

**CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA SECRETARÍA DE ESTADO DE  
ENERGÍA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO Y LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (LABORATORIO OFICIAL J.M.  
MADARIAGA – LOM)**

**AÑO 2015**

**PROYECTO Nº 5.3**

***“GUÍA SOBRE CONTROL GEOTÉCNICO EN MINERÍA A CIELO ABIERTO”***

**Informe Final**

2015

## **GUÍA SOBRE CONTROL GEOTÉCNICO EN MINERÍA A CIELO ABIERTO**



**FINANCIA:**

DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO.



**ELABORA:**

Laboratorio Oficial J. M. Madariaga (LOM).



**NIPO EN LÍNEA:** 070-16-013-2.

*“La finalidad de esta Guía es su máxima utilización y difusión. No obstante, debe mencionarse explícitamente la Guía como fuente de cualquier información contenida en la misma que se utilice en acciones formativas, divulgativas o de otro tipo”*

---

**ÍNDICE**

---

0.	PRESENTACIÓN.....	1
1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESPRENDIMIENTO/DESLIZAMIENTO EN TALUDES.....	10
2.1.	Consideraciones previas.....	10
2.2.	Tipos de mecanismo de rotura.....	11
2.3.	Factores que desencadenan los fenómenos de inestabilidad.....	16
2.4.	Criterios de evaluación.....	17
2.4.1.	Criterios de rotura.....	17
2.4.1.1.	Criterio de Mohr-Coulomb:.....	17
2.4.1.2.	Criterio de Hoek -Brown (1980).....	18
2.4.2.	Criterios sobre la calidad del macizo rocoso de rotura.....	22
2.4.2.1.	Clasificación de Beniawski (1989).....	24
2.4.2.2.	Clasificación de Barton et al (1974).....	26
2.4.2.3.	Clasificación GSI (Geological Strength Index).....	27
2.4.3.	Evaluación del factor de seguridad de los taludes.....	28
2.4.4.	Método ROFRAQ.....	32
3.	DESARROLLO DE LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN.....	36
3.1.	Metodología.....	36
3.2.	Medios empleados.....	39
4.	MÉTODO LARCAQ DE ANÁLISIS DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTO EN FRENTES DE CANTERA SOBRE MATERIALES POCO COHESIVOS.....	40
4.1.	Aplicación de los métodos de evaluación.....	46
4.2.	Resultados.....	48
5.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	50
6.	CONCLUSIONES.....	55
7.	RECOMENDACIONES.....	57
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	58

---

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Factores influyentes en las inestabilidades de los taludes en suelos.....	41
Tabla 2. Explotaciones analizadas en macizos rocosos.....	47
Tabla 3. Explotaciones analizadas en suelos (materiales de nula o baja cohesividad) .....	47
Tabla 4. Resultados relativos a la calidad del macizo rocoso y su correlación con los índices ROFRAQ y LARCAQ.....	49
Tabla 5. Resultados relativos a los índices de riesgo y su correlación índices ROFRAQ/LARCAQ.....	49

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Tipologías de accidente más frecuentes en explotaciones a cielo abierto en el periodo 2004-2014 .....	3
Figura 2. Esquema de rotura plana (izda.) y por cuñas (dcha.).....	13
Figura 3. Esquema de rotura por vuelco. ....	13
Figura 4. Esquema de rotura circular.....	14
Figura 5. Esquema de rotura progresiva con deslizamiento lateral. ....	15
Figura 6. Ubicación de los taludes analizados. ....	48

---

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

ANEXO I: LISTA DE CHEQUEO ROFRAQ.

ANEXO II: LISTA DE CHEQUEO LARCAQ.

ANEXO III: EJEMPLOS DE APLICACIÓN A EXPLOTACIONES.

*Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN*

*Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL*

*Hoja 3. HOJA TOMA DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO*

*Hoja 4. HOJA RESUMEN PARÁMETROS*

*Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO*

ANEXO IV: RESULTADOS DE LAS EXPLOTACIONES ANALIZADAS.

*FICHAS RMR / SMR*

*FICHAS ROFRAQ / LARCAQ*

## 0. PRESENTACIÓN

El presente trabajo constituye un primer avance en el intento de establecer una nueva metodología de control del riesgo de desprendimiento en taludes de explotaciones mineras a cielo abierto, de modo que el ejercicio de dicho control por parte de los responsables de la explotaciones sea más asidua y efectiva, a través de una mayor facilidad de aplicación que la obtenida mediante los métodos tradicionales que determinan el factor de seguridad.

Estas nuevas metodologías, de acuerdo con el nuevo enfoque de la seguridad laboral, amplían el análisis del riesgo no sólo a las condiciones de inestabilidad del talud sino también a la estimación de la probabilidad de que se produzcan daños sobre las personas y bienes.

No obstante, y a pesar de que estos procedimientos son, en términos matemáticos, menos precisos que los tradicionales, lo cierto es que en su condición de empíricos, puede estimarse que sus resultados se ajustan de forma más adecuada a las reales condiciones de seguridad de las labores que se realizan en el entorno de los lugares de trabajo, en este caso los taludes, tanto activos como residuales, de las explotaciones mineras a cielo abierto.

A pesar de todo, la aplicación de estos métodos empíricos no pretende sustituir al necesario cálculo de las condiciones geotécnicas por las metodologías tradicionales, cada vez más rápidas y precisas con el empleo de los análisis matemáticos (modelos numéricos) mediante potentes aplicaciones informáticas, sino que los mismos suponen un complemento más para facilitar la labor de los responsables de la seguridad minera, debido a la escasa accesibilidad a estas herramientas de cálculo por parte de los citados responsables.

Es por ello que la Secretaría de Estado de Energía, a través de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, ha encargado a la Universidad Politécnica de Madrid, a través del Laboratorio Oficial J. M. Madariaga, la realización de un primer estudio sobre la

aplicabilidad de los nuevos métodos de evaluación de desprendimientos de bloques en las explotaciones mineras a cielo abierto, tratando la validación de los mismos mediante el análisis comparativo de sus conclusiones con los resultados obtenidos por los métodos tradicionales.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los desprendimientos o caídas de bloques son fenómenos de riesgo relativamente comunes en las explotaciones mineras a cielo abierto, aunque en la mayor parte de los casos ni suelen producir accidentes ni afectar a las labores mineras.

A pesar de esta primera consideración, lo cierto es que los desprendimientos de bloques de roca o los deslizamientos incontrolados de tierras son una de las causas fundamentales de la siniestralidad en las explotaciones mineras a cielo abierto del territorio nacional. Esta importancia es aún mayor si tenemos en cuenta el resultado de los accidentes con origen en estos fenómenos, por cuanto es frecuente que ante la severidad de los daños, en función del importante peso y velocidad de impacto de los materiales desprendidos, estos deriven en pérdidas de vidas humanas.



Figura 1. Tipologías de accidente más frecuentes en explotaciones a cielo abierto en el periodo 2004-2014

Para predecir las situaciones de riesgo de desprendimiento, en orden a garantizar la seguridad de personas y bienes en el desarrollo de las labores de explotación, la legislación minera española establece una serie de normas a través de las ITCs del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera,, basándose fundamentalmente en limitar la altura de los frentes de trabajo y de taludes finales en función de los tipos y metodologías extractivas (art.1.2. de la ITC SM 07.1.03), en la necesidad de realizar la explotación por niveles formando bancos escalonados, siempre de forma descendente, obligando a dejar bermas (art. 1.3. de la ITC SM 07.1.03), así como en la obligación de realizar tareas de inspección y saneo de los frentes de explotación, en especial antes de comenzar los trabajo tras producirse una parada prolongada de las labores mineras (art. 3.3. de la ITC SM 07.1.03).

Del mismo modo la legislación española contempla específicamente, en numerosas ocasiones, la obligación de asegurar la estabilidad de los taludes y de las condiciones de contorno de los huecos mineros, ya sea en fase de proyecto-diseño, desarrollo o abandono, hasta el punto de que las limitaciones de altura establecidas en la normativa se supeditan a la previa y necesaria condición de estabilidad de los frentes.

Así, el art. 1.2.1. de la ITC SM 07.1.03, aplicable para el caso de las explotaciones en las que el arranque se efectúe con explosivos y la carga sea independiente del mismo, establece que para que la Autoridad Minera apruebe el desarrollo de alturas de frente superiores a las nominales permitidas, de 20 m, un estudio geotécnico ha de demostrar que el coeficiente de seguridad del talud no inferior a 1,2 (o de 1,1, en el caso de que se haya considerado en su cálculo el riesgo sísmico).

Similares consideraciones se establecen en este mismo artículo para el caso de las pendientes o inclinaciones de talud, que han de ser las necesarias para *asegurar su estabilidad*, y para el caso de los taludes resultantes, en donde se permitirá una altura máxima de 40 m sin necesidad de bermas, siempre que el *frente resultante sea estable* y no sobrepase la vertical.

En este mismo sentido, el art. 1.2.2. aplicable a la extracción de bloques de piedra natural establece que en las explotaciones para extracción de bloques en la pared del talud resultante se permitirá una altura máxima de 36 m sin necesidad de bermas, siempre que el *frente resultante sea estable* y no sobrepase la vertical. Para las explotaciones de extracción de bloques de pizarra, en la pared resultante se permitirá una altura máxima de 40 m, sin necesidad de bermas, siempre que *el frente resultante sea estable* y no sobrepase la vertical.

Por su parte, la adopción de una determinada anchura de bermas se vincula, tal y como se establece en el art. 1.3. de la citada ITC SM 07.1.03, al resultado de un *estudio geotécnico* que determine el *talud final estable*.

Lo mismo ocurre con las dimensiones y morfologías de las plataformas de trabajo que además de permitir la fácil maniobra de los equipos de trabajo, deben *garantizar su estabilidad* y permitir un desagüe eficaz, según se indica en el art. 1.4. de la citada ITC SM 07.1.03.

Por otro lado, el art. 2 de la citada ITC “Operación de desmonte” viene a señalar que “Cuando se interrumpa la fase de desmonte los frentes deberán ser *lo más estables posible*, para lo que se les dará el talud apropiado....”.

Por último, el art. 3.4. de la ITC SM 07.1.03 “Desague” establece que “si el frente de explotación corta un acuífero la presión freática de ésta debe ser reducida por las medidas apropiadas de drenaje, de modo que se *asegure la estabilidad del talud* y se evite el colapso de las capas disgregables”.

Se manifiesta, pues, la obligación del empresario de garantizar en todo momento la estabilidad de los taludes de frente y demás estructuras de explotación, no sólo en fase de proyecto sino en el propio desarrollo de labores.

Es evidente que esta garantía solo puede lograrse a través de continuos, o en todo caso, periódicos controles geotécnicos, más allá del estudio preliminar realizado preceptivamente en la fase de proyecto o diseño de labores, en donde se establezcan con la máxima fiabilidad los estados de sollicitaciones y

deformaciones existentes y que puedan producirse con el desarrollo de las labores proyectadas.

Llegados a este punto, conviene destacar que no existe dentro de la normativa española prescripciones particulares en orden a establecer la periodicidad o asiduidad de los controles de seguimiento de la estabilidad de las labores mineras, por lo que suele ocurrir que la ejecución de las labores de seguimiento y control de la estabilidad de los taludes de las explotaciones, mediante la determinación de su factor de seguridad, queda relegada a las situaciones de evidente inestabilidad, con lo que la acción preventiva queda muy mermada en su verdadero alcance.

Acontecimientos tan significativos como el cambio en la orientación del avance extractivo o la aparición de flujos de agua en la superficie del talud no implican, en la práctica, la ejecución de nuevos análisis de la seguridad del lugar de trabajo por parte de los empresarios.

Está constatado, a través de las múltiples visitas que el LOM ha realizado a un importante número de explotaciones mineras, que siendo muchos las empresas que analizan de forma preliminar, sin entrar en el grado de fiabilidad de los estudios, las condiciones de estabilidad de las labores proyectadas, son muy pocas las que cuentan con un verdadero seguimiento del estado geotécnico de estabilidad de los macizos y taludes en explotación, calculando de forma periódica el coeficiente de seguridad de sus labores, y en consecuencia, no justificando adecuadamente un reajuste de su modelo extractivo.

Las contribuciones específicas de la mecánica de rocas al diseño y planificación de una explotación tienen lugar básicamente en tareas como el diseño de los accesos, el desarrollo del método minero y de la geometría final de explotación, la selección de la secuencia de explotación y el diseño de los frentes de arranque. Los estudios geotécnicos han de ser conducidos en el ámbito de una organización que permita la integración de los conceptos, la información y los estudios realizados por el equipo de gestión, los ingenieros de

proyecto, los ingenieros geólogos y los geotécnicos (Oyanguren, P. y Alejano, A., 2008).

Tradicionalmente esta colaboración e integración de conocimientos se produce a lo sumo en la fase de diseño del proyecto. La realidad es que esta colaboración y trasvase de información y conocimiento no existe en la fase de desarrollo o ejecución del proyecto. No existe *feed-back* de lo que ocurre en los frentes sobre la metodología y secuencia espacio temporal del arranque.

Este hecho es importante, en especial en la actividad minera a cielo abierto, por cuanto puede ocurrir que:

- Las voladuras periódicas pueden crear estados tensionales y de deformación muy diferentes a los inicialmente estimados, en especial en aquellas explotaciones con grandes voladuras de producción en un periodo relativamente dilatado de tiempo (más de 10 años), pareciendo el conocido fenómeno de *creep*.

El avance de las labores descubran con mayor grado de detalle, e incluso originen, una mayor anisotropía de los macizos, generando la necesidad de analizar nuevos escenarios geotécnicos, no abordados en la etapa de diseño del proyecto minero.

Existan modificaciones, por el avance tecnológico en los métodos de explotación (explosivos, maquinaria más pesada, etc.) que afecten y modifiquen tanto la intensidad y velocidad de las sobrepresiones sobre el macizo como el relajamiento de este por la retirada a mayor velocidad del material excavado o de las pilas de material volado, que varíen la estabilidad de las labores.

Existan modificaciones en la orientación de ataque del macizo, conformando nuevas orientaciones de frente y avance que posiblemente no hayan sido consideradas en el estudio básico geotécnico preliminar.

Se generen nuevos flujos de agua (superficiales o subterráneos, por la apertura de nuevas vías de circulación debido p.e. a voladuras), que infieran nuevas condiciones de saturación a los terrenos, y con ello variando el coeficiente de seguridad de las labores.

Es por ello, que un análisis global de las explotaciones mineras daría como resultado un grado importante de insuficiencia en el conocimiento de los grados de estabilidad del macizo, redundando en la falta de la preceptiva garantía de estabilidad de las labores mineras.

También ha de indicarse que determinados capítulos de las ITC de aplicación, que orientan sobre las dimensiones o parámetros de los taludes, bancos, bermas y plataformas de trabajo son demasiado generalistas o imprecisas (p.e. la legislación española no concreta las dimensiones de las bermas, salvo para el caso de que las mismas formen parte de la red viaria interior), dando lugar a diferentes interpretaciones de la normativa.

A la falta de garantía sobre la representatividad y/o validez de los estudios realizados, la carencia de los seguimientos, y la indeterminación de parte de la normativa actual, se une una nueva forma de abordar el problema de la seguridad minera, fruto de la transposición a nuestra normativa de las Directivas Europeas de Seguridad Laboral, abordando el problema desde un criterio más probabilístico y analizando las posibles consecuencias o severidad de los posibles incidentes.

De acuerdo con la legislación en materia de prevención de riesgos laborales, debe garantizarse no el control efectivo temporal de los espacios del hueco minero sino la de los espacios de trabajo. En este sentido, debe acordarse de que en minería, al contrario de lo que ocurre en la obra civil, los huecos se diseñan para que sean estables durante periodos de tiempo relativamente cortos (en ocasiones, incluso horas).

Bajo este mismo criterio, de insuficiencia de la normativa de seguridad minera, ha de incidirse en el hecho de que el propio concepto de riesgo laboral, en cuya

determinación entra a formar parte el factor probabilístico, no implica que necesariamente la existencia de un talud inestable sea evaluado como un lugar de trabajo con riesgo, ya que dicho índice puede variar en función de la presencia, más o menos continuada, de personal o máquinas en su área de influencia.

Por todo ello se considera imprescindible establecer una nueva redacción de las normativas de aplicación en seguridad minera relativa a la estabilidad en el desarrollo de labores.

En orden a establecer de forma preliminar las bases de estudio para llevar a cabo esta necesaria reforma se trata de evaluar la aplicabilidad de los nuevos métodos de la evaluación del riesgo de desprendimientos analizando la correspondencia con los criterios geotécnicos actuales más usados para el análisis de la estabilidad de los macizos rocoso y de los huecos mineros inferidos sobre ellos.

Además, se da la circunstancia de que los nuevos métodos basados en criterios probabilísticos se concentran en el análisis del riesgo sobre taludes de macizos rocosos, bajo unas determinadas condiciones de contorno- como es el caso de ROFRAQ, es decir, con un importante grado de cohesión, pero no así sobre materiales granulares o poco cohesivos.

Es por ello, que ante el objetivo de extender los nuevos métodos a este último tipo de taludes, y ante la ausencia de un análogo predictivo para frentes desarrollados en materiales débiles o sueltos, se pretende, igualmente, como parte de esta actuación específica el establecimiento preliminar de un método, similar a ROFRAQ, de aplicación a los taludes desarrollados sobre estos materiales.

## **2. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESPRENDIMIENTO/DESLIZAMIENTO EN TALUDES**

### **2.1. Consideraciones previas.**

La evaluación del riesgo de desprendimiento en una explotación minera, como en cualquier obra civil que afecte a la integridad del terreno, viene vinculada necesariamente a la previa determinación de la estabilidad geotécnica del escenario donde se realizan las operaciones mineras (excavación, voladuras, etc.).

De forma preliminar a la realización del estudio de estabilidad, se han de distinguir preliminarmente los tipos de terreno donde pueden desarrollarse la actividad extractiva y en consecuencia los fenómenos de inestabilidad. En función de esta tipología existen formaciones competentes o macizos rocosos y formaciones blandas o suelos, ambas objeto de aprovechamiento minero.

Definimos:

- Suelo: medio continuo formado por multitud de pequeños elementos discontinuos.
- Macizo rocoso: medio discontinuo formado por un número finito de grandes elementos continuos.

En función de la escala de análisis podemos establecer una mayor anisotropía de las formaciones, ya sean blandas o macizos rocosos, si bien en ambos caso, pero de forma más acusada en estas últimas formaciones, son las discontinuidades la que generan un escenario más complejo desde el punto de vista geotécnico.

Los suelos en condiciones normales se suelen encontrar sometidos a campos tensionales débiles, siendo lo contrario que en las rocas. Las rocas suelen tener módulos elásticos mucho mayores que los suelos y lo mismo sucede con su resistencia.

Los procesos de rotura en los macizos rocosos implican mecanismos de fisuración o fracturación como generación y/o crecimiento de grietas en un medio pseudo-continuo, mientras que en suelos la rotura no afecta a la integridad mecánica de cada uno de los granos individuales.

Por otro lado, el flujo de agua en los macizos rocosos se circunscribe, principalmente a flujos siguiendo fisuras o canales determinados, lo que suele originar niveles bajos de permeabilidad, mientras que en los suelos el flujo hídrico se produce, fundamentalmente, a través de la porosidad inter-granular.

Las inestabilidades de los taludes en minería se producen mayoritariamente siguiendo discontinuidades favorablemente orientadas, con la especificidad que en minería los taludes evolucionan rápidamente.

La existencia de discontinuidades, en una determinada orientación, por si solas no suelen representar situaciones de riesgo de inestabilidad. Es en general la presencia concurrente de varias familias de discontinuidades con relación al plano o planos de talud los que infieren condiciones de inestabilidad al macizo, en especial cuando su rumbo coincide de manera aproximada con el del talud.

En minería la orientación de los taludes suele variar con el tiempo, además de concurrir en el tiempo diferentes orientaciones del frente (cortas mineras), por lo que resulta relativamente frecuente la aparición de fenómenos de inestabilidad.

## **2.2. Tipos de mecanismo de rotura**

Existen diferentes tipos de rotura desde el punto de vista del mecanismo:

- Roturas por deslizamiento según uno o varios planos de discontinuidad que afloran en el talud y que incluirán roturas planas y en cuña.
- Roturas por movimientos relativo de bloques a través de planos de discontinuidad preexistentes que no afloren necesariamente y que incluirán las roturas por vuelco, algunas roturas que siguen

discontinuidades paralelas al talud (de muro) y las roturas de varios bloques.

- Roturas producidas parte por deslizamiento a lo largo de planos de discontinuidad y parte por rotura de la roca y que incluirán las roturas en escalón, roturas mixtas, roturas complejas (como roturas por deslizamiento y vuelco o el denominado kink-band slumping) y otras roturas que siguen parcialmente discontinuidades paralelas al talud (rotura por pandeo).
- Roturas que se producen siguiendo una superficie circular, sin relación importante con los planos de junta, y que en términos generales se denominan roturas circulares.

Los mecanismos de rotura más frecuentes son:

- Rotura plana: Se produce siguiendo una discontinuidad con dirección similar a la del talud, que buza en el mismo sentido del talud, y cuya dirección es sensiblemente paralela a la de este, pero que buza menos que este, quedando descalzado por tanto un prisma de roca. Requiere la preexistencia de una superficie lateral de despegue, y se produce fundamentalmente debido a que el buzamiento de este plano es menor que el del talud, con lo que el rozamiento movilizado no es suficiente para asegurar la estabilidad.

Los deslizamientos planares suelen ocurrir en:

- Rocas sedimentarias que tengan un buzamiento similar o menor a la inclinación de la cara del talud.
- Discontinuidades, tales como fallas, foliaciones o diaclasas que forman largos y continuos planos de debilidad que interceptan la superficie del talud.
- Intersección de diaclasas o discontinuidades que dan como resultado la falla de un bloque en forma de cuña.

- Rotura en cuña: Se produce siguiendo dos planos de discontinuidad, de diferente orientación, de manera que el buzamiento de la línea de intersección de ambos planos tenga un buzamiento inferior al ángulo de talud, lo que hace que se descalce un tetraedro o cuña que podrá eventualmente deslizarse.

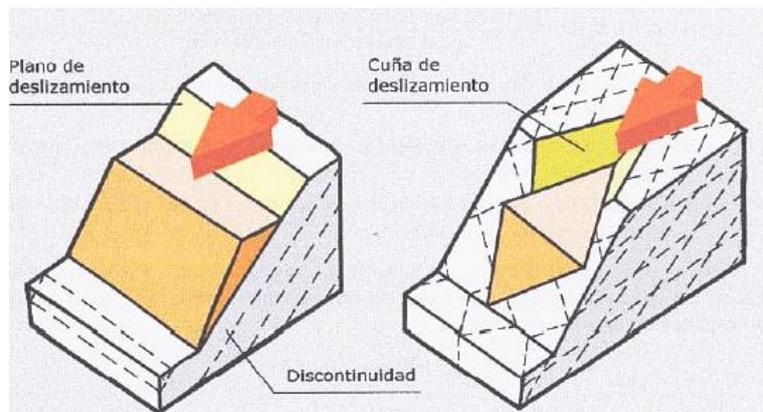


Figura 2. Esquema de rotura plana (izda.) y por cuñas (dcha.).

- Rotura por vuelco: Se produce si se tiene una familia de discontinuidades muy persistentes y relativamente poco espaciadas que tengan un rumbo paralelo al del talud (típicamente estratificación, y en menor medida esquistosidad) pero que bucen contra este con una inclinación más bien alta. A veces, este fenómeno se ve catalizado por la presencia de otra familia de discontinuidades perpendicular a la anterior que permita la formación de una base escalonada sobre la que vuelquen los prismas de roca que se formen.

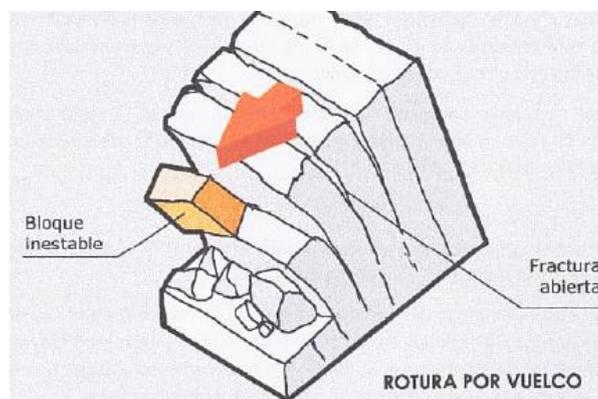
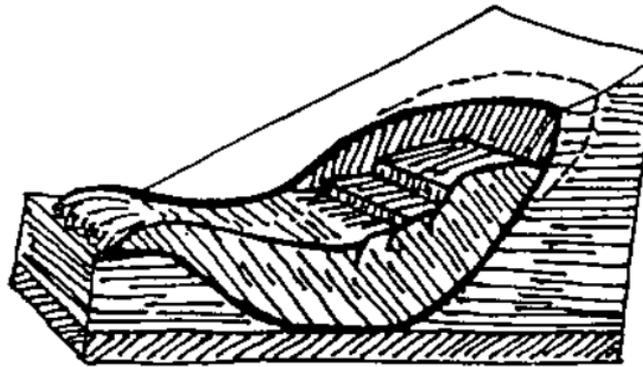


Figura 3. Esquema de rotura por vuelco.

- Rotura circular: Se produce por deslizamiento del material siguiendo una trayectoria circular. Suele tener lugar en macizos rocosos de mala calidad, meteorizados, en suelos, y también en estructuras granulares como las escombreras

Este tipo de rotura suele denominarse también derrumbes rotacionales, y tienden a ocurrir lentamente en forma de cuchara, comenzándose el material a fallar por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica; aparecen grietas en la cresta del área inestable y abombamientos al pie de la masa deslizante. Al finalizar, la masa se desplaza sustancialmente y deja un escarpe en la cresta.



*Figura 4. Esquema de rotura circular.*

La principal causa de este tipo de falla es el incremento de la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración; sus consecuencias no son catastróficas, a pesar de que el movimiento puede causar severos daños a estructuras que se encuentren en la masa deslizante o sus alrededores. Cuando se presentan algunos signos tempranos de falla los taludes pueden ser estabilizados.

En las etapas tempranas del deslizamiento se forman grietas de tensión en la cabecera o superficie del propio talud. Seguidamente a partir de la falla parcial se genera una serie de pequeños hundimientos y escarpes, y al momento de la falla total se pueden apreciar varios escarpes en la superficie además de grietas de tensión concéntricas y profundas, así como una gran masa de material incoherente al pie del talud.

En las roturas que siguen discontinuidades paralelas al talud (rotura por talud de muro, por cortante en la base, por expulsión de bloque, pandeos): la mayor parte de la inestabilidad va asociada al deslizamiento por las discontinuidades antedichas

Salvo en la rotura circular, la rotura viene condicionada por la resistencia de las discontinuidades.

A veces las roturas son mixtas o complejas, en las que parte de la rotura se produce siguiendo juntas preexistentes y parte a través del macizo o la roca, siguiendo mecanismos de rotura y deformación bastante variados.

Uno de los mecanismos más importantes de rotura compleja, vinculado a las explotaciones de formaciones granulares y arcillosas duras, son los denominados procesos por *rotura progresiva*, asociados a deslizamientos laterales.

Los deslizamientos laterales son una forma de rotura planar que ocurre en suelos y rocas. La masa se deforma a lo largo de una superficie plana que representa una zona débil. Los bloques se separan progresivamente por tensión y retrograde.

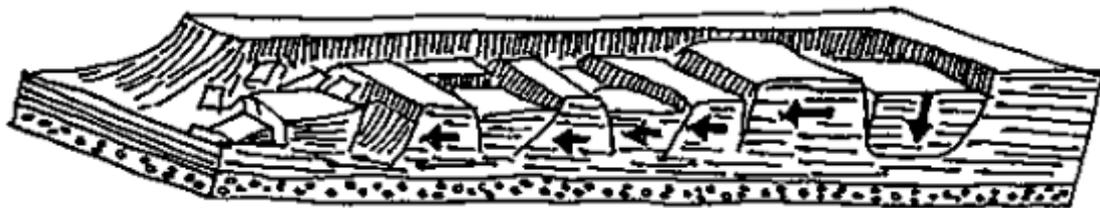


Figura 5. Esquema de rotura progresiva con deslizamiento lateral.

Este tipo de rotura es común en depósitos aluviales y se asocia también con formaciones de arcillas firmes y duras fisuradas, lutitas y estratos con buzamiento horizontal y una zona continua de debilidad. También se presenta en coluviones con pendientes suaves que se encuentran sobre suelos residuales o rocas.

Es importante tener en cuenta que los deslizamientos laterales pueden activarse repentinamente por eventos sísmicos, generando procesos de licuefacción del material constituyente del talud. Sin embargo, bajo acciones gravitacionales se generan grietas de tensión. Durante la rotura progresiva, las grietas de tensión se abren y los escarpes forman grandes bloques.

Por último, no debe olvidarse que los desprendimientos o caídas de material desde un determinado banco de la explotación son relevantes desde el punto de vista de la ingeniería minera porque la caída de uno o varios bloques puede ocasionar daños a estructuras o a otros taludes que se encuentren en la parte inferior y podría originar una destrucción masiva del frente de explotación.

### **2.3. Factores que desencadenan los fenómenos de inestabilidad**

La alteración que sufren los macizos o formaciones geológicas por la actividad minera se traduce por lo general en un incremento o disminución de las tensiones o de la resistencia al corte, cuyo efecto inmediato puede ser la inestabilidad de un conjunto de bloques o una masa de rocas.

Los taludes excavados por la actividad minera están sujetos de forma permanente a procesos de inestabilidad, provocados por la acción de agentes erosivos, el agua en sus diversos estados es la principal, a los que se une la geometría del talud artificial, con la generación de grandes desniveles.

Conforme aumenta la altura de un talud los problemas que aparecen tienden ser más complejos (Ramirez Oyanguren, P, Alejano Monge, L., 2008). Estos problemas son:

- Mayor incidencia de las condiciones estructurales o sea de las discontinuidades geológicas.
- Fenómenos de fluencia y rotura progresiva
- Mayor influencia de los factores hidrogeológicos
- Mayor susceptibilidad frente a fenómenos dinámicos.

- Inestabilidades asociadas a estados tensionales elevados (a mayor altura por lo general más probabilidad de mayor carga específica en la voladura).

Además del factor altura de banco, en la inestabilidad de un talud participan otros parámetros como la estructura geológica, la litología, las condiciones hidrogeológicas y la morfología propia del mismo (ángulo de excavación).

Otro factor importante es la distinta respuesta de los distintos materiales petrológicos que constituyen la formación ataluzada, debido a la anisotropía del macizo frente a fenómenos como son la sismicidad natural, o la provocada artificialmente por las voladuras, propias de la operación minera de arranque.

Las anisotropías del macizo derivan de la existencia de diferentes litologías, diferentes texturas petrológicas, así como de fallas, grietas, planos de fractura o estratificación, diaclasas y plegamientos que hacen que su comportamiento mecánico no sea el esperado en primera instancia.

## **2.4. Criterios de evaluación**

Actualmente, en geotecnia existen varios criterios aplicados sobre los mecanismos de rotura, y sobre la calidad de las formaciones geológicas a beneficiar. Estos criterios, toda vez que se basan en investigaciones llevadas a cabo sobre los propios taludes, no son universales, ya que su posible aplicación depende del tipo de material de excavación.

### **2.4.1. Criterios de rotura**

Los criterios de rotura más empleados son:

#### **2.4.1.1. Criterio de Mohr-Coulomb:**

La resistencia al corte de las rocas tiene 2 componentes: cohesión y fricción, siendo esta última dependiente de la tensión efectiva normal sobre el plano de rotura.

Según la teoría la resistencia al corte  $\tau$  que puede desarrollar una roca en un plano que forma un ángulo  $\beta$  con la tensión principal menor  $\sigma_3$  se puede expresar por la fórmula:

$$\tau = c + \sigma'_n \tan \phi$$

Siendo:

$\tau$ : resistencia al corte

$c$  : cohesión

$\sigma'_n$ : tensión efectiva normal

$\phi$  : ángulo de fricción

El criterio de rotura de Mohr-Columb se expresa:

$$\sigma'_1 = (2c \cos \phi / (1 - \sin \phi) + (1 + \sin \phi) \cdot \sigma'_3 / (1 - \sin \phi))$$

De la ecuación anterior se deduce la resistencia a compresión uniaxial de la roca en función de la cohesión y la fricción:

$$R_0 = 2c \cdot \cos \phi / (1 - \sin \phi)$$

Según este criterio la rotura se produce cuando la tensión cortante aplicada a una roca iguala a la resistencia friccional de la misma, asociada a la tensión normal en el plano de rotura, más la cohesión.

Este criterio está más dirigido a determinar la calidad del material rocoso más que a establecer la calidad del macizo rocoso.

#### **2.4.1.2. Criterio de Hoek -Brown (1980)**

Se trata de un método orientado a la minería subterránea. Como ventajas es que puede aplicarse a los macizo rocosos (para lo cual además de las características de la roca: resistencia a compresión simple  $\sigma_{ci}$  y constante de

material rocoso:  $m_i$ ) han de añadirse otros tres parámetros tales como el de consideración de fenómenos de alteración por sobretensiones, voladuras, o por relajación tensional/excavación.

Aparte de eso ha de tenerse en cuenta:

- Sobretensiones por voladuras
- Relajación tensional por la excavación
- Algunas rocas muestran un comportamiento tenso-deformacional dependiente del tiempo

Según la teoría elasto-viscoplástica, la deformación total sufrida por un cuerpo se puede describir como la superposición o suma de una deformación elástica, reversible e independiente del tiempo, más una deformación plástica, irreversible y dependiente del tiempo.

La magnitud de la tensión que ocasiona la rotura de una roca descende exponencialmente a un valor límite, denominado umbral de fluencia. En este sentido cobra especial importancia el hecho de que las rocas sometidas a tensiones de compresión uniaxial en un breve espacio de tiempo (voladuras) no se rompen las tensiones determinadas en laboratorio. Es decir a mayor velocidad de carga mayor resistencia de la roca (en función de la teoría de la microfisuración de McClintock y Walsh (1962). Es lo que se conoce como fenómeno de “*creep*”.

Los macizos rocosos en la naturaleza presentan un elevado número de discontinuidades que son los planos de debilidad por donde suelen romper los macizos rocosos.

Por ello para conocer o predecir el comportamiento del macizo rocoso, y con ello calcular el factor de seguridad será preciso conocer previamente el comportamiento de las discontinuidades naturales como las artificiales inducidas por los fenómenos de:

- Voladuras
- Relajación tensional/excavación
- Afección por flujos superficiales o subterráneos alterados por la actividad minera.

Los aspectos fundamentales son la resistencia al corte de la discontinuidad, así como los parámetros de deformación como la rigidez cortante y la normal y la dilatancia.

La resistencia a tracción perpendicular a las paredes de una discontinuidad se puede considerar nula. En cambio los factores principales que intervienen en la reacción de una discontinuidad frente a un esfuerzo cortante son:

- Tensiones normales al plano de corte
- Rugosidad de la superficie de contacto
- Grado de alteración y la resistencia de los labios de la discontinuidad
- Espesor y tipo de relleno
- Presencia o Circulación de agua y grado de saturación del relleno.
- Orientación del desplazamiento de corte
- Velocidad del movimiento cortante
- Amplitud del desplazamiento de corte y la existencia de desplazamiento cortantes previos.

#### **2.4.1.3. Criterio de rotura de Hoek-Brown generalizado (2002)**

Ese criterio obedece a la expresión:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} (m_b \sigma'_3 / \sigma_{ci} + s) a \quad [1]$$

Donde  $m_b$  es un valor deducido de la constante de la roca intacta  $m_i$ , que viene dada por:

$$m_b = m_i \cdot \exp(GSI - 100) / (28 - 14D)$$

Siendo GSI: índice empírico Geological Strength Index, que se corresponde con la suma de los cuatro primeros parámetros del RMR de Bieniawski (1976).

D es un factor que depende del grado de perturbación al que hay sido sometido el macizo rocoso debido a los daños originados por la voladura y relajación tensional. Este parámetro variará entre 0 para macizos rocosos *in situ intactos*, hasta 1 para macizos rocosos *muy perturbados*.

Existe una guía o tabla para la estimación de este grado de perturbación D de un macizo rocoso (Hoek et al 2002).

Para la minería tendríamos las siguientes situaciones:	Valor D
Voladuras con excelente control en pequeños taludes (uso de precorte y recorte): La relajación de tensiones produce perturbación.	0.7
Cortas y grandes explotaciones mineras a cielo abierto en donde se produce mucha perturbación por la ejecución de grandes voladuras de producción y por la relajación de tensiones asociadas a la retirada del material:	1.0

Excavación por arranque mecánico o “ripado” en rocas blandas.

s y a son constantes propias del macizo rocoso que vendrá dada por las expresiones:

$$s = \exp(GSI - 100) / (9 - 3D)$$

$$a = 1/2 + 1/6 (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

La resistencia a compresión simple del macizo rocoso propiamente dicho ( $\sigma_c$ ) se podrá obtener haciendo  $\sigma_3 = 0$  en la expresión [1] resultando:

$$\sigma_c = \sigma_{ci} \cdot s^a$$

En este contexto es útil establecer las condiciones de aplicabilidad del criterio de rotura de Hoek-Brown, según las constantes ( $m_i$ ,  $s$ ,  $a$ , módulo de Young, coeficiente de Poisson y GSI del macizo rocoso) en función de la estructura y la calidad del macizo rocoso (Hoek et al, 1994).

