



Red DESIR

**MÁSTER INTERNACIONAL
APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS
RECURSOS MINERALES**

**Línea:
Minería y Medio Ambiente**

TESIS DE MAESTRÍA

**INDICE DE EVALUACION DEL RIESGO DE
ACCIDENTES POR DESPRENDIMIENTOS EN
CANTERAS DE ROCA**

Juan Manuel Rodríguez Zavala

marzo 2006



Universidad
de Vigo



CURSO 2005-2006

**MÁSTER INTERNACIONAL
APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS
MINERALES**

Como director del Trabajo,
Autorizo la presentación de la Tesis de Maestría

*Índice de evaluación de riesgos de accidentes por desprendimientos en
canteras de roca*

Realizado por
Juan Manuel Rodríguez Zavala

y bajo mi dirección
Leandro R. Alejano Monje



Firmado: **Prof. Leandro R. Alejano Monje**
Fecha: 15 de Febrero de 2006

Red DESIR

Constituido el tribunal nombrado por el Coordinador Internacional del Programa de Máster Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales, el día 31 de marzo de 2006

Presidente: Daniel Córdova

Vocal: Eduardo Rudio

Secretario: Juan Antonio Espi Rodríguez

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis de Maestría el día el día 31 de marzo de 2006



EL PRESIDENTE



LOS VOCALES

EL SECRETARIO



ABSTRACT

In Galicia can be found around 280 quarries and open pits excavated in rock, most of them are ornamental rock and construction aggregates exploitations. 6100 people work in these mines and 35% are exposed to rock fall accidents; this percentage increases up 80% for the case of aggregates quarries. This phenomenon is now in the work safety statistics. The present work is part of wider project sponsored by the Xunta de Galicia through the University of Vigo, ETSI de Minas, entitled “**An index to assess the risk of accident due to rock fall in Galician quarries**”, where an empirical method to evaluate that risk (ROFRAQ) has been created and is being now fine tuned, with the aim of detecting the riskier slopes and propose corrective measures in order to improve the safety standards. Within this frame, the thesis here presented analyzes two of these quarries, adding more than 35 new slopes to the information existing so far. The analyzed mines presents a low risk of accidents so no safety measures seem to be needed. Finally, results are compared to other rock fall hazard assessment empirical methods focusing roads, showing a good agreement.

RESUMEN

En Galicia existen alrededor de 280 canteras y minas a cielo abierto excavadas en roca, la mayoría de ellas dedicadas a las rocas ornamentales y a la producción de áridos, en ellas 6100 personas laboran, un 35% de las cuales están expuestas a los accidentes por caídas de rocas, alcanzando este porcentaje el 80% en el caso de los áridos. Este fenómeno esta identificado ahora por las estadísticas. El presente trabajo pretende ser parte de un aun mayor proyecto subvencionado por la Xunta de Galicia a través de la universidad de Vigo, ETSI de Minas, titulado “**Índice de evaluación del riesgo asociado a caídas de bloques en canteras de Galicia**”, en el que se ha propuesto y se esta ajustando un método empírico de estimación del riesgo de accidentes por desprendimientos (ROFRAQ), al objeto de detectar los taludes de mayor riesgo y proponer algunas medidas correctoras. En este marco, la tesis que se presenta analiza dos explotaciones de áridos, proporcionando más de 35 nuevos taludes a la base de datos ya existente. Las canteras analizadas presentan un nivel de riesgo bajo por lo que no son necesarias medidas correctoras. Finalmente los resultados obtenidos se comparan con otros métodos de estimación de riesgo por desprendimientos enfocados a carreteras, habiéndose obtenido un grado de similitud razonable.

INDICE

1.	Introducción.....	9
2.	Estado del arte.....	14
	2.1. Historia de los criterios de evaluación.....	14
	2.1.1. RHRS (Rockfall Hazard Rating System).....	14
	2.1.2. RHRON (Ontario Rockfall Hazard Rating System).....	15
	2.2. Análisis de trayectoria de rocas que caen.....	15
	2.3. Análisis de los movimientos de rocas desprendidas.....	20
	2.3.1. Caída libre.....	21
	2.3.2. Rebote.....	22
	2.3.3. Movimiento de rodadura y deslizamiento.....	25
	2.3.4. Trayectorias en general.....	29
	2.4. Modelos para analizar las trayectorias de bloques.....	30
	2.4.1. Modelos de partícula.....	31
	2.4.2. Modelos rigurosos.....	31
	2.4.3. Ejemplo de código de partícula.....	33
	2.5. Estimación de parámetros.....	36
	2.5.1. Coeficientes de restitución.....	36
	2.5.2. Ensayos de laboratorio para determinar el coeficiente de restitución.....	36
	2.5.2.1. Bolas esféricas sobre baldosas lisas.....	38
	2.5.2.2. Bolas y bloques rugosos sobre baldosas rugosas.....	38
	2.5.3. Estimación del coeficiente de fricción frente a la rodadura.....	39
	2.6. Normativas.....	39
	2.7. Métodos de protección.....	42
3.	Metodología.....	49
	3.1. RHRS.....	49
	3.1.1. Clasificación.....	49
	3.1.2. Estimación de los parámetros.....	50
	3.2. RHRON.....	53
	3.2.1. Clasificación.....	53
	3.2.2. Estimación de los parámetros.....	53
	3.3. ROFRAQ.....	57
	3.3.1. Generalidades.....	57
	3.3.2. Estructura del ROFRAQ.....	57
	3.3.3. Fuente de información y datos.....	59
	3.3.4. Estimación de ROFRAQ.....	61
	3.3.4.1. ¿Existen bloques más o menos separados del macizo rocoso?.....	61
	3.3.4.2. ¿Son estos bloques potencialmente inestables?.....	63
	3.3.4.3. ¿Se puede producir un fenómeno desestabilizador sobre esos bloques?.....	64
	3.3.4.4. ¿Llega alguno de los bloques de roca inestables a la plaza de la cantera?	64
	3.3.4.5. ¿Impactan los bloques que llegan abajo con una máquina o un trabajador?	65
	3.3.4.6. Historia de desprendimientos en la cantera.....	65
	3.3.4.7. ROFRAQ básico y ROFRAQ.....	65

4.	Descripción de las canteras.....	66
	4.1. Localización.....	66
	4.1.1. PO-03 Cantera Berducido.....	66
	4.1.2. PO-04 Cantera Cartelle.....	67
	4.2. Descripción.....	67
	4.2.1. PO-03 Cantera berducido.....	67
	4.2.2. PO-04 Cantera Cartelle.....	68
5.	Trabajos de campo.....	70
6.	Presentación de resultados.....	75
	6.1. PO-03, Cantera Berducido.....	75
	6.1.1. Discontinuidades.....	75
	6.1.1.1. Familia de discontinuidades.....	75
	6.1.1.2. Valoración de las discontinuidades.....	78
	6.1.2. Valoración de los bancos según métodos.....	80
	6.2. PO-04, Cantera Cartelle.....	85
	6.2.1. Discontinuidades.....	85
	6.2.1.1. Familia de discontinuidades.....	85
	6.2.1.2. Valoración de las discontinuidades.....	88
	6.2.2. Valoración de los bancos según métodos.....	90
	6.2.3. Aplicación de ROFRAQ para taludes.....	95
7.	Análisis y recomendaciones.....	98
	7.1. PO-03 Cantera Berducido.....	98
	7.1.1. Análisis de bancos.....	98
	7.2. PO-04 Cantera Cartelle.....	101
	7.2.1. Análisis de Bancos.....	101
	7.2.2. Análisis de taludes.....	103
8.	Conclusiones.....	110
	8.1. Por cantera.....	110
	8.1.1. PO-03 Berducido.....	110
	8.1.2. PO-04 Cartelle.....	111
	8.2. De la metodología.....	112
	8.2.1. RHRS.....	112
	8.2.2. RHRON.....	112
	8.2.3. ROFRAQ.....	113
	8.3. Del proyecto principal.....	113
9.	Referencias bibliográficas.....	114

Anexos.

