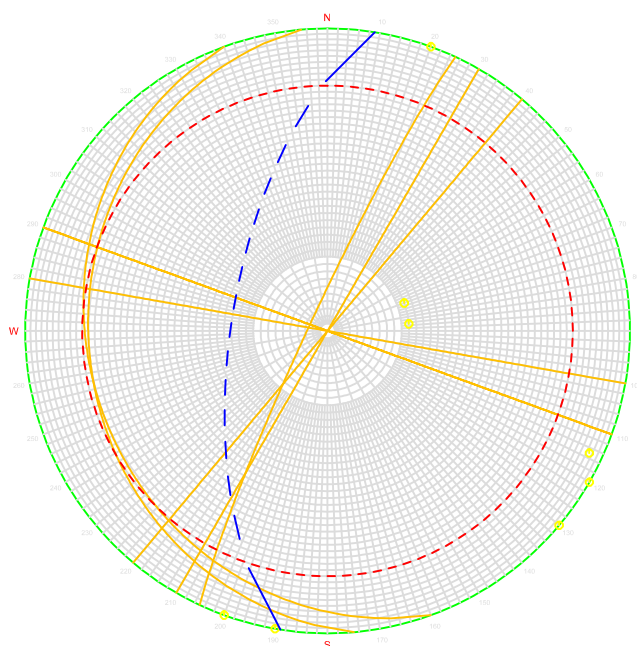
FECHA: 18 de febrero de 2019

REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

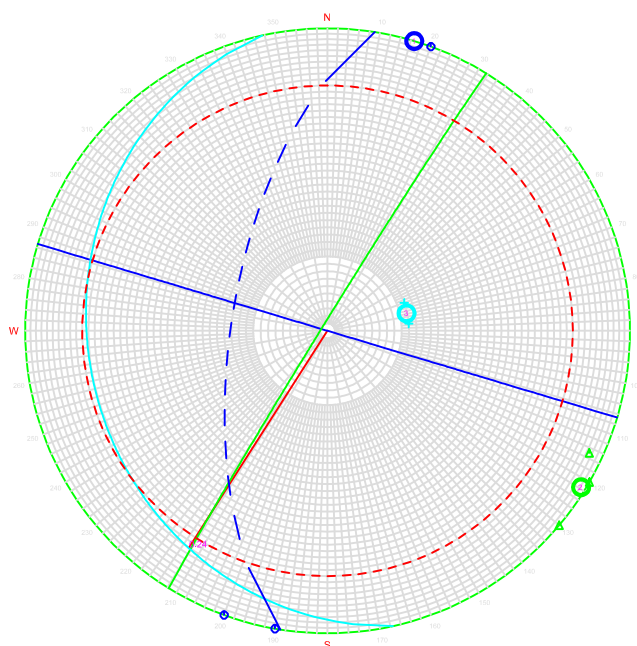
CANTERA ZORCUNA
TALUD T21



STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANTERA ZORCUNA
TALUD T21



ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T22

FECHA: 18 de febrero de 2019

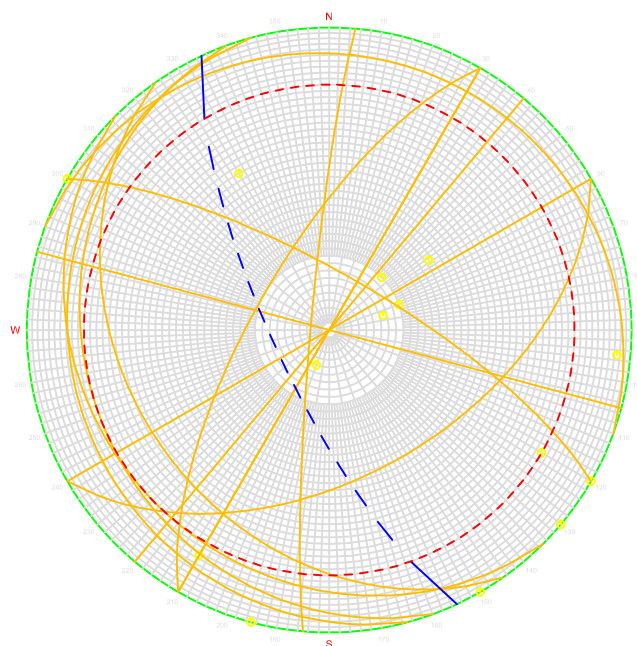
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD T22