Correlacionando este criterio con el más conocido de Mohr-Coulomb, se establece la siguiente equivalencia (Hoek et al – 2002)

$$\sigma'_{3n} = 2 \cdot c' \cdot \cos \phi' / (1 - \sin \phi')$$

Y si  $c'$  y  $\phi'$  se determinan para la gama de tensiones  $\sigma'_1 < \sigma'_3 < \sigma'_{ci}/4$  se obtiene:

$$\sigma'_{cm} = \sigma'_i \cdot s^a$$

Para el caso concreto de taludes Hoek et al (2002) proponen estimar el parámetro  $\sigma'_{3m\acute{a}x}$  el siguiente valor:

$$\sigma'_{3m\acute{a}x} / \sigma'_{cm} = 0,72 \left( \sigma'_{cm} / \gamma \cdot H \right)^{-0,91}$$

Siendo H la altura de talud.

Todos estos cálculos se pueden realizar mediante el programa RocLab que se puede obtener gratuitamente en la web<sup>1</sup>.

No obstante ha de indicarse que este modelo de Hoek-Brown funciona bien en macizos rocosos que se comporten de manera dúctil, como pueden ser los macizos de calidad geotécnica mala.

#### **2.4.2. Criterios sobre la calidad del macizo rocoso de rotura**

Es Beniaowski (1973), con su índice RMR el que inicia un estudio sistemático sobre la calidad de los macizos rocosos, si bien este modelo está concebido para excavaciones subterráneas.

Posteriormente Romana, M. (1985), lo adaptó para estabilidad de taludes dando lugar al índice SMR.

Pero ha de tenerse en cuenta que el origen de ambas clasificaciones y la, también muy utilizada, del sistema Q de Barton, Lien y Lunde (1974), se fundamentan en observaciones efectuadas en cavidades subterráneas.

<sup>1</sup> [www.rocscience.com](http://www.rocscience.com)

Cuando no se disponen de estas bases experimentales no es prudente utilizar las clasificaciones geomecánicas en contextos diferentes de aquellos para los que fueron creadas.

Uno de los problemas es la representatividad de escalas.

De ahí que surgiera por Hoek y Brown (1988) una nueva clasificación denominada GSI (Geological Strength Index) basada en sus comienzos en el RMR de Bieniawski pero actualmente completamente independizada.

En la actualidad las clasificaciones más importantes de calidad de los macizos rocosos son:

- Bieniawski (RMR) y su adaptación SMR (Romana, 1985)
- Barton, Lien y Lunde (Q)
- Hoek-Brown (GSI)

Las dos primeras metodologías utilizan el parámetro RQD (Rock Quality Designation) que constituye la base de la antigua clasificación de Deere. Este índice se calcula a partir del porcentaje de trozos de testigo mayores de 10 cm recuperado en un sondeo, permitiendo estimar el grado de fracturación del macizo rocoso. Si no se dispone de sondeos se puede emplear la relación de Palmstrom (2005):

$$RQD = 110 - 2,5.J_v$$

Siendo  $J_v$  el índice volumétrico de juntas o número de juntas por metro cúbico.

Antes de abordar cada uno de los métodos, debe tenerse en cuenta que no existen recetas normalizadas ni soluciones rutinarias que garanticen una respuesta correcta cada vez que sean aplicadas.

El estudio de la inestabilidad de taludes no puede realizarse a nivel general sino talud por talud, ya que las inestabilidades suelen ir asociadas a la presencia de discontinuidades concretas con orientaciones determinadas. La estabilidad de taludes suele estar muy condicionada por la presencia de agua, que en muchos casos es el factor determinante, ya que los coeficientes de

seguridad suelen ser muy diferentes para un talud excavado en un macizo rocoso totalmente seco o totalmente saturado.

Si el coeficiente de seguridad es inferior a 1 es muy probable que se produzca su rotura.

#### 2.4.2.1. Clasificación de Beniaowski (1989)

Considera los siguientes parámetros:

1. Resistencia a compresión o carga puntual de la roca
2. RQD
3. Espaciado de juntas.
4. Naturaleza de las juntas: apertura, continuidad de la junta según rumbo y buzamiento, rugosidad de los labios de la discontinuidad, resistencia de la roca en los labios de la discontinuidad
5. Presencia de agua
6. Orientación de las discontinuidades

Todos estos parámetros se tabulan y se obtiene el RMR, resultando un valor numérico (de 0 a 100) que define la calidad del macizo rocoso en clases (de I a V), según los siguientes rangos:

VALOR DEL RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	<20
CLASE	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	MUY BUENO	BUENO	MEDIO	MALO	MUY MALO

Para lograr una mayor representatividad del método de Beniaowski al caso de estabilidad de taludes Romana modificó el método RMR creando el método SMR.

El método SMR es un método rápido y sencillo orientado al estudio de la estabilidad de taludes en un macizo rocoso en la etapa inicial de un proyecto (diseño de explotación).

Consiste esencialmente en restar al índice RMR, obtenido por la metodología descrita, un factor de ajuste F que depende de la orientación de las discontinuidades y sumar un factor de excavación F4 que es función del método de excavación.

A su vez el factor F es el producto de tres subfactores que consideran: la orientación relativa del rumbo respecto del plano de talud de banco con respecto al de las discontinuidades, F1, la diferencia entre el buzamiento de las discontinuidades y del talud, F3, y el buzamiento de las discontinuidades, F2.

$$SMR = RMR + (F1.F2.F3) + F4$$

Por tanto, para estimar F1 basta con conocer la dirección del buzamiento de las discontinuidades y la dirección de buzamiento del talud.

Para estimar F2, se ha de establecer de forma preliminar si la rotura preferente del talud es planar o por vuelco del talud (tabulados), debiéndose conocer el buzamiento (Bj) de la discontinuidad. Si el mecanismo de fallo más probable es la rotura plana:  $F2 = \text{tg}^2 B_j$ .

Si el mecanismo de rotura más probable es el vuelco F2 toma el valor de 1.

F3 evalúa la relación entre el buzamiento de la junta y el del talud, estando dicho parámetro tabulado.

Por último, F4, factor de ajuste según el método de excavación. Tabulado a partir de datos empíricos.

#### 2.4.2.2. Clasificación de Barton et al (1974)

Se calcula el denominado Índice de calidad Q, considerando los siguientes parámetros:

- RQD (0-100)
- Jn Numero de familia de juntas (0,5-20).
- Jr Rugosidad de juntas (0,5-4).
- Ja Meteorización de las juntas (0,75-20).
- Jw Coeficiente reductor que tiene en cuenta la presencia de agua (0,05-1).
- SRF, factor Stress Reduction Factor, dependiente principalmente de las tensiones existentes en el macizo rocoso (0,5-20).

La expresión del índice de calidad Q es:

$$Q = (RQD/Jn).(Jr/Ja).(Jw/SRF)$$

Donde la relación RQD/Jn representa el tamaño de los bloques.

Jr/Ja permite estimar la resistencia al corte entre bloques.

Jw/SRF indica el estado de tensiones en el macizo rocoso.

Todos estos valores están tabulados.

Se obtiene el valor Q cuyo valor oscila entre  $10^{-3}$  y  $10^3$ , clasificándose los macizos rocosos en nueve categorías.

Todos los macizos rocosos presentan una buena representación excepto aquellos que están sometidos a elevadas tensiones y presentan fenómenos de fluencia de roca. Esta limitación es común a todas las clasificaciones geomecánicas.

Otro problema estriba en que la evaluación del índice de SRF es muy subjetiva y no tiene en cuenta la historia tensional del macizo (tectónica o por voladuras) ni otros factores de tipo geomorfológico. Tampoco está incluido el factor de orientación de las juntas, lo que limita la eficacia del índice Q

#### **2.4.2.3. Clasificación GSI (Geological Strength Index)**

Se basa en estimar los parámetros  $m_b$  y  $s$  del criterio de rotura de Hoek-Brown.

Este método se basa en una observación cuidadosa del macizo rocoso y en consecuencia es fundamentalmente cualitativa.

Este índice incorpora la estructura del mismo y las características geomecánicas de las superficies de discontinuidad existentes en el macizo y se obtiene a partir de un examen visual del macizo en afloramientos y en sondeos.

Combina los dos aspectos fundamentales del comportamiento de un macizo rocoso: su fracturación (en función del tamaño y forma de bloques), y la resistencia al corte de las discontinuidades.

Existen algunas consideraciones específicas del sector minero: así, cuando se determina el valor de GSI a partir de las observaciones realizadas en un frente de explotación, severamente dañado por voladuras, para compensar el efecto de estas se debe subir el índice GSI una fila.

Para alcanzar un determinado índice o coeficiente de seguridad, Hoek y Bray (1974) proponen:

- Tender el talud hasta alcanzar una pendiente que haga que el coeficiente de seguridad no sea inferior a 1,2 en condiciones de saturación.
- Tender el talud hasta alcanzar una inclinación algo superior que en el caso anterior e instalar un sistema de drenaje que permita llegar a un coeficiente de seguridad de al menos 1,2.

- Excavar el talud con el máximo ángulo de inclinación posible de manera que quede garantizada su estabilidad en condiciones secas. En cuanto el nivel freático empiece a elevarse por encima de una determinada cota se debe esperar a que se produzca el deslizamiento de una masa de rocas que posteriormente se retirará.
- Dejar el talud con una inclinación superior al caso anterior, de forma que el talud saturado alcance un coeficiente de seguridad 1,2 a base de colocar anclajes u otros elementos de retención del talud.
- Dejar el talud vertical e instalar un sistema de drenaje y además los elementos de retención necesarios hasta alcanzar el coeficiente de seguridad de 1,2
- Dejar un talud con inclinación algo inferior a la del talud caso 4 sin tomar medidas adicionales de estabilización (drenaje o anclajes) pero haciendo una provisión de fondo por si se rompe el talud y hay que retirar el terreno deslizado.

### **2.4.3. Evaluación del factor de seguridad de los taludes**

El factor de seguridad de un talud debe determinarse de forma independiente para cada uno de los distintos tipos de rotura, y a su vez el cálculo de cada uno de estos coeficientes obedece a un criterio y una metodología específica de estudio.

A continuación se relacionan algunos de los métodos más empleados para el cálculo del Factor de Seguridad (FS), indicándose igualmente, en su caso, algunas de las aplicaciones informáticas disponibles en el mercado.

TIPO DE ROTURA	FÓRMULACIÓN	APLICACIÓN INFORMÁTICA	DATOS NECESARIOS
<b>ROTURA PLANA</b>	$FS = Fr/Fd$ $FS = \frac{c.A + [W.(cos \psi_p - \alpha.sen \psi_p) - U] - tg\phi}{W.(sen \psi_p + \alpha.sen \psi_p)}$	ROC-PLANE (Rocscience, 2001)	<u>Datos geométricos</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de banco, Ángulo de deslizamiento, Angulo de talud, Presencia de agua y Área de deslizamiento</li> </ul> <u>Datos geomecánicos</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rugosidad, Resistencia, Ángulo de fricción y Peso específico</li> </ul>
<b>ROTURA POR CUÑA</b>	$FS = Fr/Wc$ $FS = tg \phi / tg \alpha$	SWEDGE (Rocscience, 2002)	<u>Datos geométricos</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de banco, Ángulo de deslizamiento, Angulo de talud, Ángulos de planos de discontinuidad, Presencia de agua, Área de deslizamiento</li> </ul> <u>Datos geomecánicos</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rugosidad, Resistencia, Ángulo de fricción y Peso específico</li> </ul>
<b>ROTURA POR VUELCO</b>	$FS = \mu_{disponible} / \mu_{requerido}$ <p>Modelo de Goodman y Bray</p> $FS = M_{estabilizadores} / M_{volcadores}$		<u>Datos geométricos</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de banco, ángulo de deslizamiento, ángulo de talud, presencia de agua y área de deslizamiento</li> </ul> <u>Datos geomecánicos</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rugosidad, resistencia, ángulo de fricción y peso específico</li> </ul>

TIPO DE ROTURA	FÓRMULACIÓN	APLICACIÓN INFORMÁTICA	DATOS NECESARIOS
<p align="center"><b>ROTURA POR TALUD DE MURO</b></p>	<p>Métodos de equilibrio límite</p> $FS_i = \frac{[W_2 \cdot \cos \theta_2 + N_2 \cdot \sin(\theta - \theta_2)] \cdot \text{tg} \phi_2}{W_2 \cdot \sin \theta_2 + N_A \cdot \cos(\theta - \theta_2)}$ $FS = \frac{[W_2 \cdot \cos \theta_2 + N_2 \cdot \sin(\theta - \theta_2) + N_A \cdot \text{tg} \phi_A \cdot \cos(\theta - \theta_2)] \cdot \text{tg} \phi_2}{W_2 \cdot \sin \theta_2 + N_A \cdot \cos(\theta - \theta_2) - N_A \cdot \text{tg} \phi_A \cdot \sin(\theta - \theta_2)}$		<p><u>Datos geométricos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de banco, ángulo de deslizamiento, ángulo de talud, presencia de agua, y área de deslizamiento</li> </ul> <p><u>Datos geomecánicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rugosidad, resistencia, ángulo de fricción y peso específico</li> </ul>
<p align="center"><b>ROTURA CIRCULAR</b></p>	<p><u>Método de equilibrio sólido libre</u></p> <p><i>Mét. Gráfico Hoek y Bray (extensión de método de equilibrio del sólido libre)</i></p> <p>La rotura pasa por el pie del talud, el macizo rocoso es homogéneo y la resistencia del terreno viene dada por el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, con posible aparición de grietas de tracción tras la cabeza del talud.</p>		

TIPO DE ROTURA	FÓRMULACIÓN	APLICACIÓN INFORMÁTICA	DATOS NECESARIOS
	<p><u>Método de fajas</u></p> <p><i>Mét. Fellenius</i></p> $FS = \frac{c.L + \text{tg}\phi \cdot \sum_{i=1}^n (W_i \cdot \cos \theta_i + u_i \cdot \Delta x_i)}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \text{sen } \theta_i}$ <p><i>Mét. Bishop simplificado</i></p> $FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \cdot \Delta x_i + (W_i - u_i \Delta x_i) \cdot \text{tg}\phi] \cdot [1/M_i(\theta_i)]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \text{sen } \theta_i}$ <p><i>Método de Janbu</i></p> $FS = \frac{\sum_{i=1}^n [C + (1/M_i(\theta_i)) \cdot (W_i - (C \cdot \text{sen}\theta_i/F) - U_i \cdot \cos \theta_i)] \cdot \text{tg}\phi \cdot \cos \theta_i}{\sum_{i=1}^n [U_i \cdot \text{sen } \theta_i + W_i] + \sum_{i=1}^n 1/M_i(\theta_i) \cdot [W_i - (C \cdot \text{sen}\theta_i/F) - \theta_i \cos \theta_i] \cdot \text{sen } \theta_i}$	<p>STABL (Purdue University)</p> <p>SLIDE (Rocscience)</p> <p>XSATBL (Interactive Software Designs, Inc.)</p>	<p><u>Datos geométricos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de banco, Ángulo de deslizamiento, Angulo de talud, Presencia de agua.</li> </ul> <p><u>Datos geomecánicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cohesión, ángulo de fricción y peso específico (in situ) y (saturado)</li> </ul>

#### 2.4.4. Método ROFRAQ

De forma complementaria al análisis del riesgo de inestabilidad por medio de procedimientos geotécnicos puros, actualmente se está implementando en el análisis de la seguridad de taludes en macizos rocosos métodos empíricos de tipo probabilístico, como el modelo ROFRAQ (ROCKFALL RISK ASSESMENT FOR QUARRIES) (Alejano, A., 2006).

Los métodos actuales más rigurosos se basan incluso en el cálculo de las trayectorias de caída de bloques con un criterio preventivo en el diseño de las zonas de trabajo, mediante el control de la geometría de taludes y la anchura de las bermas, en orden a obtener unos índices de riesgo (en términos probabilísticos) tanto del riesgo de desprendimiento (ROFRAQ Básico) como de que ocurrido un fenómeno de inestabilidad (deslizamiento o caída de bloques) las probabilidades de que existan consecuencias sobre las zonas efectivas de trabajo sean considerablemente aceptables (ROFRAQ ).

El método ROFRAQ Se basa en un método de predicción probabilística por el que el accidente asociado a la caída de rocas en forma de bloques o masas en canteras se debe a la ocurrencia encadenada de una serie de fenómenos (Alejano, 2006). El valor ROFRAQ representa una estimación de la tendencia a que ocurran accidentes asociados a desprendimientos de rocas en las canteras.

Se trata de una adaptación, con una fuerte componente empírica, al ámbito minero de los conocidos índices RHRS (Rockfall Hazard Rating System) (Pierson et al (1990) y RHRON (Ontario Rockfall Hazard Rating System)(Franklin y Senior (1997)).En concreto, el punto de partida del cálculo de ROFRAQ es el hecho de que la probabilidad de ocurrencia de un accidente estriba en que ocurran secuencial y encadenada en el tiempo los siguientes fenómenos:

- Que exista uno o varios bloques o una masa de roca más o menos separada del macizo rocoso en el talud (cuya probabilidad se define como parámetro A).
- Que ese(os) bloque(s) o masa de roca esté(n) relativamente próximos al equilibrio (equilibrio metaestable) (cuya probabilidad se define como parámetro B). El cálculo de este valor debe basarse en un estudio geotécnico, el análisis de las discontinuidades y una inspección visual del talud.
- Que tenga lugar un fenómeno desestabilizador (voladura, precipitación, etc.) que haga inestable el elemento rocoso (cuya probabilidad se define como parámetro C).
- Que este material rocoso inestable caiga siguiendo una trayectoria tal que alcance, en todo o en parte, los bancos, bermas, plataformas y plaza de cantera (cuya probabilidad se define como parámetro D).
- Que, al menos, un bloque de roca impacte con una máquina o trabajador en la zona de cantera (cuya probabilidad se define como parámetro E).

Para el cálculo de los valores probabilísticos individuales (A a E) se utilizan tablas incluidas en el anexo I, asignando valores de una serie de parámetros de cálculo a determinados rangos previamente estipulados (componente empírica). No obstante, se ha de hacer la salvedad que la componente empírica se basa en datos y observaciones de frentes en explotaciones a cielo abierto de Galicia, sobre formaciones duras en un ámbito territorial con clima húmedo, por lo que la aplicación del método en otras latitudes y en otros escenarios litológicos podría necesitar más adelante de ciertos ajustes.

Definidos individualmente cada uno de los factores de calificación citados, la probabilidad de que ocurra el accidente se calcula por el producto de las probabilidades individuales de cada uno de estos factores, ajustándose el

resultado por un factor (F) corrector asociado al historial de caídas y accidentes en la explotación.

El producto de las valoraciones de cada uno de los cinco fenómenos básicos señalados, multiplicado por un factor corrector asociado al historial de caídas y accidentes en la explotación, dará el valor final del valor empírico denominado ROFRAQ, que representará una estimación de la tendencia a que ocurran accidentes asociados a desprendimientos de rocas en la cantera. A partir de este valor se podrá clasificar el talud atendiendo al nivel de riesgo y a las medidas correctoras que, en su caso, sería conveniente llevar cabo para disminuir el nivel de riesgo y llevarlo a valores razonables. El uso de un «peso» o mayor valor sugiere la importancia de estos puntos en particular frente a los demás.

Se identificaría así la probabilidad de que el desprendimiento o caída de un bloque de roca provoque un accidente bien sobre la maquinaria (pudiendo afectar igualmente al operador de dicha máquina) o sobre personal a pie, ambos presentes en los plano inferiores al talud, obteniéndose así los índices ROFRAQ banco máquina y ROFRAQ banco persona

No obstante, existe la posibilidad, empleando solo los cuatro primeros factores (A, B, C y D), de calcular un ROFRAQ Básico, no teniendo en cuenta el parámetro E que valora la probabilidad de que existan máquinas u operadores bajo la zona donde se produce el desprendimiento, ni el factor F de historial de caídas; Este índice ROFRAQ Básico se trataría de un valor que reflejaría la probabilidad de ocurrencia de desprendimientos sobre un talud, con independencia del resultado final (accidente o no).

Obtenidos así los diferentes índices de evaluación, calculados en base a formulaciones polinómicas, se determina, de forma cualitativa, el riesgo de accidente según una escala asociada a 6 rangos o niveles de riesgo cualitativo (MUY BAJO A ELEVADO).

Finalmente, en base al resultado cuantitativo y cualitativo dictamen anterior, el método recomienda las correspondientes acciones que deberían adoptarse. Estas medidas de acción consisten, bajo un criterio preventivo (evitar antes que corregir), en el correcto diseño de las zonas de trabajo, mediante el control de la geometría de taludes y la anchura de las bermas, diseño y ejecución de un correcto sistema de drenaje, optimización del nivel de vibraciones generados por la voladura y el correcto diseño de las mismas, adecuación de la orientación de frente y las labores de mantenimiento (saneamiento) a la complejidad del sistema de fracturas del macizo rocoso, en orden a obtener unos índices de riesgo aceptables (en términos probabilísticos) representativos del riesgo de desprendimiento (ROFRAQ Básico) como de la probabilidad de que, ocurrido un fenómeno de inestabilidad (deslizamiento o caída de bloques) el suceso provoque consecuencias sobre las zonas efectivas de trabajo.

La utilidad del método estriba principalmente en la determinación para una misma explotación de los taludes y zonas con mayor riesgo, y a partir de ahí establecer las prioridades de actuación proponiendo previamente las medidas correctoras necesarias para la disminución, en su caso, del nivel de riesgo, resultado que puede comprobarse con la aplicación iterativa del método.

### **3. DESARROLLO DE LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN**

#### **3.1. Metodología**

Partiendo de los objetivos del estudio consistentes por un lado en establecer, más allá de la determinación del estado de inestabilidad de los frentes, unos principios metodológicos como herramienta para el análisis y evaluación del riesgo real de accidente por la rotura o desplazamiento de los taludes de frente, así como validar dichos procedimientos comparándolos con los resultados del análisis geotécnico puro o tradicional, la actuación, desglosada en diferentes fases de investigación, responde al esquema adjunto.

Tras realizarse un análisis de la teoría actual de la mecánica de rocas y de la mecánica de suelo se ha procedido a seleccionar los métodos más habituales para determinar la calidad y estabilidad geotécnica de los macizos rocosos y para el cálculo de los coeficientes de seguridad sobre taludes de excavación, tanto en macizos rocosos como en formaciones granulares o escasamente cohesivas.

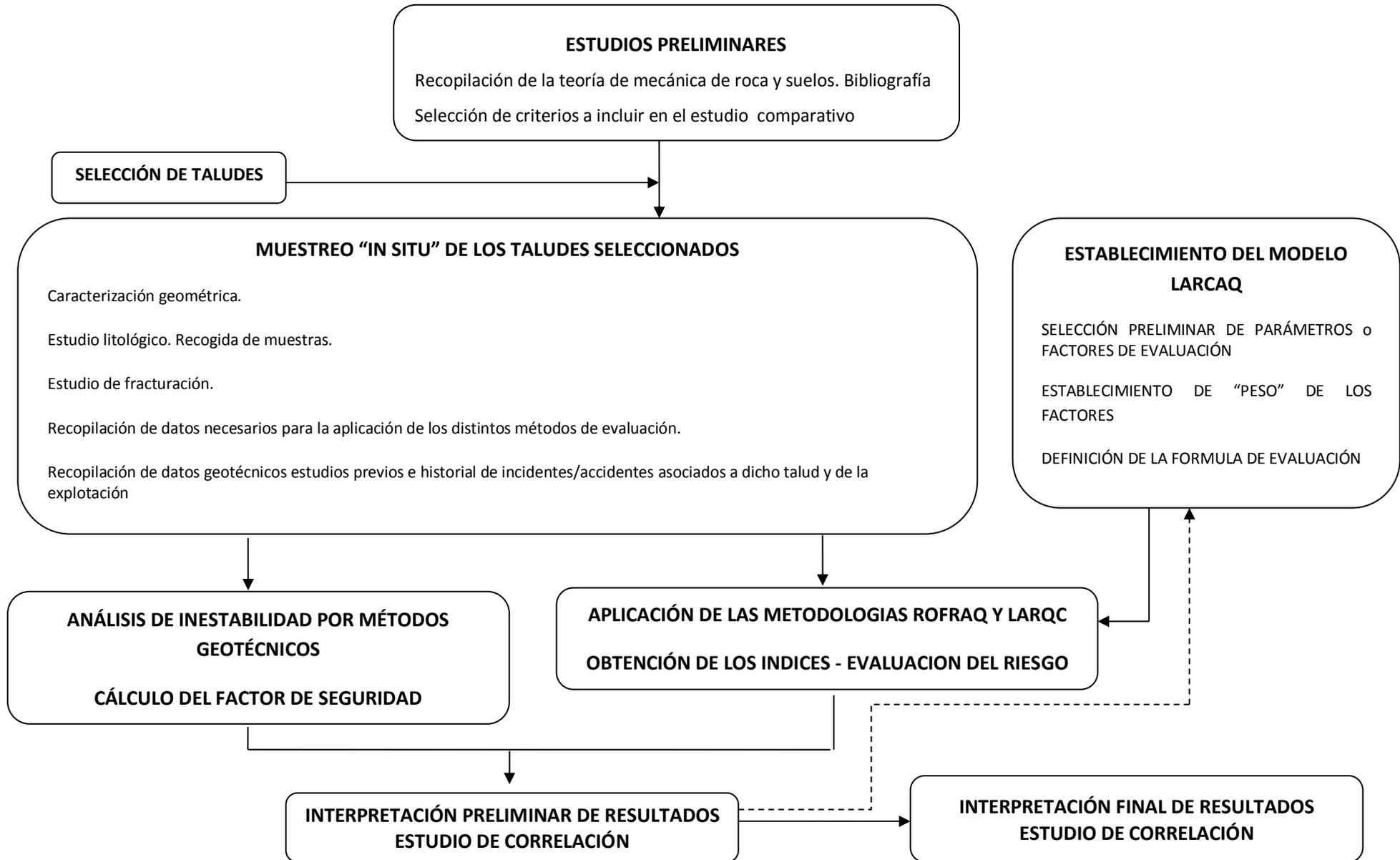
Paralelamente, y partiendo del modelo predictivo ROFRAQ (Alejano, L., 2005) se ha definido un análogo dirigido a suelos, el modelo LARCAQ, teniendo en cuenta la particularidad de estas formaciones, los parámetros críticos fundamentales y su grado de influencia en la probabilidad de los deslizamientos/roturas.

Posteriormente se ha realizado el análisis “in situ” de los taludes seleccionados, recogiendo toda la información geométrica, geotécnica y documental (estudios geotécnicos previos, historial de accidentes, establecimiento de la jornada de trabajo y tiempo de ocupación anual, etc.), de las estructuras.

Con la información obtenida se ha procedido seguidamente a obtener los parámetros de calidad de los macizos, los factores de seguridad de los taludes, y los índices ROFRAQ o LARCAQ de los trabajos mineros realizados en el entorno, por aplicación de los procedimientos anteriormente establecidos, para

finalmente establecer un análisis comparativo entre los resultados de calidad, Factores de Seguridad e índices predictivos obtenidos

Con los resultados preliminares obtenidos sobre el índice LARCAQ se han realizado los primeros ajustes del modelo inicial, procediéndose a re-evaluar dicho índice. Finalmente, como última etapa de la actuación, con estos resultados se ha procedido a valorar la validez de los métodos de nuevo enfoque.



### **3.2. Medios empleados**

Los medios técnicos empleados en el desarrollo de la actuación han sido los comunes a los estudios geotécnicos, con material de campo como brújula con clinómetro, cintas de medida escaladas, y galgas para la medición de apertura de juntas, pinzas para extracción de relleno, y martillo/maza de geólogo para la extracción de muestras, así como cámara fotográfica digital para el debido registro gráfico. Para la elaboración de los diversos análisis geotécnicos en oficina técnica se ha contado con diversos programas informáticos de la firma ROCSCIENCE, desarrollándose el cálculo de los índices RMR y SMR, y de los índices ROFRAQ y LARCAQ con aplicaciones propias en formato Excel.

Ha de tenerse en cuenta que la simplicidad de este material, así como el escaso volumen de inversión a acometer para su adquisición (en torno a los 2.500 €, incluida la adquisición de los programas informáticos), es un factor más a tener en cuenta para evaluar la posible aplicación del método, que persigue, entre otros objetivos, la accesibilidad inmediata a los procedimientos por parte de las empresas o de los responsables del control (en especial, de los directores facultativos).

#### **4. MÉTODO LARCAQ DE ANÁLISIS DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTO EN FRENTES DE CANTERA SOBRE MATERIALES POCO COHESIVOS**

En este apartado se desarrolla un nuevo método de análisis del riesgo de deslizamiento en frentes de cantera desarrollados sobre materiales sueltos o poco cohesivos.

Aunque constituyen factores determinantes, los parámetros de resistencia del suelo y la pendiente del talud no son los únicos intervinientes en el equilibrio de los taludes de los materiales poco cohesivos.

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad).

La combinación de los factores citados puede determinar la condición de rotura a lo largo de una o varias superficies, y que sea cinemáticamente posible el movimiento de un cierto volumen de masa de suelo o roca. La posibilidad de rotura y los mecanismos y modelos de inestabilidad de los taludes están controlados principalmente por factores geológicos y geométricos.

Los factores geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos se consideran factores condicionantes y son intrínsecos a los materiales naturales.

En los suelos, la litología, estratigrafía y las condiciones hidrogeológicas determinan las propiedades resistentes y el comportamiento del talud.

Junto a los factores condicionantes de la estabilidad de los taludes (también denominados “pasivos”), los factores desencadenantes o “activos” provocan la rotura una vez que se cumplen una serie de condiciones. Estos últimos son factores externos que actúan sobre los suelos modificando sus características y propiedades y las condiciones de equilibrio del talud. El conocimiento de todos ellos permitirá un correcto análisis del talud, la evaluación del estado de

estabilidad del mismo y, en su caso, el diseño de las medidas que deberán ser adoptadas para evitar o estabilizar los movimientos.

FACTORES CONDICIONANTES	FACTORES DESENCADENANTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estratigrafía y litología</li> <li>• Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico de los materiales.</li> <li>• Propiedades físicas, resistentes y deformaciones.</li> <li>• Tensiones naturales y estado tenso-deformacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrecargas estáticas.</li> <li>• Cargas dinámicas.</li> <li>• Cambios en las condiciones hidrogeológicas.</li> <li>• Factores climáticos.</li> <li>• Variaciones en la geometría.</li> <li>• Reducción de parámetros resistentes.</li> </ul>

*Tabla 1. Factores influyentes en las inestabilidades de los taludes en suelos.*

Para analizar estabilidad de taludes los parámetros fundamentales deben obtenerse mediante ensayos de compresión triaxial frente a los ensayos de corte directo.

Al objeto de evaluar en una etapa preliminar un método análogo al modelo ROFRAQ sobre taludes desarrollados en materiales más débiles que los que conforman los macizos rocosos competentes, tales como los granulares (arenas) y los finos poco cohesivos (arcillas, limos, etc.) se ha practicado una modificación sobre los distintos parámetros del citado índice, incidiendo especialmente en los capítulos de los subfactores determinantes A a D, es decir, indagando sobre la posible existencia de material que pudiera deslizarse sobre el talud (A), sobre las condiciones actuales de equilibrio del talud (B), sobre las causas coadyuvantes que pueden generar el desequilibrio estructural (C) y el posible alcance de la zona de derrubios, con una cinemática distinta a la de la caída o desprendimiento de bloques (D).

Se han conservado casi en su totalidad la formulación y criterios para la obtención los factores que determinaban la probabilidad de que el accidente se produjera en presencia de personal o maquinaria (E), así como el relativo al histórico de incidencias sobre el talud (F).

Se ha definido así el índice LARCAQ (LANDSLIDE RISK CONTROL FOR QUARRIES), homólogo del modelo ROFRAQ dirigido a taludes de roca competente, estableciendo para ello los métodos y fórmulas para el análisis de cada factor de riesgo, infiriendo sobre cada uno de los factores que intervienen en la estabilidad de los taludes excavados sobre materiales de escasa cohesión diferentes índices de corrección o ponderación, obteniéndose finalmente una fórmula polinómica para la determinación global del índice de riesgo.

Se parte, de forma similar a lo establecido en ROFRAQ (Alejano, L. 2005) de la situación de que para que suceda un accidente asociado a un deslizamiento de tierras en una cantera, deben ocurrir de forma secuencial y encadenada los siguientes fenómenos:

- a) Que exista un determinado volumen o masa de material suelto más o menos separado del macizo en el talud. Medido a través del factor calificador A.
- b) Que esa masa esté relativamente próxima al equilibrio estático, medido a través del calificador B.
- c) Que tenga lugar un fenómeno desestabilizador (presión hidrostática, sismo, erosión, precipitación, etc.) que haga inestable la masa, evaluado mediante el cálculo del factor calificador C.
- d) Que este material inestable se deslice siguiendo un trayectoria tal que alcance, en todo o en parte, los bancos de trabajo y, típicamente, la plaza de la cantera, cuya probabilidad se establece mediante el cálculo del factor calificador D.
- e) Que la masa de material incida sobre una máquina o un trabajador en el banco de trabajo, con una probabilidad específica definida por el factor E.

En relación con la posibilidad de que exista un material susceptible de caída o deslizamiento, definido mediante el cálculo del factor de calificación A, no ha de olvidarse que el suelo tiene dos comportamientos básicos ante la aplicación del esfuerzo cortante. Uno, a través de la fricción intergranular de las partículas

que lo integran y la otra por medio de fuerzas que unen a las partículas entre sí.

En este sentido, dado que el ángulo de fricción es inherente al tipo de material litológico en cuestión el método inquiriere la naturaleza litológica de los materiales implicados, con un peso importante en la probabilidad de inestabilidad, así como por el grado de anisotropía de la formación analizada, subfactor este evaluado en función del número de estratos de diferente litología así como por la posible existencia de materiales con posibilidad de experimentar fenómenos de licuefacción. Este factor también está influido por la presencia de falla o discontinuidades importantes, y por la existencia de zonas con una intensa alteración que desvirtúe las condiciones iniciales del material.

Otro subfactor estimado para la obtención del parámetro A se corresponde con la respuesta del material a los esfuerzos transmitidos al terreno en las operaciones de arranque de la superficie del talud, definidos por circunstancias tales como la existencia de huellas de ripado, presencia de sobreexcavación a pie de banco o de deformaciones en la cara o superficie del talud.

La presencia de grietas, es un factor relevante en el análisis del riesgo, que junto a la existencia de deformaciones en el terreno, indica de la existencia de procesos de inestabilidad ya iniciados. Los criterios de alerta pueden ser la magnitud o la velocidad del movimiento, que será entonces pequeño. En consecuencia se trata de un subfactor con un nivel de ponderación máximo, que puede modificarse parcialmente en función del grado de mantenimiento del talud por parte de la empresa.

Los factores geométricos que definen el talud son otros de los parámetros consultados que definen, junto a los ya nombrados el factor A interviniente en la fórmula polinómica de evaluación.

Al igual que ocurriera en ROFRAQ, se analiza, para el caso de determinación del parámetro B interviniente en la fórmula de evaluación, los posibles

mecanismos de rotura, con introducción de la rotura según superficies poligonales, de vuelco por descalce y los mecanismos de rotura progresiva inherentes a este tipo de materiales de escasa cohesión.

El factor de calificación C que mide la probabilidad de ocurrencia de condiciones de desequilibrio viene determinado a partir de la posible existencia de condiciones climáticas extremas (fuertes precipitaciones y/o heladas), así como la presencia de agua de talud, con un importantísimo papel en la generación de presiones hidrostáticas, siempre desestabilizadoras, así como en la alteración de la densidad del material litológico en función de su grado de saturación. Este factor queda finalmente definido por la posible existencia de sobrecarga de la estructura en la cabecera del talud.

El factor de calificación D interviniente en la fórmula de evaluación viene a determinar el escenario geométrico donde se produciría el fenómeno de inestabilidad, introduciendo valores en función de la pendiente, altura, regularidad de la superficie del banco y la existencia de prácticas de mantenimiento y limpieza del talud, teniendo en cuenta finalmente el tiempo efectivo de exposición del lugar concreto de trabajo (talud y su área de influencia).