1 Introducción

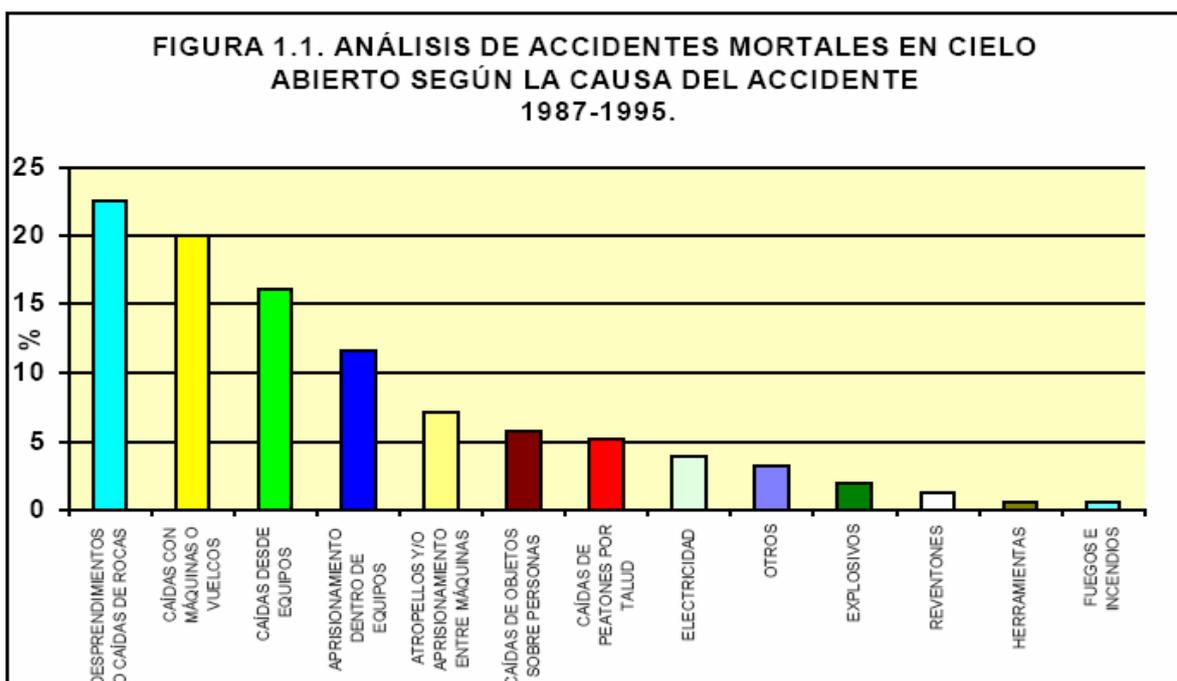
El medio ambiente ha sido peligroso desde los albores de la humanidad y aun a pesar de los progresos técnicos, todavía persisten un buen número de riesgos severos, algunos de los cuales han venido originados por el propio progreso. Para controlar el riesgo asociado a cada problema específico, el tema debe ser analizado con rigor científico y técnico.

Los desprendimientos o caídas de bloques son un riesgo en explotaciones mineras a cielo abierto, que ocurren de forma relativamente común aunque en la mayor parte de los casos ni suelen producir accidentes ni afectar a las labores mineras. No obstante pueden causar interrupciones del trabajo, dañando a la maquinaria y en el peor de los casos poner en peligro vidas humanas, ya sea por imprudencia, descuido, inadvertencia o simplemente mala suerte.

En la Comunidad Autónoma de Galicia, existen actualmente unas 280 explotaciones a cielo abierto excavadas en roca, lo que representa aproximadamente el 85 % de todas las explotaciones mineras de la Comunidad (Consejo Superior de Colegio de Ingenieros de Minas, 1996). De estas 280 explotaciones, hay unas 170 de granitos (ornamental y para áridos), unas 70 de pizarra ornamental y 20 de caliza. El resto son explotaciones de minerales industriales como cuarzo, feldespatos, cuarcita y serpentina; a parte de las dos grandes explotaciones de lignitos. Salvo estas últimas, se trata de explotaciones relativamente pequeñas y consecuentemente poco tecnificadas (Xunta de Galicia, 1991). En todas estas minas trabajan aproximadamente unas 6100 personas, 2160 en explotaciones de lignitos, 110 en explotaciones de feldespatos y cuarzo, y el resto 3830, en canteras (Xunta de Galicia, 1991). Dependiendo del tipo de explotación (con excepción de las canteras de granito ornamental), entre un 35 a 25% del personal estarían hipotéticamente expuestos a caídas de bloques, es decir, el personal que se encuentra trabajando directamente en el frente, como palistas, perforadores, picadores, conductores, cortadores de hilo diamantado, supervisores y otros. Para canteras de granito, prácticamente el 80% del personal está hipotéticamente expuesto a caídas de bloques. De acuerdo con lo anterior, se puede decir, que en Galicia, existe un número aproximado de 3700 personas que están hipotéticamente expuestos a desprendimientos, fenómeno que ha entrado en las estadísticas de siniestralidad, al menos para la Provincia de Pontevedra en Galicia, como lo muestra un estudio realizado por Rey Saíz (2000) que indica que en los últimos 18 años, han ocurrido 7 accidentes a personas por fenómenos de inestabilidad de taludes, de los cuales 4 fueron debidos a roturas

generales de taludes y los restantes 3 a desprendimiento de bloques, de un total de 30 accidentes, es decir, el 10% del total de accidentes ocurridos en los últimos 18 años, se debieron a fenómenos de desprendimientos. A la estadística anterior faltarían por añadir los daños que en mayor o menor grado afectan a la maquinaria, lo cual obviamente es más difícil de cuantificar, ya que no suelen aparecer en los informes, tratándose muchas veces de golpes menores. A la luz de los resultados de estas estadísticas y ante la inexistencia o desconocimiento de alguna herramienta técnica que permitiera evaluar estos fenómenos en explotaciones a cielo abierto, surge la idea de llevar a cabo un proyecto de investigación, este proyecto en su totalidad necesita de información para lograr evaluar los riesgos y fenómenos de desprendimientos envueltos en las canteras, por lo que de forma particular este trabajo pretende colaborar con la aportación de nueva información proveniente de dos canteras (Cantera de Berducido y cantera de Cartelle) y obtener además las condiciones actuales de trabajo.

Según la ANEFA (1999) en un estudio a nivel de todo el Estado Español, para establecer de una manera clara los riesgos para la seguridad de las canteras se debe, en primer lugar, analizar las estadísticas de accidentes elaboradas por la Comisión de Seguridad Minera. Del análisis de las estadísticas, se observa un importante descenso de la tasa de mortandad en todos los ámbitos mineros en los últimos años como consecuencia de la aplicación y control, cada vez más estricto. La tasa media de mortandad en canteras y graveras ha disminuido de 1,13 en el período 1970-1974 a 0,41 en el período 1991-1995 y, en el conjunto de la minería, de 0,80 a 0,45,



respectivamente. En el año 1995, se registró, en el subsector canteras, la tasa más baja, 0,23, desde el año 1983.

Siempre según la ANEFA y en la Tabla 1.1, "Análisis de Accidentes Mortales en Cielo Abierto 1987-1995" puede verse la distribución de la mortandad por "causas del accidente" lo que se refleja también en la Figura 1.1.

El análisis de los citados cuadros y gráficos permite conocer los principales riesgos presentes, determinar las causas de los accidentes. Las cuatro principales causas generan el 70,3% de los accidentes mortales:

- **Desprendimiento o caída de rocas** (22,6%)
- Caídas con máquinas y vuelcos (20,0%)
- Caídas desde equipos (máquinas e instalaciones) (16,1%)
- Aprisionamiento dentro de equipos (máquinas e instalaciones) (11,6%)

A continuación, en un segundo nivel, cinco causas generan el 25,2% de los accidentes mortales:

- Atropello y aprisionamiento entre máquinas (7,1%)
- Caídas de objetos sobre personas (5,8%)
- Caídas de peatones por talud (5,2%)
- Electricidad (3,9%) y
- Otros (3,2%).

El tercer nivel está prefijado por el 4,5% restante, que corresponde a accidentes originados por explosivos, reventones, fuegos o incendios y uso de herramientas. Se observa que los accidentes mortales, según los distintos tipos de operaciones efectuadas en las explotaciones, se distribuyen de manera homogénea, oscilando entre 14,2% (transporte y otros) y 19,4% (carga). Los producidos en operaciones con maquinaria auxiliar (1,3%) se sitúan en un nivel inferior.