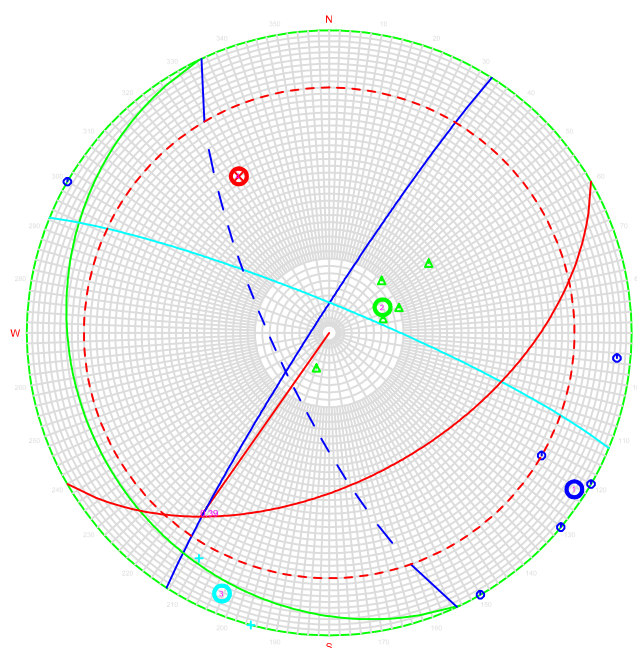


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD T22





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 la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T23

FECHA: 18 de febrero de 2019

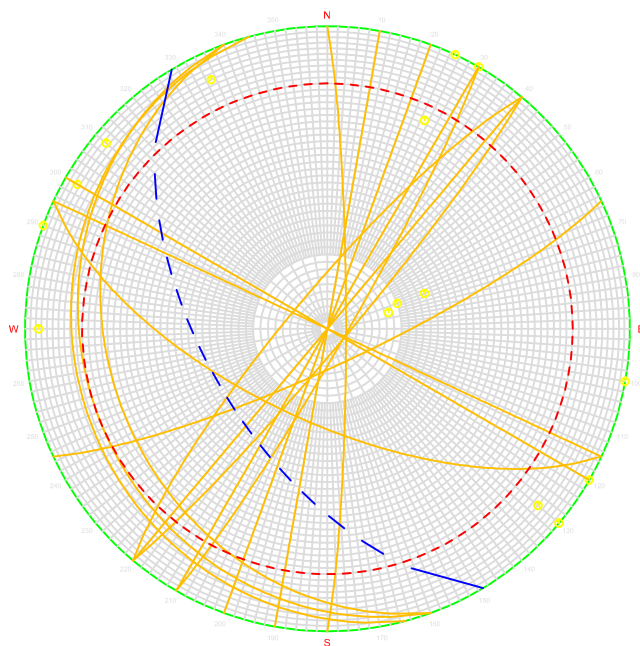
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD T23