En relación con el factor de calificación E que evalúa la magnitud y frecuencia de los posibles daños indicar una alta similitud con el factor del modelo ROFRAQ, cuyo valor probabilístico es función de las dimensiones y el tiempo que una(s) persona(s) o máquina(s) permanecen frente al talud, si bien, en este caso se introduce el parámetro o factor relevante de la velocidad de deslizamiento visualizada bien sobre el propio talud o sobre estructuras próximas. Es evidente que una lenta velocidad de desplazamiento puede propiciar a los responsables de seguridad el grado de alerta preventiva suficiente para que la afección de personal y/o máquinas quede eliminada. Al contrario, velocidades altas de deslizamiento, además de suponer una liberación energética mayor (y con ello aumentar la magnitud de los daños como consecuencia de la interacción del material desprendido con personas o

bienes) introduce la consideración de sorpresa al suceso imposibilitando la acción preventiva por parte de los responsables y posibles implicados.

Como se ha indicado anteriormente, permanece inalterado el índice F que mide el historial de incidentes y accidentes.

Toda vez que los factores de calificación A a F determinados se corresponden con los índices de probabilidad de que ocurran sendos fenómenos, todo ello de forma sucesiva (ver metodología ROFRAQ), para hallar la probabilidad global de que un accidente tenga lugar por deslizamientos de materiales en el talud (LARCAQ y LARCAQ Básico) bastará con realizar el producto de las probabilidades individuales de cada uno de estos factores, mediante la aplicación de las siguientes expresiones polinómicas:

$$\text{LARCAQ}_{\text{básico}} = (A.B.C.D) / 100$$

$$\text{LARCAQ}_{\text{banco}} = (A.B.C.D. E_{\text{ban}} .F) / 100$$

Se establecen así los índices de riesgo mencionados según una escala de 6 rangos y niveles cualitativos (MUY BAJO A ELEVADO). A valores más altos obtenidos por la aplicación del método mayor probabilidad de deslizamiento del material (mayor probabilidad de caídos de rocas),

En el anexo II se presenta la plantilla de toma de datos y cálculo del índice LARCAQ.

Al igual que ROFRAQ, el método LARCAQ cuenta con dos versiones, una que está enfocada a bancos y otra a taludes, la diferencia estriba en la capacidad de las bermas entre bancos de capturar masas de material deslizadas, capacidad que no existe en el caso de desarrollarse el frente con un único banco de explotación.

No obstante, ha de incidirse en que dicha fórmula constituye tan solo un primer avance de la que ha de resultar finalmente, tras inferir sobre el método las adaptaciones y modificaciones necesarias por el ajuste de un mayor número de datos o mediciones.

Así es preciso mencionar que han existido en esta fase de análisis ciertas omisiones de parámetros condicionantes de la estabilidad, que en un futuro han de ser introducidos en la fórmula de evaluación, tales como:

- Influencia de la velocidad de aplicación de tensiones.
- Influencia de la plasticidad de los suelos cohesivos en la respuesta dinámica.
- Influencia del índice de poros. Efecto del gradiente de aplicación de la carga. Efecto de la repetición de la carga.
- Efecto de los procesos de consolidación primaria y secundaria.
- Análisis de la inestabilidad por ablandamiento del terreno.
- Consideración del contenido en sustancias que alteran el comportamiento geotécnico de los materiales litológicos (p.e. sales)
- Efecto de de la licuefacción sísmica sobre suelos granulares. Licuefacción de suelos arenosos, limosos y arcillosos y el papel de la fracción fina.

#### **4.1. Aplicación de los métodos de evaluación**

Con el propósito de establecer el análisis comparativo indicado como uno de los objetivos del presente proyecto, se han aplicado las tradicionales y nuevas metodologías de análisis anteriormente comentadas sobre 10 frentes de cantera, distribuidos, en la medida de lo posible, y dentro de los límites presupuestarios del proyecto sobre buena parte del territorio así como sobre distintos materiales litológicos, para posibilitar la extracción de conclusiones de la validación, aunque sean preliminares para el modelo LARCAQ, de los nuevos métodos en función de estas variables.

El número de explotaciones analizadas para la evaluación del método ROFRAQ ha sido de siete, con la siguiente localización:

NOMBRE	PROVINCIA	MATERIAL
<b>El Aljibe</b>	Toledo	Milonitas
<b>Los Navajos</b>	Guadalajara	Caliza
<b>San Víctor</b>	Orense	Pizarras
<b>Sete Pontes</b>	Lugo	Caliza
<b>Grande Mesada</b>	La Coruña	Anfibolitas
<b>Peñabermeja</b>	Córdoba	Calizas
<b>Los Yesares</b>	Almería	Yesos

*Tabla 2. Explotaciones analizadas en macizos rocosos.*

El número de explotaciones analizadas para la evaluación del método LARCAQ ha sido de 3, con la siguiente localización:

NOMBRE	PROVINCIA	MATERIAL
<b>Loeches</b>	Madrid	Arcillas
<b>Gerafín</b>	Madrid	Arcillas
<b>Gracisa</b>	Madrid	Gravas y arenas

*Tabla 3. Explotaciones analizadas en suelos (materiales de nula o baja cohesividad)*

La distribución geográfica de las citadas explotaciones es la indicada en el siguiente esquema:



Figura 6. Ubicación de los taludes analizados.

## 4.2. Resultados

En primer lugar se han obtenido para los macizos rocosos los parámetros que definen la calidad de los macizos rocosos mediante la determinación del índice RMR así como la calidad del talud (índice SMR) (anexo IV.I.).

Posteriormente, a partir de los datos geométricos y geomecánicos se han calculado los coeficientes de seguridad (FS) para los distintos tipos de rotura en cada uno de los taludes, aplicando las fórmulas y criterios establecidos en capítulos anteriores. Estos resultados se entienden críticos (FS mínimos) al objeto de operar del lado de la seguridad.

Seguidamente se han aplicado los procedimientos probabilísticos de evaluación de los riesgos de desprendimientos y deslizamientos anteriormente descritos se han obtenido los índices de riesgo ROFRAQ sobre siete taludes de otras tantas explotaciones desarrollados sobre diversos materiales rocosos, así

como los índices de riesgo LARCAQ sobre tres taludes de otras tres explotaciones, (anexo IV.II.), correlacionándose dichos resultados con los distintos FS obtenidos en cada frente de explotación analizado.

Se presenta a continuación una tabla resumen con los resultados obtenidos.

EXPLORACIÓN	RMR	SMR	Q	GSI	ÍNDICES ROFRAQ / LARCAQ
SETE PONTES	69	55	3,67	64	73
GRANDE MESADA	59	58	12,80	54	45
SAN VICTOR	63	46	0,56	58	3226
EL NAVAJO	43	26	0,13	38	907
YESARES	75	58	78,40	70	27
EL ALJIBE	89	59	2,35	84	936
PEÑABERMEJA	63	62	1,88	58	26
GERAFÍN	SD	SD	SD	SD	28
LOECHES	SD	SD	SD	SD	117
GRACISA	SD	SD	SD	SD	66

Tabla 4. Resultados relativos a la calidad del macizo rocoso y su correlación con los índices ROFRAQ y LARCAQ

EXPLORACIÓN	FS R. PLANA	FS R. CUÑA	FS R. VUELCO	FS R. CIRCULAR	ÍNDICES ROFRAQ / LARCAQ
SETE PONTES	1,27	1,26	1,27	SD	73
GRANDE MESADA	1,31	1,79	1,25	SD	45
SAN VICTOR	0,92	0,90	1,09	SD	3226
EL NAVAJO	1,23	1,33	1,09	SD	907
YESARES	1,67	SD	1,24	SD	27
EL ALJIBE	1,20	1,47	1,21	SD	936
PEÑABERMEJA	1,23	1,49	1,18	SD	26
GERAFÍN	SD	SD	SD	1,29	28
LOECHES	SD	SD	SD	1,20	117
GRACISA	SD	SD	SD	1,32	66

Tabla 5. Resultados relativos a los índices de riesgo y su correlación índices ROFRAQ/LARCAQ

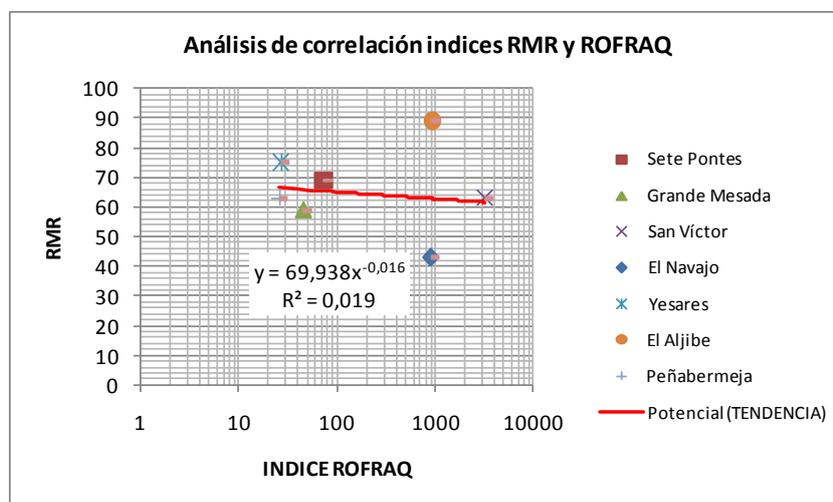
## 5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

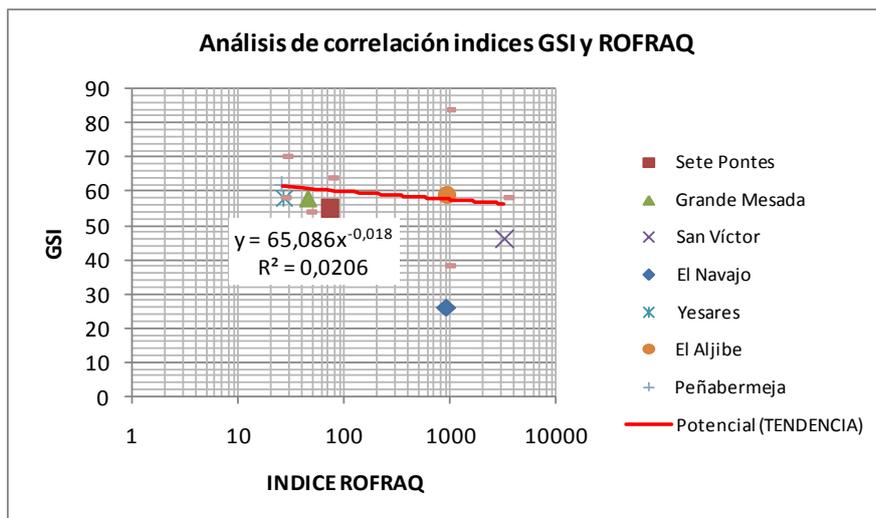
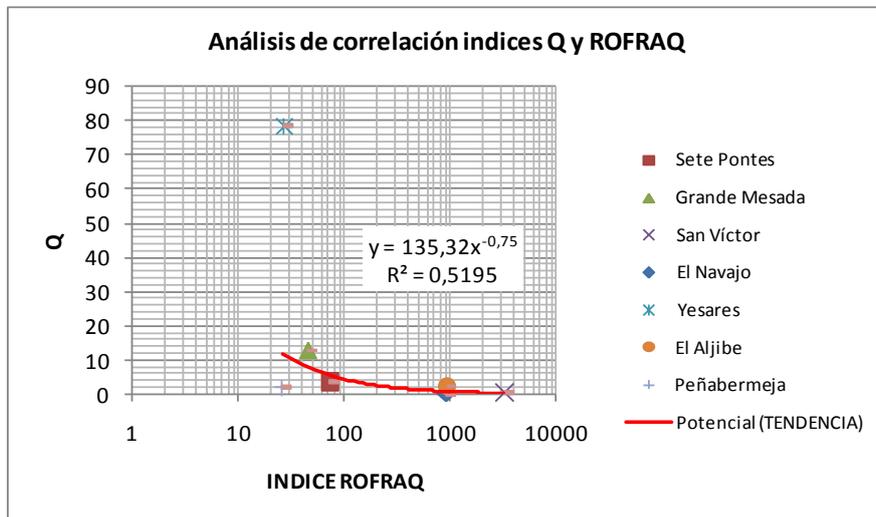
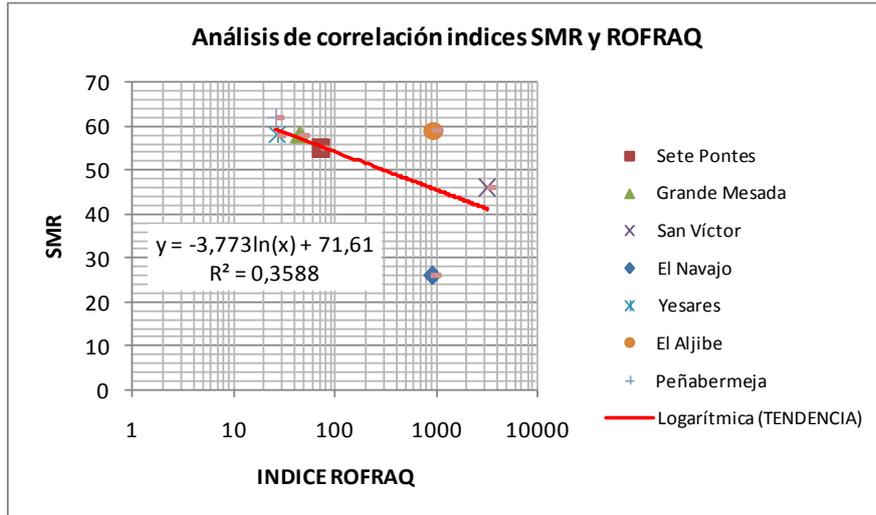
Sobre los datos obtenidos del riesgo de desprendimiento/deslizamiento en los 10 taludes anteriormente citados, se ha analizado la idoneidad de los 2 métodos de evaluación (ROFRAQ y LARCAQ) mediante el estudio de la correlación entre los FS mínimos de entre los obtenidos para un mismo talud con distintos tipos de rotura por los métodos geotécnicos numéricos tradicionales y los dictámenes de riesgo (en términos probabilísticos) determinados por los procedimientos de nuevo enfoque.

Lógicamente el carácter exponencial de los valores de los índices ROFRAQ y LARCAQ obliga a emplear gráficas con escalas logarítmicas normales (logarítmica en eje X - índices de riesgo según modelos de nuevo enfoque- y normal en eje Y - índices de criterios de calidad macizo y FS calculados).

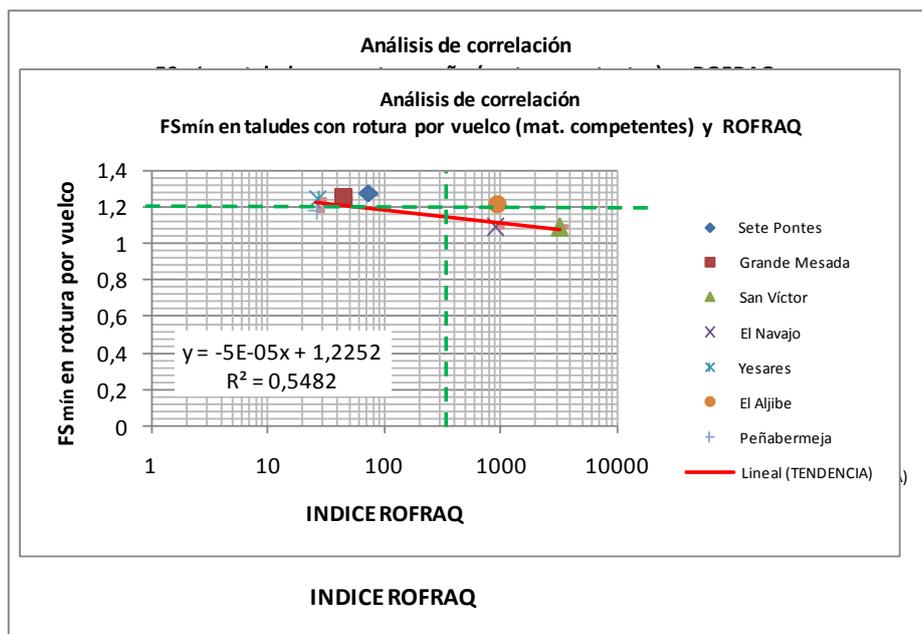
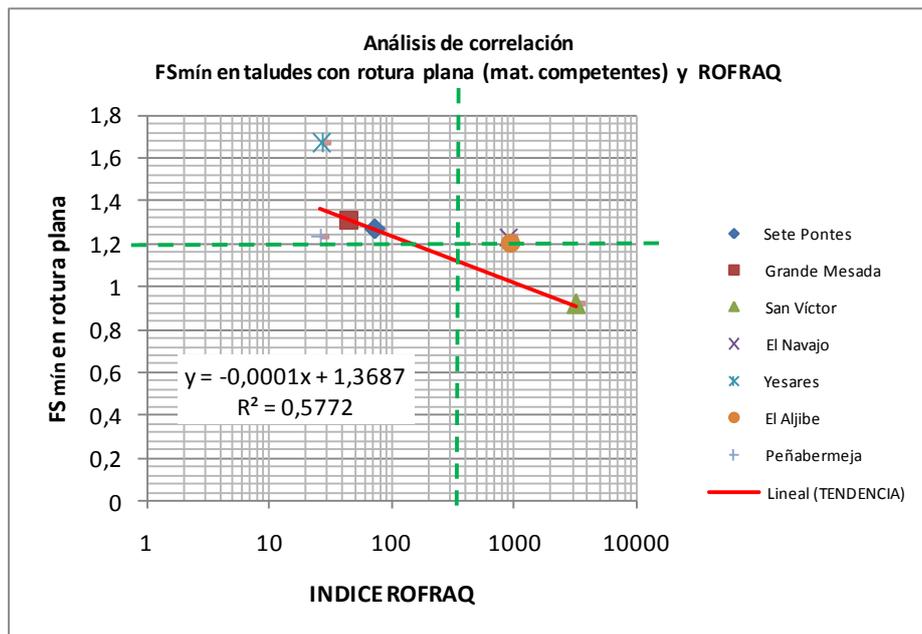
Se han obtenido así varias gráficas de dispersión al objeto de determinar los tipos e índices de correlación de cada par de variables, determinándose para todos los análisis la ecuación de la línea mejor ajuste así como la obtención del valor de R2, que puede interpretarse como la proporción de la varianza del índice tradicional considerado (índice de calidad o FS) que puede atribuirse a la varianza de los índices ROFRAQ y LARCAQ.

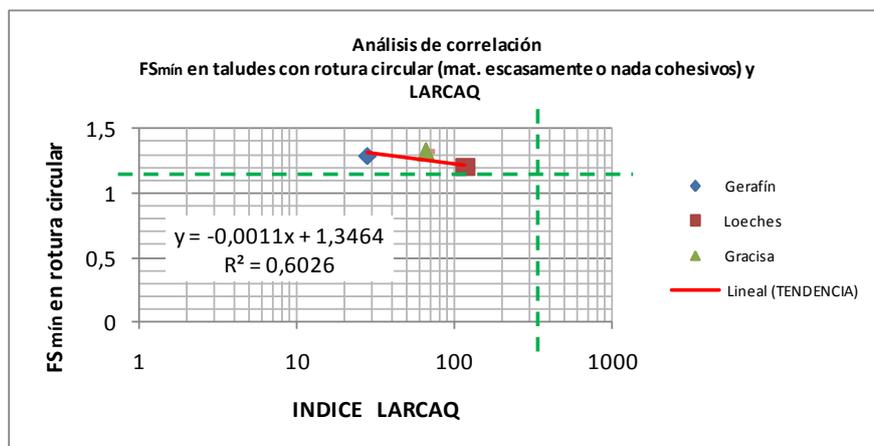
A continuación se muestran las gráficas correspondientes al análisis de las variables RMR-ROFRAQ, SMR-ROFRAQ, Q-ROFRAQ y GSI-ROFRAQ:





Seguidamente se muestran las gráficas correspondientes al análisis de las variables  $FS_{\text{mínimo}}$  por tipo de rotura y los índices ROFRAQ (caso de taludes en macizos rocosos) y LARCAQ (caso de taludes en suelos o materiales granulares) en las que, además de representarse la línea/curva de tendencia, se establecen los límites de acción (en líneas verdes con trazo los umbrales de acción-  $FS = 1,2$  y  $ROFRAQ/LARCAQ = 250$  - riesgo alto), a partir de los cuales deberían acometerse las oportunas medidas preventivas/correctoras.





Como conclusiones de los análisis comparativos efectuados puede establecerse que, para el caso de los taludes desarrollados sobre macizos rocosos, la correlación entre los índices de medida de calidad del macizo y los índices de riesgo evaluados por el método ROFRAQ es siempre negativa (como no podía ser de otra manera ya que a menor calidad del macizo/roca mayor debe ser el riesgo) , si bien los valores del índice de correlación de Pearson son débiles, con la salvedad del correspondiente al par Q-ROFRAQ, donde la correlación es sensiblemente mayor mediante un ajuste logarítmico.

En relación con la correspondencia de los índices ROFRAQ y LARCAQ con los valores de FS<sub>mínimos</sub> (críticos) obtenidos para cada mecanismo de rotura en los talud analizados ha de indicarse que la correlación lineal (también inversa) es

muy superior a los índices de correlación obtenidos para la el caso de los parámetros de calidad del macizo rocoso, con una grado más que aceptable de correlación (con valores de  $r$  en torno a 0,8) si bien se detectan pequeños ajustes que deben ser corregidos con el análisis de una mayor población de taludes, pero dicho desajuste se produce siempre del lado de la seguridad. En concreto se evidencia como para el caso de las roturas sobre materiales competentes, existen ciertos valores que con un FS aceptable ( $>1,2$ ) sobrepasan el umbral de acción de la evaluación ROFRAQ.

Para el caso del estudio de LARCAQ se echa un falta una mayor población de datos, si bien la tendencia de línea de ajuste viene a indicar que deben introducirse un mayor peso en alguno de los factores implicados. Es evidente que para este modelo el ajuste del polinomio de evaluación debe seguir ajustándose aún más, actuando sobre el peso de cada factor de calificación, si bien no ha de olvidarse que además de ajustarse dichos pesos, también han de ser introducidos una serie de variables que por el momento se ha considerado complejo emplear en este estadio de la investigación.

## 6. CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones que impone la aplicación del método sobre un número reducido de casos, parece existir una correlación suficiente entre los valores de FS e índices de riesgo ROFRAQ, en el sentido de que, por un lado, frentes con índices tolerables por ITC 07.1.03 ( $FD=1,22$  y  $1,24$ ) se correlacionan con niveles de RIESGO MEDIO por ROFRAQ, y por otro, un indicio de que el valor de ROFRAQ/LARCAQ se mueven del lado de la seguridad y son más restrictivos es que valores de FS calculados se corresponden con índices de riesgo ROFRAQ por encima de 250 (RIESGO ALTO), situación que requeriría el rediseño de los parámetros de explotación.

La correlación con los parámetros de calidad de los macizos es en cambio muy débil, por lo que no ha de ser considerada a los efectos de ajustar las fórmulas de evaluación.

Como primera consideración fundamental, dada la tasa de correlación entre los resultados de los métodos numéricos tradicionales y los estimativos probabilísticos, se concluye que ambos métodos ROFRAQ y LARCAQ constituyen unos modelos aproximados, objetivos y prácticos para evaluar el riesgo asociado a los fenómenos de desprendimientos/deslizamientos de bloques/tierras en canteras y que son fácilmente utilizables por el personal técnico responsable de las explotaciones.

La metodología propuesta también es asequible por cuanto buena parte de las estimaciones y datos que entran a formar parte del cálculo ya se presentan tabuladas.

Por último, pueden obtenerse buenas aproximaciones empleando datos observables en campo (estos si han de ser específicos el talud considerado) así como de caracterizaciones anteriores de los materiales en laboratorio, lo que incide en un menor coste de la aplicación.

En resumen, se identifican las siguientes ventajas de la aplicación de los métodos propuestos.

- Estimación relativa, pero real, del riesgo de accidente.
- Fáciles de aplicar por personal responsable.
- Rapidez. Utilidad. Rápida respuesta a posibles incidencias (cambios litológicos, cambios de orientación de avance, presencia de agua, daños por voladuras, nuevas labores o infraestructuras en las zonas de influencia, etc.)
- Relativamente poco coste en recursos económicos y en tiempo de análisis en comparación con los métodos tradicionales.
- Permite establecer los parámetros críticos de riesgo y con ello establecer actuaciones preventivas/correctoras a insertar dentro del Plan de Prevención.
- Permite determinar la evolución temporal del riesgo sobre un determinado talud.

En contrapartida se identifican los siguientes inconvenientes:

- En ausencia de caracterización previa de los materiales presentes en el talud siempre se ha de partir de la determinación de unos parámetros geotécnicos mínimos.
- Se ha de prestar especial atención a la presencia de agua, grietas, anomalías deformacionales, etc., si bien esta consideración es extensible a los medios tradicionales.
- El necesario ajuste de los métodos, aún en fase de experimentación, implica la necesidad de probarse en un mayor número de explotaciones.
- El método LARCAQ propuesto es embrionario, debiéndose introducir nuevos parámetros que permitan una mayor definición de los factores de calificación, así como el posible ajuste de los valores de ponderación de cada subfactor.

## 7. RECOMENDACIONES

Resulta evidente que la formulación de metodologías de control y evaluación del riesgo laboral constituye una de las herramientas más eficaces para minimizar el impacto de la siniestralidad laboral.

La disparidad de las explotaciones, su tamaño, el tipo de recurso explotado, la configuración regional y local de las estructuras que conforman el yacimiento, etc., hace que sea necesaria la formulación de metodologías multiparamétricas, en las que intervenga una sucesión de factores o características que definan un índice de riesgo comparable a los efectos de determinar aquellas situaciones más precarias de seguridad.

Y esta formulación solo puede llevarse a cabo mediante la extensión, profundización e intensificación de la investigación que ahora se presenta en orden a obtener un mayor número de resultados que constituyen el verdadero feed-back de la actuación, para conseguir un cada vez más ajustado modelo predictivo.

Es por ello que se considera necesaria, a dichos efectos, la extensión de la campaña a un número mayor de explotaciones al objeto de ajustar las metodologías de evaluación.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ABRAMSON, L.W., LEE, T.S., BOYCE, G.M. 2002. *SLOPE STABILITY AND STABILIZATION METHODS*. 711 pp. NEW YORK. ED. JOHN WILEY & SONS.
- [2] BIENIAWSKI, Z.T. 1989. *ENGINEERING ROCK MASS CLASSIFICATIONS*. NEW YORK. ED. JOHN WILEY & SONS.
- [3] Cummings, R.A., Kendorski, F.S. and Bieniawski, Z.T., 1982. *Caving rock mass classification and support estimation*. U.S. Bureau of Mines. Chicago: Engineers International Inc.
- [4] Grimstad, E. and Barton, N. 1993. *Updating the Q-System for NMT*. Proc. int. symp. On sprayed concrete - modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Fagernes. 46-66. Oslo: Norwegian Concrete Assn.
- [5] Hudson, J.A. & Harrison, J.P. (2000) *Engineering Rock Mechanics – Part 1: An Introduction to the Principles*. 456 pp. Pergamon Elsevier.
- [6] Harrison, J.P. & Hudson, J.A. (2000). *Engineering Rock Mechanics. Part 2: Illustrative Worked Examples*. 505 pp. Pergamon Elsevier.
- [7] Hoek, E., Carranza-Torres, C., Corkum, B. *El criterio de rotura de Hoek-Brown - Edición 2002*.
- [8] *Hoek-Brown failure criterion - Proc. North American Rock Mechanics Society Meeting 2002 Edition*.
- [9] Hoek, E. 1975. *Influence of drilling and blasting on the stability of slopes in open pit mines and quarries*. Proc. Atlas Copco Bench Drilling Days Symposium. Stockholm, Sweden.
- [10] Ramirez Oyanguren, P., Alejano Moge, L., 2008. *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Master Internacional “Aprovechamiento sostenible de los recursos minerales”. Modulo A-8. 727 pp. UPM.
- [11] Rodríguez, Juan M. y Alejano Monge, L 2006. *Índice de evaluación del riesgo de accidentes por desprendimientos en canteras de roca*. Rev. Inst. Investigación de la Facultad de Minas Metalúrgicas y Ciencias Geográficas, v.9 n.17 Lima.

[12] *Terzaghi, K. Peck, R.B. 1967. Soil mechanics in engineering practice. New York. Ed. John Wiley & Sons.*



**FINANCIA:**



**ELABORA:**



**CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA SECRETARÍA DE ESTADO DE  
ENERGÍA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO Y LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (LABORATORIO OFICIAL J.M.  
MADARIAGA – LOM)**

AÑO 2015

## **GUÍA SOBRE CONTROL GEOTÉCNICO EN MINERÍA A CIELO ABIERTO**

**ANEXO I: TABLAS DE CUESTIONARIO ROFRAQ**

Explotación:		Localización:	
Frete:		Orientación:	

**Calculo de A** **¿Existen bloques de roca que puedan caer?**

Nº de familia de juntas (a)	valor	a
0-1	0,5	
2	1	
3	3	
4	5	
>4	7	

Persistencia de las discontinuidades (b)	valor	b
<1m	0,6	
1-3	0,8	
3-10	1	
10-20	1,2	
>20	1,4	

Presencia de fallas (c)	valor	c
no	0	
1 pequeña	0,5	
1 grande	1	
2 fallas	1,5	
muchas fallas	2	

Daños por sobrecarga observados (d)	valor	d
Precorte	-2	
Se ven las cañas barrenos	-0,5	
No hay daño	0	
Daños leves	1	
Alta fracturación	2,5	

Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)	valor	e
Saneamiento y limpieza regular efectiva	-3	
Se sanea y limpia en general	-1	
Ocasional	0	
Poco e irregular	1	
No se sanea ni se limpian bermas	3	

Presencia de bloques en el talud (f)	valor	f
Gran cantidad de bloques (>20)	7-10	
Bastantes bloques (10-20)	3-7	
Algunos bloques (6-9)	1-3	
Bloques ocasionales (3-5)	0,1-1	
Muy pocos bloques (1-2)	0-0,01	

Altura de banco, en m (g)	valor	f
<5	0,2	
10	0,4	
12	0,5	
15	0,6	
>20	0,8	

valor de A $A = ([a*b] + c + d + e + f) * g / 2$	<b>A</b>	rango de 0 a 10
---	----------	-----------------

**Calculo de B** **¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio?**

Datos basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en talud

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra A, B, C, ... , los mecanismos de rotura observados, inferidos o estimados

Mecanismos simples (factor peso: 0,8)	Mecanismos complejos (factor peso: 1,1)	Mecanismos evolutivos (factor peso: 1,4)
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques
Rotura en cuña	Bloques sueltos	Vuelco por flexión
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro

Mecanismo	Indicar el porcentaje de talud, respecto de la superficie analizada, afectada por cada uno de los mecanismos observados, según se indica					
	Observ "in situ"	Detectado Est. Geotec.	Por presencia de bloques	Promedio	Factor de peso	Promedio por factor de peso (Pi)
A						
B						
C						

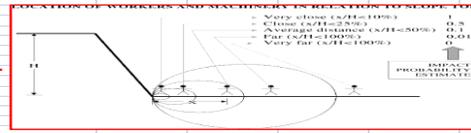
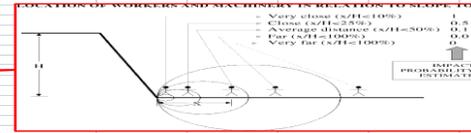
valor de B $B = 10 * 1 - (P [1 - Pi / 100])$ entre n e i=1	<b>B</b>	rango de 0 a 10
---	----------	-----------------

Explotación:		Localización:	
Frete:		Orientación:	
<b>Calculo de C</b>		<b>¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque?</b>	
<b>Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)</b>	<b>valor</b>	<b>a</b>	
<50 mm	0,1		
50-80 mm	0,5		
80-110 mm	1,5		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
<b>Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)</b>	<b>valor</b>	<b>b</b>	
>300	0,1		
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
<b>Presencia de agua en el talud (c)</b>	<b>valor</b>	<b>c</b>	
Seco	0		
Ligeramente húmedo	0,1		
Húmedo	0,3		
Goteando. Flujos intermitentes	0,7		
Chorreando. Flujos continuos	1		
<b>Grado de meteorización (d)</b>	<b>valor</b>	<b>d</b>	
No afectado	0		
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
<b>Vibración por voladuras (carga específica) (e)</b>	<b>valor</b>	<b>d</b>	
<250 g/m <sup>3</sup>	0,1		
250-400 g/m <sup>3</sup>	0,5		
400-550 g/m <sup>3</sup>	1		
550-700 g/m <sup>3</sup>	1,5		
>700 g/m <sup>3</sup>	2		
<b>valor de C</b>	<b>C</b>		<b>rango de 0 a 10</b>
C = a+b+c+d+e			
<b>Calculo de Dban</b>		<b>¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño?</b>	
<b>Pendiente de banco (ab)</b>	<b>valor</b>	<b>ab</b>	
90º	0,5		
80º	0,7		
70º	0,8		
60º	0,9		
50º y menor	1		
<b>Altura de banco (bb)</b>	<b>valor</b>	<b>bb</b>	
5 m	0,2		
10 m	0,6		
12 m	0,75		
15 m	0,8		
20 m	1		
<b>Irregularidad cara banco (cb)</b>	<b>valor</b>	<b>cb</b>	
Muy baja	0,7		
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
<b>Saneado del banco (db)</b>	<b>valor</b>	<b>db</b>	
Siempre	0,2		
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca	1		
<b>Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza</b>			
<b>Nº voladuras con esta orientación</b>	<b>valor</b>	<b>eb</b>	
<b>Nº de voladuras al año</b>			
<b>valor de Dban</b>	<b>Dban</b>		<b>rango de 0 a 10</b>
Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)			

**FACE IRREGULARITY**

VERY LOW.- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
 LOW.- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
 AVERAGE.- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
 HIGH.- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
 VERY HIGH.- Overhang depth over 0.5 m.