Finalmente, un análisis más detallado por el tipo de operación conduce a establecer en cada una de ellas, las causas que generan un mayor grado de accidentes mortales:

- En la operación de arranque, un 62,1% de los accidentes mortales son originados por "desprendimientos o caídas de rocas"
- En la carga, un 63,3% de los accidentes mortales son debidos a "caídas con máquinas o vuelcos" y un 16,7% a "desprendimientos o caídas de rocas"
- En el transporte, un 54,5% se genera, igualmente, por "caídas con máquinas o vuelcos" y un 22,7% por "atropellos y/o aprisionamiento entre máquinas"

- En la planta de tratamiento, un 55,6% son accidentes producidos por "caídas desde equipos" y un 22,2% por "aprisionamiento dentro de equipos" como es el caso del típico accidente producido por intentar limpiar o desatascar una tolva sin las precauciones debidas
- En mantenimiento, las principales causas de accidentes son las mismas que en la planta de tratamiento, pero con unos porcentajes del 30,4 y del 43,5%, respectivamente.

Tabla 1.1. Análisis de accidentes mortales en cielo abierto en el período 1987-1995.

CAUSAS DEL ACCIDENTE	OPERACIÓN							TOTAL	%
	ARRAN- QUE	CAR- GA	TRANS- PORTE	MAQ. AUXIL.	PLAN- TA	MANTENI- MIENTO	OTROS		
DESPRENDIMIENTOS O CAÍDAS DE ROCAS	18	5	1		2		9	35	22,6
CAIDAS CON MÁQUINAS O VUELCOS		19	12					31	20,0
CAIDAS DESDE EQUIPOS (MÁQ. O INSTALACIONES)		1	1		15	7	1	25	16,1
APRISION. DENTRO DE EQUIPOS (MÁQ. O INST.)		1		1	6	10		18	11,6
ATROP. Y/O APRISION. ENTRE MÁQUINAS	2	1	5	1		1	1	11	7,1
CAIDAS DE OBJETOS SOBRE PERSONAS	3	1	1		2		2	9	5,8
CAIDAS DE PEATONES POR TALUD	3						5	8	5,2
ELECTRICIDAD			2		1	2	1	6	3,9
OTROS	1	2					2	5	3,2
REVENTONES	1					2		3	1,9
EXPLOSIVOS	1						1	2	1,3
FUEGOS E INCENDIOS					1			1	0,6
HERRAMIENTAS						1		1	0,6
TOTAL	29	30	22	2	27	23	22	155	100
%	18,7	19,4	14,2	1,3	17,4	14,8	14,2	100	

Es necesario, además, considerar todos aquellos accidentes e incidentes de menor gravedad que, ciertamente, se producen con mayor frecuencia, incidiendo muy directamente en la seguridad y la salud de los trabajadores.

Como demuestra este informe de siniestralidad en el periodo 1987-1995 y por tanto con un número de años suficientemente representativo; la primera causa de accidentes mortales en canteras en el territorio español durante la década analizada no fue otra que los desprendimientos. Además las siguientes tres causas más fuertes fueron las caídas de máquinas y desde máquinas e instalaciones y el aprisionamiento dentro de máquinas e instalaciones. Así para

controlar y disminuir el número de accidentes debidos a estas tres últimas causas habría que incidir más en la formación del personal, junto con las mejoras de diseño de los productores de maquinaria. Sin embargo para incidir en la disminución de los accidentes por desprendimientos es necesario la creación y puesta en funcionamiento de herramientas técnicas como la que desarrolla este proyecto.

Este informe de la ANEFA pone claramente de manifiesto la importancia de disponer de herramientas que permitan el análisis y control de los desprendimientos en explotaciones mineras, por tratarse como ha quedado demostrado de la primera causa de accidentes fatales en canteras.

Como en la actualidad no existe método alguno para calificar los riesgos en las canteras es necesario usar metodología existente como lo son RHRS (Rockfall Hazard Rating System) y RHRON (Ontario Rockfall Hazard Rating System), sin embargo esta metodología no tiene una eficacia relevante en su uso en canteras (esta metodología esta dirigida a las carreteras) y en la presente tesis se introduce la metodología ROFRAQ (ROckfall Risk Assesment for Quarries) que pretende ser una opción viable que abarque aquellos aspectos que no caben dentro de las metodologías anteriores. Los dos primeros métodos han sido utilizados por la Universidad de Vigo como base para el desarrollo de ROFRAQ que estima el riesgo de accidentes por desprendimiento de canteras mientras que RHRS y RHRON están enfocados hacia las carreteras, sin embargo gracias a modificaciones, estos han podido ser utilizados para una estimación y como comparativo del nuevo método, entiéndase entonces que aunque el RHRS y el RHRON mantienen sus principales características, los usados en este trabajo son modificaciones para poder adaptarlos a las condiciones de las canteras. La metodología que se muestra en el trabajo son extractos de la metodología original eliminando algunos parámetros que no tiene cabida dentro del estudio de canteras. Si el lector tiene interés en conocer mas acerca de los métodos RHRS y RHRON puede dirigirse a la bibliografía (Pierson, 1990 y Senior, 2002) para mayor detalle.

2 Estado del arte

2.1 Historia de los criterios de evaluación

2.1.1 RHRS (Rockfall Hazard Rating System)

Tabla 2.1.: Tabla de estimación de la clasificación detallada del RHRS Rockfall Hazard Rating System (Traducido de Pierson et al., 1990).

Categoría			Criterio de valoración y puntuación			
			3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud			25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción			Buena	Moderada	Limitada	Nula
Riesgo medio vehicular (AVR)			25% del tiempo	50% del tiempo	75% del tiempo	100% del tiempo
Porcentaje de la visibilidad (SD) frente a la distancia de reacción (DSD)			Suficiente visibilidad (100% DSD)	Moderada visibilidad (80% DSD)	Visibilidad limitada (60% DSD)	Visibilidad muy limitada (40% DSD)
Anchura de la calzada incluido el arcén			44 pies (13.4 m)	36 pies (11.0 m)	28 pies (8.5 m)	20 pies (6.1 m)
Geología	Caso 1	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
		Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
	Caso 2	Diferencias en características erosivas	Pocas diferencias en los rasgos erosivos	Ocasionales diferencias en los rasgos erosivos	Muchas diferencias en los rasgos erosivos	Grandes diferencias en los rasgos erosivos
		Diferencias en la velocidad de erosión	Poca diferencia	Moderada diferencia	Gran diferencia	Extrema diferencia
Tamaño del bloque individual			1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento			3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud			Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques			Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

El RHRS fue desarrollado a mediados de los años 80 y publicado en 1990 por Pierson et al., (1990), para evaluar el riesgo de caída de bloques en

las carreteras del Estado de Oregon, EEUU, las cuales están trazadas en montañas de origen ígneo-metamórfico que durante la época de invierno están afectadas por intensas lluvias. El método nació como respuesta a la necesidad de establecer una metodología para evaluar el riesgo por caídas de bloques en carreteras. Esta es la primera metodología para evaluar la caída de bloques publicada, la cual posteriormente fue llevada a los Estados de Washington, Nuevo México, Idaho, California y Colorado. (ver tabla 2.1).

2.1.2 RHRON (Ontario Rockfall Hazard Rating System).

El RHRON fue desarrollado a mediados de los años 90 y publicado por primera vez, en versión reducida, por Franklin y Senior (1997). El método RHRON se basa en el RHRS, método que se revisa, cambia y adapta a las condiciones del Estado canadiense de Ontario, no tan montañoso como el de Oregon. La versión que aquí se presenta es la propuesta por Senior (2002).

Estas categorías se valoran en el RHRON, en vez de exponencialmente, linealmente con un escala entre 0 = “bueno” y 9 = “malo”. En general este método resulta algo más complicado de aplicar que el RHRS, sin embargo, llevando la documentación necesaria al campo, su aplicación resulta viable. (ver tablas 2.2. y 2.3.).

2.2 Análisis de trayectoria de rocas que caen.

En el ámbito clásico de la mecánica de rocas se estudian las propiedades de las rocas y de los macizos rocosos, así como las técnicas de análisis de estabilidad de taludes, para saber si las fuerzas que actúan sobre los bloques o masas de roca pueden provocar su caída. El objetivo tradicional consiste en evitar movimientos en el macizo rocoso.

En el ámbito de la minería, lo principal es garantizar la estabilidad general del talud, haciendo ésta compatible con la explotación económica del recurso, pero no suele resultar posible asegurar la estabilidad de los bancos, pues ello originaría taludes muy tendidos y siempre ineconómicos. Esto hace que en los bancos siempre se produzcan fenómenos de inestabilidad locales, y en el caso de que los bloques originados por estas inestabilidades locales caigan y superen la berma de seguridad, pueden seguir su trayectoria hasta el fono de la explotación originando en el caso de impactar con maquinaria o personal accidentes de mayor o menor gravedad.