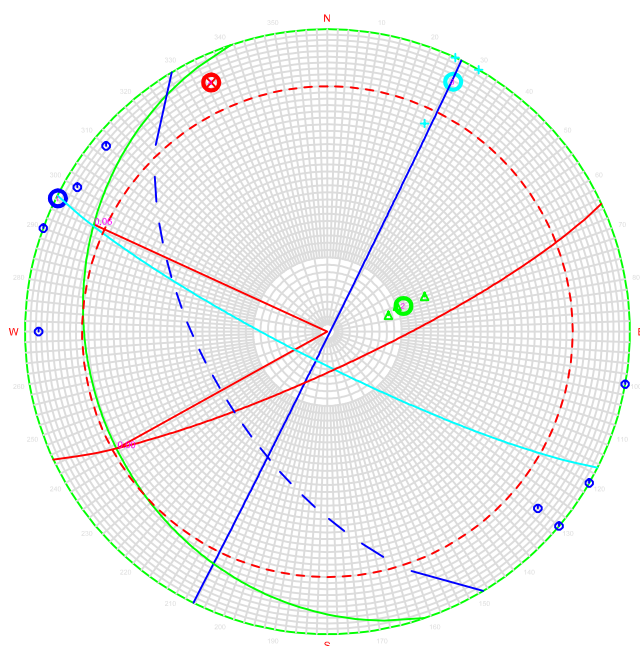


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD T23



ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

AFLORAMIENTO: T24

FECHA: 18 de febrero de 2019

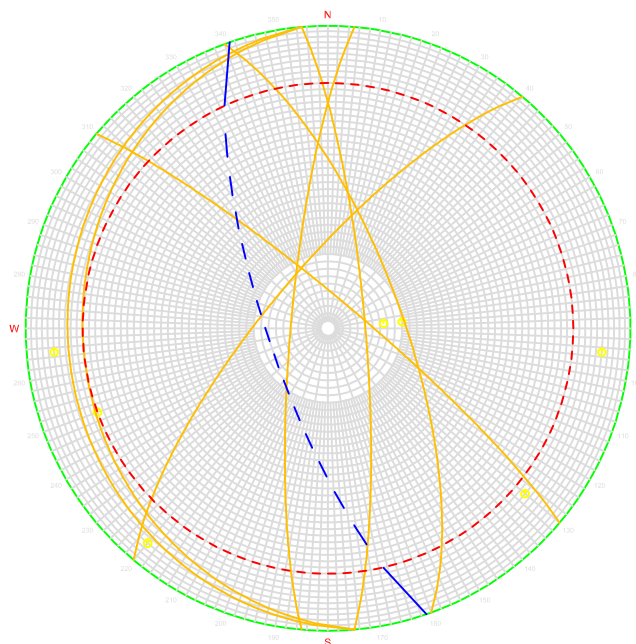
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

stereographic projection

CANtera ZORCUNA

TALUD T24

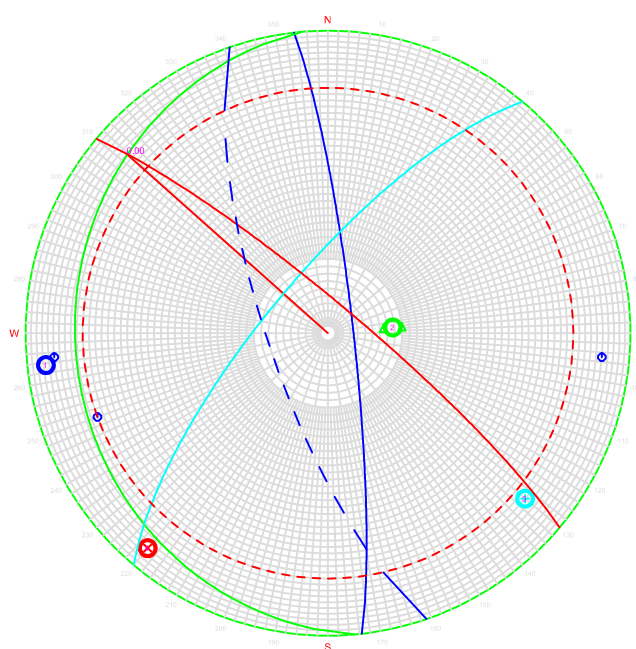


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD T24



ANÁLISIS ESTRUCTURAL

OBRA: Estudio de estabilidad en la cantera Zorcuna, Murieta (Navarra).