Explotación: Frente:		Localización: Orientación:	
Calculo de Emaq-ban		Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (Emaq-ban)	
<b>Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)</b>	valor	Ia	
<0,001 m <sup>3</sup>	0,9		
0,001-0,1 m <sup>3</sup>	1		
0,1-1 m <sup>3</sup>	1,2		
>1 m <sup>3</sup>	1,5		
<b>Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)</b>	valor	Ib	
<0,1 m <sup>3</sup>	1		
0,1-5 m <sup>3</sup>	1,5		
5-50 m <sup>3</sup>	2		
>50 m <sup>3</sup>	2,5		
<b>% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)</b>	Dato	c-banco	
Días/año			
Relevos/día			
Horas/relevo			
<b>% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)</b>	Dato	d-banco	
Ancho de máquina-s, en m			
Longitud de banco analizado, en m			
<b>Cercanía de la máquina al pie del banco (x/Hbanco) (e-banco)</b>	Dato-Valor	e-banco	
Distancia promedio al banco, en m (x)			
Altura del banco, en m (Hbanco)			
Valor calculado (x/Hbanco)			
Muy cerca (x/Hbanco < 10%)	10		
Cerca (10% < x/Hbanco < 25%)	5		
Media (25% < x/Hbanco < 50%)	1		
Lejos (50% < x/Hbanco < 150%)	0,1		
Muy lejos (x/Hbanco > 150%)	0,01		
valor de Emaq-ban		Emaq-ban	Poner valor mayor
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)			
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ib)			
			rango de 0,00025 a 10
Calculo de Eper-ban		Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (Eper-ban)	
<b>Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)</b>	valor	Ia	
<0,001 m <sup>3</sup>	0,9		
0,001-0,1 m <sup>3</sup>	1		
0,1-1 m <sup>3</sup>	1,2		
>1 m <sup>3</sup>	1,5		
<b>Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)</b>	valor	Ib	
<0,1 m <sup>3</sup>	1		
0,1-5 m <sup>3</sup>	1,5		
5-50 m <sup>3</sup>	2		
>50 m <sup>3</sup>	2,5		
<b>% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)</b>	Dato	c-banco	
Días/año			
Relevos/día			
Horas/relevo			
<b>% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)</b>	Dato	d-banco	
Ancho de persona, en m (Eper-ban)			
Longitud de banco analizado, en m			
<b>Cercanía de la persona al pie del banco (x/Hbanco) (e-banco)</b>	Dato-Valor	e-banco	
Distancia promedio al banco, en m (x)			
Altura del banco, en m (Hbanco)			
Valor calculado (x/Hbanco)			
Muy cerca (x/Hbanco < 10%)	10		
Cerca (10% < x/Hbanco < 25%)	5		
Media (25% < x/Hbanco < 50%)	1		
Lejos (50% < x/Hbanco < 150%)	0,1		
Muy lejos (x/Hbanco > 150%)	0,01		
valor de Eper-ban		Eper-ban	Poner valor mayor
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)			
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ib)			
			rango de 0,00025 a 10
<b>CÁLCULO DE Eban = 10 - [(10 - Emaq-banco) * (10 - Eper-banco) / 10]</b>	<b>Eban</b>		
Calculo de F		Historial de caída de bloques (F)	
<b>Historial de caída de bloques</b>	valor	F	
No se han registrado	0,75		
Muy pocas caídas (0 máx./año)	0,9		
No hay datos ni observaciones fiables	1		
Ocasionales (6 máx./año)	1,1		
Muchas caídas de bloques sin accidentes (<6 máx./año)	1,2		
Muchas caídas de bloques con al menos 1 accidente (>6 máx./año)	1,4		
Caídas constantes de bloques con más de un accidente	1,5		
valor de F según tabla	<b>F</b>		





**CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA SECRETARÍA DE ESTADO DE  
ENERGÍA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO Y LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (LABORATORIO OFICIAL J.M.  
MADARIAGA – LOM)**

**AÑO 2015**

## **GUÍA SOBRE CONTROL GEOTÉCNICO EN MINERÍA A CIELO ABIERTO**

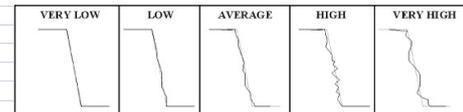
**ANEXO II: TABLAS DE CUESTIONARIO LARCAQ**



Explotación:		Localización:	
Frete:		Orientación:	
<b>Calculo de C</b>		<b>¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren el talud?</b>	
<b>Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)</b>	<b>valor</b>	<b>a</b>	
<50 mm	0,1		
50-80 mm	0,4		
80-110 mm	2		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
<b>Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)</b>	<b>valor</b>	<b>b</b>	
>300	0,1		
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
<b>Presencia de agua en el talud (c)</b>	<b>valor</b>	<b>c</b>	
Seco, con drenes. Material acuífugo	0		
Seco, sin drenes	0,1		
Saturación alcanza 1/3H	0,3		
Saturación alcanza 2/3H	0,75		
Saturación. Flujos continuos	1		
<b>Grado de meteorización/erosión (d)</b>	<b>valor</b>	<b>d</b>	
No afectado	0		
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
<b>Sobrecargas en cabeza de talud (&lt; H) (e)</b>	<b>valor</b>	<b>d</b>	
Inexistencia de sobrecargas estáticas	0,1		
Existencia bajas sobrecargas estáticas (<1 kt/m2)	0,3		
Existencia moderadas sobrecargas estáticas (1-5 kt/m2)	1		
Existencia elevadas sobrecargas estáticas (>5 kt/m2)-Existencia moderadas cargas dinámicas-Moderado riesgo sísmico	1,5		
Existencia fuertes cargas dinámicas-Alro riesgo sísmico	2		
<b>valor de C</b> C = a+b+c+d+e	<b>C</b>	rango de 0 a 10	
<b>Calculo de Dban</b>		<b>¿Ue llegarán a la zona de trabajo las masas deslizables que caen del banco con posibilidad de causar daño?</b>	
<b>Pendiente de banco (ab)</b>	<b>valor</b>	<b>ab</b>	
0-15º	0,1		
15-35º	0,3		
35-60º	0,5		
60-80º	0,8		
>80º	1		
<b>Altura de banco (bb)</b>	<b>valor</b>	<b>bb</b>	
3 m	0,15		
3-5 m	0,6		
5-10 m	0,75		
10-15 m	0,8		
>15 m	1		
<b>Irregularidad cara banco (cb)</b>	<b>valor</b>	<b>cb</b>	
Muy baja	0,7		
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
<b>Saneado del banco (db)</b>	<b>valor</b>	<b>db</b>	
Siempre	0,2		
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca- Maquinaria inapropiada	1		
<b>Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza</b>	<b>valor</b>	<b>eb</b>	
<b>Nº días trabajo en talud esta orientación</b>			
<b>Días laborables/año</b>			
<b>valor de Dban</b> Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)	<b>Dban</b>	rango de 0 a 10	

**FACE IRREGULARITY**

VERY LOW	LOW	AVERAGE	HIGH	VERY HIGH
----------	-----	---------	------	-----------



VERY LOW.- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
 LOW.- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
 AVERAGE.- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
 HIGH.- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
 VERY HIGH.- Overhang depth over 0.5 m.

Explotación:	Localización:																											
Frete:	Orientación:																											
Daño potencial: ¿Incidirá la masa deslizada sobre una máquina? ( <b>E<sub>maq-ban</sub></b> )																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">Volumen total de masa deslizable</th> <th style="width:10%;">valor</th> <th style="width:50%;">a banco</th> </tr> <tr> <td>&lt;0,1 m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,1-5 m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">1,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5-50 m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;50 m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">2,5</td> <td></td> </tr> </table>		Volumen total de masa deslizable	valor	a banco	<0,1 m <sup>3</sup>	1		0,1-5 m <sup>3</sup>	1,5		5-50 m <sup>3</sup>	2		>50 m <sup>3</sup>	2,5													
Volumen total de masa deslizable	valor	a banco																										
<0,1 m <sup>3</sup>	1																											
0,1-5 m <sup>3</sup>	1,5																											
5-50 m <sup>3</sup>	2																											
>50 m <sup>3</sup>	2,5																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">Velocidad de deslizamiento visualizada (v)</th> <th style="width:10%;">valor</th> <th style="width:50%;">b-banco</th> </tr> <tr> <td>&lt;13 m/mes</td> <td style="text-align: center;">0,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;13 m/mes &lt; 1,8 m/h</td> <td style="text-align: center;">0,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;1,8 m/h &lt; 3 m/min</td> <td style="text-align: center;">0,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;3 m/min &lt; 5 m/s</td> <td style="text-align: center;">0,75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sin determinar o &gt;5 m/s</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> </table>		Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco	<13 m/mes	0,1		>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2		>1,8 m/h < 3 m/min	0,5		>3 m/min < 5 m/s	0,75		Sin determinar o >5 m/s	1										
Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco																										
<13 m/mes	0,1																											
>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2																											
>1,8 m/h < 3 m/min	0,5																											
>3 m/min < 5 m/s	0,75																											
Sin determinar o >5 m/s	1																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)</th> <th style="width:10%;">Dato</th> <th style="width:50%;">c-banco</th> </tr> <tr> <td>Días/año</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Relevos/día</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Horas/relevo</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	Días/año			Relevos/día			Horas/relevo																	
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco																										
Días/año																												
Relevos/día																												
Horas/relevo																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)</th> <th style="width:10%;">Dato</th> <th style="width:50%;">d-banco</th> </tr> <tr> <td>Ancho de máquina-s, en m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitud de banco analizado, en m</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	Ancho de máquina-s, en m			Longitud de banco analizado, en m																				
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco																										
Ancho de máquina-s, en m																												
Longitud de banco analizado, en m																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H<sub>banco</sub>) (e-banco)</th> <th style="width:10%;">Dato-Valor</th> <th style="width:50%;">e-banco</th> </tr> <tr> <td>Distancia promedio al banco, en m (x)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura del banco, en m (H<sub>banco</sub>)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor calculado (x/H<sub>banco</sub>)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy cerca (x/H<sub>banco</sub> &lt; 10%)</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cerca (10% &lt; x/H<sub>banco</sub> &lt; 25%)</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Media (25% &lt; x/H<sub>banco</sub> &lt; 50%)</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lejos (50% &lt; x/H<sub>banco</sub> &lt; 150%)</td> <td style="text-align: center;">0,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy lejos (x/H<sub>banco</sub> &gt; 150%)</td> <td style="text-align: center;">0,01</td> <td></td> </tr> </table>		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H <sub>banco</sub> ) (e-banco)	Dato-Valor	e-banco	Distancia promedio al banco, en m (x)			Altura del banco, en m (H <sub>banco</sub> )			Valor calculado (x/H <sub>banco</sub> )			Muy cerca (x/H <sub>banco</sub> < 10%)	10		Cerca (10% < x/H <sub>banco</sub> < 25%)	5		Media (25% < x/H <sub>banco</sub> < 50%)	1		Lejos (50% < x/H <sub>banco</sub> < 150%)	0,1		Muy lejos (x/H <sub>banco</sub> > 150%)	0,01	
Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H <sub>banco</sub> ) (e-banco)	Dato-Valor	e-banco																										
Distancia promedio al banco, en m (x)																												
Altura del banco, en m (H <sub>banco</sub> )																												
Valor calculado (x/H <sub>banco</sub> )																												
Muy cerca (x/H <sub>banco</sub> < 10%)	10																											
Cerca (10% < x/H <sub>banco</sub> < 25%)	5																											
Media (25% < x/H <sub>banco</sub> < 50%)	1																											
Lejos (50% < x/H <sub>banco</sub> < 150%)	0,1																											
Muy lejos (x/H <sub>banco</sub> > 150%)	0,01																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">valor de E<sub>maq-ban</sub></th> <th style="width:10%;">E<sub>maq-ban</sub></th> <th style="width:50%;">E<sub>maq-ban</sub></th> </tr> <tr> <td><math>E_{maq-ban} = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a-banco)</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		valor de E <sub>maq-ban</sub>	E <sub>maq-ban</sub>	E <sub>maq-ban</sub>	$E_{maq-ban} = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a-banco)$																							
valor de E <sub>maq-ban</sub>	E <sub>maq-ban</sub>	E <sub>maq-ban</sub>																										
$E_{maq-ban} = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a-banco)$																												
rango de 0,00025 a 10																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">Volumen total de masa deslizable</th> <th style="width:10%;">valor</th> <th style="width:50%;">a banco</th> </tr> <tr> <td>&lt;0,1 m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,1-5 m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">1,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5-50 m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;50 m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">2,5</td> <td></td> </tr> </table>		Volumen total de masa deslizable	valor	a banco	<0,1 m <sup>3</sup>	1		0,1-5 m <sup>3</sup>	1,5		5-50 m <sup>3</sup>	2		>50 m <sup>3</sup>	2,5													
Volumen total de masa deslizable	valor	a banco																										
<0,1 m <sup>3</sup>	1																											
0,1-5 m <sup>3</sup>	1,5																											
5-50 m <sup>3</sup>	2																											
>50 m <sup>3</sup>	2,5																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">Velocidad de deslizamiento visualizada (v)</th> <th style="width:10%;">valor</th> <th style="width:50%;">b-banco</th> </tr> <tr> <td>&lt;13 m/mes</td> <td style="text-align: center;">0,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;13 m/mes &lt; 1,8 m/h</td> <td style="text-align: center;">0,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;1,8 m/h &lt; 3 m/min</td> <td style="text-align: center;">0,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;3 m/min &lt; 5 m/s</td> <td style="text-align: center;">0,75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sin determinar o &gt;5 m/s</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> </table>		Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco	<13 m/mes	0,1		>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2		>1,8 m/h < 3 m/min	0,5		>3 m/min < 5 m/s	0,75		Sin determinar o >5 m/s	1										
Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco																										
<13 m/mes	0,1																											
>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2																											
>1,8 m/h < 3 m/min	0,5																											
>3 m/min < 5 m/s	0,75																											
Sin determinar o >5 m/s	1																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)</th> <th style="width:10%;">Dato</th> <th style="width:50%;">c-banco</th> </tr> <tr> <td>Días/año</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Relevos/día</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Horas/relevo</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	Días/año			Relevos/día			Horas/relevo																	
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco																										
Días/año																												
Relevos/día																												
Horas/relevo																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)</th> <th style="width:10%;">Dato</th> <th style="width:50%;">d-banco</th> </tr> <tr> <td>Ancho de persona, en m (Fijo: 1 m)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitud de banco analizado, en m</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	Ancho de persona, en m (Fijo: 1 m)			Longitud de banco analizado, en m																				
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco																										
Ancho de persona, en m (Fijo: 1 m)																												
Longitud de banco analizado, en m																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">Cercanía de la persona al pie del banco (x/H<sub>banco</sub>) (e-banco)</th> <th style="width:10%;">Dato-Valor</th> <th style="width:50%;">e-banco</th> </tr> <tr> <td>Distancia promedio al banco, en m (x)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura del banco, en m (H<sub>banco</sub>)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor calculado (x/H<sub>banco</sub>)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy cerca (x/H<sub>banco</sub> &lt; 10%)</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cerca (10% &lt; x/H<sub>banco</sub> &lt; 25%)</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Media (25% &lt; x/H<sub>banco</sub> &lt; 50%)</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lejos (50% &lt; x/H<sub>banco</sub> &lt; 150%)</td> <td style="text-align: center;">0,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy lejos (x/H<sub>banco</sub> &gt; 150%)</td> <td style="text-align: center;">0,01</td> <td></td> </tr> </table>		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H <sub>banco</sub> ) (e-banco)	Dato-Valor	e-banco	Distancia promedio al banco, en m (x)			Altura del banco, en m (H <sub>banco</sub> )			Valor calculado (x/H <sub>banco</sub> )			Muy cerca (x/H <sub>banco</sub> < 10%)	10		Cerca (10% < x/H <sub>banco</sub> < 25%)	5		Media (25% < x/H <sub>banco</sub> < 50%)	1		Lejos (50% < x/H <sub>banco</sub> < 150%)	0,1		Muy lejos (x/H <sub>banco</sub> > 150%)	0,01	
Cercanía de la persona al pie del banco (x/H <sub>banco</sub> ) (e-banco)	Dato-Valor	e-banco																										
Distancia promedio al banco, en m (x)																												
Altura del banco, en m (H <sub>banco</sub> )																												
Valor calculado (x/H <sub>banco</sub> )																												
Muy cerca (x/H <sub>banco</sub> < 10%)	10																											
Cerca (10% < x/H <sub>banco</sub> < 25%)	5																											
Media (25% < x/H <sub>banco</sub> < 50%)	1																											
Lejos (50% < x/H <sub>banco</sub> < 150%)	0,1																											
Muy lejos (x/H <sub>banco</sub> > 150%)	0,01																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">valor de E<sub>per-ban</sub></th> <th style="width:10%;">E<sub>per-ban</sub></th> <th style="width:50%;">E<sub>per-ban</sub></th> </tr> <tr> <td><math>E_{per-ban} = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a)</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		valor de E <sub>per-ban</sub>	E <sub>per-ban</sub>	E <sub>per-ban</sub>	$E_{per-ban} = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a)$																							
valor de E <sub>per-ban</sub>	E <sub>per-ban</sub>	E <sub>per-ban</sub>																										
$E_{per-ban} = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a)$																												
rango de 0,00025 a 10																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:40%;">CÁLCULO DE E<sub>ban</sub> = 10 - [(10 - E<sub>maq-banco</sub>) * (10 - E<sub>per-banco</sub>) / 10]</td> <td style="width:10%;">E<sub>ban</sub></td> <td style="width:50%;">E<sub>ban</sub></td> </tr> </table>		CÁLCULO DE E <sub>ban</sub> = 10 - [(10 - E <sub>maq-banco</sub> ) * (10 - E <sub>per-banco</sub> ) / 10]	E <sub>ban</sub>	E <sub>ban</sub>																								
CÁLCULO DE E <sub>ban</sub> = 10 - [(10 - E <sub>maq-banco</sub> ) * (10 - E <sub>per-banco</sub> ) / 10]	E <sub>ban</sub>	E <sub>ban</sub>																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:40%;">Historial de deslizamientos</th> <th style="width:10%;">valor</th> <th style="width:50%;">F</th> </tr> <tr> <td>No se han registrado</td> <td style="text-align: center;">0,75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy pocos incidentes (2 máx./año)</td> <td style="text-align: center;">0,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>No hay datos ni observaciones fiables</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ocasionales (6 máx./año)</td> <td style="text-align: center;">1,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy pocos deslizamientos sin accidentes (&gt;6 máx./año)</td> <td style="text-align: center;">1,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Deslizamientos frecuentes con al menos 1 accidente &gt;6 máx./año)</td> <td style="text-align: center;">1,4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Deslizamientos muy frecuentes provocando más de un accidente</td> <td style="text-align: center;">1,5</td> <td></td> </tr> </table>		Historial de deslizamientos	valor	F	No se han registrado	0,75		Muy pocos incidentes (2 máx./año)	0,9		No hay datos ni observaciones fiables	1		Ocasionales (6 máx./año)	1,1		Muy pocos deslizamientos sin accidentes (>6 máx./año)	1,2		Deslizamientos frecuentes con al menos 1 accidente >6 máx./año)	1,4		Deslizamientos muy frecuentes provocando más de un accidente	1,5				
Historial de deslizamientos	valor	F																										
No se han registrado	0,75																											
Muy pocos incidentes (2 máx./año)	0,9																											
No hay datos ni observaciones fiables	1																											
Ocasionales (6 máx./año)	1,1																											
Muy pocos deslizamientos sin accidentes (>6 máx./año)	1,2																											
Deslizamientos frecuentes con al menos 1 accidente >6 máx./año)	1,4																											
Deslizamientos muy frecuentes provocando más de un accidente	1,5																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:40%;">valor de F</td> <td style="width:10%;">F</td> <td style="width:50%;">F</td> </tr> </table>		valor de F	F	F																								
valor de F	F	F																										

**Diagrama: LOCATION OF WORKERS AND MACHINERY IN RELATION TO SLOPE TOP**

Legend for Diagram:

- Very close (x/H < 10%) → 1
- Close (x/H < 25%) → 0,5
- Average distance (x/H < 50%) → 0,1
- Far (x/H < 100%) → 0,01
- Very far (x/H < 100%) → 0

↑ IMPACT PROBABILITY ESTIMATE

Explotación:		Localización:							
Frente:		Orientación:							
<b>CALCULO INDICES ROFRAQ</b>									
Factor A									
Factor B									
Factor C									
Factor D <sub>ban</sub>									
Factor E <sub>ban</sub>									
Factor E <sub>banco-per.</sub>									
Factor E <sub>banco-máq.</sub>									
Factor F									
ROFRAQ <sub>banco</sub> Básico (%)									
ROFRAQ <sub>banco</sub>			Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques (ROFRAQ/10.000)=						
			<b>DICTAMEN</b>	<b>MUY BAJO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>	<b>RIESGO BAJO A MEDIO</b>	<b>RIESGO MEDIO</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>RIESGO MUY ELEVADO</b>
ROFRAQ <sub>banco</sub> máquina			Valor	<10	10-25	26-100	101-250	251-1000	>1000
			Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Que la excavadora solo retire material de lejos del frente, parar en época de lluvia fuerte, etc..	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.
ROFRAQ <sub>banco</sub> persona			Valor	<4	4-10	11-40	41-100	101-400	>400
			Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Limitar el paso de personal en época de lluvia y tras las voladuras	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.

CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA SECRETARÍA DE ESTADO DE  
ENERGÍA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO Y LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (LABORATORIO OFICIAL J.M.  
MADARIAGA – LOM)

AÑO 2015

## GUÍA SOBRE CONTROL GEOTÉCNICO EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

### ANEXO III: FICHAS DE TOMA DE DATOS

---

**Hoja 1. DENOMINACIÓN Y LOCALIZACIÓN.**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**

**Hoja 3. HOJA TOMA DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO.**

**Hoja 4. HOJA RESUMEN PARÁMETROS.**

**Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**

**A. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
SETE PONTES**

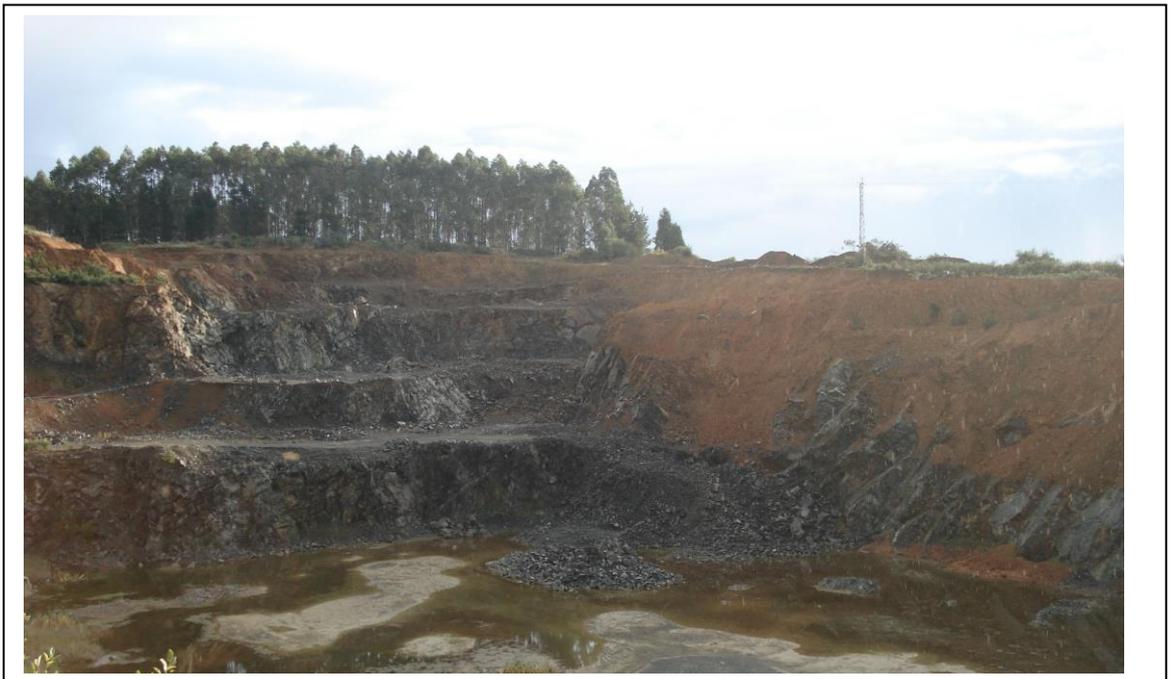
## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN.

NOMBRE EXPLOTACION **SETE PONTES**

DENOMINACIÓN FRENTE **NORORIENTAL**

FECHA DE ANÁLISIS **6-10-2009**

Nº ANÁLISIS **01**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **GALICIA**

PROVINCIA **A CORUÑA**

TÉRMINO MUNICIPAL **MOECHE**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **SETE PONTES**DENOMINACIÓN FRENTE **NORORIENTAL**TIPO DE RECURSO **ANFIBOLITA**ORIENTACION FRENTE **N 150° E**

CONFORMACION FRENTE

Nº DE BANCOS **4**

ALTURA VARIABLE BANCOS	SI	NO
------------------------	----	----

DIMENSIONES FRENTE

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>90 m</b>	<b>12 m</b>
LONGITUD	<b>86 m</b>	<b>70 m</b>
INCLINACIÓN	<b>60°</b>	<b>38°</b>

DIMENSIONES BANCOS

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>15 m</b>	<b>13 m</b>
LONGITUD	<b>76 m</b>	<b>60 m</b>
INCLINACIÓN	<b>90 °</b>	<b>70°</b>



## Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.

LITOLOGIA				
Nº FACIES	1			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
ANFIBOLITA	40	238	198	NO

DISCONTINUIDADES								
Nº DISCONTINUIDADES	6							
	Dirección	Buzamiento	Continuidad media (m)	Espaciamiento medio (m)	Frec. %	Apertura junta (mm)	Rugosidad tipo - jrc	Relleno Natur.- Espesor-Plast.
DIACLASAS/JUNTAS								
J1	180	85	1-3	0,6-2,0	0,17	0,1-0,25	Ondulada lisa-10	Silic- <1 mm MD
J2	110	55	1-3	0,2-0,6	0,24	0,5-2,5	Plana Lisa-2	Q
J3	75	25	3-10	>2-6	0,34	5-10	Plana Lisa-2	Serp
J4	175	30	3-10	0,6-2	0,068	0,5-2,5	Escalonada rugosa-18	Sin relleno
J5	165	5	1-3	0,02-0,06	0,034	0,5-2,5	Ondulada lisa-10	Q 2 duro
J6	135	5	1-3	0,06-0,2	0,137	0,1-0,25	Ondulada-Escalonada lisa -16-10	Q. máx 2 duro
RQD	55							

<b>OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
PRESENCIA DE DAÑOS VISIBLES VOLADURAS		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEAMIENTO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		

<b>DATOS DE PRODUCCION</b>	
EMPLEO DE EXPLOSIVOS	<b>SI</b>
CARGA ESPECÍFICA g/m <sup>3</sup>	<b>450</b>
Nº VOLADURAS AÑO	<b>30</b>
Nº VOLADURAS EN ESTA ORIENTACIÓN	<b>27</b>

**Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**

<b>VISTA GENERAL</b>		
		
<i>Vista general del talud</i>		
<b>DETALLES</b>		
		
<i>Detalle de bloques y daños por voladura</i>	<i>Detalle el sistema de fracturación y del relleno</i>	<i>Rotura plana y de talud de muro</i>

**B. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
GRANDE MESADA**

## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN.

NOMBRE EXPLOTACION **GRANDE MESADA**

DENOMINACIÓN FRENTE **NORTE**

FECHA DE ANÁLISIS **7-10-2009**

Nº ANÁLISIS **02**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **GALICIA**

PROVINCIA **LUGO**

TÉRMINO MUNICIPAL **MONDOÑEDO**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **GRANDE MESADA**DENOMINACIÓN FRENTE **NORTE**TIPO DE RECURSO **CALIZA (Serie Cándana)**ORIENTACION FRENTE **N 70° E**DIRECCIÓN **NORTE**

CONFORMACION FRENTE

Nº DE BANCOS **2**ALTURA VARIABLE BANCOS **SI** **NO**

DIMENSIONES FRENTE

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>44 m</b>	<b>25 m</b>
LONGITUD	<b>310 m (en U)</b>	<b>280 m (en U)</b>
INCLINACIÓN	<b>75°</b>	<b>50°</b>

DIMENSIONES BANCOS

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>23 m</b>	<b>15 m</b>
LONGITUD	<b>140 m</b>	<b>80 m</b>
INCLINACIÓN	<b>80°</b>	<b>75°</b>



## Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.

LITOLOGIA				
Nº FACIES	1			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
CALIZAS	20	355	335	ARCILLAS DE KARSTIFICACIÓN

DISCONTINUIDADES								
Nº DISCONTINUIDADES	5							
	Dirección	Buzamiento	Continuidad media (m)	Espaciamiento medio (m)	Frec. %	Apertura junta (mm)	Rugosidad tipo - jrc	Relleno Natur.- Espesor- Plast.
ESTRATIFICACION								
S0	130	15	>20	0,2		0,5-2,5	Plana Lisa-2	-----
FALLAS								
F1	115	80	1-3	>6		0,5-2,5	Ondulada rugosa-12	Ar 6 mm B
DIACLASAS/JUNTAS								
J1	115	80	1-3	0,2-2,6		0,5-2,5	Ondulada lisa -10	Ar <1 mm MB
J2	45	15	3-10	0,2-0,6		2,5-5	Ondulada lisa -10	Ar 2 mm MB
J3	140	80	1-3	0,6-2		0,25-0,5	Ondulada lisa -10	-----
RQD	72							

<b>OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
PRESENCIA DE DAÑOS VISIBLES VOLADURAS		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		

<b>DATOS DE PRODUCCION</b>	
EMPLEO DE EXPLOSIVOS	<b>SI</b>
CARGA ESPECÍFICA g/m <sup>3</sup>	<b>350</b>
Nº VOLADURAS AÑO	<b>78</b>
Nº VOLADURAS EN ESTA ORIENTACIÓN	<b>70</b>

**Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**

<b>VISTA GENERAL</b>		
		
<i>Vista general del talud analizado.</i>		
<b>DETALLES</b>		
		
<i>Detalle del sistema de fracturas</i>	<i>Relleno de juntas(generadas por disolución a favor fracturación primigenia) con arcillas</i>	<i>Descalce por rotura plana con generación de bloques sueltos</i>

**C. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
SAN VICTOR**

## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN.

NOMBRE EXPLOTACION **SAN VICTOR**

DENOMINACIÓN FRENTE **NORORIENTAL**

FECHA DE ANÁLISIS **8-10-2009**

Nº ANÁLISIS **03**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **GALICIA**

PROVINCIA **OURENSE**

TÉRMINO MUNICIPAL **CARBALLEDA DE VALDEORRAS-LARDEIRA**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **SAN VICTOR**DENOMINACIÓN FRENTE **NORORIENTAL**TIPO DE RECURSO **PIZARRAS**ORIENTACION FRENTE **N 110° E****CONFORMACION FRENTE**

Nº DE BANCOS 5

ALTURA VARIABLE  
BANCOS**SI****NO****DIMENSIONES FRENTE**

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA		
LONGITUD		
INCLINACIÓN		<b>80°</b>

**DIMENSIONES BANCOS**

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA		<b>20 m</b>
LONGITUD		
INCLINACIÓN		<b>80°</b>

Hoja 3. TOMA DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO.

HOJA DE CAMPO		ESTACIONES		
		X	Y	Z
1	680.672	4.684.782	1.075,0	
2	680.650	4.684.700	1.070,0	
3	680.576	4.684.821	1.135,0	
4	680.616	4.684.806	1.137,0	
5	680.628	4.684.813	1.148,0	

EXPLORACIÓN:	SAN VICTOR	
	FRENTE:	NORTE
ORIENTACIÓN:	N-110°E	
TIPO DE PLANO	DISCONTINUIDAD	
ORIENTACION	DIRECC. BUZ	RUZAMIENTO
RUBROBLENDEO	MUY BAJA	0m
	BAJA	1-3m
	MODERADA	3-10m
	ALTA	10-20m
	MUY ALTA	>20m
SEPARACION ENTRE JUNTAS (m)	0:02 EXTR. JUNTAS	
	0:02-0:08 MUY JUNTAS	
	0:08-0:2 JUNTAS	
	0:2-0:6 MOD. JUNTAS	
	0:6-2 SEPARADAS	
	2:0-6:0 SEPARADAS	
	6:0-8 EXTR. SEPARADAS	
RUGOSIDAD	ESCALONADA	
	I BUJOSA	
	II USA	
	III SLICKENSIDO	
	ONDULADA	
	I USA	
I BUJOSA		
II SLICKENSIDO		
PLANA		
II USA		
III SLICKENSIDO		
APERTURA (mm)	MUY CERRADA	0:01
	CERRADA	0:01-0:25
	PAPC. ABIERTA	0:25-0:5
	MOD. ABIERTA	0:5-2:5
	ABIERTA	2:5-5:0
	MOD. ANCHA	5:0-10:0
	ANCHA	10:0-100:0
	MUY ANCHA	100:0-1000:0
	CAVERNOSA	>1000
	COMPOSICION	ESPESOR (MM)
METERACION		
I SANA		
II ALGOMETOR		
III MED. METEOR		
IV MUY METEOR		
V COMP. METEOR.		
RELLENO		
FUERZACIONES		
SECO		
HUMEDO		
GOTOS		
FLUJO		
RESISTENCIA		
1 MUY BLANDO		
2 BLANDO		
3 CONSISTENTE		
4 MUY CONSISTENTE		
5 DURO		
6 MUY DURO		
RESIST. ESCLUEM.BOLSILLO (kg/cm2)		

## Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.

LITOLOGIA				
Nº FACIES	<b>2</b>			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
<b>PIZARRA-CUARCITAS</b>	<b>35</b>	<b>1075</b>	<b>1200</b>	<b>cuarcitas</b>

DISCONTINUIDADES								
Nº DISCONTINUIDADES	12							
	Dirección	Buzamiento	Continuidad media (m)	Espaciamiento medio (m)	Frec. %	Apertura junta (mm)	Rugosidad tipo - jrc	Relleno Natur.- Espesor-Plast.
ESTRATIFICACION								
S0	40	35	3-10	0,5-2		0,25-0,5	Plana Lisa-2	Ar <5 mm B
EQUISTOSIDAD								
S1	55	30	1-4	0,2-2		< 0,1	Plana Lisa-2	Sin relleno
FALLAS								
F1	180	88	>6	>20		5-10	Escalonada rugosa-18	Ar 0-40mm MB
F2	125	80	>20	>20		10-100	Escalonada rugosa-18	Ar 0-40mm MB
F3	115	80	>20	>20		10-100	Ondulada lisa-10	Ar 0-40mm MB
F4	58	70	>20	>20		0,25-0,5	Ondulada lisa-10	Ar 0-40mm MB
F5	55	50	>20	10-20		-----	Ondulada rugosa-16	Ar 1 mm
DIACLASAS/JUNTAS								
J1	170	70	3-10	4		< 0,1	Plana rugosa -10	Ox <1 mm -----
J2	130	60	1-2	0,5-6		< 0,1	Plana lisa -2	Ox <1 mm -----
J3	95	85	1-10	03-4		0,25-0,5	Plana rugosa -8	Ar 1 mm MB
J4	165	55	1-3	2-8		2,5-5	Plana rugosa -8	Ar 1-5 mm B
J5	35	70	0,5-3	0,5-6		-----	Plana rugosa -8	Ar 1 mm -----
RQD	85							

<b>OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
PRESENCIA DE DAÑOS VISIBLES VOLADURAS		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEAMIENTO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		

<b>DATOS DE PRODUCCION</b>	
EMPLEO DE EXPLOSIVOS	<b>SI</b>
CARGA ESPECÍFICA g/m <sup>3</sup>	<b>180</b>
Nº VOLADURAS AÑO	<b>52</b>
Nº VOLADURAS EN ESTA ORIENTACIÓN	<b>47</b>

## Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

### VISTA GENERAL



*Vista general del tramo superior del talud*

### DETALLES



*Rotura planar*



*Generación de cuñas*



*Bloques colgados*

**D. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
EL NAVAJO**

## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN

NOMBRE EXPLOTACION **EL NAVAJO**

DENOMINACIÓN FRENTE **OCCIDENTAL**

FECHA DE ANÁLISIS **22-09-2009**

Nº ANÁLISIS **04**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **CASTILLA LA MANCHA**

PROVINCIA **GUADALAJARA**

TÉRMINO MUNICIPAL **SAUCA**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **EL NAVAJO**DENOMINACIÓN FRENTE **OESTE**TIPO DE RECURSO **CALIZA**

ORIENTACION FRENTE

DIRECCIÓN **N-175°E**

CONFORMACION FRENTE

Nº DE BANCOS **1**

ALTURA VARIABLE BANCOS	<b>SI</b>	<b>NO</b>
------------------------	-----------	-----------

DIMENSIONES FRENTE		
PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>30 m</b>	<b>25 m</b>
LONGITUD		
INCLINACIÓN	<b>70º</b>	<b>70º</b>

DIMENSIONES BANCOS		
PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA		<b>25 m</b>
LONGITUD		
INCLINACIÓN	<b>70º</b>	<b>70º</b>



## Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.

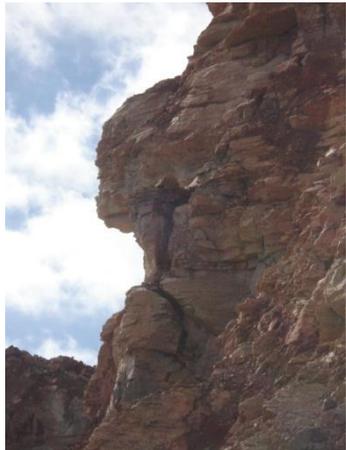
LITOLOGIA				
Nº FACIES	<b>1</b>			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
<b>CALIZA</b>	<b>30</b>	--	--	<b>Arcillas descalcificación</b>

DISCONTINUIDADES								
Nº DISCONTINUIDADES	5							
	Dirección	Buzamiento	Continuidad media (m)	Espaciamiento medio (m)	Frec. %	Apertura junta (mm)	Rugosidad tipo - jrc	Relleno Natur.- Espesor-Plast.
ESTRATIFICACION								
S0	28	5	>20	0,06-0,2		0,5-2,5	Ondulada lisa-10	Ar < 1mm MB
EQUISTOSIDAD								
FALLAS								
F1=J1=J2	120	55	< 1	0,2-0,6		0,5-2,5	Ondulada lisa-10	Ar 10 mm B
F2	115	70	1-3	0,2-0,6		0,1-0,25	Ondulada rugosa-15	Ar 10 mm B
DIACLASAS/JUNTAS								
J1	140	75	3-10	0,06-0,2		< 0,1	Ondulada rugosa-16	Sin relleno
J3	170	55	< 3-10	0,6-2		0,5-2,5	Ondulada rugosa-1	Ar 2 mm MB
RQD	<b>45</b>							

<b>OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
PRESENCIA DE DAÑOS VISIBLES VOLADURAS		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEAMIENTO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		

<b>DATOS DE PRODUCCION</b>	
EMPLEO DE EXPLOSIVOS	<b>SI</b>
CARGA ESPECÍFICA g/m <sup>3</sup>	<b>450</b>
Nº VOLADURAS AÑO	<b>29</b>
Nº VOLADURAS EN ESTA ORIENTACIÓN	<b>27</b>

## Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

<b>VISTA GENERAL</b>		
		
<i>Vista general del talud</i>		
<b>DETALLES</b>		
		
<i>Zona inestable (bloques colgados) con tránsito bajo talud.</i>	<i>Detalle del sistema de juntas</i>	<i>Zona inestable, con bloques despegados del talud</i>

**E. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
YESARES**

## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN

NOMBRE EXPLOTACION **YESARES**

DENOMINACIÓN FRENTE **NORDESTE**

FECHA DE ANÁLISIS **29-10-2009**

Nº **ANÁLISIS 05**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **ANDALUCIA**

PROVINCIA **ALMERIA**

TÉRMINO MUNICIPAL **SORBAS**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **YESARES**DENOMINACIÓN FRENTE **NORDESTE**TIPO DE RECURSO **YESO (CONGLOMERADO)**

ORIENTACION FRENTE

DIRECCIÓN **N-85°E**

CONFORMACION FRENTE

Nº DE BANCOS **1 a 5**ALTURA VARIABLE BANCOS **SI NO**

DIMENSIONES FRENTE		
PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>100 m</b>	<b>70 m</b>
LONGITUD	<b>&gt;2 km</b>	<b>1.200 m</b>
INCLINACIÓN	<b>60º</b>	<b>35º</b>

DIMENSIONES BANCOS		
PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>25 m</b>	<b>20 m</b>
LONGITUD	<b>1.200 m</b>	<b>90 m</b>
INCLINACIÓN	<b>70º</b>	<b>70º</b>



## Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.