En la Fig. 2.1 se muestra un ejemplo de un desprendimiento en una cantera, mostrando la posible trayectoria de los bloques desprendidos.

Tabla 2.2: Planilla de datos de campo del RHRON. Cara 1. Según Senior (2002)

TRAMO		1	2	3	4	5	6	7	8	LOCALIZACIÓN		
Inicio de tramo m										Zona:		
Final de tramo m										Carretera:		Lado:
Longitud de tramo m										ΣLhaz m		
TIPO DE DESPRENDIMIENTO Y CANTIDAD S-Estable, C-Cuneta adecuada, R-Derrabe o "Ravelling", O-Erosión, I-Gelifracción, B.Bloque suelto, W –Rotura plana, P-rotura de cuña o pirámide, T-vuelco												
Mecanismo(s) SAROIWPT										V2 Qmax Máxima caída		m ³
Cantidad Qtot m ³										V3 ΣQtot Caídas totales		m ³
Altura m										V12 Altura (peor tramo)		m
Cang °										V13 Cang (peor tramo)		°
Czw m										V14 Czw (peor tramo)		m
MÉTODO(S) PROPUESTOS Y COSTES UNITARIOS DE TRATAMIENTO (evaluación preliminar para priorización) Cantidades por tramo.										Total todos los tramos	Precio unitario (€)	Costes euros
RETALUZADO POR MEDIOS MECÁNICOS O VOLADURAS (Para reducir el factor magnitud F1 en % =REMx1)												
Excavación mecánica	Máq./hora									175 €		
Excavación manual	Cuadr. / hora									120 €		
Voladura con precorte	m perforado									60 €		
Voladura de banco	m ³									25 €		
ESTABILIZACIÓN Y SOSTENIMIENTO (Para reducir el factor inestabilidad F2 en % =REMx2)												
Bulones	Cada uno									60 €		
Anclajes HT	m perforado									200 €		
Drenes	m perforado									50 €		
Gunita	m ²									45 €		
Mallazo	m ²									7 €		
Bandas	m lineal									15 €		
COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL (Para reducir el factor alcance F3 en % =REMx3)												
Zanja, roca blanda	m lineal									125 €		
Zanja, roca dura	m lineal									200 €		
Pantalla estática	m lineal									70 €		
Pantalla dinámica	m lineal									100 €		
Malla de recogida	m ²									40 €		
COLOCACIÓN DE SEÑALES, ALARMAS.. (Para reducir el factor consecuencias F4 en % =REMx4)										ΣREMx =	%	(max. 100%)
Costnet = ESTIMACIÓN TOTAL NETA (Sumatorio de los precios unitarios)												
Continge = multiplicador de contingencias de coste												
V20 Remcost = Coste total estimado de las medidas de remediación												
Notas del inspector:												
Recomendaciones realizadas por:						Fecha:						
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO – CARA 1												

Tabla 2.3: Planilla de datos de campo del RHRON detallado. (Senior, 2002).

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR Carretera: _____ Lado: _____ ZONA n°: _____			
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)
			bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m ³	m ³	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m ³	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a compresión simple	MPa	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φ _b °	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación mm/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φ _b = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P10 Sdur	Índice de durabilidad Slake (I _{d2})	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan ⁻¹ (V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Datos de tráfico	Czwd Ancho zona protección (diseño): m	ADT: vehículos/día	Psl(max vel) km/h
	ΣLhaz (desde lateral) m	DSD Distancia reacción: m	SD: visibilidad m
	Czw: m; Valor diseño inferior	Czwd: m; 100(Czw/Czwd) %	
P14 Czw	Diseño de la zona de protección	100(Czw/Czwd) %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de la cuneta	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P16 Ovsp	Material de rechazo de la cuneta potencial	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P17 Avr	Riesgo vehicular promedio	(ADTxΣLhaz)/24·Psl %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P18 Dsd	Visibilidad/ distancia reacción %	100 SD/DSD %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P19 Apw	Anchura pavimentada disponible	m	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P20 Remcost	ΣREMX (de la tabla): % Remcost V20 (de la tabla) €		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3	/ 9	
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4+ R5 + R6)/6	/9		
F2 Deslizamiento (plano, cuñas, tal. de muro) (R1+R9 +R11+R5+R6+R8)/6	/9		
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+R9 +R11+R4+ R7+R10)/6	/9		
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15 + R 16)/4	/ 9	
F4 Consecuencias	(R17 + R 18 + R 19)/3	/ 9	
RHRON = (F1 + F2 + F3 + F4)/ 4 _____ / 9 RHRON % _____%			
BENEFIT = RHRON * ΣRemx/100 _____ / 9 COSTBEN = R20/[RHRON*(ΣREMX/100)]: _____			
Evaluación realizada por:			Fecha:
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO — CARA 2			

También en regiones montañosas o sencillamente de topografía abrupta, no suele ser económicamente viable estabilizar o retaluzar todas aquellas zonas en las que se pueden producir fenómenos muy localizados de inestabilidad, por eso se también se están comenzando a investigar los problemas de desprendimientos en regiones de montaña pobladas (Alpes, Rocosas, Pirineos,...). En la fotografía de la Figura 2.2. se muestra un bloque de roca que afectó a una cabaña en la zona de las rocosas.

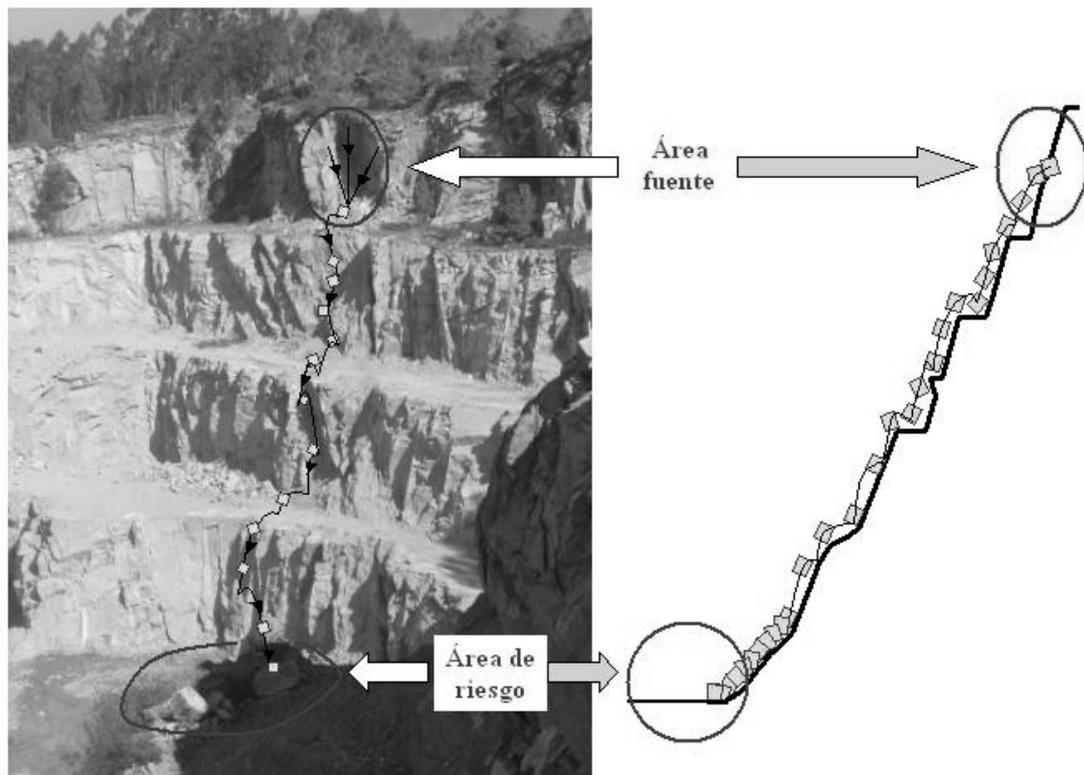


Figura 2.1. Trayectoria de desprendimiento de un bloque en una cantera.