CLIENTE: VRESA

TALUDES GENERALES

FECHA: 18 de febrero de 2019

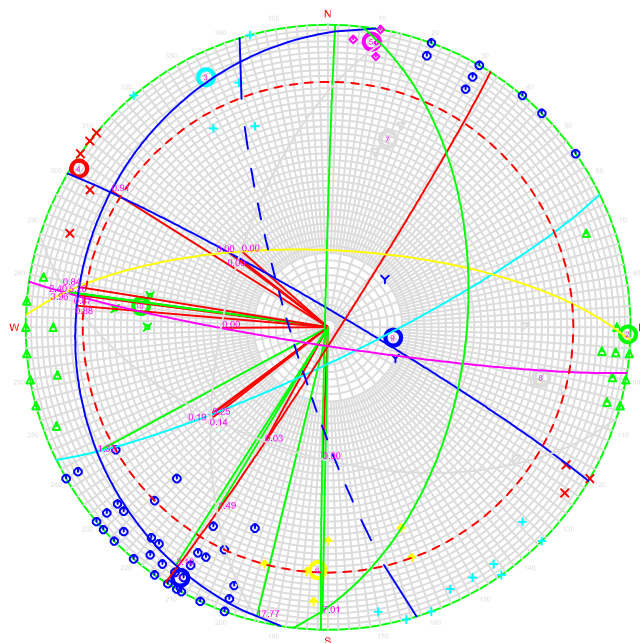
REF. INFORME: IRGE 1119 0411.02

STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD GENERAL 1

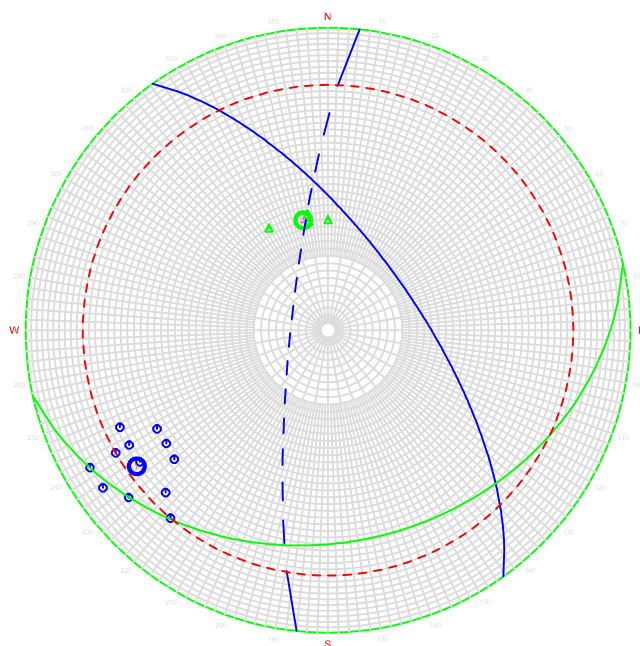


STRUCTURAL DATA COLLECTION

cluster analysis

CANtera ZORCUNA

TALUD GENERAL 2



Afloramiento general 1. Orientación del talud 80° N253E
 Afloramiento general 2. Orientación del talud 80° N276E

ANEXO N° 5

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Fotografía 1.- Vista general del talud de restauración situado al noreste de la cantera en el momento de realización del informe inicial, año 2011.



Fotografía 2.- Vistas generales del talud de restauración en el momento de realización de la presente actualización del informe inicial. Año 2019.



Fotografía 3.- Vista de una parte del talud en la estación T3, donde se observa el gran estado de fracturación de la roca. Los colores más rojizos corresponden a zonas de mayor contenido en arenas.



Fotografía 4.- Imagen tomada en la estación T4, en el que se observan grietas de apertura importante que delimitan bloques en posible estado metaestable.



Fotografía 5.- Vista del talud en la estación T6, en donde se observa el material menos cuarteado. Se diferencia una familia de fracturas subhorizontales (interpretadas como posible estratificación), cortada por fracturas subverticales.



Fotografía 6.- Imagen tomada en el talud en el que se levantó la estación T10, en la que se puede observar una fractura buzando hacia el interior, dejando material rocoso en voladizo.



Fotografía 7.- Tomada en la berma de la estación T11, se observa un bloque separado del resto de la berma, correspondiente a material metaestable del talud inferior.



Fotografía 8.- Aspecto de la berma y el talud superior, límite de NE de la explotación, con los materiales buzando aparentemente hacia el interior del macizo.