LITOLOGIA				
Nº FACIES	<b>1</b>			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
<b>YESOS (CONGLOMERADO)</b>	<b>120</b>	<b>415</b>	<b>395</b>	<b>no</b>

DISCONTINUIDADES								
Nº DISCONTINUIDADES	<b>2</b>							
	Dirección	Buzamiento	Continuidad media (m)	Espaciamiento medio (m)	Frec. %	Apertura junta (mm)	Rugosidad tipo - jrc	Relleno Natur.-Espesor-Plast.
ESTRATIFICACION								
S0	90	5	10-20	2,0-6,0		5,0-10	Ondulada rugosa-16	Sin relleno
FALLAS								
F1	130	88	>20	> 6		100-1000	Ondulada rugosa-18	Ar 3 mm C
RQD	<b>98</b>							

<b>OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
PRESENCIA DE DAÑOS VISIBLES VOLADURAS		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEAMIENTO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		

<b>DATOS DE PRODUCCION</b>	
EMPLEO DE EXPLOSIVOS	<b>SI</b>
CARGA ESPECÍFICA g/m <sup>3</sup>	<b>700 (330 g/t)</b>
Nº VOLADURAS AÑO	<b>60</b>
Nº VOLADURAS EN ESTA ORIENTACIÓN	<b>20</b>

## Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

### VISTA GENERAL



*Vista general del talud analizado*

### DETALLES

<p><i>Bloques colgados (en voladizo sobre zona de carga)</i></p>	<p><i>Rotura a favor de falla</i></p>	<p><i>Fracturación por reflexión voladura, paralela a SO</i></p>

**F. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
EL ALJIBE**

## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN

NOMBRE EXPLOTACION **EL ALJIBE**

DENOMINACIÓN FRENTE **N**

FECHA DE ANÁLISIS **23-09-2009**

Nº ANÁLISIS **06**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **CASTILLA LA MANCHA**

PROVINCIA **TOLEDO**

TÉRMINO MUNICIPAL **ALMONACID DE TOLEDO**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **EL ALJIBE**DENOMINACIÓN FRENTE **OESTE**TIPO DE RECURSO **MILONITAS**ORIENTACION FRENTE **N 140° E**

CONFORMACION FRENTE

Nº DE BANCOS

**3**ALTURA VARIABLE  
BANCOS**SI****NO**

DIMENSIONES FRENTE

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>90 m</b>	<b>65 m</b>
LONGITUD	<b>110 m</b>	<b>80 m</b>
INCLINACIÓN	<b>65°</b>	<b>40°</b>

DIMENSIONES BANCOS

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>30 m</b>	<b>30 m</b>
LONGITUD	<b>300 m</b>	<b>250 m</b>
INCLINACIÓN	<b>70°</b>	<b>70°</b>



## Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.

LITOLOGIA				
Nº FACIES	<b>1</b>			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
<b>MILONITAS</b>	<b>&gt;150</b>	--	--	<b>Niveles alterados</b>

DISCONTINUIDADES								
Nº DISCONTINUIDADES	5							
	Dirección	Buzamiento	Continuidad media (m)	Espaciamiento medio (m)	Frec. %	Apertura junta (mm)	Rugosidad tipo - jrc	Relleno Natur.- Espesor-Plast.
ESTRATIFICACION								
S0	60	30	3-10	0,2-6		0,25-0,5	Plana lisa-0,1	Sin relleno
FALLAS								
F1=J1	165	70	3-10	06-2		025-0,5	Plana lisa-0,1	Sin relleno
DIACLASAS/JUNTAS								
J2	135	75	>20	2-6		6	Ondulada rugosa-16	Sin relleno
J3	45	70	10-20	0,6-2		0,1-0,25	Plana lisa-0,1	Sin relleno
RQD	<b>89</b>							

OTRAS CONSIDERACIONES		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
PRESENCIA DE DAÑOS VISIBLES VOLADURAS		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEAMIENTO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		

DATOS DE PRODUCCION	
EMPLEO DE EXPLOSIVOS	<b>SI</b>
CARGA ESPECÍFICA g/m <sup>3</sup>	<b>650</b>
Nº VOLADURAS AÑO	<b>29</b>
Nº VOLADURAS EN ESTA ORIENTACIÓN	<b>27</b>

## Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

### VISTA GENERAL



*Vista general del talud con eliminación de la berma*

### DETALLES



*Detalle de rotura plana y vuelco de bloques*



*Detalle de despegue a favor de S0*



*Rotura por vuelco de bloques*

**G. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
PEÑABERMEJA**

## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN

NOMBRE EXPLOTACION **PEÑABERMEJA**

DENOMINACIÓN FRENTE **OCCIDENTAL**

FECHA DE ANÁLISIS **28-10-2009**

Nº ANÁLISIS **07**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **ANDALUCIA**

PROVINCIA **CÓRDOBA**

TÉRMINO MUNICIPAL **ESPIEL**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **PEÑABERMEJA**DENOMINACIÓN FRENTE **OCCIDENTAL**TIPO DE RECURSO **CALIZA DOLOMITICA**ORIENTACION FRENTE **N170ºE**

CONFORMACION FRENTE		
Nº DE BANCOS	<b>2</b>	
ALTURA VARIABLE BANCOS	<b>SI</b>	<b>NO</b>

DIMENSIONES FRENTE		
PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>35 m</b>	<b>25 m</b>
LONGITUD	<b>180 m</b>	<b>150 m</b>
INCLINACIÓN	<b>60º</b>	<b>45º</b>

DIMENSIONES BANCOS		
PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>20 m</b>	<b>20 m</b>
LONGITUD	<b>130 m</b>	<b>110 m</b>
INCLINACIÓN	<b>70º</b>	<b>70º</b>



## Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.

LITOLOGIA				
Nº FACIES	<b>1</b>			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
<b>CALIZA DOLOMITICA</b>	<b>35</b>	<b>564</b>	<b>529</b>	<b>no</b>

DISCONTINUIDADES								
Nº DISCONTINUIDADES	6							
	Dirección	Buzamiento	Continuidad media (m)	Espaciamiento medio (m)	Frec. %	Apertura junta (mm)	Rugosidad tipo - jrc	Relleno Natur.- Espesor-Plast.
ESTRATIFICACION								
S0	130	15	3-10	0,3		0,5-2,5	Ondulada lisa-10	Pz 3 mm B
EQUISTOSIDAD								
FALLAS								
F1	140	75	10	1		0,1-0,25	Ondulada lisa-10	Sin relleno
F2	110	85	>20	6		5	Ondulada lisa-10	Cc, Fe 4 mm MC
DIACLASAS/JUNTAS								
J1	30	70	< 1	0,2-0,6		2,5	Ondulada lisa-1	Sin relleno
J2	0	70	10	1		2,5	Plana rugosa-10	CC 3 mm Consit.
J3	60	85	< 1	0,2-0,6		0,25	Plana lisa-1	Sin relleno
RQD	<b>75</b>							

OTRAS CONSIDERACIONES		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
PRESENCIA DE DAÑOS VISIBLES VOLADURAS		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		

DATOS DE PRODUCCIÓN	
EMPLEO DE EXPLOSIVOS	<b>SI</b>
CARGA ESPECÍFICA g/m <sup>3</sup>	<b>350</b>
Nº VOLADURAS AÑO	<b>40</b>
Nº VOLADURAS EN ESTA ORIENTACIÓN	<b>16</b>

## Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

### VISTA GENERAL



*Vista general*

### DETALLES



*Detalle sistema fracturación*



*Bloques colgados*



*Detalle de falla*

**H. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
GERAFÍN**

## Hoja 1. DENOMINACIÓN Y LOCALIZACIÓN

NOMBRE EXPLOTACIÓN **GERAFÍN**

DENOMINACIÓN FRENTE **OCCIDENTAL**

FECHA DE ANÁLISIS **10-09-2009**

Nº ANÁLISIS **08**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **MADRID**

PROVINCIA **MADRID**

TÉRMINO MUNICIPAL **ALCALÁ DE HENARES**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACIÓN **GERAFÍN**DENOMINACIÓN FRENTE **OCCIDENTAL**TIPO DE RECURSO **ARCILLA**ORIENTACION FRENTE **N-S**

CONFORMACIÓN FRENTE

Nº DE BANCOS 3

ALTURA VARIABLE  
BANCOS**SI**

NO

DIMENSIONES FRENTE

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>110 m</b>	<b>60 m</b>
LONGITUD	<b>650 m</b>	<b>300 m</b>
INCLINACIÓN	<b>70º (RESIDUAL)</b>	<b>40º</b>

DIMENSIONES BANCOS

PARÁMETRO	MÁXIMO	MEDIO
ALTURA	<b>35 m</b>	<b>25 m</b>
LONGITUD	<b>330 m</b>	<b>200 m</b>
INCLINACIÓN	<b>70º (RESIDUAL)</b>	<b>60º (RESIDUAL)</b>

**TOMA DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO.****Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.**

<b>LITOLOGIA</b>				
<b>Nº FACIES</b>	<b>1</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA REAL</b>	<b>POSICIÓN</b>		
		<b>TECHO</b>	<b>MURO</b>	<b>INTERCALACION</b>
<b>ARCILLA</b>	<b>250</b>	--	--	<b>NO (YESOS BASALES)</b>

<b>OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
	<b>SI</b>	<b>NO</b>
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEAMIENTO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		
Φ	28	

## Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

### VISTA GENERAL



*Vista general de talud occidental*

### DETALLES



*Detalle de la estratificación y formas de erosión en el talud analizado*

**I. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
LOECHES**

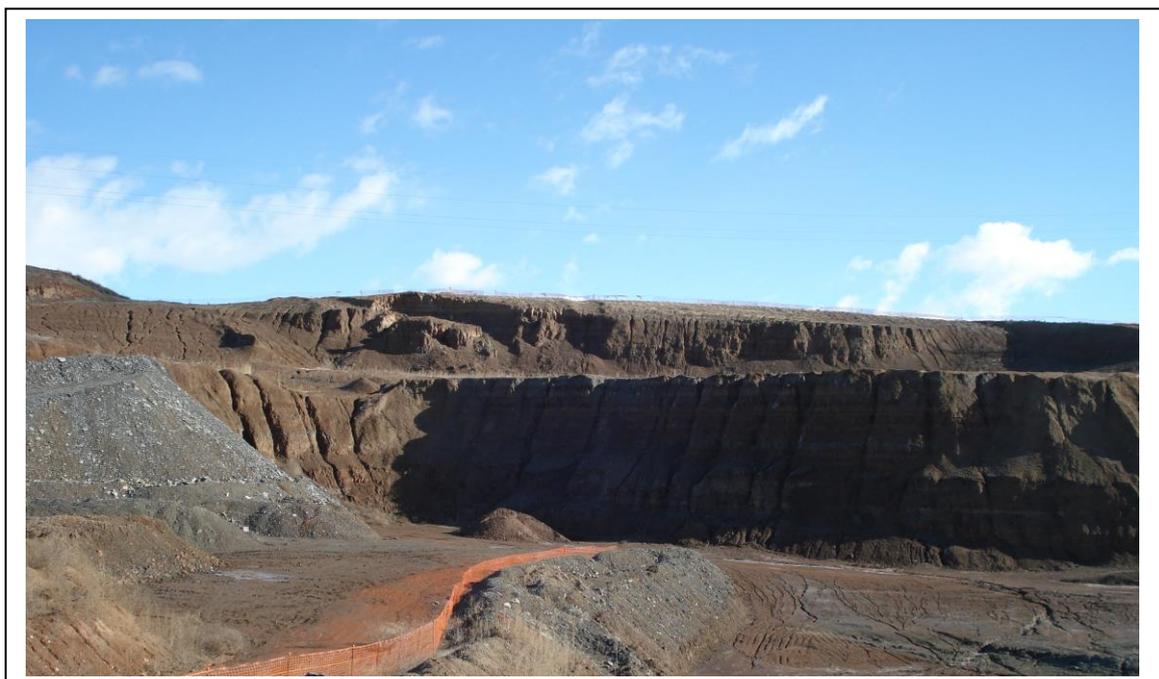
## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN

NOMBRE EXPLOTACION **LOECHES**

DENOMINACIÓN FRENTE **ORIENTAL**

FECHA DE ANÁLISIS **1-09-2009**

Nº ANÁLISIS **09**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **MADRID**

PROVINCIA **MADRID**

TÉRMINO MUNICIPAL **LOECHES**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **LOECHES**DENOMINACIÓN FRENTE **ORIENTAL**TIPO DE RECURSO **ARCILLA**ORIENTACION FRENTE **Nº 15 E**

## CONFORMACION FRENTE

Nº DE BANCOS **2**ALTURA VARIABLE  
BANCOS**SI****NO**

## DIMENSIONES FRENTE

PARÁMETRO

MÁXIMO

MEDIO

ALTURA

**45 m****40 m**

LONGITUD

**200 m****180 m**

INCLINACIÓN

**70º (RESIDUAL)****35º**

## DIMENSIONES BANCOS

PARÁMETRO

MÁXIMO

MEDIO

ALTURA

**25 m****25 m**

LONGITUD

**200 m****168 m**

INCLINACIÓN

**35º (RESIDUAL)****32º (ACTIVO)**

**TOMA DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO.****Hoja 4. RESUMEN PARÁMETROS.**

<b>LITOLOGIA</b>				
Nº FACIES	<b>1</b>			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
<b>ARCILLA</b>	<b>250</b>	--	--	<b>NO (YESOS BASALES)</b>

<b>OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEAMIENTO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		
Φ	29	

## Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

### VISTA GENERAL



*Vista general del talud*

### DETALLES



*Detalle de rotura progresiva (banco superior) y formas de erosión en el banco inferior*

**J. FICHAS DE TOMA DE DATOS EXPLOTACIÓN  
GRACISA**

## Hoja 1. DENOMINACION Y LOCALIZACIÓN

NOMBRE EXPLOTACION **GRACISA**

DENOMINACIÓN FRENTE **SUROESTE**

FECHA DE ANÁLISIS **8-09-2009**

Nº ANÁLISIS **010**



COMUNIDAD AUTÓNOMA **MADRID**

PROVINCIA **MADRID**

TÉRMINO MUNICIPAL **FUENTIDUEÑA DE TAJO**

**Hoja 2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.**NOMBRE EXPLOTACION **GRACISA**DENOMINACIÓN FRENTE **SUROESTE**TIPO DE RECURSO **GRAVAS Y ARENAS**ORIENTACION FRENTE **N 75°E****CONFORMACION FRENTE**

Nº DE BANCOS

**4**ALTURA VARIABLE  
BANCOS**SI****NO****DIMENSIONES FRENTE**

PARÁMETRO

MÁXIMO

MEDIO

ALTURA

**60 m****40 m**

LONGITUD

**320 m****200 m**

INCLINACIÓN

**40°****25°****DIMENSIONES BANCOS**

PARÁMETRO

MÁXIMO

MEDIO

ALTURA

**15 m****15 m**

LONGITUD

**250 m****170 m**

INCLINACIÓN

**50°****30°**

**TOMA DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO.****Hoja 4. HOJA RESUMEN PARÁMETROS.**

<b>LITOLOGIA</b>				
Nº FACIES	<b>3</b>			
DESCRIPCION	POTENCIA REAL	POSICIÓN		
		TECHO	MURO	INTERCALACION
GRAVAS Y ARENAS	<b>45</b>	--	--	<b>SI</b>
CONGLOMERADOS	<b>7</b>	--	--	<b>SI</b>
MARGA ARCILLOSA	<b>6</b>	--	--	

<b>OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
	SI	NO
PRESENCIA DE AGUA EN TALUD		
EXISTENCIA ADECUADA RED DRENAJE		
MANTENIMIENTO RED DE DRENAJE		
AREA DE RIESGO SISMICO		
INSPECCION PERIODICA		
SANEAMIENTO/MANTENIMIENTO CARAS DE TALUD		
PRESENCIA DE BLOQUES/SECTORES INESTABLES		
PRESENCIA DE BLOQUES/TIERRAS DESPRENDIDAS, EN PIE DE TALUD		
LABORES BAJO TALUD		
Φ	33	

## Hoja 5. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

### VISTA GENERAL



*Vista general del talud*

### DETALLES



*Huellas de trabajo (ripado) sobre la cara del talud*

Convenio de Colaboración entre la Secretaría de Estado de Energía, a través de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y la Universidad Politécnica de Madrid, a través del Laboratorio Oficial J. M. Madariaga

**GUÍA DE CONTROL GEOTÉCNICO EN EXPLOTACIONES  
MINERAS A CIELO ABIERTO**

**ANEXO IV: FICHAS DE RESULTADOS.**

#### **IV.1. FICHAS CÁLCULO RMR Y SMR.**

**CÁLCULO DEL INDICE SMR DEL TALUD DE EXPLOTACIÓN**

**EXPLOTACIÓN SETEPONTES**

TALUD DE EXPLOTACIÓN 1-A ALTURA DE TALUD MEDIO 13 m ANGULO DE TALUD BANCO (B) 70° GENERAL (G) 35° N150°/35°S

FAMILIA: DIACLASAS J1: 175N/85O

FAMILIA: DIACLASAS J2: 110N/55E

FAMILIA: DIACLASAS J3: 75N/25N

RMR				VALORACION			
CAPA	VALOR ANFIBOLITA						
RCS	217	MPa				15	
RQD	55	%				13	
SEPARACION DIACLASAS	0,6-2,0	m				25	
ESTADO DIACLASAS						18	
AGUA FREÁTICA						6	
RMR						77	
CLASE	II					BUENA	

SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	B	G	B	G	
F1	0,4	0,40	0,4	0,40	
F2	1	1	1	1	
F3	0	0	-25	-6	
F4	-3	-3	-3	-3	
SMR	74	74	64	72	
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	BANCO GENERAL
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	GENERAL

RMR				VALORACION			
CAPA	VALOR ANFIBOLITA						
RCS	217	MPa				15	
RQD	55	%				13	
SEPARACION DIACLASAS	0,2-0,6	m				10	
ESTADO DIACLASAS						18	
AGUA FREÁTICA						15	
RMR						71	
CLASE	II					BUENA	

SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	B	G	B	G	
F1	0,15	0,15	0,15	0,15	
F2	1	1	1	1	
F3	-60	0	-25	0	
F4	-3	-3	-3	-3	
SMR	59	68	64	68	
CLASE	III	NORMAL	II	BUENA	BANCO GENERAL
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	GENERAL

RMR				VALORACION			
CAPA	VALOR ANFIBOLITA						
RCS	217	MPa				15	
RQD	55	%				13	
SEPARACION DIACLASAS	2-6	m				25	
ESTADO DIACLASAS						16	
AGUA FREÁTICA						15	
RMR						84	
CLASE	I					MUY BUENA	

SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	B	G	B	G	
F1	0,15	0,15	0,15	0,15	
F2	0,4	1	0,4	1	
F3	-60	-50	0	0	
F4	-3	-3	-3	-3	
SMR	77	74	81	81	
CLASE	II	BUENA	I	MUY BUENA	BANCO GENERAL
CLASE	II	BUENA	I	MUY BUENA	GENERAL

TALUD DE EXPLOTACIÓN 1-B ALTURA DE TALUD MEDIO 13 m ANGULO DE TALUD BANCO (B) 70° GENERAL (G) 70°N

N45E/70 N

FAMILIA: DIACLASAS J4: 175/30S

FAMILIA: DIACLASAS J5: 165/5

FAMILIA: DIACLASAS J6: 135/5

RMR				VALORACION			
CAPA	VALOR ANFIBOLITA						
RCS	217	MPa				15	
RQD	55	%				13	
SEPARACION DIACLASAS	0,6-2 m	m				15	
ESTADO DIACLASAS						21	
AGUA FREÁTICA						15	
RMR						79	
CLASE	II					BUENA	

SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	B	G	B	G	
F1	0,40	0,40	0,40	0,40	
F2	0,40	0,40	1	1	
F3	-60	-50	0	0	
F4	-3	-3	-3	-3	
SMR	66	68	76	76	
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	BANCO GENERAL
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	GENERAL

RMR				VALORACION			
CAPA	VALOR ANFIBOLITA						
RCS	217	MPa				15	
RQD	55	%				13	
SEPARACION DIACLASAS	0,6-2,0	m				25	
ESTADO DIACLASAS						18	
AGUA FREÁTICA						6	
RMR						77	
CLASE	II					BUENA	

SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	B	G	B	G	
F1	0,15	0,15	0,2	0,15	
F2	0,15	0,15	1	1	
F3	-60	-60	0	0	
F4	-3	-3	-3	-3	
SMR	73	73	74	74	
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	BANCO GENERAL
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	GENERAL

RMR				VALORACION			
CAPA	VALOR ANFIBOLITA						
RCS	217	MPa				15	
RQD	55	%				13	
SEPARACION DIACLASAS	0,2-0,6	m				10	
ESTADO DIACLASAS						18	
AGUA FREÁTICA						15	
RMR						71	
CLASE	II					BUENA	

SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	B	G	B	G	
F1	0,15	0,15	0,15	0,15	
F2	0,15	0,15	0	0	
F3	-60	-60	0	0	
F4	-3	-3	-3	-3	
SMR	67	67	68	68	
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	BANCO GENERAL
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	GENERAL

EXPLORACIÓN GRANDE MESADA						EXPLORACIÓN GRANDE MESADA						EXPLORACIÓN GRANDE MESADA					
TALUD DE EXPLOTACIÓN			1			ALTURA DE TALUD MEDIO 15 m			ANGULO DE TALUD BANCO (B) 75°			N70/75°S					
FAMILIA: ESTRATIFICACION S0: 130N/15N						FAMILIA: DIACLASAS J1: 25N/80S						FAMILIA: DIACLASAS J2: 45N/15N					
<b>RMR</b>						<b>RMR</b>						<b>RMR</b>					
VALOR CALIZA		VALORACION				VALOR CALIZA		VALORACION				VALOR CALIZA		VALORACION			
CAPA	66	MPa	7			CAPA	66	MPa	7			CAPA	66	MPa	7		
RCS	72	%	13			RCS	72	%	17			RCS	72	%	17		
RQD						RQD						RQD					
SEPARACION DIACLASAS		0,2-0,6 (20 cm)		m		SEPARACION DIACLASAS		0,2-0,6		m		SEPARACION DIACLASAS		0,2-0,6		m	
ESTADO DIACLASAS				10		ESTADO DIACLASAS				10		ESTADO DIACLASAS				20	
AGUA FREÁTICA RMR				15		AGUA FREÁTICA RMR				15		AGUA FREÁTICA RMR				15	
CLASE		III		NORMAL		CLASE		II		BUENA		CLASE		II		BUENA	
<b>SMR</b>						<b>SMR</b>						<b>SMR</b>					
R. PLANAR		R. VUELCO				R. PLANAR		R. VUELCO				R. PLANAR		R. VUELCO			
RMR	59		59			RMR	63		63			RMR	71		71		
	B		B				B		B				B		B		
F1	0,15		0,15			F1	0,15		0,15			F1	0,40		0,40		
F2	1		1			F2	1		1			F2	0,15		1		
F3	-60		0			F3	-6		-25			F3	-60		0		
F4	0		0			F4	0		0			F4	0		0		
SMR	58		59			SMR	62		59			SMR	67		71		
CLASE	III		NORMAL	III		CLASE	II		BUENA	III		CLASE	II		BUENA	BANCO	
TALUD DE EXPLOTACIÓN			1			ALTURA DE TALUD MEDIO 15 m			ANGULO DE TALUD BANCO (B) 75°			N70/75°S					
FAMILIA: DIACLASAS J3: 140/80S						FAMILIA: FALLA F1: 115/80N											
<b>RMR</b>						<b>RMR</b>						<b>RMR</b>					
VALOR CALIZA		VALORACION				VALOR CALIZA		VALORACION				VALOR CALIZA		VALORACION			
CAPA	66	MPa	7			CAPA	66	MPa	12			CAPA	66	MPa	12		
RCS	72	%	13			RCS	72	%	13			RCS	72	%	13		
RQD						RQD						RQD					
SEPARACION DIACLASAS		0,6-2		m		SEPARACION DIACLASAS		1		m		SEPARACION DIACLASAS		1		m	
ESTADO DIACLASAS				22		ESTADO DIACLASAS				30		ESTADO DIACLASAS				10	
AGUA FREÁTICA RMR				15		AGUA FREÁTICA RMR				15		AGUA FREÁTICA RMR				80	
CLASE		II		BUENA		CLASE		I		BUENA		CLASE		II		BUENA	
<b>SMR</b>						<b>SMR</b>						<b>SMR</b>					
R. PLANAR		R. VUELCO				R. PLANAR		R. VUELCO				R. PLANAR		R. VUELCO			
RMR	78		78			RMR	80		80			RMR	80		80		
	B		B				B		B				B		B		
F1	0,15		0,15			F1	0,15		0,15			F1	0,15		0,15		
F2	1		1			F2	1		1			F2	1		1		
F3	-6		-25			F3	-6		-25			F3	-6		-25		
F4	0		0			F4	0		0			F4	0		0		
SMR	77		74			SMR	79		76			SMR	79		76		
CLASE	II		BUENA	II		CLASE	II		BUENA	II		CLASE	II		BUENA	BANCO	

EXPLORACIÓN SAN VICTOR					ALTIMETRIA DE TALUD MEDIO 20 m (bermas destruidas)					ANGULO DE TALUD BANCO (B) 80° GENERAL (G) 80°					N110/80°S				
TALUD DE EXPLOTACIÓN 1					FAMILIA: ESTRATIFICACION S0: 40N/35N					FAMILIA: ESQUISTOSIDAD S1: 55N/30N					FAMILIA: FALLA F1: 180N/88N				
<b>RMR</b>					<b>RMR</b>					<b>RMR</b>									
CAPA	VALOR			VALORACION	CAPA	VALOR			VALORACION	CAPA	VALOR			VALORACION					
RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7					
RQD		85	%	17	RQD		85	%	17	RQD		85	%	17					
SEPARACION	0,5-2,0 (1 m)		m	20	SEPARACION	0,2-2		m	20	SEPARACION	>20		m	30					
ESTADO				12	ESTADO				23	ESTADO				8					
AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7					
RMR				63	RMR				74	RMR				69					
CLASE		II		BUENA	CLASE		II		BUENA	CLASE		II		BUENA					
<b>SMR</b>					<b>SMR</b>					<b>SMR</b>									
RMR	R. PLANAR	63		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR	74		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR	69		R. VUELCO					
F1	B	0,15		B	F1	B	0,15		B	F1	B	0,15		B					
F2	0,70			0,15	F2	0,40			0,15	F2	1,0			1					
F3	-60			-6	F3	-60			-6	F3	-6			-25					
F4	0			0	F4	0			0	F4	0			0					
SMR		57		62	SMR		70		73	SMR		68		65					
CLASE	III		NORMAL	II	CLASE	II		BUENA	II	CLASE	II		BUENA	II					
				BUENA					BUENA					BUENA					
				BANCO					BANCO					BANCO					
TALUD DE EXPLOTACIÓN 1					ALTIMETRIA DE TALUD MEDIO 20 m (bermas destruidas)					ANGULO DE TALUD BANCO (B) 80° GENERAL (G) 80°					N110/80°S				
FAMILIA: FALLA F2: 125/80N					FAMILIA: FALLAS F3: 115/80N					FAMILIA: FALLA F4: 60/70S									
<b>RMR</b>					<b>RMR</b>					<b>RMR</b>									
CAPA	VALOR			VALORACION	CAPA	VALOR			VALORACION	CAPA	VALOR			VALORACION					
RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7					
RQD		85	%	17	RQD		85	%	17	RQD		85	%	17					
SEPARACION	>6		m	30	SEPARACION	1		m	30	SEPARACION	>20		m	30					
ESTADO				9	ESTADO				6	ESTADO				9					
AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7					
RMR				70	RMR				67	RMR				70					
CLASE		II		BUENA	CLASE		II		BUENA	CLASE		II		BUENA					
<b>SMR</b>					<b>SMR</b>					<b>SMR</b>									
RMR	R. PLANAR	70		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR	67		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR	70		R. VUELCO					
F1	B	0,70		0,70	F1	B	0,85		0,85	F1	B	0,15		0,15					
F2	1			1	F2	1			1	F2	1			1					
F3	-25			-25	F3	-25			-25	F3	-60			-25					
F4	0			0	F4	0			0	F4	0			0					
SMR		53		53	SMR		46		46	SMR		61		66					
CLASE	III		NORMAL	III	CLASE	III		NORMAL	III	CLASE	II		BUENA	II					
				NORMAL					NORMAL					BUENA					
				BANCO					BANCO					BANCO					

EXPLOTACIÓN SAN VICTOR				ALTIMETRIA DE TALUD MEDIO 20 m (bermas destruidas)				ANGULO DE TALUD BANCO (B) 80° GENERAL (G) 80°				N110/80°S							
TALUD DE EXPLOTACIÓN				FAMILIA: FALLA F5: 55N/50N				FAMILIA: DIACLASAS J1: 170N/70N				FAMILIA: DIACLASAS J2: 130N/60N							
<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>							
CAPA	VALOR		VALORACION	CAPA	VALOR		VALORACION	CAPA	VALOR		VALORACION	CAPA	VALOR		VALORACION				
RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7
RQD		85	%	17	RQD		85	%	17	RQD		85	%	17	RQD		85	%	17
SEPARACION	10-20		m	30	SEPARACION	2-6		m	30	SEPARACION	2,0		m	25	SEPARACION				
ESTADO				11	ESTADO				23	ESTADO				23	ESTADO				
AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7
RMR				72	RMR				84	RMR				79	RMR				79
CLASE		II		BUENA	CLASE		I		MUY BUENA	CLASE		II		BUENA	CLASE		II		BUENA
<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>							
RMR	R. PLANAR		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR		R. VUELCO				
	B		B		B		B		B		B		B		B				
F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15	F1	0,40		0,40	F1	0,40		0,40				
F2	1,00		1	F2	1		1	F2	1,0		1	F2	1,0		1				
F3	-60		-25	F3	-50		-25	F3	-60		-25	F3	-60		-25				
F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0				
SMR		63	68	SMR		77	80	SMR		55	69	SMR		55	69				
CLASE		II	II	BUENA	CLASE		II	BUENA	CLASE		III	NORMAL	CLASE		II	BUENA	BANCO		
TALUD DE EXPLOTACIÓN				ALTIMETRIA DE TALUD MEDIO 20 m (bermas destruidas)				ANGULO DE TALUD BANCO (B) 80° GENERAL (G) 80°				N110/80°S							
FAMILIA: DIACLASAS J3: 95/85S				FAMILIA: DIACLASAS J4: 165/55N				FAMILIA: DIACLASAS J5: 35/70S											
<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>							
CAPA	VALOR		VALORACION	CAPA	VALOR		VALORACION	CAPA	VALOR		VALORACION	CAPA	VALOR		VALORACION				
RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7	RCS	PIZARRA	71	MPa	7
RQD		85	%	17	RQD		85	%	17	RQD		85	%	17	RQD		85	%	17
SEPARACION	0,3-4		m	25	SEPARACION	2-6		m	30	SEPARACION	3		m	25	SEPARACION				
ESTADO				13	ESTADO				15	ESTADO				13	ESTADO				
AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7	AGUA FREÁTICA				7
RMR				69	RMR				76	RMR				69	RMR				69
CLASE		II		BUENA	CLASE		II		BUENA	CLASE		II		BUENA	CLASE		II		BUENA
<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>							
RMR	R. PLANAR		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR		R. VUELCO	RMR	R. PLANAR		R. VUELCO				
	B		B		B		B		B		B		B		B				
F1	0,70		0,70	F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15				
F2	1		1	F2	1		1	F2	1		1	F2	1		1				
F3	-6		-25	F3	-60		-25	F3	-50		-25	F3	-50		-25				
F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0				
SMR		65	52	SMR		67	72	SMR		62	65	SMR		62	65				
CLASE		II	III	BUENA	CLASE		II	BUENA	CLASE		II	BUENA	CLASE		II	BUENA	BANCO		

EXPLLOTACIÓN EL NAVAJO				ALTURA DE TALUD MEDIO 25 m				ANGULO DE TALUD ÚNICO BANCO 70°				N175/70°S					
TALUD DE EXPLOTACIÓN 1				FAMILIA: ESTRATIFICACIÓN (S0) N28/5S				FAMILIA: DIACLASAS J1: 140N/75N				FAMILIA: FALLAS J2: 120N/55N					
<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>					
CAPA	VALOR	VALORACION		CAPA	VALOR	VALORACION		CAPA	VALOR	VALORACION		CAPA	VALOR	VALORACION			
RCS	83	MPa	7	RCS	83	MPa	7	RCS	83	MPa	7	RCS	83	MPa	7		
RQD	45	%	8	RQD	45	%	8	RQD	45	%	8	RQD	45	%	8		
SEPARACION	0,6-2,0	m		SEPARACION	0,06-0,2	m		SEPARACION	0,2-0,6	m		SEPARACION	0,2-0,6	m			
DIACLASAS			25	DIACLASAS			5	DIACLASAS			10	DIACLASAS			10		
ESTADO				ESTADO				ESTADO				ESTADO					
DIACLASAS			13	DIACLASAS			20	DIACLASAS			22	DIACLASAS			22		
AGUA FREÁTICA			0	AGUA FREÁTICA			0	AGUA FREÁTICA			0	AGUA FREÁTICA			0		
RMR			53	RMR			40	RMR			47	RMR			47		
CLASE		III	MEDIO	CLASE		IV	MALO	CLASE		III	MEDIO	CLASE		III	MEDIO		
<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>					
RMR	R. PLANAR	R. VUELCO		RMR	R. PLANAR	R. VUELCO		RMR	R. PLANAR	R. VUELCO		RMR	R. PLANAR	R. VUELCO			
	53	53			40	40			47	47			47	47			
	B	B			B	B			B	B			B	B			
F1	0,15	0,15		F1	0,15	0,15		F1	0,15	0,15		F1	0,15	0,15			
F2	0,15	1		F2	1	1		F2	1,0	1,0		F2	1,0	1,0			
F3	-60	0		F3	-6	-25		F3	-60	-25		F3	-60	-25			
F4	-3	-3		F4	-3	-3		F4	-3	-3		F4	-3	-3			
SMR	49	50		SMR	36	33		SMR	35	40		SMR	35	40			
CLASE	III	NOMAL	III	NORMAL	CLASE	IV	MALA	IV	CLASE	IV	MALA	IV	CLASE	IV	MALA	BANCO	
TALUD DE EXPLOTACIÓN 1				ALTURA DE TALUD MEDIO 25 m				ANGULO DE TALUD ÚNICO BANCO 70°				N175/70°S					
FAMILIA: FALLAS J5: 115/70N				FAMILIA: DIACLASAS J3: 170/55													
<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>					
CAPA	VALOR	VALORACION		CAPA	VALOR	VALORACION		CAPA	VALOR	VALORACION		CAPA	VALOR	VALORACION			
RCS	83	MPa	7	RCS	83	MPa	7	RCS	83	MPa	7	RCS	83	MPa	7		
RQD	45	%	8	RQD	45	%	8	RQD	45	%	8	RQD	45	%	8		
SEPARACION	0,2-0,6	m		SEPARACION	0,6-2,0	m		SEPARACION	0,6-2,0	m		SEPARACION	0,6-2,0	m			
DIACLASAS			10	DIACLASAS			20	DIACLASAS			20	DIACLASAS			20		
ESTADO				ESTADO				ESTADO				ESTADO					
DIACLASAS			18	DIACLASAS			15	DIACLASAS			15	DIACLASAS			15		
AGUA FREÁTICA			0	AGUA FREÁTICA			0	AGUA FREÁTICA			0	AGUA FREÁTICA			0		
RMR			43	RMR			50	RMR			50	RMR			50		
CLASE		III	MEDIO	CLASE		III	MEDIO	CLASE		III	MEDIO	CLASE		III	MEDIO		
<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>					
RMR	R. PLANAR	R. VUELCO		RMR	R. PLANAR	R. VUELCO		RMR	R. PLANAR	R. VUELCO		RMR	R. PLANAR	R. VUELCO			
	43	43			50	50			50	50			50	50			
	B	B			B	B			B	B			B	B			
F1	0,15	0,15		F1	0,85	0,85		F1	0,85	0,85		F1	0,85	0,85			
F2	1,00	1		F2	1	1		F2	1	1		F2	1	1			
F3	-25	-25		F3	-60	-25		F3	-60	-25		F3	-60	-25			
F4	-3	-3		F4	-3	-3		F4	-3	-3		F4	-3	-3			
SMR	36	36		SMR	0	26		SMR	0	26		SMR	0	26			
CLASE	IV	MALA	IV	MALA	BANCO	CLASE	V	MUY MALA	V	CLASE	V	MUY MALA	BANCO	CLASE	V	MUY MALA	BANCO