En todos estos casos se producirán desprendimientos de bloques de roca, que pueden llegar a caer sobre personas y maquinaria en las explotaciones mineras, o sobre carreteras, infraestructuras, vehículos e incluso núcleos de población en estas zonas. Ciertamente el ámbito donde se ha estudiado por ahora con mayor detalle los desprendimientos es el de las vías de comunicación por dar lugar a fenómenos y accidentes más graves y comunes que en los hasta ahora comentados de la minería y las zonas de montaña. Véase como muestra accidentes de este tipo presentados en las fotografías de las Figuras 2.3. y 2.4.



Figura 2.2. Bloque caído en un zona de montaña (Rocosas) y que ha afectado a una cabaña. Foto tomada de Internet.



Figura 2.3. Fotografía de un desprendimiento que causó un grave accidente en una autopista de Hong-Kong en Agosto de 1995. Fotografía del periódico Ming Pao Daily. Según Chau et al. (2004).

2.3. Análisis de los movimientos de rocas desprendidas

El análisis de trayectorias de bloques de roca ha permitido apreciar que en estos fenómenos se pueden producir cuatro tipos o modos de movimiento a lo largo de la caída, a saber:

- Caída libre.
- Rebote.
- Rodadura.
- Deslizamiento.

Una roca que se desprende por un talud puede sufrir uno o varios de estos mecanismos en su trayectoria, pudiéndose producir algunos de ellos de manera simultánea. Si se tiene además en cuenta la naturaleza tridimensional de los bloques y la superficie por la que caen, y que además el bloque puede fragmentarse en la caída, se comprende la dificultad de su análisis.



Figura 2.4. Fotografía de un desprendimiento en una carretera canadiense. Fotografía tomada de internet.

En la Figura 2.5 se representan a manera de ejemplo, las etapas del movimiento de la roca una vez que se ha desprendido. En el caso a) se trata de un bloque esférico de unos 16 kg. y 25 cm de diámetro. En los casos b) y c) se consideran bloques irregulares, de unos 18 kg. que rotan en diferentes ejes de inercia.

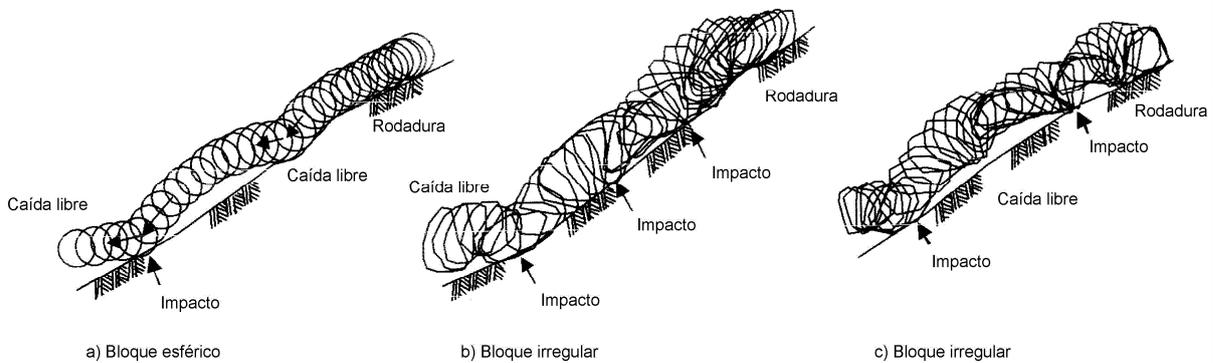


Figura 2.5. Movimientos que puede tomar una roca al desprenderse del talud. Según Min. de Fomento (1996).

El desarrollo de un modelo matemático que defina el comportamiento de la roca a través de estos cuatro tipos de movimiento se hace muy complejo cuando aparece la necesidad de incluir dentro del modelo el paso instantáneo de una forma de movimiento a otra, como puede ocurrir en las transiciones de rodadura a deslizamiento o rodadura a rebote.

A continuación se hará una descripción detallada de cada uno de esos movimientos.

2.3.1 Caída libre

El movimiento de caída libre de un bloque es descrito convenientemente por la ecuación de una parábola si se desprecia la fricción del aire, que no suele tener una influencia demasiado significativa. Las diferentes ecuaciones que rigen el movimiento del bloque pueden definirse en un sistema coordenado de la manera que se presenta en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Ecuaciones que rigen el movimiento de un bloque en el aire.

Aceleración	Velocidad	Desplazamiento
$\ddot{x} = 0$ (2.1)	$\dot{x} = v_{0x}$ (2.3)	$x = v_{0x}t + x_0$ (2.5)
$\ddot{y} = -g$ (2.2)	$\dot{y} = -g \cdot t + v_{0y}$ (2.4)	$y = -0.5g \cdot t^2 + v_{0y} \cdot t + y_0$ (2.6)

El punto de impacto está determinado por la intersección entre la ecuación de la parábola y la poligonal que representa el terreno. Las coordenadas x e y del punto P , se determinan resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$y = -\frac{1}{2}g \frac{(x - x_0)^2}{v_{0x}^2} + v_{0y} \frac{(x - x_0)}{v_{0x}} + y_0 \quad (2.7)$$

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (2.8)$$

Estas expresiones se explican en la Fig. 2.6:

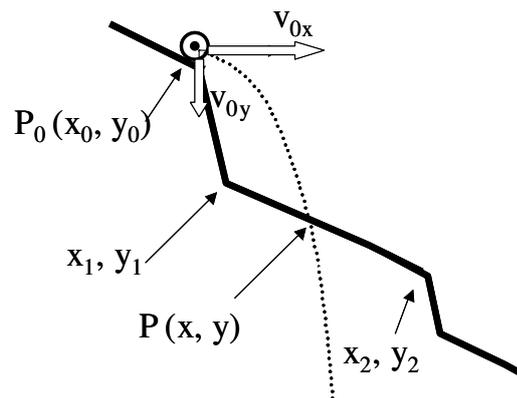


Figura 2.6. Trayectoria de la caída libre de un bloque. Parámetros y punto P de impacto.

Donde:

V_{0x} , V_{0y} son las componentes de la velocidad inicial en el punto P_0 (origen del desplazamiento y de la trayectoria) en los ejes X e Y,

x_1 , y_1 son las coordenadas iniciales del segmento en el que se produce el impacto,

x_2 , y_2 son las coordenadas finales de dicho segmento y

x_0 , y_0 son las coordenadas del origen.

2.3.2 Rebote

El rebote ocurre cuando la roca que cae impacta sobre la superficie del talud y está regido por un coeficiente de restitución, que expresa la cantidad de energía disipada durante el impacto. La disipación de energía depende del comportamiento elasto-plástico de la superficie en la que el bloque impacta, la generación de ondas elásticas en el terreno, la energía perdida en la destrucción de granos del material del bloque o terreno, la posible fragmentación del bloque y la resistencia a la rodadura y al deslizamiento (Giani, 1992).

En general el parámetro clave que controla el fenómeno del rebote es el coeficiente de restitución. Los parámetros de restitución empleados para el análisis de caída de rocas describen el modo en el que el comportamiento de la roca varía cuando impacta contra el talud. La restitución está comúnmente

definida por parámetros separados para la pérdida de velocidad en cada una de las direcciones normal y tangencial al talud. Según esta definición el coeficiente de restitución normal, k_n , vendrá dado por:

$$k_n = \frac{V_{nr}}{V_{ni}} \quad (2.9)$$

y tangencial, k_t , se calculará del siguiente modo:

$$k_t = \frac{V_{tr}}{V_{ti}} \quad (2.10)$$

donde V_{nr} y V_{ni} son las componentes normales de la velocidad de rebote e impacto respectivamente que tienen sentidos contrarios y V_{tr} y V_{ti} son las componentes tangenciales de la velocidad de rebote e impacto respectivamente que tienen la misma dirección y sentido (Fig. 2.7.a).

En ensayos de caída libre sobre superficies horizontales, la primera de las ecuaciones anteriores se convierte en:

$$k_n = \left(\frac{h_r}{h_d} \right)^{0.5} \quad (2.11)$$

donde h_r y h_d son la altura del rebote y la altura de caída respectivamente (Fig. 2.7.b).

Azzoni & De Freitas (1995), emplean un simple coeficiente de restitución (coeficiente de restitución global, K), como la relación entre la energía cinética del rebote, E_{cr} , y la de impacto, E_{ci} , para la pérdida de energía durante el rebote, del siguiente modo:

$$K = \frac{E_{cr}}{E_{ci}} \quad (2.12)$$

Ensayos realizados por el ISMES italiano bajo la supervisión de Giani (1992) analizaron la influencia de algunos aspectos de los bloques que caen en los fenómenos de rebote. Así observaron que independientemente de la forma inicial que tenga el bloque, éste tiende a redondearse durante el transcurso de la caída, fenómeno que se acentúa más en el caso de rocas blandas y que puede provocar una transición del movimiento de rebote al de rodadura.