Fotografía 9.- Aspecto de la berma de cota 605-610 m, en donde se observa tierra vegetal de restauración bajo material rocoso caído del talud superior (Est. T15).



Fotografía 10.- Vista de parte del material que forma el talud en la estación T15, en donde se observa una fractura desarrollada sobre el material calizo.



Fotografía 11.- Aspecto del promontorio rocoso existente al Oeste de las infraestructuras de la cantera. Vista desde el Norte. Estación T16.



Fotografía 12.- Vista del promontorio desde el Oeste. Se observa la estratificación subhorizontal, intersectada por numerosas fracturas verticales (estación T16).



Fotografía 13.- Vista en la que se observa la gran apertura existente en algunas fracturas verticales que afectan a la roca. Vista desde el Este. Estación T16.



Fotografía 14.- Vista del talud en la zona de levantamiento de la estación T18. Se observa la estratificación y una serie de fracturas paralelas que cortan a la anterior, que aparecen buzando de forma importante hacia la izquierda de la imagen.



Fotografía 15.- Vista general del talud en donde se define la estación T20. Se observa la elevada fracturación del material. En la zona inferior se observa el talud cubierto de polvo que imposibilitó la realización de medidas estructurales.



Fotografía 16.- Vista general del talud en donde se define la estación T21. Se observa la elevada fracturación del material. La estratificación se observa clara, aparentemente subhorizontal, aunque se dispone buzando 22°.



Fotografía 17.- Vista general del talud en donde se define la estación T22. Al igual que en la fotografía anterior, el material aparece muy fracturado. Se observa a la izquierda de la imagen un plano de fractura muy claro en posición subvertical.



Fotografía 18.- Vista general del talud en donde se define la estación T23. Se observa la estratificación poco inclinada, y el elevado estado de fracturación del material. La berma que se intuye a mitad de imagen corresponde a la cota 592.



Fotografía 19.- Vista general del talud en donde se define la estación T24. Se observa una intensa fracturación en el material que da al talud un aspecto caótico. En la base, se observa un gran plano de fractura buzando 80° hacia el interior del talud, que podría originar caídas por vuelco.

ANEXO N° 6

ENSAYOS DE LABORATORIO



GEEA GEÓLOGOS S.L.

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

Ensayo

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE
DE RESISTENCIA A LA
CARGA PUNTUAL**

Norma

UNE 22950-5

Acta n°

AN17982

N° Copia

Copia 1 Cantera Zorcuna

Referencia Muestra....	N05781
PROCEDENCIA	MURIETA CANTERA
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA
FECHA ENTRADA	14 DE ABRIL DE 2011

Referencia Informe.....	EN-232/11
REF. CLIENTE	M1
PETICIONARIO	CANTERA ZORCUNA
DEN. OBRA	MURIETA CANTERA

N°	Tipo	W(mm)	D(mm)	P (kN)	De2(mm2)	De(mm)	Is	F	Is(50)
1	b	52,5	41	17,89	2741	52	6,53	1,02	6,66
2	b	61,5	32	9,97	2506	50	3,98	1,00	3,98
3	b	48	27	10,92	1650	41	6,62	0,91	6,03
4	b	25	28	6,83	891	30	7,66	0,79	6,07
5	b	40	41	15,71	2088	46	7,53	0,96	7,23
6	b	40	32	10,99	1630	40	6,74	0,91	6,12
7	b	54	42	16,91	2888	54	5,86	1,03	6,05
8	b	24	30	5,02	917	30	5,47	0,80	4,37
9	b	51	40	19,63	2597	51	7,56	1,01	7,62
10	b	39	40	16,31	1986	45	8,21	0,95	7,80
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

d = diametral
a = axial
b = bloque
i = fragmento
⊥ = perpendicular
// = paralelo

OBSERVACIONES:

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo



Valor medio Is (50) ⊥	
Valor medio Is (50) //	
Is (50) (N/mm²) Mpa	6,36

VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Ayegui 28 DE ABRIL DE 2011

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.