EXPLORACIÓN YESARES										
TALUD DE EXPLORACIÓN			1	ALTURA DE TALUD MEDIO 20 m			ANGULO DE TALUD BANCO (B) 70° GENERAL (G) 70°			N85°/70°N
FAMILIA:			ESTRATIFICACION-DIACLASA S0: 90N/5°S			FAMILIA:			FALLA F1: 130N/90	
<b>RMR</b>					<b>RMR</b>					
VALOR		VALORACION			VALOR		VALORACION			
CAPA	CONGLOMERADO YESÍFERO			CAPA	CONGLOMERADO YESÍFERO					
RCS	<3	MPa		RCS	<3	MPa		0		
RQD	98	%		RQD	98	%		20		
SEPARACION DIACLASAS	12 m		m	SEPARACION DIACLASAS	15		m	10	30	
ESTADO DIACLASAS				ESTADO DIACLASAS				30	20	
AGUA FREÁTICA RMR				AGUA FREÁTICA RMR				15	85	
CLASE			II	CLASE			I	75	MUY BUENA	
<b>SMR</b>					<b>SMR</b>					
R. PLANAR		R.VUELCO			R. PLANAR		R.VUELCO			
RMR	75			RMR	85			85		
	<u>B</u>				<u>B</u>			<u>B</u>		
F1	1,00			F1	0,15			0,15		
F2	0,15			F2	1			1		
F3	-60			F3	0			-25		
F4	-8			F4	-8			-8		
SMR	58			SMR	77			73		
CLASE	III		NORMAL	CLASE	II		BUENA	II	BUENA	
							BANCO		BANCO	

**EXPLORACIÓN EL ALJIBE**

TALUD DE EXPLORACIÓN 1

FAMILIA: ESTRATIFICACION S0: 60N/30N

RMR				VALORACION	
CAPA	VALOR	MILONITA CUARCITICA			
RCS	189	MPa		12	
RQD	89	%		17	
SEPARACION	0,6-2,0	m		20	
DIACLASAS					
ESTADO				19	
DIACLASAS					
AGUA FREÁTICA				15	
RMR				83	
CLASE	I			MUY BUENA	
SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	83		83		
	B		B		
F1	0,15		0,15		
F2	0,40		1		
F3	-60		0		
F4	-4		-4		
SMR	75		79		
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	BANCO

ALTURA DE TALUD MEDIO 30 m (bermas destruidas) ANGULO DE TALUD BANCO (B) 70° GENERAL (G) 70° N140/70°N

FAMILIA: DIACLASAS F1: 165N/70S

RMR				VALORACION	
CAPA	VALOR	MILONITA CUARCITICA			
RCS	189	MPa		12	
RQD	89	%		17	
SEPARACION	0,6-2,0	m		20	
DIACLASAS					
ESTADO				19	
DIACLASAS					
AGUA FREÁTICA				15	
RMR				83	
CLASE	I			MUY BUENA	
SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	83		83		
	B		B		
F1	0,40		0,40		
F2	1		1		
F3	-50		-25		
F4	-4		-4		
SMR	59		69		
CLASE	III	NORMAL	II	BUENA	BANCO

FAMILIA: DIACLASAS J1: 135N/75N

RMR				VALORACION	
CAPA	VALOR	MILONITA CUARCITICA			
RCS	189	MPa		12	
RQD	89	%		17	
SEPARACION	2-6	m		30	
DIACLASAS					
ESTADO				17	
DIACLASAS					
AGUA FREÁTICA				15	
RMR				91	
CLASE	I			MUY BUENA	
SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	91		91		
	B		B		
F1	0,70		0,70		
F2	1,0		1		
F3	-6		-25		
F4	-4		-4		
SMR	83		70		
CLASE	I	MUY BUENA	II	BUENA	BANCO

FAMILIA: DIACLASAS J2: 45/70S

RMR				VALORACION	
CAPA	VALOR	MILONITA CUARCITICA			
RCS	189	MPa		12	
RQD	89	%		17	
SEPARACION	0,2-0,6	m		20	
DIACLASAS					
ESTADO				16	
DIACLASAS					
AGUA FREÁTICA				15	
RMR				80	
CLASE	II			BUENA	
SMR					
RMR	R. PLANAR		R.VUELCO		
	80		80		
	B		B		
F1	0,15		0,15		
F2	1		1		
F3	-50		0		
F4	-4		-4		
SMR	69		76		
CLASE	II	BUENA	II	BUENA	BANCO

EXPLORACIÓN PEÑABERMEJA				ALTURA DE TALUD MEDIO 20 m				ANGULO DE TALUD BANCO (B) 70° GENERAL (G) 60°				N170/80°N							
TALUD DE EXPLORACIÓN 1				FAMILIA: ESTRATIFICACION S0: 130N/15N				FAMILIA: DIACLASAS J1: 30N/70S				FAMILIA: DIACLASAS F1: 140N/75N							
<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>							
VALOR		VALORACION		VALOR		VALORACION		VALOR		VALORACION		VALOR		VALORACION					
CAPA	CALIZA DOLOMITICA			CAPA	CALIZA DOLOMITICA			CAPA	CALIZA DOLOMITICA			CAPA	CALIZA DOLOMITICA						
RCS	95 MPa		12	RCS	95 MPa		12	RCS	95 MPa		12	RCS	95 MPa		12				
RQD	75 %		17	RQD	75 %		17	RQD	75 %		17	RQD	75 %		17				
SEPARACION DIACLASAS	0,2-0,6 (20-30 cm)	m	10	SEPARACION DIACLASAS	0,2-0,6	m	20	SEPARACION DIACLASAS	1,0	m	25	SEPARACION DIACLASAS	1,0	m	25				
ESTADO DIACLASAS			9	ESTADO DIACLASAS			18	ESTADO DIACLASAS			20	ESTADO DIACLASAS			20				
AGUA FREÁTICA			15	AGUA FREÁTICA			15	AGUA FREÁTICA			15	AGUA FREÁTICA			15				
RMR			63	RMR			82	RMR			89	RMR			89				
CLASE	II		BUENA	CLASE	I		MUY BUENA	CLASE	I		MUY BUENA	CLASE	I		MUY BUENA				
<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>							
R. PLANAR		R. VUELCO		R. PLANAR		R. VUELCO		R. PLANAR		R. VUELCO		R. PLANAR		R. VUELCO					
RMR	63		63	RMR	82		82	RMR	89		89	RMR	89		89				
	B		B		B		B		B		B		B		B				
F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15				
F2	0,15		1	F2	1		1	F2	1,0		1	F2	1,0		1				
F3	-60		0	F3	-60		-25	F3	-50		-25	F3	-50		-25				
F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0				
SMR	62		63	SMR	73		78	SMR	82		85	SMR	82		85				
CLASE	II		BUENA	CLASE	II		BUENA	CLASE	I		MUY BUENA	CLASE	I		MUY BUENA				
			BANCO				BANCO				BANCO				BANCO				
TALUD DE EXPLORACIÓN 1				FAMILIA: DIACLASAS F2: 110/85S				ALTURA DE TALUD MEDIO 20 m				ANGULO DE TALUD BANCO (B) 70° GENERAL (G) 60°				N170/80°N			
FAMILIA: DIACLASAS F2: 110/85S				FAMILIA: DIACLASAS J2: 0/70E				FAMILIA: DIACLASAS J3: 60/85S											
<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>				<b>RMR</b>			
VALOR		VALORACION		VALOR		VALORACION		VALOR		VALORACION		VALOR		VALORACION		VALOR		VALORACION	
CAPA	CALIZA DOLOMITICA			CAPA	CALIZA DOLOMITICA			CAPA	CALIZA DOLOMITICA			CAPA	CALIZA DOLOMITICA			CAPA	CALIZA DOLOMITICA		
RCS	95 MPa		12	RCS	95 MPa		12	RCS	95 MPa		12	RCS	95 MPa		12	RCS	95 MPa		12
RQD	75 %		17	RQD	75 %		17	RQD	75 %		17	RQD	75 %		17	RQD	75 %		17
SEPARACION DIACLASAS	6 m		30	SEPARACION DIACLASAS	1	m	25	SEPARACION DIACLASAS	0,4	m	10	SEPARACION DIACLASAS	0,4	m	10	SEPARACION DIACLASAS	0,4	m	10
ESTADO DIACLASAS			12	ESTADO DIACLASAS			17	ESTADO DIACLASAS			20	ESTADO DIACLASAS			20	ESTADO DIACLASAS			20
AGUA FREÁTICA			15	AGUA FREÁTICA			15	AGUA FREÁTICA			15	AGUA FREÁTICA			15	AGUA FREÁTICA			15
RMR			86	RMR			86	RMR			74	RMR			74	RMR			74
CLASE	I		MUY BUENA	CLASE	II		MUY BUENA	CLASE	II		BUENA	CLASE	II		BUENA	CLASE	II		BUENA
<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>				<b>SMR</b>			
R. PLANAR		R. VUELCO		R. PLANAR		R. VUELCO		R. PLANAR		R. VUELCO		R. PLANAR		R. VUELCO		R. PLANAR		R. VUELCO	
RMR	86		86	RMR	86		86	RMR	74		74	RMR	74		74	RMR	74		74
	B		B		B		B		B		B		B		B		B		B
F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15	F1	0,15		0,15
F2	1		1	F2	1		1	F2	1		1	F2	1		1	F2	1		1
F3	-6		-25	F3	-50		-25	F3	-6		-25	F3	-6		-25	F3	-6		-25
F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0	F4	0		0
SMR	85		82	SMR	79		82	SMR	73		70	SMR	73		70	SMR	73		70
CLASE	I		MUY BUENA	CLASE	II		BUENA	CLASE	II		BUENA	CLASE	II		BUENA	CLASE	II		BUENA
			BANCO				BANCO				BANCO				BANCO				BANCO

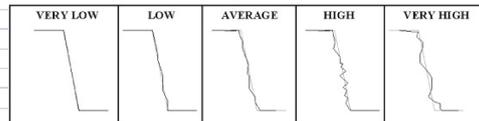
#### **IV.I. FICHAS CÁLCULO ROFRAQ Y LARCAQ**

**A. FICHAS ROFRAQ EXPLOTACION  
SETE PONTES**

Explotación: SETE PONTES		Localización: Moeche (A Coruña)				
Frete: NORORIENTAL		Orientación: N 150º E				
<b>Calculo de A</b>		<b>¿Existen bloques de roca que puedan caer?</b>				
Nº de familia de juntas (a)	valor	a				
0-1	0,5	5				
2	1					
3	3					
4	5					
>4	7					
Persistencia de las discontinuidades (b)	valor	b				
<1m	0,6	1,2				
1-3	0,8					
3-10	1					
10-20	1,2					
>20	1,4					
Presencia de fallas (c)	valor	c				
no	0	1,5				
1 pequeña	0,5					
1 grande	1					
2 fallas	1,5					
muchas fallas	2					
Daños por sobrevoladura observados (d)	valor	d				
Precorte	-2	1				
Se ven las cañas barrenos	-0,5					
No hay daño	0					
Daños leves	1					
Alta fracturación	2,5					
Saneos de bancos y limpieza de bermas (e)	valor	e				
Saneos y limpieza regular efectiva	-3	1				
Se sanea y limpia en general	-1					
Ocasional	0					
Poco e irregular	1					
No se sanea ni se limpian bermas	3					
Presencia de bloques en el talud (f)	valor	f				
Gran cantidad de bloques (>20)	7-10	5				
Bastantes bloques (10-20)	3-7					
Algunos bloques (6-9)	1-3					
Bloques ocasionales (3-5)	0,1-1					
Muy pocos bloques (1-2)	0-0,01					
Altura de banco, en m (g <sub>b</sub> )	valor	g <sub>b</sub>				
<5	0,2	0,5				
10	0,4					
12	0,5					
15	0,6					
>20	0,8					
valor de A	<b>A</b>	<b>3,625</b>	rango de 0 a 10			
$A = \frac{[a \cdot b] + c + d + e + f}{2}$						
<b>Calculo de B</b>		<b>¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio?</b>				
Datos basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en talud						
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra A, B, C, ... los mecanismos de rotura observados, inferidos o estimados						
Mecanismos simples (factor peso: 0,8)	Mecanismos complejos (factor peso: 1,1)		Mecanismos evolutivos (factor peso: 1,4)			
Rotura plana	A	Miguelo	Vuelco de bloques			
Rotura en cuña	D	Bloques sueltos	Vuelco por flexión			
Rotura circular		Roturas mixtas	Taludes de muro			
			E			
			B			
			C			
Mecanismo	Indicar el porcentaje de talud, respecto de la superficie analizada, afectada por cada uno de los mecanismos observados, según se indica					
	Observ "in situ"	Detectado Est. Geotec.	Por presencia de bloques	Promedio	Factor de peso	Promedio por factor de peso (Pi)
A	60	60	60	60	0,8	48
B	65	65	100	77	1,1	84
C	10	10	10	10	1,4	14
D	15	15	15	15	0,8	12
E	5	5	5	5	1,4	7
valor de B	<b>B</b>	<b>9,4</b>	rango de 0 a 10			
$B = 10 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=1}^n P_i \cdot \frac{1}{P_i} \right)$						

Explotación: SETE PONTES		Localización: Moeche (A Coruña)	
Frente: NORORIENTAL		Orientación: N 150º E	
Calculo de <b>C</b>		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque?	
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	valor	a	
<50 mm	0,1	6	
50-80 mm	0,5		
80-110 mm	1,5		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
Periodo promedio en días libre de heladas para 0ºC (b)	valor	b	
>300	0,1	0,4	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
Presencia de agua en el talud (c)	valor	c	
Seco	0	0,7	
Ligeramente húmedo	0,1		
Húmedo	0,3		
Goteando. Flujos intermitentes	0,7		
Chorreando. Flujos continuos	1		
Grado de meteorización (d)	valor	d	
No afectado	0	0	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
Vibración por voladuras (carga específica) (e)	valor	d	
<250 g/m <sup>3</sup>	0,1	1	
250-400 g/m <sup>3</sup>	0,5		
400-550 g/m <sup>3</sup>	1		
550-700 g/m <sup>3</sup>	1,5		
>700 g/m <sup>3</sup>	2		
valor de <b>C</b> C = a+b+c+d+e	<b>C</b>	<b>8,1</b>	rango de 0 a 10
Calculo de <b>Dban</b>		¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
Pendiente de banco (ab)	valor	ab	
90º	0,5	0,8	
80º	0,7		
70º	0,8		
60º	0,9		
50º y menor	1		
Altura de banco (bb)	valor	bb	
5 m	0,2	0,75	
10 m	0,6		
12 m	0,75		
15 m	0,8		
20 m	1		
Irregularidad cara banco (cb)	valor	cb	
Muy baja	0,7	1	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
Saneado del banco (db)	valor	db	
Siempre	0,2	0,9	
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca	1		
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza	valor	eb	
Nº voladuras con esta orientación	27	0,90	
Nº de voladuras al año	30		
valor de <b>Dban</b> Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)	<b>Dban</b>	<b>4,86</b>	rango de 0 a 10

FACE IRREGULARITY



VERY LOW.- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.

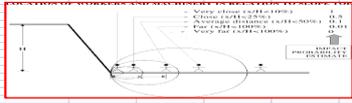
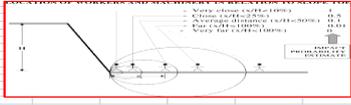
LOW.- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.

AVERAGE.- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.

HIGH.- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.

VERY HIGH.- Overhang depth over 0.5 m.

Explotación: SETE PONTES		Localización: Mosche (A Coruña)	
Fuente: INCOGICENTRAL		Orientación: N 350º E	
<b>Calculo de Emaq-ban</b>			
Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (Emaq-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
0,001-0,1 m³	0,5		
0,001-0,1 m³	1	1,5	
0,1 m³	1,5		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
0,1 m³	1		
0,1-5 m³	1,5	2	
5-50 m³	2		
50-500 m³	2,5		
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	
0-100%	1		
10-20%	1,5	11,9	
20-30%	2		
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
0-100%	1		
Longitud de banco analizado, en m.	60	18,3	
Cercanía de la máquina al pie del banco (e-banco) (a-banco)	Dato-Valor		
Distancia horizontal al banco, en m.	5		
Altura del banco, en m. (Hbanco)	1,5		
Valor calculado (e-banco)	26,5		
Muy cerca (e/Hbanco < 10%)	10	a-banco	
Cerca (10% < e/Hbanco < 20%)	5		
Medio (20% < e/Hbanco < 30%)	1	1	
Lejos (30% < e/Hbanco < 100%)	0,1		
Muy lejos (e-banco > 100%)	0,01		
valor de Emaq-ban		Emaq-ban	poner valor mayor
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)	<b>Emaq-ban</b>	<b>0,0326</b>	<b>0,0435</b>
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ib)			rango de 0,00025 a 10
<b>Calculo de Eper-ban</b>			
Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (Eper-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
0,001 m³	0,5		
0,001-0,1 m³	1	1,5	
0,1 m³	1,5		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
0,1 m³	1		
0,1-5 m³	1,5	2	
5-50 m³	2		
50-500 m³	2,5		
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	
0-100%	1		
10-20%	1,5	1,49	
20-30%	2		
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
0-100%	1		
Longitud de banco analizado, en m.	60	1,7	
Cercanía de la persona al pie del banco (e-banco) (a-banco)	Dato-Valor		
Distancia horizontal al banco, en m.	5		
Altura del banco, en m. (Hbanco)	1,5		
Valor calculado (e-banco)	22,4		
Muy cerca (e/Hbanco < 10%)	10	a-banco	
Cerca (10% < e/Hbanco < 20%)	5		
Medio (20% < e/Hbanco < 30%)	1	5	
Lejos (30% < e/Hbanco < 100%)	0,1		
Muy lejos (e-banco > 100%)	0,01		
valor de Eper-ban		Eper-ban	poner valor mayor
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)	<b>Eper-ban</b>	<b>0,0015</b>	<b>0,0020</b>
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ib)			rango de 0,00025 a 10
<b>CALCULO DE Eban = 10 - [(10 - Emaq-ban) * (10 - Eper-ban) / 10]</b>			
	<b>Eban</b>	<b>0,046</b>	
<b>Calculo de F</b>			
Historial de caída de bloques (F)			
Historial de caída de bloques	valor	F	
No se han registrado	0,25		
Muy pocas caídas (0-10%/año)	0,5		
No hay datos ni observaciones fiables	1		
Pocas caídas (10-20%/año)	1,5	1,2	
Algunas caídas de bloques (20-30%/año)	2		
Muchas caídas de bloques (30-50%/año)	2,5		
Muchas caídas de bloques con al menos 1 accidente (50-100%/año)	3		
Caídas constantes de bloques con más de un accidente	3,5		
valor de F	<b>F</b>	<b>1,2</b>	
salvo error.			

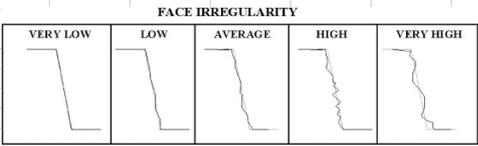




**B. FICHAS ROFRAQ EXPLOTACION  
GRANDE MESADA**

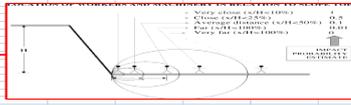


Explotación: Grande Mesada		Localización: Mondoñedo (Lugo)	
Frente: NORTE		Orientación: N 70º E	
Calculo de <b>C</b>		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque?	
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	valor	a	
<50 mm	0,1	4	
50-80 mm	0,5		
80-110 mm	1,5		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
6			
Periodo promedio en días libre de heladas para 0ºC (b)	valor	b	
>300	0,1	1	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
6			
Presencia de agua en el talud (c)	valor	c	
Seco	0	0,3	
Ligeramente húmedo	0,1		
Húmedo	0,3		
Goteando. Flujos intermitentes	0,7		
Chorreado. Flujos continuos	1		
6			
Grado de meteorización (d)	valor	d	
No afectado	0	0,3	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
6			
Vibración por voladuras (carga específica) (e)	valor	d	
<250 g/m <sup>3</sup>	0,1	0,5	
250-400 g/m <sup>3</sup>	0,5		
400-550 g/m <sup>3</sup>	1		
550-700 g/m <sup>3</sup>	1,5		
>700 g/m <sup>3</sup>	2		
6			
valor de <b>C</b> C = a+b+c+d+e	<b>C</b>	<b>6,1</b>	rango de 0 a 10
Calculo de <b>Dban</b>		¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
Pendiente de banco (ab)	valor	ab	
90º	0,5	0,75	
80º	0,7		
70º	0,8		
60º	0,9		
50º y menor	1		
6			
Altura de banco (bb)	valor	bb	
5 m	0,2	0,8	
10 m	0,6		
12 m	0,75		
15 m	0,8		
20 m	1		
6			
Irregularidad cara banco (cb)	valor	cb	
Muy baja	0,7	0,9	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
6			
Saneado del banco (db)	valor	db	
Siempre	0,2	0,5	
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca	1		
6			
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza	valor	eb	
Nº voladuras con esta orientación	70,2	0,90	
Nº de voladuras al año	78		
6			
valor de <b>Dban</b> Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)	<b>Dban</b>	<b>2,43</b>	rango de 0 a 10



**VERY LOW**- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
**LOW**- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
**AVERAGE**- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
**HIGH**- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
**VERY HIGH**- Overhang depth over 0.5 m.

Explotación: Grande Mexada		Localización: Mondopedro (Lugo)	
Fuente: INCARTE		Orientación: N 206 E	
<b>Calculo de Emaq-ban</b>			
Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (Emaq-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
0,001 m <sup>3</sup>	0,2		
0,001-0,1 m <sup>3</sup>	1	1,2	
1 m <sup>3</sup>	1,5		
10 m <sup>3</sup>	2		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
0,1 m <sup>3</sup>	1		
0,1-1 m <sup>3</sup>	1,5	2	
1-10 m <sup>3</sup>	2		
10-100 m <sup>3</sup>	2,5		
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	
0%	1		
1-25%	2	25,6	
26-50%	3		
51-75%	4		
76-100%	5		
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
0%	1		
1-20%	2	18,8	
21-40%	3		
41-60%	4		
61-80%	5		
81-100%	6		
Cercanía de la máquina al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato: Valor	e-banco	
Área de protección del banco, en m <sup>2</sup>	4		
Altura del banco, en m (Hbanco)	15		
Valor calculado (e-banco)	26,7		
Muy cerca (e/Hbanco < 10%)	10	a-banco	
Cerca (10% < e/Hbanco < 20%)	5		
Medio (20% < e/Hbanco < 30%)	3	1	
Lejos (30% < e/Hbanco < 40%)	0,1		
Muy lejos (e/Hbanco > 40%)	0,01		
valor de Emaq-ban	Emaq-ban	Emaq-ban	Poner valor mayor
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)	<b>0,0575</b>	<b>0,09589</b>	rango de 0,00025 a 10
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ib)	<b>0,0959</b>		
<b>Calculo de Eper-ban</b>			
Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (Eper-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
0,001 m <sup>3</sup>	0,2		
0,001-0,1 m <sup>3</sup>	1	1,5	
1 m <sup>3</sup>	1,5		
10 m <sup>3</sup>	2		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
0,1 m <sup>3</sup>	1		
0,1-1 m <sup>3</sup>	1,5	2	
1-10 m <sup>3</sup>	2		
10-100 m <sup>3</sup>	2,5		
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	
0%	1		
1-25%	2	2,83	
26-50%	3		
51-75%	4		
76-100%	5		
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
0%	1		
1-20%	2	1,3	
21-40%	3		
41-60%	4		
61-80%	5		
81-100%	6		
Cercanía de la persona al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato: Valor	e-banco	
Área de protección del banco, en m <sup>2</sup>	4		
Altura del banco, en m (Hbanco)	15		
Valor calculado (e-banco)	26,7		
Muy cerca (e/Hbanco < 10%)	10	a-banco	
Cerca (10% < e/Hbanco < 20%)	5		
Medio (20% < e/Hbanco < 30%)	3	5	
Lejos (30% < e/Hbanco < 40%)	0,1		
Muy lejos (e/Hbanco > 40%)	0,01		
valor de Eper-ban	Eper-ban	Eper-ban	Poner valor mayor
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)	<b>0,0027</b>	<b>0,00354</b>	rango de 0,00025 a 10
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ib)	<b>0,0035</b>		
<b>CALCULO DE Eban = 10 - [(10 - Emaq-ban) * (10 - Eper-ban) / 10]</b>			
<b>Eban</b>	<b>0,099</b>		
<b>Calculo de F</b>			
Historial de caída de bloques (F)			
Historial de caída de bloques	valor	F	
No se han registrado	0,25		
Muy pocas caídas (pocas veces)	0,5		
No hay datos ni observaciones fiables	1		
Observaciones fiables	1,5	1,2	
Muchas caídas de bloques (muchas veces)	2		
Muchas caídas de bloques con al menos 1 accidente (1-50 días/año)	1,5		
Casos constantes de bloques con más de 1 accidente	1,5		
valor de F	<b>F</b>	<b>1,2</b>	

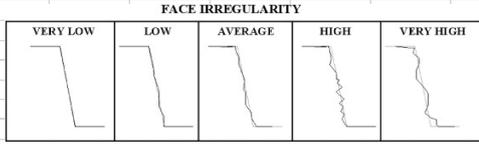




**C. FICHAS ROFRAQ EXPLOTACIÓN  
SAN VÍCTOR**

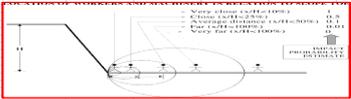
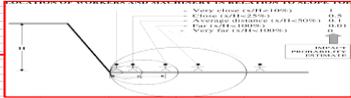
Explotación: SAN VICTOR		Localización: Carballada de Vadeorras (Orense)				
Frente: NORTE		Orientación: N 110º E				
Cálculo de <b>A</b>		¿Existen bloques de roca que puedan caer?				
Nº de familia de juntas (a)	valor	a				
0-1	0,5	7				
2	1					
3	3					
4	5					
>4	7					
Persistencia de las discontinuidades (b)	valor	b				
<1m	0,6	1,2				
1-3	0,8					
3-10	1					
10-20	1,2					
>20	1,4					
Presencia de fallas (c)	valor	c				
no	0	2				
1 pequeña	0,5					
1 grande	1					
2 fallas	1,5					
muchas fallas	2					
Daños por sobrevoladura observados (d)	valor	d				
Precorte	-2	1				
Se ven las cañas barrenos	-0,5					
No hay daño	0					
Daños leves	1					
Alta fracturación	2,5					
Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)	valor	e				
Saneamiento y limpieza regular efectiva	-3	1				
Se sanea y limpia en general	-1					
Ocasional	0					
Poco e irregular	1					
No se sanea ni se limpian bermas	3					
Presencia de bloques en el talud (f)	valor	f				
Gran cantidad de bloques (>20)	7-10	7				
Bastantes bloques (10-20)	3-7					
Algunos bloques (6-9)	1-3					
Bloques ocasionales (3-5)	0,1-1					
Muy pocos bloques (1-2)	0-0,01					
Altura de banco, en m (g)	valor	f				
<5	0,2	0,8				
10	0,4					
12	0,5					
15	0,6					
>20	0,8					
valor de <b>A</b>	<b>A</b>	<b>7,76</b>	rango de 0 a 10			
A = ((a*b)+c+d+e+f)*gp)/2						
Cálculo de <b>B</b>		¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio?				
Datos basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en talud						
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra A, B, C, ... , los mecanismos de rotura observados, inferidos o estimados						
Mecanismos simples (factor peso: 0,8)		Mecanismos complejos (factor peso: 1,1)				
Rotura plana	A	Miguelo	E			
Rotura en cuña	D	Bloques sueltos	B			
Rotura circular		Roturas mixtas	C			
		Mecanismos evolutivos (factor peso: 1,4)				
		Vuelco de bloques				
		Vuelco por flexión				
		Taludes de muro				
Mecanismo	Indicar el porcentaje de talud, respecto de la superficie analizada, afectada por cada uno de los mecanismos observados, según se indica					
	Observ "in situ"	Detectado Est. Geotec.	Por presencia de bloques	Promedio	Factor de peso	Promedio por factor de peso (Pi)
A	60	60	60	60	0,8	48
B	45	45	45	45	1,1	50
C	35	35	35	35	1,4	49
D	30	30	30	30	0,8	24
E	15	15	15	15	1,4	21
valor de <b>B</b>	<b>B</b>	<b>9,2</b>	rango de 0 a 10			
B = 10 * 1 - (P [1-Pi/100]) entre n e i=1						

Explotación: SAN VICTOR		Localización: Carballeda de Vadeorras (Orense)	
Frente: NORTE		Orientación: N 110º E	
Calculo de <b>C</b>		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque?	
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	valor	a	
<50 mm	0,1	4	
50-80 mm	0,5		
80-110 mm	1,5		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
6			
Periodo promedio en días libre de heladas para 0ºC (b)	valor	b	
>300	0,1	1	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
Presencia de agua en el talud (c)	valor	c	
Seco	0	0,7	
Ligeramente húmedo	0,1		
Húmedo	0,3		
Goteando. Flujos intermitentes	0,7		
Chorreando. Flujos continuos	1		
Grado de meteorización (d)	valor	d	
No afectado	0	0,1	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
Vibración por voladuras (carga específica) (e)	valor	d	
<250 g/m <sup>3</sup>	0,1	0,1	
250-400 g/m <sup>3</sup>	0,5		
400-550 g/m <sup>3</sup>	1		
550-700 g/m <sup>3</sup>	1,5		
>700 g/m <sup>3</sup>	2		
valor de <b>C</b> C = a+b+c+d+e	<b>C</b>	<b>5,9</b>	rango de 0 a 10
Calculo de <b>Dban</b>		¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
Pendiente de banco (ab)	valor	ab	
90º	0,5	0,7	
80º	0,7		
70º	0,8		
60º	0,9		
50º y menor	1		
Altura de banco (bb)	valor	bb	
5 m	0,2	1	
10 m	0,6		
12 m	0,75		
15 m	0,8		
20 m	1		
Irregularidad cara banco (cb)	valor	cb	
Muy baja	0,7	1	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
Saneado del banco (db)	valor	db	
Siempre	0,2	0,9	
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca	1		
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza	valor	eb	
Nº voladuras con esta orientación	46,8	0,90	
Nº de voladuras al año	52		
valor de <b>Dban</b> Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)	<b>Dban</b>	<b>5,67</b>	rango de 0 a 10



**VERY LOW.** More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
**LOW.** Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
**AVERAGE.** Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
**HIGH.** A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
**VERY HIGH.** Overhang depth over 0.5 m.

Explotación: SAN VICTOR		Localización: Carballeda de Valdeorras (Orense)	
Frente: NOROCC		Orientación: N 330º E	
<b>Calculo de Emaq-ban</b>		<b>Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (Emaq-ban)</b>	
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (ta)	valor	ta	
0-0,001 m <sup>3</sup>	0,0		
0,001-0,1 m <sup>3</sup>	1	1,5	
0,1-1 m <sup>3</sup>	2		
>1 m <sup>3</sup>	3		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (tb)	valor	tb	
0-1 m <sup>3</sup>	1		
1-10 m <sup>3</sup>	2	2,5	
10-50 m <sup>3</sup>	3		
>50 m <sup>3</sup>	4		
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Operario	20		
Retraso/2da	25	25,6	
Horario/2da	5		
N.º de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Antes de máquina, en m (distancia entre máquinas bajo talud)	20		
Longitud de banco analizado, en m	100	20,0	
Cercanía de la máquina al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato: Valor		
Distancia promedio al banco, en m (e)	5		
Altura del banco, en m (Hbanco)	20		
Valor calculado (e/Hbanco)	0,25		
Menor de (e/Hbanco < 10%)	10	a-banco	
Entre 10% < e/Hbanco < 20%	5		
Entre 20% < e/Hbanco < 30%	1		
Entre 30% < e/Hbanco < 40%	0,1		
Mayor de (e/Hbanco > 40%)	0,01		
valor de Emaq-ban	Emaq-ban	Emaq-ban	Poner valor mayor
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (ta)	<b>0,5753</b>	<b>0,95890</b>	rango de 0,00025 a 10
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (tb)	<b>0,9589</b>		
<b>Calculo de Eper-ban</b>		<b>Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (Eper-ban)</b>	
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (ta)	valor	ta	
0-0,001 m <sup>3</sup>	0,0		
0,001-0,1 m <sup>3</sup>	1	1,5	
0,1-1 m <sup>3</sup>	2		
>1 m <sup>3</sup>	3		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (tb)	valor	tb	
0-1 m <sup>3</sup>	1		
1-10 m <sup>3</sup>	2	2,5	
10-50 m <sup>3</sup>	3		
>50 m <sup>3</sup>	4		
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Operario	20		
Retraso/2da	25	2,83	
Horario/2da	5		
N.º de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Antes de persona, en m (distancia entre personas bajo talud)	20		
Longitud de banco analizado, en m	100	1,0	
Cercanía de la persona al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato: Valor		
Distancia promedio al banco, en m (e)	5		
Altura del banco, en m (Hbanco)	20		
Valor calculado (e/Hbanco)	0,25		
Menor de (e/Hbanco < 10%)	10	a-banco	
Entre 10% < e/Hbanco < 20%	5		
Entre 20% < e/Hbanco < 30%	1		
Entre 30% < e/Hbanco < 40%	0,1		
Mayor de (e/Hbanco > 40%)	0,01		
valor de Eper-ban	Eper-ban	Eper-ban	Poner valor mayor
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (ta)	<b>0,0042</b>	<b>0,00708</b>	rango de 0,00025 a 10
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (tb)	<b>0,0071</b>		
<b>CALCULO DE Eban = 10 - [(10 - Emaq-banco) * (10 - Eper-banco) / 10]</b>		<b>Eban</b>	<b>0,965</b>
<b>Calculo de F</b>		<b>Historial de caída de bloques (F)</b>	
Historial de caída de bloques	valor	F	
No se han registrado	0,25		
Menos de una caída (1-5 veces/año)	0,0		
No hay datos ni observaciones fiables	1		
Entre una y cinco caídas	1,1	1,4	
Entre cinco y diez caídas	1,2		
Más de diez caídas de bloques en accidentes (10 más/año)	1,3		
Más de diez caídas de bloques en accidentes (10 más/año)	1,4		
Caídas consistentes de bloques con más de 1 accidente	1,5		
valor de F	F	F	
caídas/año	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	

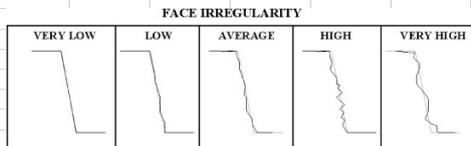




**D. FICHAS ROFRAQ EXPLOTACION  
EL NAVAJO**

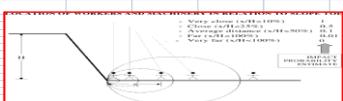
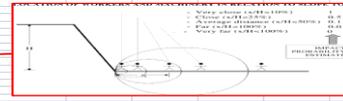
Explotación: EL NAVAJO		Localización: Sauca (Guadalajara)							
Frete: ORIENTAL		Orientación: N 175º E							
<b>Calculo de A</b>		<b>¿Existen bloques de roca que puedan caer?</b>							
Nº de familia de juntas (a)	valor	a							
0-1	0,5	7							
2	1								
3	3								
4	5								
>4	7								
Persistencia de las discontinuidades (b)	valor	b							
<1m	0,6	1							
1-3	0,8								
3-10	1								
10-20	1,2								
>20	1,4								
Presencia de fallas (c)	valor	c							
no	0	2							
1 pequeña	0,5								
1 grande	1								
2 fallas	1,5								
muchas fallas	2								
Daños por sobrevoladura observados (d)	valor	d							
Precorte	-2	2,5							
Se ven las cañas barrrenos	-0,5								
No hay daño	0								
Daños leves	1								
Alta fracturación	2,5								
Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)	valor	e							
Saneamiento y limpieza regular efectiva	-3	3							
Se sanea y limpia en general	-1								
Ocasional	0								
Poco e irregular	1								
No se sanea ni se limpian bermas	3								
Presencia de bloques en el talud (f)	valor	f							
Gran cantidad de bloques (>20)	7-10	8							
Bastantes bloques (10-20)	3-7								
Algunos bloques (6-9)	1-3								
Bloques ocasionales (3-5)	0,1-1								
Muy pocos bloques (1-2)	0-0,01								
Altura de banco, en m (gb)	valor	f							
<5	0,2	0,8							
10	0,4								
12	0,5								
15	0,6								
>20	0,8								
valor de A	<b>A</b>	<b>9</b>	rango de 0 a 10						
$A = ((a*b)+c+d+e+f)*gb/2$									
<b>Calculo de B</b>		<b>¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio?</b>							
Datos basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en talud									
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra A, B, C, ... los mecanismos de rotura observados, inferidos o estimados									
Mecanismos simples (factor peso: 0,8)			Mecanismos complejos (factor peso: 1,1)			Mecanismos evolutivos (factor peso: 1,4)			
Rotura plana	A		Migueo			Vuelco de bloques		C	
Rotura en cuña			Bloques sueltos	B		Vuelco por flexión		D	
Rotura circular			Roturas mixtas			Taludes de muro			
Mecanismo	Indicar el porcentaje de talud, respecto de la superficie analizada, afectada por cada uno de los mecanismos observados, según se indica								
	Observ "in situ"	Detectado Est. Geotec.	Por presencia de bloques	Promedio	Factor de peso	Promedio por factor de peso (Pi)			
A	15	15	15	15	0,8	12			
B	40	40	50	43	1,1	48			
C	25	25	30	27	1,4	37			
D	5	5	10	7	1,4	9			
valor de B	<b>B</b>	<b>7,4</b>	rango de 0 a 10						
$B = 10 * 1 - (P [1-Pi/100])$ entre n e i=1									

Explotación: EL NAVAJO		Localización: Sauca (Guadalajara)	
Frente: ORIENTAL		Orientación: N 175º E	
Cálculo de C		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque?	
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	valor	a	
<50 mm	0,1	6	
50-80 mm	0,5		
80-110 mm	1,5		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
Periodo promedio en días libre de heladas para 0ºC (b)	valor	b	
>300	0,1	2	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
Presencia de agua en el talud (c)	valor	c	
Seco	0	0,1	
Ligeramente húmedo	0,1		
Húmedo	0,3		
Goteando. Flujos intermitentes	0,7		
Chorreado. Flujos continuos	1		
Grado de meteorización (d)	valor	d	
No afectado	0	0,3	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
Vibración por voladuras (carga específica) (e)	valor	d	
<250 g/m3	0,1	1	
250-400 g/m3	0,5		
400-550 g/m3	1		
550-700 g/m3	1,5		
>700 g/m3	2		
valor de C C = a+b+c+d+e	C	9,4	rango de 0 a 10
Cálculo de Dban		¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
Pendiente de banco (ab)	valor	ab	
90º	0,5	0,8	
80º	0,7		
70º	0,8		
60º	0,9		
50º y menor	1		
Altura de banco (bb)	valor	bb	
5 m	0,2	1	
10 m	0,6		
12 m	0,75		
15 m	0,8		
20 m	1		
Irregularidad cara banco (cb)	valor	cb	
Muy baja	0,7	1	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
Saneado del banco (db)	valor	db	
Siempre	0,2	0,9	
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca	1		
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza	valor	eb	
Nº voladuras con esta orientación	27	0,95	
Nº de voladuras al año	29		
valor de Dban Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)	Dban	6,804	rango de 0 a 10



VERY LOW.- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
 LOW.- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
 AVERAGE.- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
 HIGH.- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
 VERY HIGH.- Overhang depth over 0.5 m.