En el caso de bloques prismáticos observaron que la forma y el tamaño de la superficie del bloque que impactaba contra el talud, determinaba en

buena medida el rebote del mismo, y por tanto el movimiento que el bloque podía adquirir. Así, se observó que cuando el impacto se producía sobre una cara del bloque, la superficie absorbía una gran parte de la energía del impacto y el siguiente movimiento era principalmente el deslizamiento. Este movimiento prevalece en el bloque hasta el momento en que se detiene o choca con alguna irregularidad de la superficie que le induzca al vuelco y, por tanto, al movimiento de rodadura y rebote, como se puede ver en la Figura 2.8.A. En cambio, cuando el impacto se produce en una esquina del bloque, hay una transferencia de traslación a rotación y el rebote prevalece sobre el deslizamiento, Figura 2.8.B. Así pues para bloques prismáticos parece que la trayectoria puede depender en buena medida del modo de impacto. Para el caso de bloques de forma tabular, se observó que cuando estos se orientan verticalmente alcanzan las trayectorias más largas, siendo en algunos casos su comportamiento análogo al de una rueda que baja por un talud, especialmente en el caso de elementos en forma de disco en cuyo caso su principal forma de movimiento es en general la rodadura; no obstante, en la mayor parte de los casos al tender a situarse paralelos al talud la caída por deslizamiento debe de ser la más común.

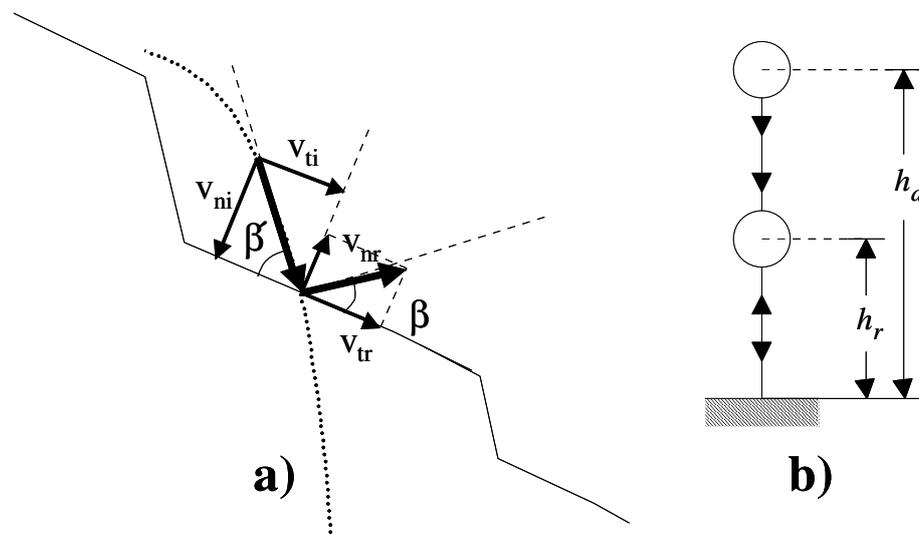


Figura 2.7. Trayectoria de la caída libre de un bloque. Parámetros y punto P de impacto.

En el marco del mismo estudio previamente indicado (Giani, 1992) y en lo que concierne al tamaño del bloque se observó que al lanzar bloques de tamaño pequeño por escombreras o terraplenes formados por bloques de roca grandes, el rebote es el mecanismo de movimiento que prevalece siempre que los bloques que caen no queden atrapados en irregularidades locales, en cuyo caso se detienen. Sin embargo la trayectoria de bloques grandes, lanzados por terraplenes de bloques de menor tamaño, está marcada por movimientos de tipo rodadura.

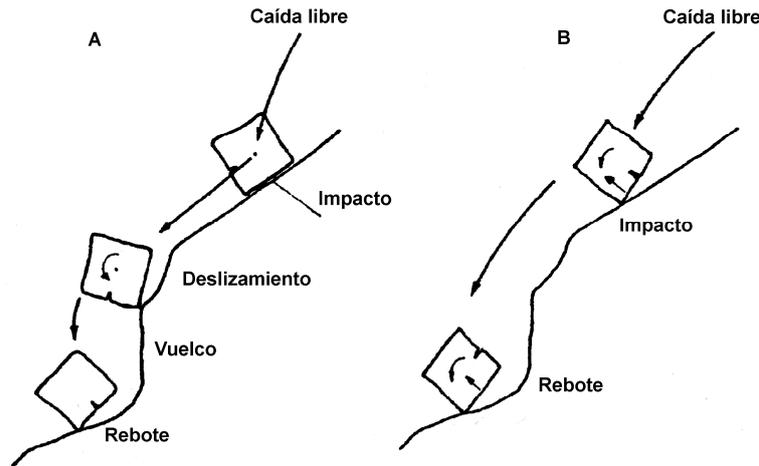


Figura 2.8. Bloque en forma de paralelepípedo en movimiento. Según Giani (1992).

En lo que respecta, finalmente, a la resistencia del bloque, los diferentes ensayos realizados han demostrado que en rocas blandas o anisótropas, las caídas de más de 8-10 m, pueden provocar la fractura del bloque en fragmentos. Al producirse la fragmentación se considera que en el momento de la ruptura la energía se reparte en función del volumen de los fragmentos. Se puede estimar la energía necesaria para romper un bloque en caída libre como la necesaria para fragmentarlo mediante una machacadora de martillos. Cuando la energía cinética del bloque tras el impacto alcanza este valor, se puede considerar que el bloque rompe. Han existido intentos de introducir este aspecto en "software" de análisis de desprendimientos, de forma que el punto de fragmentación de un bloque constituye el inicio de la trayectoria de los fragmentos que saldrán rebotados en direcciones aleatorias (Fornaro et al., 1990).

2.3.3 Movimiento de rodadura y deslizamiento.

La velocidad final de un bloque que rueda o se desliza sobre un plano inclinado se puede obtener empleando la ecuación siguiente:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot (\text{sen } \alpha - t \cdot g \theta \cdot \text{cos } \alpha) \cdot l} \quad (2.13)$$

donde g es la aceleración de la gravedad, θ es el ángulo de fricción por rodadura o deslizamiento, l es la longitud del plano y α es la inclinación del plano sobre el que rueda el bloque.

La ley de variación de la velocidad tangencial de un bloque, calculada a lo largo de un plano con inclinación constante α , desplazamiento $(l-l_0)$, velocidad inicial v_0 y coeficiente de fricción frente a la rodadura $\text{tg } \theta$ se puede expresar como:

$$v = v_0 - \sqrt{2 \cdot g \cdot (l - l_0) (\sin \alpha - t g \theta \cdot \cos \alpha)} \quad (2.14)$$

El principal problema en el análisis de la caída de rocas es la determinación de las condiciones bajo las cuales ocurre un movimiento u otro. Cuando un bloque que viene cayendo impacta en la superficie del terreno, las velocidades normal y tangencial tras el impacto se pueden calcular y componer para obtener el valor de la velocidad de salida en módulo y dirección, mediante los coeficientes de restitución normal y tangencial. Si el modelo considera el volumen del bloque y el centro de gravedad no coincide con el punto de impacto, el proceso de impacto ha de ser balanceado por leyes de momento lineal y angular (Bazzolo, 1988).

Los autores recién señalados, al objeto formular matemáticamente el fenómeno de impacto, partieron de las hipótesis de que el bloque es un cuerpo rígido de forma elíptica (Fig. 2.9). que contacta en el talud en un punto P alrededor del cual e inmediatamente después del impacto se produce un movimiento de rotación, en el que las fuerzas de impulso prevalecen sobre otras cualesquiera y pasan por P, por lo que el momento de fuerzas alrededor de este punto se anula.

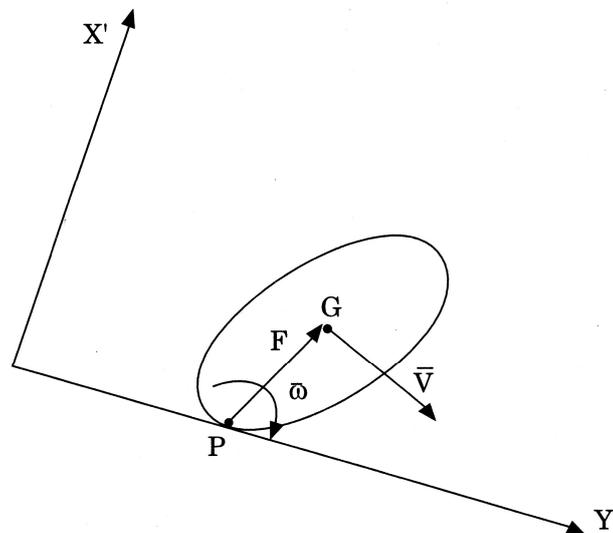


Figura 2.9. Esquema del impacto del bloque y el movimiento después del impacto según Bozzolo.(1988).

Se supone pues que el momento de cantidad de movimiento alrededor de P se conserva en la fase de impacto, y así, aplicando este principio de conservación en las fases inmediatamente anterior y posterior al impacto respectivamente, se puede obtener la expresión:

$$I \cdot \omega_0 + v_{0x} \cdot d_y - v_{0y} \cdot d_x = I \cdot \omega + v_x \cdot d_y - v_y \cdot d_x \quad (2.15)$$

donde I es el momento de inercia de la elipse, ω_0 y ω son las velocidades angulares previa y posterior al impacto; v_{0x} , v_{0y} , v_x y v_y , son las componentes en las direcciones x e y de la velocidad de traslación antes y después del impacto y $d_x = x_G - x_P$ y $d_y = y_G - y_P$, siendo (x_G, y_G) y (x_P, y_P) las coordenadas del centro de gravedad de la elipse y del punto P .

Si se supone que tras el impacto aparece un movimiento rotacional alrededor de P , las componentes de la velocidad de traslación se podrán obtener como:

$$v_x = \omega d_y \quad v_y = -\omega d_x \quad (2.16)$$

que sustituidos en la expresión anterior nos permite calcular la velocidad angular de salida tras el impacto:

$$\omega = \frac{I \cdot \omega_0 + v_{0x} \cdot d_y - v_{0y} \cdot d_x}{I + d_x^2 + d_y^2} \quad (2.17)$$

Esto, permitirá a su vez calcular las componentes de la velocidad de traslación de salida. A su vez la energía cinética por unidad de masa tras del impacto se podrá calcular como:

$$E_c = \frac{1}{2} (I \omega^2 + v_x^2 + v_y^2) \quad (2.18)$$

La aplicación de este método permite estimar automáticamente la pérdida de energía cinética que se puede expresar mediante un coeficiente de restitución que vendrá dado por:

$$\eta = \frac{E_c}{E_{c0}} = \frac{\omega^2}{2 \cdot E_{c0}} (I + d_x^2 + d_y^2) \quad (2.19)$$

donde E_c y E_{c0} representan la energía cinética después y antes del impacto. No obstante este modelo de Bozzolo et al. (1988) al considerar rígido al bloque, no tiene en cuenta las pérdidas de energía por fragmentación de aristas y vértices, transmisión de ondas y otros fenómenos.

En modelos de partícula, que no tienen en cuenta el volumen ni la forma del bloque, se deben realizar algunas hipótesis para determinar cuándo ocurre un cambio de tipo de movimiento. Típicamente cuando la velocidad de salida del impacto está próxima a 0, o es inferior a un valor denominado velocidad mínima, el bloque se detiene en el punto de impacto. Cuando el ángulo de

salida del impacto, β , es inferior a un valor mínimo, se produce la transición de rodadura a deslizamiento.

Hungr y Evans (1988) proponen la siguiente técnica para estimar el punto de transición de rebote a deslizamiento. En el aire el bloque tiene como altura equivalente energética:

$$E = z + \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (2.20)$$

donde z es la posición y v la velocidad. Tras el impacto la pérdida de potencial energético se puede calcular (siendo β' el ángulo de incidencia) como:

$$\Delta E = \frac{v^2}{2 \cdot g} \left(\frac{K_i^2 + K_n^2 \cdot \text{tg}^2 \beta'}{1 + \text{tg}^2 \beta'} - 1 \right) \quad (2.21)$$

A partir de aquí se puede calcular una "línea de energía" para cada salto. El diagrama resultante dará una serie escalones separados por líneas horizontales cuya longitud es la de la trayectoria entre dos rebotes, Δl .

Cuando la relación $\Delta E / \Delta l < \text{tg} \alpha$, siendo α la inclinación del talud, el bloque acelera de manera continua, cuando $\Delta E / \Delta l > \text{tg} \alpha$, el bloque se desacelera y la distancia de cada rebote disminuye. En el modelo de Hungr y Evans (1988), la transición hacia la rodadura se determina cuando se cumple la relación $\Delta l / \Delta E < \text{tg} \theta$, donde θ es el ángulo de fricción de rodadura y deslizamiento; ya que la rodadura se convierte en más eficiente que el rebote.

La transición entre rebote y rodadura es compleja, ya que ambos modos se pueden producir simultáneamente. El deslizamiento, que viene muy marcado por la geometría del bloque, suele, no obstante, ser el modo dominante cuando un bloque empieza a moverse o tiende a pararse, pero también puede tener lugar tras los impactos. Si el bloque adquiere energía suficiente puede pasar de deslizar a rodar, transición que según Bozzolo *et al.* (1998) vendrá marcada por un umbral de energía cinética:

$$E_c > m \cdot g \cdot \Delta h \quad (2.22)$$

que marca la condición de que la energía cinética del bloque es suficiente para elevar el centro de gravedad del mismo. Obviamente, la introducción de esta condición en un modelo exigirá conocer el volumen del bloque.

En los modelos de partícula, se pueden asignar ángulos de fricción frente a deslizamiento y rodadura, de forma que se vaya optando por el modo de desplazamiento energéticamente más eficiente.

2.3.4. Trayectorias en general

Recientemente Giani y sus colaboradores (Giani *et al.*, 2004) han realizado un estudio para profundizar en el conocimiento de la mecánica de los desprendimientos, así como para analizar con más detalle el estudio y modelización de estos fenómenos, para lo cual realizaron e interpretaron múltiples ensayos en dos taludes diferentes y con distintos tipos de roca que fueron grabados con cámara de video (véase Fig. 2.10.). En lo que concierne a la trayectoria de los bloques se obtuvieron diversas conclusiones que se recogen a continuación:

- Las variaciones locales de la irregularidad del talud inducen cambios muy significativos a las trayectorias de bloques de similar forma y volumen desprendidos desde el mismo punto.
- La configuración geométrica del bloque tiene una influencia muy importante en la trayectoria y su alcance; la eficiencia del movimiento es mucho mayor para bloques de forma redondeada y superficie suave que para bloques irregulares y con asperezas superficiales.
- La posición relativa del bloque en el momento del impacto con la superficie es fundamental, de forma que si la colisión se produce en una arista la pérdida de energía en el impacto es mínima, mientras que si se produce en un contacto plano puede incluso detenerse el movimiento.
- La velocidad rotacional del bloque es una función de su momento de inercia en la sección en la que se produce el movimiento y para conocer éste es necesario estimar el volumen y la geometría del bloque. El momento de inercia de un mismo bloque en dos secciones ortogonales puede diferir tanto, que el recorrido del bloque será extremadamente variable.
- El fenómeno de fragmentación por impacto del bloque sobre la superficie del talud produce frecuentemente pérdidas de energía tan grandes, que puede dar lugar a que todos los fragmentos se detengan, acabando su recorrido. Sin embargo, también se da un número no despreciable de casos en los que los fragmentos generados en el impacto son proyectados de tal manera que originan trayectorias más largas que las de los bloques normales. Esto se

debe a la generación de fragmentos con formas de mayor eficiencia de movimiento.