Explotación: EL NAVAJO		Localización: Banca (Guadalupe)	
Frente: CORRIENTES		Orientación: N 370º E	
<b>Calculo de Emaq-ban</b> Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (Emaq-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
<math>0,001 \text{ m}^3</math>	0,9		
<math>0,001 \text{ m}^3</math>	1,5		
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	2,5		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	1,5		
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	2,5		
<math>0,50 \text{ m}^3</math>	2,5		
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Distancia/altura	1		
	13,9		
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Altura del banco (E) (m)	10		
Longitud de banco (L) (m)	135		
	13,1		
Cercanía de la máquina al pie del banco (e-banco)	Dato	e-banco	
Distancia propiedad al banco en m (e)	20		
Altura del banco (E) (m)	10		
Valor calculado (E/e-banco)	0,5		
Máx. altura (E/e-banco <math>< 100</math>)	10		
Media (E/200 = e/Altura = 500)	1		
Mín. (E/500 = e/Altura = 1000)	0,1		
Máx. (E/10 = e/Altura = 1000)	0,01		
valor de Emaq-ban			
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)	<b>Emaq-ban</b>	0,0989	Poner valor mayor
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ib)	<b>0,1649</b>	<b>0,1649</b>	rango de 0,00025 a 10
<b>Calculo de Eper-ban</b> Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (Eper-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
<math>0,001 \text{ m}^3</math>	0,9		
<math>0,001 \text{ m}^3</math>	1,5		
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	2,5		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	1,5		
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	2,5		
<math>0,50 \text{ m}^3</math>	2,5		
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Distancia/altura	1		
	13,33		
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Altura de persona (E) (m)	1,70		
Longitud de banco (L) (m)	126		
	0,8		
Cercanía de la persona al pie del banco (e-banco)	Dato	e-banco	
Distancia propiedad al banco en m (e)	20		
Altura del banco (E) (m)	10		
Valor calculado (E/e-banco)	0,5		
Máx. altura (E/e-banco <math>< 100</math>)	10		
Media (E/200 = e/Altura = 500)	1		
Mín. (E/500 = e/Altura = 1000)	0,1		
Máx. (E/10 = e/Altura = 1000)	0,01		
valor de Eper-ban			
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)	<b>Eper-ban</b>	0,0079	Poner valor mayor
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ib)	<b>0,0132</b>	<b>0,0132</b>	rango de 0,00025 a 10
<b>CALCULO DE Eban = 10 - [(10 - Emaq-ban) * (10 - Eper-ban)] / 10</b>			
<b>Eban</b>	<b>0,178</b>		
<b>Calculo de F</b> Historial de caída de bloques (F)			
Historial de caída de bloques	valor	F	
0,001 m <sup>3</sup> (caída)	0,9		
Máx. pesos caídas (2 m <sup>3</sup> / año)	1,5		
Máx. peso de almacenamiento (año)	1,5		
Chorros (0 m <sup>3</sup> / año)	1,5		
Múltiples caídas de bloques con el mismo origen (m <sup>3</sup> / año)	1,5		
Múltiples caídas de bloques con el mismo origen (m <sup>3</sup> / año)	1,5		
Caídas constantes de bloques con más de un accidente	1,5		
valor de F según tabla	<b>F</b>	<b>1,2</b>	



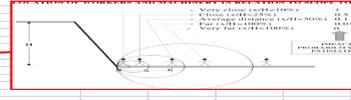
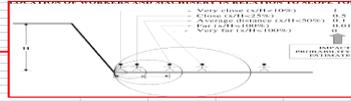


**E. FICHAS ROFRAQ EXPLOTACION  
YESARES**

Explotación: YESARES		Localización: Sorbas (Almería)				
Frete: NORDESTE		Orientación: N 85º E				
Calculo de <b>A</b>		¿Existen bloques de roca que puedan caer?				
Nº de familia de juntas (a)	valor	a				
0-1	0,5	0,5				
2	1					
3	3					
4	5					
>4	7					
Persistencia de las discontinuidades (b)	valor	b				
<1m	0,6	1,4				
1-3	0,8					
3-10	1					
10-20	1,2					
>20	1,4					
Presencia de fallas (c)	valor	c				
no	0	0,5				
1 pequeña	0,5					
1 grande	1					
2 fallas	1,5					
muchas fallas	2					
Daños por sobrevoladura observados (d)	valor	d				
Precorte	-2	-0,5				
Se ven las cañas barrenos	-0,5					
No hay daño	0					
Daños leves	1					
Alta fracturación	2,5					
Saneos de bancos y limpieza de bermas (e)	valor	e				
Saneos y limpieza regular efectiva	-3	-1				
Se sanea y limpia en general	-1					
Ocasional	0					
Poco e irregular	1					
No se sanea ni se limpian bermas	3					
Presencia de bloques en el talud (f)	valor	f				
Gran cantidad de bloques (>20)	7-10	8				
Bastantes bloques (10-20)	3-7					
Algunos bloques (6-9)	1-3					
Bloques ocasionales (3-5)	0,1-1					
Muy pocos bloques (1-2)	0-0,01					
Altura de banco, en m (g)	valor	f				
<5	0,2	0,8				
10	0,4					
12	0,5					
15	0,6					
>20	0,8					
valor de <b>A</b>	<b>A</b>	<b>3,08</b>	rango de 0 a 10			
$A = ((a*b)+c+d+e+f)*g/2$						
Calculo de <b>B</b>		¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio?				
Datos basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en talud						
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra A, B, C, ... , los mecanismos de rotura observados, inferidos o estimados						
Mecanismos simples (factor peso: 0,8)		Mecanismos complejos (factor peso: 1,1)		Mecanismos evolutivos (factor peso: 1,4)		
Rotura plana	C	Miguelo		Vuelco de bloques	A	
Rotura en cuña	D	Bloques sueltos	B	Vuelco por flexión		
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		
Mecanismo	Indicar el porcentaje de talud, respecto de la superficie analizada, afectada por cada uno de los mecanismos observados, según se indica					
	Observ "in situ"	Detectado Est. Geotec.	Por presencia de bloques	Promedio	Factor de peso	Promedio por factor de peso (Pi)
A	100	100	100	100	1,4	140
B	10	10	10	10	1,1	11
C	5	5	5	5	0,8	4
D				0		
E				0		
valor de <b>B</b>	<b>B</b>	<b>13,4</b>	rango de 0 a 10			
$B = 10 * 1 - (P [1-Pi/100]) \text{ entre } n \text{ e } i=1$						

Explotación: YESARES		Localización: Sorbas (Almería)	
Frete: NORDESTE		Orientación: N 85º E	
Calculo de <b>C</b>		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque?	
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	valor	a	
<50 mm	0,1	0,1	
50-80 mm	0,5		
80-110 mm	1,5		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
		6	
Periodo promedio en días libre de heladas para 0ºC (b)	valor	b	
>300	0,1	0,1	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
Presencia de agua en el talud (c)	valor	c	
Seco	0	0	
Ligeramente húmedo	0,1		
Húmedo	0,3		
Goteando. Flujos intermitentes	0,7		
Chorreando. Flujos continuos	1		
Grado de meteorización (d)	valor	d	
No afectado	0	0,1	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
Vibración por voladuras (carga específica) (e)	valor	d	
<250 g/m <sup>3</sup>	0,1	1,5	
250-400 g/m <sup>3</sup>	0,5		
400-550 g/m <sup>3</sup>	1		
550-700 g/m <sup>3</sup>	1,5		
>700 g/m <sup>3</sup>	2		
valor de <b>C</b>	<b>C</b>	<b>1,8</b>	rango de 0 a 10
Calculo de <b>D<sub>ban</sub></b>		¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
Pendiente de banco (a <sub>b</sub> )	valor	a <sub>b</sub>	
90º	0,5	1	
80º	0,7		
70º	0,8		
60º	0,9		
50º y menor	1		
SE CONSIDERA EL TALUD DE PILA VOLADO			
Altura de banco (b <sub>b</sub> )	valor	b <sub>b</sub>	
5 m	0,2	1	
10 m	0,6		
12 m	0,75		
15 m	0,8		
20 m	1		
Irregularidad cara banco (c <sub>b</sub> )	valor	c <sub>b</sub>	
Muy baja	0,7	0,9	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
Saneado del banco (d <sub>b</sub> )	valor	d <sub>b</sub>	
Siempre	0,2	0,5	VERY LOW.- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.
General	0,5		LOW.- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.
Ocasional	0,7		AVERAGE.- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.
Rara vez	0,9		HIGH.- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.
Nunca	1		VERY HIGH.- Overhang depth over 0.5 m.
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza	valor	e <sub>b</sub>	
Nº voladuras con esta orientación	19,8	0,33	
Nº de voladuras al año	60		
valor de <b>D<sub>ban</sub></b>	<b>D<sub>ban</sub></b>	<b>1,485</b>	rango de 0 a 10
$D_{ban} = 10 * (a_b * b_b * c_b * d_b * e_b)$			

Explotación: YESARES Frente: NOROCCIDENTE		Localización: Sorbas (Almería) Orientación: N 80º E	
<b>Cálculo de Emaq-ban</b> Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (Emaq-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
0-0,025 m³	0,9		
0,025-0,1 m³	1	1,5	
0,1-1 m³	1,2		
1-5 m³	1,5		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
0-1 m³	1		
1-5 m³	1,5	2,5	
5-50 m³	2		
50 m³	2,5		
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Días/año	109,3		
Horas/año	2,6	9,3	
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Ancho de máquina en metros	0		
Longitud de banco analizado, en m	90	8,9	
Cercanía de la máquina al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato: Valor		
Cerca (10% = e-banco = 25%)	20		
Medio (25% = e-banco = 50%)	5,9		
Valor calculado (e-banco)			
Muy cerca (e-banco = 10%)	10	e-banco	
Cerca (10% = e-banco = 25%)	5		
Medio (25% = e-banco = 50%)	1		
Lejos (50% = e-banco = 100%)	0,1		
Muy lejos (e-banco = 100%)	0,01		
Valor de Emaq-ban			
$Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100)^2 * (d-banco/100)^2 * Ia$	<b>Emaq-ban</b>	<b>0,1246</b>	Potencia valor MENOR rango de 0,00025 a 10
$Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100)^2 * (d-banco/100)^2 * Ib$		<b>0,20761</b>	
<b>Cálculo de Eper-ban</b> Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (Eper-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
0-0,025 m³	0,9		
0,025-0,1 m³	1	1,5	
0,1-1 m³	1,2		
1-5 m³	1,5		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
0-1 m³	1		
1-5 m³	1,5	2,5	
5-50 m³	2		
50 m³	2,5		
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Días/año	1		
Horas/año	1	1,42	
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Ancho de persona en m (Eper-ban)	0		
Longitud de banco analizado, en m	90	1,1	
Cercanía de la persona al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato: Valor		
Cerca (10% = e-banco = 25%)	20		
Medio (25% = e-banco = 50%)	5,9		
Valor calculado (e-banco)			
Muy cerca (e-banco = 10%)	10	e-banco	
Cerca (10% = e-banco = 25%)	5		
Medio (25% = e-banco = 50%)	1		
Lejos (50% = e-banco = 100%)	0,1		
Muy lejos (e-banco = 100%)	0,01		
Valor de Eper-ban			
$Eper-ban = e-banco * (c-banco/100)^2 * (d-banco/100)^2 * Ia$	<b>Eper-ban</b>	<b>2E-05</b>	Potencia valor MAYOR rango de 0,00025 a 10
$Eper-ban = e-banco * (c-banco/100)^2 * (d-banco/100)^2 * Ib$		<b>4E-05</b>	
<b>CÁLCULO DE Eban = 10 - [(10 - Emaq-ban) * (10 - Eper-ban)] / 100</b>	<b>Eban</b>	<b>0,208</b>	
<b>Cálculo de F</b> Historial de caída de bloques (F)			
Historial de caída de bloques	valor	F	
No se han registrado	0,25		
Se han producido pocas caídas	0,5		
No hay datos ni observaciones fiables	1		
Se han producido pocas caídas	1,5	1,2	
Se han producido muchas caídas	2		
Se han producido muchas caídas con accidentes (lesiones, daños)	2,5		
Se han producido muchas caídas con accidentes (lesiones, daños)	3		
Se han producido muchas caídas con accidentes (lesiones, daños)	3,5		
Se han producido muchas caídas con accidentes (lesiones, daños)	4		
Se han producido muchas caídas con accidentes (lesiones, daños)	4,5		
Se han producido muchas caídas con accidentes (lesiones, daños)	5		
valor de F según tabla	<b>F</b>	<b>1,2</b>	

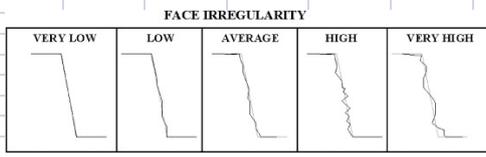




**F. FICHAS ROFRAQ EXPLOTACION  
EL ALJIBE**

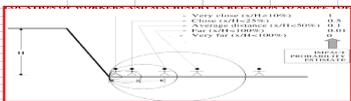
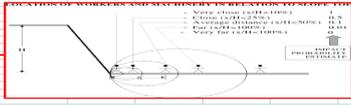
Explotación: EL ALJIBE			Localización: Almonacid (Toledo)						
Frete: ORIENTAL			Orientación: N 150º E						
<b>Calculo de A</b>			<b>¿Existen bloques de roca que puedan caer?</b>						
Nº de familia de juntas (a)		valor	a						
0-1		0,5	5						
2		1							
3		3							
4		5							
>4		7							
Persistencia de las discontinuidades (b)		valor	b						
<1m		0,6	1,2						
1-3		0,8							
3-10		1							
10-20		1,2							
>20		1,4							
Presencia de fallas (c)		valor	c						
no		0	1						
1 pequeña		0,5							
1 grande		1							
2 fallas		1,5							
muchas fallas		2							
Daños por sobrevoladura observados (d)		valor	d						
Precorte		-2	2,5						
Se ven las cañas barrrenos		-0,5							
No hay daño		0							
Daños leves		1							
Alta fracturación		2,5							
Saneos de bancos y limpieza de bermas (e)		valor	e						
Saneos y limpieza regular efectiva		-3	1						
Se sanea y limpia en general		-1							
Ocasional		0							
Poco e irregular		1							
No se sanea ni se limpian bermas		3							
Presencia de bloques en el talud (f)		valor	f						
Gran cantidad de bloques (>20)		7-10	5						
Bastantes bloques (10-20)		3-7							
Algunos bloques (6-9)		1-3							
Bloques ocasionales (3-5)		0,1-1							
Muy pocos bloques (1-2)		0-0,01							
Altura de banco, en m (g <sub>b</sub> )		valor	f						
<5		0,2	0,8						
10		0,4							
12		0,5							
15		0,6							
>20		0,8							
valor de A		<b>A</b>	<b>6,2</b>	rango de 0 a 10					
A = ((a*b)+c+d+e+f+g <sub>b</sub> )/2									
<b>Calculo de B</b>			<b>¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio?</b>						
Datos basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en talud									
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra A, B, C, ... los mecanismos de rotura observados, inferidos o estimados									
Mecanismos simples (factor peso: 0,8)			Mecanismos complejos (factor peso: 1,1)			Mecanismos evolutivos (factor peso: 1,4)			
Rotura plana			Miguelo			Vuelco de bloques			
Rotura en cuña			Bloques sueltos			Vuelco por flexión			
Rotura circular			Roturas mixtas			Taludes de muro			
Mecanismo			Indicar el porcentaje de talud, respecto de la superficie analizada, afectada por cada uno de los mecanismos observados, según se indica						
Observ "in situ"			Detectado Est. Geotec.	Por presencia de bloques	Promedio	Factor de peso	Promedio por factor de peso (Pi)		
A			20	20	20	0,8	16		
B			35	35	60	43	48		
C			10	10	20	13	19		
valor de B			<b>B</b>	<b>6,4</b>	rango de 0 a 10				
B = 10 * 1 - (P [1-Pi/100]) entre n e i=1									

Explotación: EL ALJIBE			Localización: Almonacid (Toledo)		
Frete: ORIENTAL			Orientación: N 150° E		
Calculo de C		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque?			
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	valor	a			
<50 mm	0,1	4			
50-80 mm	0,5				
80-110 mm	1,5				
110-150 mm	4				
>150 mm	6				
Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	valor	b			
>300	0,1	2			
250-300	0,4				
200-250	1				
150-200	2				
<150	2,5				
Presencia de agua en el talud (c)	valor	c			
Seco	0	0			
Ligeramente húmedo	0,1				
Húmedo	0,3				
Goteando. Flujos intermitentes	0,7				
Chorreando. Flujos continuos	1				
Grado de meteorización (d)	valor	d			
No afectado	0	0			
Ligero	0,1				
Moderado	0,3				
Alto	0,7				
Descompuesto	1				
Vibración por voladuras (carga específica) (e)	valor	d			
<250 g/m <sup>3</sup>	0,1	1,5			
250-400 g/m <sup>3</sup>	0,5				
400-550 g/m <sup>3</sup>	1				
550-700 g/m <sup>3</sup>	1,5				
>700 g/m <sup>3</sup>	2				
valor de C	C	7,5			rango de 0 a 10
Calculo de Dban		¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño?			
Pendiente de banco (ab)	valor	ab			
90°	0,5	0,8			
80°	0,7				
70°	0,8				
60°	0,9				
50° y menor	1				
Altura de banco (bb)	valor	bb			
5 m	0,2	1			
10 m	0,6				
12 m	0,75				
15 m	0,8				
20 m	1				
Irregularidad cara banco (cb)	valor	cb			
Muy baja	0,7	1			
Baja	0,75				
Media	0,8				
Alta	0,9				
Muy alta	1				
Saneado del banco (db)	valor	db			
Siempre	0,2	0,9			
General	0,5				
Ocasional	0,7				
Rara vez	0,9				
Nunca	1				
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza					
Nº voladuras con esta orientación	valor	eb			
Nº de voladuras al año	27	0,95			
	29				
valor de Dban	Dban	6,804			rango de 0 a 10
Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)					



VERY LOW.- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
 LOW.- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
 AVERAGE.- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
 HIGH.- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
 VERY HIGH.- Overhang depth over 0.5 m.

Explotación: EL ALBIR		Localización: Almonacid (Totedo)	
Fuente: OMBETA		Orientación: N 350º E	
<b>Calculo de Emaq-ban</b>			
Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (Emaq-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (1a)	valor	1a	
0-0,01 m³	0,0		
0,001-0,1 m³	1	1,5	
0,1-1 m³	3		
1-5 m³	15		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	valor	1b	
0-1 m³	1		
1-10 m³	10	2,5	
10-50 m³	30		
50-100 m³	100		
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Días/año	238		
Horas/año	5	21,4	
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Longitud de banco analizado, en m	250		
Cercanía de la máquina al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato Valor		
Distancia horizontal de banco, en m	30		
Valor calculado (e-banco)	24,8		
Muy cerca (e-banco < 10m)	10	e-banco	
Cerca (10m < e-banco < 25m)	5		
Mediamente lejos (25m < e-banco < 50m)	3	30	
Lejos (50m < e-banco < 100m)	1		
Muy lejos (e-banco > 100m)	0,01		
valor de Emaq-ban			
Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (1/a)	<b>Emaq-ban</b>	Emaq-ban	Poner valor mayor
		<b>0,218</b>	
		<b>0,3633</b>	rango de 0,00025 a 10
<b>Calculo de Eper-ban</b>			
Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (Eper-ban)			
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (1a)	valor	1a	
0-0,01 m³	0,0		
0,001-0,1 m³	1	1,5	
0,1-1 m³	3		
1-5 m³	15		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	valor	1b	
0-1 m³	1		
1-10 m³	10	2,5	
10-50 m³	30		
50-100 m³	100		
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Días/año	238		
Horas/año	5	21,37	
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Longitud de banco analizado, en m	250		
Cercanía de la persona al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato Valor		
Distancia horizontal de banco, en m	30		
Valor calculado (e-banco)	24,8		
Muy cerca (e-banco < 10m)	10	e-banco	
Cerca (10m < e-banco < 25m)	5		
Mediamente lejos (25m < e-banco < 50m)	3	30	
Lejos (50m < e-banco < 100m)	1		
Muy lejos (e-banco > 100m)	0,01		
valor de Eper-ban			
Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (1/a)	<b>Eper-ban</b>	Eper-ban	Poner valor mayor
		<b>0,0128</b>	
		<b>0,0214</b>	rango de 0,00025 a 10
<b>Calculo de Eban = 10 - [(10 - Emaq-ban) * (10 - Eper-ban) / 10]</b>			
	<b>Eban</b>	<b>0,384</b>	
<b>Historial de caída de bloques (F)</b>			
Historial de caída de bloques	valor	F	
No se han registrado	0,25		
Muy pocas caídas (0 más / año)	0,0		
No hay datos ni observaciones fiables	1		
Algunas caídas de bloques (1 más / año)	3,3	1,2	
Algunas caídas de bloques (2 más / año)	3,3		
Muchas caídas de bloques con al menos 1 accidente (de más / año)	1,4		
Caídas constantes de bloques con más de un accidente	1,5		
valor de F	<b>F</b>	<b>1,2</b>	
según tabla			



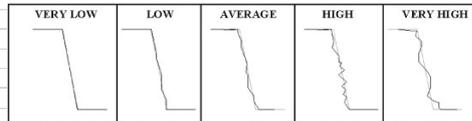
Explotación: EL ALJIBE	Localización: Almonacid (Toledo)								
Frente: ORIENTAL	Orientación: N 150º E								
<b>CALCULO INDICES ROFRAQ</b>									
Factor A	6,2								
Factor B	6,4								
Factor C	7,5								
Factor D <sub>ban</sub>	6,804								
Factor E <sub>ban</sub>	0,384								
Factor E <sub>banco-per.</sub>	0,02136986								
Factor E <sub>banco-máq.</sub>	0,36328767								
Factor F	1,2								
ROFRAQ <sub>banco</sub> Básico (%)	<b>20,3</b>								
ROFRAQ <sub>banco</sub>	<b>936,4</b>	Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques (ROFRAQ/10.000)=							<b>0,09364</b>
		DICTAMEN	MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO	
ROFRAQ <sub>banco</sub> máquina	<b>886,1</b>	Valor	<10	10-25	26-100	101-250	251-1000	>1000	
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Que la excavadora solo retire material de lejos del frente, parar en época de lluvia fuerte, etc..	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.	
ROFRAQ <sub>banco</sub> persona	<b>52,1</b>	Valor	<4	4-10	11-40	41-100	101-400	>400	
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Limitar el paso de personal en época de lluvia y tras las voladuras	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.	

**G. FICHAS ROFRAQ EXPLOTACION  
PEÑABERMEJA**



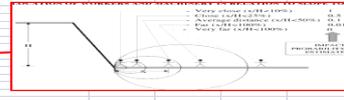
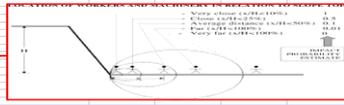
Explotación: PEÑABERMEJA		Localización: Espiel (Córdoba)	
Frete: OESTE-OCCIDENTAL		Orientación: N 170º E	
Cálculo de <b>C</b>		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque?	
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	valor	a	
<50 mm	0,1	0,5	
50-80 mm	0,5		
80-110 mm	1,5		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
6			
Periodo promedio en días libre de heladas para 0ºC (b)	valor	b	
>300	0,1	0,4	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
6			
Presencia de agua en el talud (c)	valor	c	
Seco	0	0	
Ligeramente húmedo	0,1		
Húmedo	0,3		
Goteando. Flujos intermitentes	0,7		
Chorreado. Flujos continuos	1		
6			
Grado de meteorización (d)	valor	d	
No afectado	0	0,1	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
6			
Vibración por voladuras (carga específica) (e)	valor	d	
<250 g/m <sup>3</sup>	0,1	0,5	
250-400 g/m <sup>3</sup>	0,5		
400-550 g/m <sup>3</sup>	1		
550-700 g/m <sup>3</sup>	1,5		
>700 g/m <sup>3</sup>	2		
6			
valor de <b>C</b>	<b>C</b>	<b>1,5</b>	rango de 0 a 10
C = a+b+c+d+e			
Cálculo de <b>D<sub>ban</sub></b>		¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
Pendiente de banco (a <sub>b</sub> )	valor	a <sub>b</sub>	
90º	0,5	0,7	
80º	0,7		
70º	0,8		
60º	0,9		
50º y menor	1		
6			
Altura de banco (b <sub>b</sub> )	valor	b <sub>b</sub>	
5 m	0,2	1	
10 m	0,6		
12 m	0,75		
15 m	0,8		
20 m	1		
6			
Irregularidad cara banco (c <sub>b</sub> )	valor	c <sub>b</sub>	
Muy baja	0,7	0,9	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
6			
Saneado del banco (d <sub>b</sub> )	valor	d <sub>b</sub>	
Siempre	0,2	0,9	
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca	1		
6			
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza		valor	e <sub>b</sub>
Nº voladuras con esta orientación		16	0,40
Nº de voladuras al año		40	
6			
valor de <b>D<sub>ban</sub></b>	<b>D<sub>ban</sub></b>	<b>2,268</b>	rango de 0 a 10
D <sub>ban</sub> = 10 * (a <sub>b</sub> *b <sub>b</sub> *c <sub>b</sub> *d <sub>b</sub> *e <sub>b</sub> )			

FACE IRREGULARITY



VERY LOW.- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
 LOW.- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
 AVERAGE.- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
 HIGH.- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
 VERY HIGH.- Overhang depth over 0.5 m.

Exposición: PEÑABERNEJA		Localización: Espiel (Córdoba)	
Frente: OESTE OCCIDENTAL		Orientación: N 5206 E	
Cálculo de Emaq-ban		Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (Emaq-ban)	
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
<math>0,001 \text{ m}^3</math>	0,9		
<math>0,001-0,1 \text{ m}^3</math>	1	1,2	
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	1,5		
>math>1 \text{ m}^3</math>	2		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	1		
<math>0,1-1 \text{ m}^3</math>	1,5		
<math>1-10 \text{ m}^3</math>	2		
>math>10 \text{ m}^3</math>	2,5		
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Días/año	11,5		
Horas/año	1	10,2	
Horas/año	1		
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Ancho de máquina frente a longitud general del banco (m)	1,0		
Longitud de banco anclado, en m	17,3		
Cercanía de la máquina al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato/Valor	e-banco	
Distancia perpendicular al banco, en m	5		
Altura del banco, en m (Hbanco)	20		
Valor calculado (e/Hbanco)	0,25		
Muy cerca (e/Hbanco < 0,175)	10	e-banco	
Cerca (0,175 < e/Hbanco < 0,25)	5		
Medio (0,25 < e/Hbanco < 0,5)	1		
Lejos (0,5 < e/Hbanco < 1,0)	0,1		
Muy lejos (e/Hbanco > 1,0)	0,01		
valor de Emaq-ban		Emaq-ban	Poner valor MENOR
$Emaq-ban = e-banco \cdot c-banco \cdot d-banco \cdot I(a) \cdot I(b)$		<b>0,106</b>	
$Emaq-ban = e-banco \cdot c-banco \cdot d-banco \cdot I(a) \cdot I(b)$		<b>0,1767</b>	
		0,10600	rango de 0,00025 a 10
Cálculo de Eper-ban		Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (Eper-ban)	
Tamaño de un bloque (si cae solo un bloque) (Ia)	valor	Ia	
<math>0,001 \text{ m}^3</math>	0,9		
<math>0,001-0,1 \text{ m}^3</math>	1	1,2	
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	1,5		
>math>1 \text{ m}^3</math>	2		
Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (Ib)	valor	Ib	
<math>0,1 \text{ m}^3</math>	1		
<math>0,1-1 \text{ m}^3</math>	1,5		
<math>1-10 \text{ m}^3</math>	2		
>math>10 \text{ m}^3</math>	2,5		
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	
Días/año	11,5		
Horas/año	1	1,62	
Horas/año	1		
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	
Ancho de persona frente a longitud general del banco (m)	1,0		
Longitud de banco anclado, en m	17,0	0,9	
Cercanía de la persona al pie del banco (e-banco) (e-banco)	Dato/Valor	e-banco	
Distancia perpendicular al banco, en m	10		
Altura del banco, en m (Hbanco)	20		
Valor calculado (e/Hbanco)	0,5		
Muy cerca (e/Hbanco < 0,175)	10	e-banco	
Cerca (0,175 < e/Hbanco < 0,25)	5		
Medio (0,25 < e/Hbanco < 0,5)	1	10	
Lejos (0,5 < e/Hbanco < 1,0)	0,1		
Muy lejos (e/Hbanco > 1,0)	0,01		
valor de Eper-ban		Eper-ban	Poner valor MENOR
$Eper-ban = e-banco \cdot c-banco \cdot d-banco \cdot I(a) \cdot I(b)$		<b>0,0015</b>	
$Eper-ban = e-banco \cdot c-banco \cdot d-banco \cdot I(a) \cdot I(b)$		<b>0,0026</b>	
		0,00154	rango de 0,00025 a 10
CÁLCULO DE Eban = 10 - [(10 - Emaq-ban) * (10 - Eper-ban)] / 10		Eban	
		<b>0,108</b>	
Cálculo de F		Historial de caída de bloques (F)	
Historial de caída de bloques	valor	F	
No se han registrado	0,25		
Son pocos casos (2 más/año)	0,5		
No hay datos ni observaciones fiables	1		
Se registran 3 o más/año	1,1	1,4	
Muchas caídas de bloques sin accidentes (10 más/año)	1,2		
Muchos caídas de bloques con accidentes (10 más/año)	1,4		
Caídas constantes de bloques con más de 3 accidente	1,5		
valor de F		F	1,4

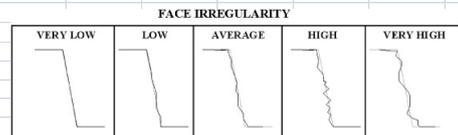


Explotación: PEÑABERMEJA	Localización: Espiel (Córdoba)									
Frete: OESTE-OCCIDENTAL	Orientación: N 170º E									
<b>CALCULO INDICES ROFRAQ</b>										
Factor A	6,2									
Factor B	8,2									
Factor C	1,5									
Factor D <sub>ban</sub>	2,268									
Factor E <sub>ban</sub>	0,108									
Factor E <sub>banco-per.</sub>	0,00154421									
Factor E <sub>banco-máq.</sub>	0,10600249									
Factor F	1,4									
ROFRAQ <sub>banco</sub> Básico (%)	<b>1,7</b>									
ROFRAQ <sub>banco</sub>	<b>26,0</b>	Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques (ROFRAQ/10.000)=						<b>0,00260</b>		
		DICTAMEN	MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO		
ROFRAQ <sub>banco</sub> máquina	<b>25,6</b>	Valor	<10	10-25	26-100	101-250	251-1000	>1000		
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Que la excavadora solo retire material de lejos del frente, parar en época de lluvia fuerte, etc..	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.		
ROFRAQ <sub>banco</sub> persona	<b>0,4</b>	Valor	<4	4-10	11-40	41-100	101-400	>400		
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Limitar el paso de personal en época de lluvia y tras las voladuras	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.		

**H. FICHAS LARCAQ EXPLOTACION  
GERAFIN**



Explotación: GERAFIN			Localización: Alcalá de Henares (Madrid)
Frete: OCCIDENTAL			Orientación: N-S
Calculo de <b>C</b>		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren el talud?	
<b>Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)</b>	valor	a	
<50 mm	0,1	4	
50-80 mm	0,4		
80-110 mm	2		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
<b>Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)</b>	valor	b	
>300	0,1	1	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
<b>Presencia de agua en el talud (c)</b>	valor	c	
Seco, con drenes. Material acuifugo	0	0,1	
Seco, sin drenes	0,1		
Saturación alcanza 1/3H	0,3		
Saturación alcanza 2/3H	0,75		
Saturación. Flujos continuos	1		
<b>Grado de meteorización/erosión (d)</b>	valor	d	
No afectado	0	0,1	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
<b>Sobrecargas en cabeza de talud (&lt; H) (e)</b>	valor	d	
Inexistencia de sobrecargas estáticas	0,1	1	
Existencia bajas sobrecargas estáticas (<1 kt/m2)	0,3		
Existencia moderadas sobrecargas estáticas (1-5 kt/m2)	1		
Existencia elevadas sobrecargas estáticas (>5 kt/m2)-Existencia moderadas cargas dinámicas-Moderado riesgo sísmico	1,5		
Existencia fuertes cargas dinámicas-Alro riesgo sísmico	2		
valor de <b>C</b> C = a+b+c+d+e	<b>C</b>	<b>6,2</b>	rango de 0 a 10
Calculo de <b>Dban</b>		¿Llegarán a la zona de trabajo las masas deslizables que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
<b>Pendiente de banco (ab)</b>	valor	ab	
0-15º	0,1	0,5	
15-35º	0,3		
35-60º	0,5		
60-80º	0,8		
>80º	1		
<b>Altura de banco (bb)</b>	valor	bb	
3 m	0,15	1	
3-5 m	0,6		
5-10 m	0,75		
10-15 m	0,8		
>15 m	1		
<b>Irregularidad cara banco (cb)</b>	valor	cb	
Muy baja	0,7	0,75	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
<b>Saneado del banco (db)</b>	valor	db	
Siempre	0,2	1	
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca- Maquinaria inapropiada	1		
<b>Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza</b>	valor	eb	
Nº días trabajo en talud esta orientación	120	0,50	
Días laborables/año	240		
valor de <b>Dban</b> Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)	<b>Dban</b>	<b>1,875</b>	rango de 0 a 10



**FACE IRREGULARITY**

**VERY LOW.** - More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.

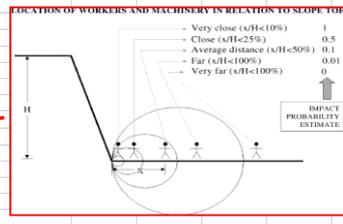
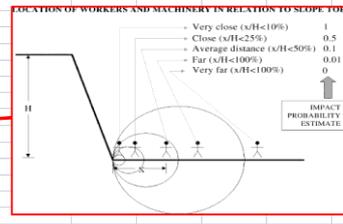
**LOW.** - Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.

**AVERAGE.** - Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.

**HIGH.** - A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.

**VERY HIGH.** - Overhang depth over 0.5 m.

Explotación: GERAFIN		Localización: Alcalá de Henares (Madrid)
Frete: OCCIDENTAL		Orientación: N-S
Calculo de <b>Emaq-ban</b>		Daño potencial: ¿Incidirá la masa deslizada sobre una máquina? ( <b>Emaq-ban</b> )
Volumen total de masa deslizable	valor	a-banco
<0,1 m <sup>3</sup>	1	2,5
0,1-5 m <sup>3</sup>	1,5	
5-50 m <sup>3</sup>	2	
>50 m <sup>3</sup>	2,5	
Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco
<13 m/mes	0,1	1
>13 m/mes <1,8 m/h	0,2	
>1,8 m/h <3 m/min	0,5	
>3 m/min <5 m/s	0,75	
Sin determinar o >5 m/s	1	
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco
Días/año	120	11,0
Relevos/día	1	
Horas/relevo	8	
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco
Ancho de máquina-s, en m	11	5,5
Longitud de banco analizado, en m	200	
Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H <sub>banco</sub> ) (e-banco)	Dato-Valor	
Distancia promedio al banco, en m (x)	1	10
Altura del banco, en m (H <sub>banco</sub> )	30	
Valor calculado (x/H <sub>banco</sub> )	3,3	
Muy cerca (x/H <sub>banco</sub> < 10%)	10	
Cerca (10% < x/H <sub>banco</sub> < 25%)	5	10
Media (25% < x/H <sub>banco</sub> < 50%)	1	
Lejos (50% < x/H <sub>banco</sub> < 150%)	0,1	
Muy lejos (x/H <sub>banco</sub> > 150%)	0,01	
valor de <b>Emaq-ban</b>	<b>Emaq-ban</b>	<b>Emaq-ban</b>
$Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a-banco)$	<b>0,1507</b>	rango de 0,00025 a 10
Calculo de <b>Eper-ban</b>		Daño potencial: ¿Incidirá la masa deslizada sobre una persona? ( <b>Eper-ban</b> )
Volumen total de masa deslizable	valor	a-banco
<0,1 m <sup>3</sup>	1	2,5
0,1-5 m <sup>3</sup>	1,5	
5-50 m <sup>3</sup>	2	
>50 m <sup>3</sup>	2,5	
Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco
<13 m/mes	0,1	1
>13 m/mes <1,8 m/h	0,2	
>1,8 m/h <3 m/min	0,5	
>3 m/min <5 m/s	0,75	
Sin determinar o >5 m/s	1	
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco
Días/año	120	10,96
Relevos/día	1	
Horas/relevo	8	
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco
Ancho de persona, en m (Fijo: 1 m)	1	0,5
Longitud de banco analizado, en m	200	
Cercanía de la persona al pie del banco (x/H <sub>banco</sub> ) (e-banco)	Dato-Valor	
Distancia promedio al banco, en m (x)	10	1
Altura del banco, en m (H <sub>banco</sub> )	30	
Valor calculado (x/H <sub>banco</sub> )	33,3	
Muy cerca (x/H <sub>banco</sub> < 10%)	10	
Cerca (10% < x/H <sub>banco</sub> < 25%)	5	1
Media (25% < x/H <sub>banco</sub> < 50%)	1	
Lejos (50% < x/H <sub>banco</sub> < 150%)	0,1	
Muy lejos (x/H <sub>banco</sub> > 150%)	0,01	
valor de <b>Eper-ban</b>	<b>Eper-ban</b>	<b>Eper-ban</b>
$Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (Ia)$	<b>0,0014</b>	rango de 0,00025 a 10
<b>CÁLCULO DE Eban</b> = 10 - [(10 - Emaq-banco) * (10 - Eper-banco) / 10]	<b>Eban</b>	<b>0,152</b>
Calculo de <b>F</b>		Historial de deslizamientos (F)
Historial de deslizamientos	valor	F
No se han registrado	0,75	1,2
Muy pocos incidentes (2 máx./año)	0,9	
No hay datos ni observaciones fiables	1	
Ocasionales (6 máx./año)	1,1	
Muy pocos deslizamientos sin accidentes (>6 máx./año)	1,2	
Deslizamientos frecuentes con al menos 1 accidente (>6 máx./año)	1,4	
Deslizamientos muy frecuentes provocando más de un accidente	1,5	
valor de <b>F</b> según tabla	<b>F</b>	<b>1,2</b>



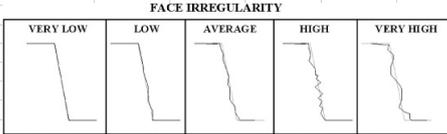
Explotación: GERAFIN		Localización: Alcalá de Henares (Madrid)							
Frente: OCCIDENTAL		Orientación: N-S							
<b>CALCULO INDICES LARCAQ</b>									
Factor A	5,0								
Factor B	2,7								
Factor C	6,2								
Factor D <sub>ban</sub>	1,875								
Factor E <sub>ban</sub>	0,152								
Factor E <sub>banco-per.</sub>	0,00136986								
Factor E <sub>banco-máq.</sub>	0,15068493								
Factor F	1,2								
LARQA <sub>banco</sub> Básico (%)	<b>1,5</b>								
LARQA <sub>banco</sub>	<b>28,2</b>	Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por deslizamiento (LARCAQ/10.000)=							<b>0,00282</b>
		DICTAMEN	MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO	
LARQA <sub>banco</sub> máquina	<b>28,0</b>	Valor	<10	10-25	26-100	101-250	251-1000	>1000	
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Que la excavadora solo retire material de lejos del frente, parar en época de lluvia fuerte, etc..	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.	
LARQA <sub>banco</sub> persona	<b>0,3</b>	Valor	<4	4-10	11-40	41-100	101-400	>400	
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Limitar el paso de personal en época de lluvia y tras las voladuras	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.	

**I. FICHAS LARCAQ EXPLOTACION  
LOECHES**

Explotación: LOECHES		Localización: Loeches (Madrid)				
Frete: ORIENTAL		Orientación: N15º E				
<p>Calculo de <b>A</b> <span style="float: right;">¿Existen masas de material que puedan deslizarse?</span></p>						
Litologías	valor	a				
Arenas sueltas	0,15	2				
Arenas arcillosas	0,3					
Limos y Arcillas arenosas	1					
Arcillas blandas o poco consolidadas (0,05- 0,5 MPa)	2					
Arcillas consolidadas (0,5 -1 MPa)	3					
Arenas densas y arcillas sobreconsolidadas (>1 MPa) y fracturadas	4					
Anisotropía (nº de estratos)						
	valor	b				
1	0,5	1,5				
2	1					
3	1,5					
4	2					
>4 - presencia de capas licuables	2,5					
Presencia de fallas o zonas de alteración intensa( c)						
	valor	c				
no	0	1,5				
1 falla pequeña	0,5					
1 falla grande	1					
2 fallas - 1 zona de intensa alteración	1,5					
muchas fallas- > 1 zona de intensa alteración	2					
Deformación cara de talud (d)						
	valor	d				
Se ven huellas de ripado	-2	1				
Plano cara de talud liso	-0,5					
Deformaciones de plano cara talud hasta 1 m	0,5					
Deformaciones de plano cara talud >1 m	1					
Sobreexcavación en pie de talud	2,5					
Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)						
	valor	e				
Saneamiento y limpieza regular efectiva	-3	1				
Se sanea y limpia en general	-1					
Ocasional	0					
Poco e irregular	1					
No se sanea ni se limpian bermas	3					
Presencia de grietas en el talud (f)						
	valor	f				
Grietas de tracción en cara de talud	7-10	7				
2 o más grietas de tracción en cabecera	3-7					
1 grieta de tracción en cabecera de talud	1-3					
1 grieta de tracción en cabecera de talud sin asentamiento	0,1-1					
Sin grietas	0-0,01					
Altura de banco, en m (g)						
	valor	g				
<5	0,1	1				
10	0,3					
12	0,5					
15	0,7					
>20	1					
Inclinación de talud (diferencia en º de α respecto φ )(h)						
	valor	h				
<0	0,2	0,4				
0-5	0,4					
5-10	0,6					
10-20	0,7					
>20	1					
valor de <b>A</b>		<b>A</b>	<b>9,45</b>			
A = ((a*b)+c+d+e+f)*(g+h))/2		rango de 0 a 10				
<p>Calculo de <b>B</b> <span style="float: right;">¿Están los materiales o estratos próximos al equilibrio?</span></p>						
<p>Datos basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en talud</p>						
<p>Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra A, B, C, ..., los mecanismos de rotura observados, inferidos o estimados</p>						
Mecanismos simples (factor peso: 0,8)		Mecanismos complejos (factor peso: 1,2)				
Mecanismos evolutivos (factor peso: 1,6)						
Rotura plana	A	Miguelo	Rotura progresiva			
Rotura poligonal	A	Bloques sueltos				
Rotura circular por pie de talud	A	Roturas mixtas	B			
<p>Indicar el porcentaje de talud, respecto de la superficie analizada, afectada por cada uno de los mecanismos observados, según se indica</p>						
Mecanismo	Observ "in situ"	Detectado Est. Geotec.	Por presencia de material	Promedio	Factor de peso	Promedio por factor de peso (Pi)
A	10	10	15	12	0,8	9
B	15	15	10	13	1,2	16
C	20	20	15	18	1,6	29
valor de <b>B</b>		<b>B</b>	<b>4,6</b>	rango de 0 a 10		
B = 10 * 1- (P (1-Pi/100)) entre n e i=1						

Ángulo cara talud (general) (α)	32
Ángulo de rozamiento interno (fricción) material (φ)	29
Diferencia (α - φ)	3

Explotación: LOECHES		Localización: Loeches (Madrid)	
Frente: ORIENTAL		Orientación: N15º E	
Calculo de <b>C</b>		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren el talud?	
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	valor	a	
<50 mm	0,1	4	
50-80 mm	0,4		
80-110 mm	2		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
Periodo promedio en días libre de heladas para 0ºC (b)	valor	b	
>300	0,1	1	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
Presencia de agua en el talud ( c)	valor	c	
Seco, con drenes. Material acuífugo	0	0,1	
Seco, sin drenes	0,1		
Saturación alcanza 1/3H	0,3		
Saturación alcanza 2/3H	0,75		
Saturación. Flujos continuos	1		
Grado de meteorización/erosión (d)	valor	d	
No afectado	0	0,1	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
Sobrecargas en cabeza de talud (< H) (e)	valor	d	
Inexistencia de sobrecargas estáticas	0,1	0,3	
Existencia bajas sobrecargas estáticas (<1 kt/m2)	0,3		
Existencia moderadas sobrecargas estáticas (1-5 kt/m2)	1		
Existencia elevadas sobrecargas estáticas (>5 kt/m2)-Existencia moderadas cargas dinámicas-Moderado riesgo sísmico	1,5		
Existencia fuertes cargas dinámicas-Alto riesgo sísmico	2		
valor de <b>C</b> C= a+b+c+d+e	<b>C</b>	<b>5,5</b>	rango de 0 a 10
Calculo de <b>Dban</b>		¿Llegarán a la zona de trabajo las masas deslizables que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
Pendiente de banco (ab)	valor	ab	
0-15º	0,1	0,3	
15-35º	0,3		
35-60º	0,5		
60-80º	0,8		
>80º	1		
Altura de banco (bb)	valor	bb	
3 m	0,15	1	
3-5 m	0,6		
5-10 m	0,75		
10-15 m	0,8		
>15 m	1		
Irregularidad cara banco (cb)	valor	cb	
Muy baja	0,7	0,75	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
Saneado del banco (db)	valor	db	
Siempre	0,2	1	
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca- Maquinaria inapropiada	1		
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza	valor	eb	
Nº días trabajo en talud esta orientación	160	0,67	
Días laborables/año	240		
valor de <b>Dban</b> Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)	<b>Dban</b>	<b>1,5</b>	rango de 0 a 10



VERY LOW.- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
 LOW.- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
 AVERAGE.- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
 HIGH.- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
 VERY HIGH.- Overhang depth over 0.5 m.

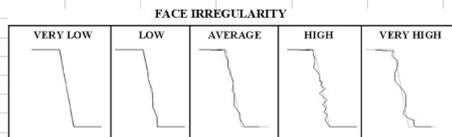
<b>Explotación: LOECHES</b> <b>Frete: ORIENTAL</b>		<b>Localización: Loeches (Madrid)</b> <b>Orientación: N15º E</b>																					
<b>Calculo de Emaq-ban</b>		<b>Daño potencial: ¿Incidirá la masa deslizada sobre una máquina? (Emaq-ban)</b>																					
<table border="1"> <tr> <th>Volumen total de masa deslizable</th> <th>valor</th> <th>a banco</th> </tr> <tr> <td>&lt;0,1 m3</td> <td>1</td> <td rowspan="4">2,5</td> </tr> <tr> <td>0,1-5 m3</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>5-50 m3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>&gt;50 m3</td> <td>2,5</td> </tr> </table>		Volumen total de masa deslizable	valor	a banco	<0,1 m3	1	2,5	0,1-5 m3	1,5	5-50 m3	2	>50 m3	2,5										
Volumen total de masa deslizable	valor	a banco																					
<0,1 m3	1	2,5																					
0,1-5 m3	1,5																						
5-50 m3	2																						
>50 m3	2,5																						
<table border="1"> <tr> <th>Velocidad de deslizamiento visualizada (v)</th> <th>valor</th> <th>b-banco</th> </tr> <tr> <td>&lt;13 m/mes</td> <td>0,1</td> <td rowspan="5">1</td> </tr> <tr> <td>&gt;13 m/mes &lt; 1,8 m/h</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>&gt;1,8 m/h &lt; 3 m/min</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>&gt;3 m/min &lt; 5 m/s</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Sin determinar &gt;5 m/s</td> <td>1</td> </tr> </table>		Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco	<13 m/mes	0,1	1	>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2	>1,8 m/h < 3 m/min	0,5	>3 m/min < 5 m/s	0,75	Sin determinar >5 m/s	1								
Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco																					
<13 m/mes	0,1	1																					
>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2																						
>1,8 m/h < 3 m/min	0,5																						
>3 m/min < 5 m/s	0,75																						
Sin determinar >5 m/s	1																						
<table border="1"> <tr> <th>% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)</th> <th>Dato</th> <th>c-banco</th> </tr> <tr> <td>Dias/año</td> <td>180</td> <td rowspan="3">16,4</td> </tr> <tr> <td>Relevos/día</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Horas/relevo</td> <td>8</td> </tr> </table>		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco	Dias/año	180	16,4	Relevos/día	1	Horas/relevo	8												
% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	Dato	c-banco																					
Dias/año	180	16,4																					
Relevos/día	1																						
Horas/relevo	8																						
<table border="1"> <tr> <th>% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)</th> <th>Dato</th> <th>d-banco</th> </tr> <tr> <td>Ancho de máquina-s, en m</td> <td>11</td> <td rowspan="2">6,5</td> </tr> <tr> <td>Longitud de banco analizado, en m</td> <td>168</td> </tr> </table>		% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	Ancho de máquina-s, en m	11	6,5	Longitud de banco analizado, en m	168														
% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco																					
Ancho de máquina-s, en m	11	6,5																					
Longitud de banco analizado, en m	168																						
<table border="1"> <tr> <th>Cercanía de la máquina al pie del banco (x/Hbanco) (e-banco)</th> <th>Dato-Valor</th> <th>e-banco</th> </tr> <tr> <td>Distancia promedio al banco, en m (x)</td> <td>1</td> <td rowspan="5">10</td> </tr> <tr> <td>Altura del banco, en m (Hbanco)</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Valor calculado (x/Hbanco)</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>Muy cerca (x/Hbanco &lt; 10%)</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Cerca (10% &lt; x/Hbanco &lt; 25%)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Media (25% &lt; x/Hbanco &lt; 50%)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Lejos (50% &lt; x/Hbanco &lt; 150%)</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Muy lejos (x/Hbanco &gt; 150%)</td> <td>0,01</td> </tr> </table>		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/Hbanco) (e-banco)	Dato-Valor	e-banco	Distancia promedio al banco, en m (x)	1	10	Altura del banco, en m (Hbanco)	30	Valor calculado (x/Hbanco)	3,3	Muy cerca (x/Hbanco < 10%)	10	Cerca (10% < x/Hbanco < 25%)	5	Media (25% < x/Hbanco < 50%)	1	Lejos (50% < x/Hbanco < 150%)	0,1	Muy lejos (x/Hbanco > 150%)	0,01		
Cercanía de la máquina al pie del banco (x/Hbanco) (e-banco)	Dato-Valor	e-banco																					
Distancia promedio al banco, en m (x)	1	10																					
Altura del banco, en m (Hbanco)	30																						
Valor calculado (x/Hbanco)	3,3																						
Muy cerca (x/Hbanco < 10%)	10																						
Cerca (10% < x/Hbanco < 25%)	5																						
Media (25% < x/Hbanco < 50%)	1																						
Lejos (50% < x/Hbanco < 150%)	0,1																						
Muy lejos (x/Hbanco > 150%)	0,01																						
<table border="1"> <tr> <th>valor de Emaq-ban</th> <th>Emaq-ban</th> <th>Emaq-ban</th> </tr> <tr> <td><math>Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a-banco)</math></td> <td><b>0,2691</b></td> <td>rango de 0,00025 a 10</td> </tr> </table>		valor de Emaq-ban	Emaq-ban	Emaq-ban	$Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a-banco)$	<b>0,2691</b>	rango de 0,00025 a 10																
valor de Emaq-ban	Emaq-ban	Emaq-ban																					
$Emaq-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a-banco)$	<b>0,2691</b>	rango de 0,00025 a 10																					
<b>Calculo de Eper-ban</b>		<b>Daño potencial: ¿Incidirá la masa deslizada sobre una persona? (Eper-ban)</b>																					
<table border="1"> <tr> <th>Volumen total de masa deslizable</th> <th>valor</th> <th>a banco</th> </tr> <tr> <td>&lt;0,1 m3</td> <td>1</td> <td rowspan="4">2,5</td> </tr> <tr> <td>0,1-5 m3</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>5-50 m3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>&gt;50 m3</td> <td>2,5</td> </tr> </table>		Volumen total de masa deslizable	valor	a banco	<0,1 m3	1	2,5	0,1-5 m3	1,5	5-50 m3	2	>50 m3	2,5										
Volumen total de masa deslizable	valor	a banco																					
<0,1 m3	1	2,5																					
0,1-5 m3	1,5																						
5-50 m3	2																						
>50 m3	2,5																						
<table border="1"> <tr> <th>Velocidad de deslizamiento visualizada (v)</th> <th>valor</th> <th>b-banco</th> </tr> <tr> <td>&lt;13 m/mes</td> <td>0,1</td> <td rowspan="5">1</td> </tr> <tr> <td>&gt;13 m/mes &lt; 1,8 m/h</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>&gt;1,8 m/h &lt; 3 m/min</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>&gt;3 m/min &lt; 5 m/s</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Sin determinar &gt;5 m/s</td> <td>1</td> </tr> </table>		Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco	<13 m/mes	0,1	1	>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2	>1,8 m/h < 3 m/min	0,5	>3 m/min < 5 m/s	0,75	Sin determinar >5 m/s	1								
Velocidad de deslizamiento visualizada (v)	valor	b-banco																					
<13 m/mes	0,1	1																					
>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2																						
>1,8 m/h < 3 m/min	0,5																						
>3 m/min < 5 m/s	0,75																						
Sin determinar >5 m/s	1																						
<table border="1"> <tr> <th>% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)</th> <th>Dato</th> <th>c-banco</th> </tr> <tr> <td>Dias/año</td> <td>180</td> <td rowspan="3">16,44</td> </tr> <tr> <td>Relevos/día</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Horas/relevo</td> <td>8</td> </tr> </table>		% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco	Dias/año	180	16,44	Relevos/día	1	Horas/relevo	8	Acceso a máquina sobre propio talud											
% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)	Dato	c-banco																					
Dias/año	180	16,44																					
Relevos/día	1																						
Horas/relevo	8																						
<table border="1"> <tr> <th>% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)</th> <th>Dato</th> <th>d-banco</th> </tr> <tr> <td>Ancho de persona, en m (Fijo: 1 m)</td> <td>1</td> <td rowspan="2">0,6</td> </tr> <tr> <td>Longitud de banco analizado, en m</td> <td>168</td> </tr> </table>		% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco	Ancho de persona, en m (Fijo: 1 m)	1	0,6	Longitud de banco analizado, en m	168														
% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)	Dato	d-banco																					
Ancho de persona, en m (Fijo: 1 m)	1	0,6																					
Longitud de banco analizado, en m	168																						
<table border="1"> <tr> <th>Cercanía de la persona al pie del banco (x/Hbanco) (e-banco)</th> <th>Dato-Valor</th> <th>e-banco</th> </tr> <tr> <td>Distancia promedio al banco, en m (x)</td> <td>10</td> <td rowspan="5">1</td> </tr> <tr> <td>Altura del banco, en m (Hbanco)</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Valor calculado (x/Hbanco)</td> <td>33,3</td> </tr> <tr> <td>Muy cerca (x/Hbanco &lt; 10%)</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Cerca (10% &lt; x/Hbanco &lt; 25%)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Media (25% &lt; x/Hbanco &lt; 50%)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Lejos (50% &lt; x/Hbanco &lt; 150%)</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Muy lejos (x/Hbanco &gt; 150%)</td> <td>0,01</td> </tr> </table>		Cercanía de la persona al pie del banco (x/Hbanco) (e-banco)	Dato-Valor	e-banco	Distancia promedio al banco, en m (x)	10	1	Altura del banco, en m (Hbanco)	30	Valor calculado (x/Hbanco)	33,3	Muy cerca (x/Hbanco < 10%)	10	Cerca (10% < x/Hbanco < 25%)	5	Media (25% < x/Hbanco < 50%)	1	Lejos (50% < x/Hbanco < 150%)	0,1	Muy lejos (x/Hbanco > 150%)	0,01		
Cercanía de la persona al pie del banco (x/Hbanco) (e-banco)	Dato-Valor	e-banco																					
Distancia promedio al banco, en m (x)	10	1																					
Altura del banco, en m (Hbanco)	30																						
Valor calculado (x/Hbanco)	33,3																						
Muy cerca (x/Hbanco < 10%)	10																						
Cerca (10% < x/Hbanco < 25%)	5																						
Media (25% < x/Hbanco < 50%)	1																						
Lejos (50% < x/Hbanco < 150%)	0,1																						
Muy lejos (x/Hbanco > 150%)	0,01																						
<table border="1"> <tr> <th>valor de Eper-ban</th> <th>Eper-ban</th> <th>Eper-ban</th> </tr> <tr> <td><math>Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (1a)</math></td> <td><b>0,0024</b></td> <td>rango de 0,00025 a 10</td> </tr> </table>		valor de Eper-ban	Eper-ban	Eper-ban	$Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (1a)$	<b>0,0024</b>	rango de 0,00025 a 10																
valor de Eper-ban	Eper-ban	Eper-ban																					
$Eper-ban = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (1a)$	<b>0,0024</b>	rango de 0,00025 a 10																					
<table border="1"> <tr> <th>CÁLCULO DE Eban</th> <th>Eban</th> <th>Eban</th> </tr> <tr> <td><math>Eban = 10 - [(10 - Emaq-banco) * (10 - Eper-banco) / 10]</math></td> <td><b>0,271</b></td> <td></td> </tr> </table>		CÁLCULO DE Eban	Eban	Eban	$Eban = 10 - [(10 - Emaq-banco) * (10 - Eper-banco) / 10]$	<b>0,271</b>																	
CÁLCULO DE Eban	Eban	Eban																					
$Eban = 10 - [(10 - Emaq-banco) * (10 - Eper-banco) / 10]$	<b>0,271</b>																						
<b>Calculo de F</b>		<b>Historial de deslizamientos (F)</b>																					
<table border="1"> <tr> <th>Historial de deslizamientos</th> <th>valor</th> <th>F</th> </tr> <tr> <td>No se han registrado</td> <td>0,75</td> <td rowspan="6">1,2</td> </tr> <tr> <td>Muy pocos incidentes (2 máx./año)</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>No hay datos ni observaciones fiables</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ocasionales (6 máx./año)</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>Muy pocos deslizamientos sin accidentes (&gt;6 máx./año)</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>Deslizamientos frecuentes con al menos 1 accidente (&gt;6 máx./año)</td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td>Deslizamientos muy frecuentes provocando más de un accidente</td> <td>1,5</td> </tr> </table>		Historial de deslizamientos	valor	F	No se han registrado	0,75	1,2	Muy pocos incidentes (2 máx./año)	0,9	No hay datos ni observaciones fiables	1	Ocasionales (6 máx./año)	1,1	Muy pocos deslizamientos sin accidentes (>6 máx./año)	1,2	Deslizamientos frecuentes con al menos 1 accidente (>6 máx./año)	1,4	Deslizamientos muy frecuentes provocando más de un accidente	1,5				
Historial de deslizamientos	valor	F																					
No se han registrado	0,75	1,2																					
Muy pocos incidentes (2 máx./año)	0,9																						
No hay datos ni observaciones fiables	1																						
Ocasionales (6 máx./año)	1,1																						
Muy pocos deslizamientos sin accidentes (>6 máx./año)	1,2																						
Deslizamientos frecuentes con al menos 1 accidente (>6 máx./año)	1,4																						
Deslizamientos muy frecuentes provocando más de un accidente	1,5																						
<table border="1"> <tr> <th>valor de F según tabla</th> <th>F</th> <th>F</th> </tr> <tr> <td></td> <td><b>1,2</b></td> <td></td> </tr> </table>		valor de F según tabla	F	F		<b>1,2</b>																	
valor de F según tabla	F	F																					
	<b>1,2</b>																						

Explotación: LOECHES	Localización: Loeches (Madrid)								
Frete: ORIENTAL	Orientación: N15º E								
<b>CALCULO INDICES LARCAQ</b>									
Factor A	9,5								
Factor B	4,6								
Factor C	5,5								
Factor D <sub>ban</sub>	1,5								
Factor E <sub>ban</sub>	0,27								
Factor E <sub>banco-per.</sub>	0,00								
Factor E <sub>banco-máq.</sub>	0,27								
Factor F	1,2								
LARCAQ <sub>banco</sub> Básico (%)	<b>3,6</b>								
LARCAQ <sub>banco</sub>	<b>117,3</b>	Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por deslizamiento (LARCAQ/10.000)=							<b>0,01173</b>
		DICTAMEN	MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO	
LARCAQ <sub>banco</sub> máquina	<b>116,3</b>	Valor	<10	10-25	26-100	<b>101-250</b>	251-1000	>1000	
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Que la excavadora solo retire material de lejos del frente, parar en época de lluvia fuerte, etc..	<b>Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, drenajes en cabecera, etc.</b>	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.	
LARCAQ <sub>banco</sub> persona	<b>1,1</b>	Valor	<4	4-10	11-40	41-100	101-400	>400	
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Limitar el paso de personal en época de lluvia y tras las voladuras	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, drenajes en cabecera, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.	

**J. FICHAS LARCAQ EXPLOTACION  
GRACISA**

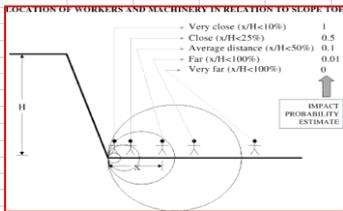
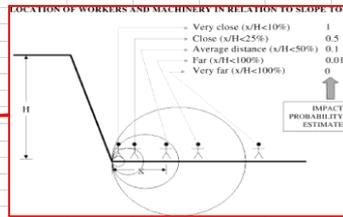


Explotación: GRACISA		Localización: Fuentidueña de Tajo (Madrid)	
Frente: SUROESTE		Orientación: N75º E	
Calculo de <b>C</b>		¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren el talud?	
<b>Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)</b>	valor	a	
<50 mm	0,1	2	
50-80 mm	0,4		
80-110 mm	2		
110-150 mm	4		
>150 mm	6		
<b>Periodo promedio en días libre de heladas para 0ºC (b)</b>	valor	b	
>300	0,1	1	
250-300	0,4		
200-250	1		
150-200	2		
<150	2,5		
<b>Presencia de agua en el talud (c)</b>	valor	c	
Seco, con drenes. Material acuífugo	0	0,3	
Seco, sin drenes	0,1		
Saturación alcanza 1/3H	0,3		
Saturación alcanza 2/3H	0,75		
Saturación. Flujos continuos	1		
<b>Grado de meteorización/erosión (d)</b>	valor	d	
No afectado	0	0,7	
Ligero	0,1		
Moderado	0,3		
Alto	0,7		
Descompuesto	1		
<b>Sobrecargas en cabeza de talud (&lt; H) (e)</b>	valor	d	
Inexistencia de sobrecargas estáticas	0,1	0,3	
Existencia bajas sobrecargas estáticas (<1 kt/m2)	0,3		
Existencia moderadas sobrecargas estáticas (1-5 kt/m2)	1		
Existencia elevadas sobrecargas estáticas (>5 kt/m2)-Existencia moderadas cargas dinámicas-Moderado riesgo sísmico	1,5		
Existencia fuertes cargas dinámicas-Alro riesgo sísmico	2		
valor de <b>C</b> C = a+b+c+d+e	<b>C</b>	<b>4,3</b>	rango de 0 a 10
Calculo de <b>Dban</b>		¿Llegarán a la zona de trabajo las masas deslizables que caen del banco con posibilidad de causar daño?	
<b>Pendiente de banco (ab)</b>	valor	ab	
0-15º	0,1	0,3	
15-35º	0,3		
35-60º	0,5		
60-80º	0,8		
>80º	1		
<b>Altura de banco (bb)</b>	valor	bb	
3 m	0,15	1	
3-5 m	0,6		
5-10 m	0,75		
10-15 m	0,8		
>15 m	1		
<b>Irregularidad cara banco (cb)</b>	valor	Cb	
Muy baja	0,7	0,75	
Baja	0,75		
Media	0,8		
Alta	0,9		
Muy alta	1		
<b>Saneado del banco (db)</b>	valor	db	
Siempre	0,2	1	
General	0,5		
Ocasional	0,7		
Rara vez	0,9		
Nunca- Maquinaria inapropiada	1		
Tanto por 1 del tiempo en que el banco del trabajo presenta la orientación que se analiza	valor	eb	
Nº días trabajo en talud esta orientación	160	0,67	
Días laborables/año	240		
valor de <b>Dban</b> Dban = 10 * (ab*bb*cb*db*eb)	<b>Dban</b>	<b>1,5</b>	rango de 0 a 10



VERY LOW- More than 80% of half-barrels related to blast-hole length are observed in the slope face.  
 LOW- Between 40 and 80 % of half-barrels can be observed in the slope face.  
 AVERAGE- Between 10 and 40 % of half-barrels can be observed in the slope face. A shotcrete layer up to 20 cm is enough to give a locally smooth face.  
 HIGH- A shotcrete layer between 20 and 50 cm is needed to give a locally smooth face. Maximum depth of overhangs is 0.5 m.  
 VERY HIGH- Overhang depth over 0.5 m.

Explotación: GRACISA		Localización: Fuentidueña de Tajo (Madrid)	
Frente: SUROESTE		Orientación: N75° E	
Cálculo de <b>E<sub>maq-ban</sub></b>		Daño potencial: ¿Incidirá la masa deslizada sobre una máquina? (E <sub>maq-ban</sub> )	
<b>Volumen total de masa deslizable</b>	valor	a-banco	
<0,1 m3	1	2,5	
0,1-5 m3	1,5		
5-50 m3	2		
>50 m3	2,5		
<b>Velocidad de deslizamiento visualizada (v)</b>	valor	b-banco	
<13 m/mes	0,1	1	
>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2		
>1,8 m/h < 3 m/min	0,5		
>3 m/min < 5 m/s	0,75		
Sin determinar o >5 m/s	1		
<b>% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)</b>	Dato	c-banco	
Días/año	192	26,3	
Relevos/día	1,5		
Horas/relevo	8		
<b>% de ocupación de la máquina frente a la longitud general del banco (d-banco)</b>	Dato	d-banco	
Ancho de máquina-s, en m	17	10,0	
Longitud de banco analizado, en m	170		
<b>Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H<sub>banco</sub>) (e-banco)</b>	Dato-Valor		
Distancia promedio al banco, en m (x)	3	10	
Altura del banco, en m (H <sub>banco</sub> )	20		
Valor calculado (x/H <sub>banco</sub> )	15,0		
Muy cerca (x/H <sub>banco</sub> < 10%)	10		
Cerca (10% < x/H <sub>banco</sub> < 25%)	5		
Media (25% < x/H <sub>banco</sub> < 50%)	1		
Lejos (50% < x/H <sub>banco</sub> < 150%)	0,1		
Muy lejos (x/H <sub>banco</sub> > 150%)	0,01		
<b>valor de E<sub>maq-ban</sub></b>	E <sub>maq-ban</sub>	E <sub>maq-ban</sub>	
E <sub>maq-ban</sub> = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (a-banco)	<b>0,6575</b>		rango de 0,00025 a 10
Cálculo de <b>E<sub>per-ban</sub></b>		Daño potencial: ¿Incidirá la masa deslizada sobre una persona? (E <sub>per-ban</sub> )	
<b>Volumen total de masa deslizable</b>	valor	a-banco	
<0,1 m3	1	2,5	
0,1-5 m3	1,5		
5-50 m3	2		
>50 m3	2,5		
<b>Velocidad de deslizamiento visualizada (v)</b>	valor	b-banco	
<13 m/mes	0,1	1	
>13 m/mes < 1,8 m/h	0,2		
>1,8 m/h < 3 m/min	0,5		
>3 m/min < 5 m/s	0,75		
Sin determinar o >5 m/s	1		
<b>% del tiempo que está la persona debajo banco (c-banco)</b>	Dato	c-banco	
Días/año	192	17,53	
Relevos/día	1		
Horas/relevo	8		
<b>% de ocupación de persona frente a la longitud general del banco (d-banco)</b>	Dato	d-banco	
Ancho de persona, en m (Fijo: 1 m)	1	0,6	
Longitud de banco analizado, en m	170		
<b>Cercanía de la persona al pie del banco (x/H<sub>banco</sub>) (e-banco)</b>	Dato-Valor		
Distancia promedio al banco, en m (x)	10	1	
Altura del banco, en m (H <sub>banco</sub> )	20		
Valor calculado (x/H <sub>banco</sub> )	50,0		
Muy cerca (x/H <sub>banco</sub> < 10%)	10		
Cerca (10% < x/H <sub>banco</sub> < 25%)	5		
Media (25% < x/H <sub>banco</sub> < 50%)	1		
Lejos (50% < x/H <sub>banco</sub> < 150%)	0,1		
Muy lejos (x/H <sub>banco</sub> > 150%)	0,01		
<b>valor de E<sub>per-ban</sub></b>	E <sub>per-ban</sub>	E <sub>per-ban</sub>	
E <sub>per-ban</sub> = e-banco * (c-banco/100) * (d-banco/100) * (fa)	<b>0,0026</b>		rango de 0,00025 a 10
<b>CÁLCULO DE E<sub>ban</sub></b> = 10 - [(10 - E <sub>maq-banco</sub> ) * (10 - E <sub>per-banco</sub> ) / 10]	E <sub>ban</sub>	<b>0,66</b>	
Cálculo de <b>F</b>		Historial de deslizamientos (F)	
<b>Historial de deslizamientos</b>	valor	F	
No se han registrado	0,75	1,1	
Muy pocos incidentes (2 máx./año)	0,9		
No hay datos ni observaciones fiables	1		
Ocasionales (6 máx./año)	1,1		
Muy pocos deslizamientos sin accidentes (>6 máx./año)	1,2		
Deslizamientos frecuentes con al menos 1 accidente (>6 máx./año)	1,4		
Deslizamientos muy frecuentes provocando más de un accidente	1,5		
<b>valor de F según tabla</b>	<b>F</b>	<b>1,1</b>	



Explotación: GRACISA		Localización: Fuentidueña de Tajo (Madrid)							
Frete: SUROESTE		Orientación: N75° E							
<b>CALCULO INDICESLARCAQ</b>									
Factor A	2,5								
Factor B	5,6								
Factor C	4,3								
Factor D <sub>ban</sub>	1,5								
Factor E <sub>ban</sub>	0,660								
Factor E <sub>banco-per.</sub>	0,00257857								
Factor E <sub>banco-máq.</sub>	0,65753425								
Factor F	1,1								
LARCAQ <sub>banco</sub> Básico (%)	<b>0,9</b>								
LARCAQ <sub>banco</sub>	<b>66,0</b>	Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques (LARCAQ/10.000)=							<b>0,00660</b>
		DICTAMEN	MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO	
LARCAQ <sub>banco</sub> máquina	<b>65,7</b>	Valor	<10	10-25	26-100	101-250	251-1000	>1000	
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Que la excavadora solo retire material de lejos del frente, parar en época de lluvia fuerte, etc..	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, drenajes en cabecera, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.	
LARCAQ <sub>banco</sub> persona	<b>0,3</b>	Valor	<4	4-10	11-40	41-100	101-400	>400	
		Acción preventiva	Sin acción	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Limitar el paso de personal en época de lluvia y tras las voladuras	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, drenajes en cabecera, etc.	Requiere rediseño, disminuir la altura de banco, regularizar saneo, etc..	Revisión del plan de labores (reorientación de sentido de avance, modificación de parámetros constructivos hueco minero), rediseño de voladura tipo, etc.	