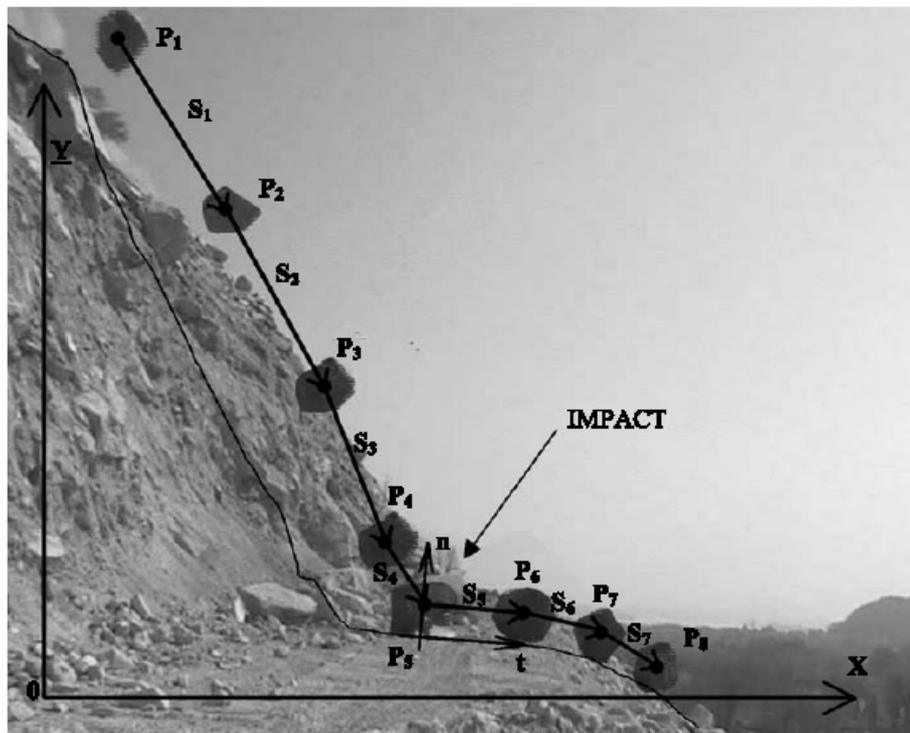


Figura 2.10. Reconstrucción del impacto de un bloque con sus diferentes posiciones en diferentes intervalos, reconstruido a partir de la grabación de video. Según Giani et al. (2004).

En lo que concierne a la grabación mediante cámara de video de los desprendimientos, ésta ha demostrado su utilidad para estimar los coeficientes de restitución normal y tangencial; aunque la variabilidad de éstos a lo largo de los perfiles utilizados, tanto en lo que concierne a la variación del terreno del talud como a la geometría y comportamiento de los bloques (tenso-deformacional, fragmentación, orientación, geometría del impacto) hace que parezca bastante compleja la simulación fiable de los fenómenos reales de desprendimiento.

2.4. Modelos para analizar las trayectorias de bloques

En general estos modelos se pueden dividir en dos tipos, a saber: **modelos de partícula** (“lumped mass models”) en los que se supone que toda la masa del bloque se concentra en su centro de gravedad y no se considera ni la forma, ni el volumen de la partícula; y **modelos** denominados **rigurosos** que incluyen diversos enfoques en los que el volumen y la forma del bloque es tenido en cuenta.

Giani *et al.* (2004), a partir de ensayos grabados con cámara de video y su posterior simulación con diferentes técnicas, y teniendo en cuenta todo el

proceso de simulación, desde la toma de datos de los parámetros geométricos del talud y los bloques, coeficientes de restitución y ángulo de fricción de rodadura, etc... hasta la comparación de la realidad con sus resultados, llegaron a la conclusión de que actualmente sigue resultando muy difícil la simulación realista de estos fenómenos, por lo que la realización de experimentos a escala real es crucial para la evaluación de los parámetros que controlan los fenómenos de impacto y rebote, aunque aun así resulta muy complicado cuantificar la influencia de ambos, así como la de la variabilidad de éstas y otras propiedades al lo largo del talud. Así, observaron variaciones muy importantes de los coeficientes de restitución y especialmente del normal. Constataron una influencia importante de las irregularidades del talud, muy difíciles de cuantificar con técnicas de topografía estándar. Y finalmente dedujeron la importancia de cómo vayan orientándose e impactando los bloques en su bajada a través del talud.

A través de algunos de los códigos se pueden obtener estimaciones más o menos razonables de las trayectorias y alcance de los bloques que caen por un talud, cuyos resultados, deben ser interpretados con prudencia y en el ámbito de una metodología más amplia que tenga en cuenta la incertidumbre de los datos y variabilidad de los resultados.

2.4.1. Modelos de partícula

En estos modelos se supone que el bloque es un punto con una masa m y una velocidad v . El punto vuela por el aire siguiendo una trayectoria balística en la que no se suele tener en cuenta la resistencia del aire. Cuando el bloque toca la superficie del terreno se produce un impacto en el que la velocidad normal del bloque cambia de sentido y se reduce por un coeficiente k_n y la velocidad tangencial mantiene el signo y se reduce por un coeficiente k_t .

Estos métodos no tienen en cuenta los momentos rotacionales. Los coeficientes de restitución que se asumen se supone que incluyen todos los aspectos asociados a la pérdida de energía del impacto.

Además del modelo de partícula RocFall, existen otros códigos, como CRSP (Fig. 2.11.) en el mercado, que realizan cálculos análogos al modelo RocFall en dos dimensiones. Otros programas, como STONE (Fig. 2.12), (Agiardi y Costa, 2003) o EUROBLOC (Copons et al., 2001), utilizan un esquema de cálculo análogo, sólo que trabajan en 3-D.

2.4.2. Modelos rigurosos

En este tipo de métodos se supone conocida la forma y tamaño de cada uno de los bloques y se estiman todos los movimientos de los bloques, incluyendo los fenómenos de rotación.

Uno de estos enfoques rigurosos sería trabajar con códigos numéricos basados en elementos discontinuos como UDEC (en dos dimensiones) o 3DEC (en tres dimensiones) de la compañía ITASCA (Itasca, 2001).

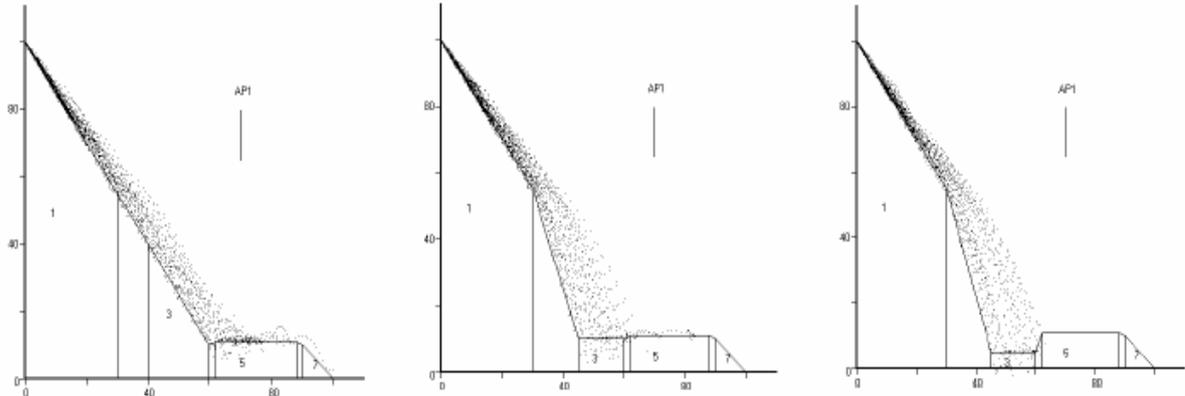


Figura 2.11. Simulación con el código CRSP para 100 bloques de 1 cm de diámetro que caen a una carretera. La simulación revela que para la geometría original el 14% llega a la carretera (izq.), si el talud se retranquea sólo llega el 2% (centro) y si se coloca una cuneta amplia y profunda, ningún bloque llegará a la vía derecha. Según Maerz (2000). (Alejano 2005)

Estos códigos simulan el comportamiento real de macizos rocosos fracturados utilizando una discretización espacial discontinua y un esquema de integración temporal explícito, por lo que resuelven los problemas de forma dinámica y evolutiva utilizando un sistema de amortiguación dinámica. Esto hace que se pueda simular la caída de un bloque de tamaño definido, ajustando la constante de amortiguación a las observaciones sobre el coeficiente de restitución real del bloque. Por tanto, no se podría trabajar de manera realista con varios bloques. Así, las ventajas del uso de estos códigos no parecen mayores que las limitaciones que llevan consigo.

No obstante, UDEC y 3-DEC sí pueden resultar muy interesantes para realizar estudios particulares sobre algunos aspectos relativos a la influencia del tamaño y forma de los bloques en las trayectorias de caída. Así, en el ejemplo de la Figura 2.13., se presenta una simulación de desprendimiento en un talud de una cantera con este código UDEC (Itasca, 2001), donde se pueden apreciar algunas de las posibilidades del mismo.

Otro método que se podría incluir dentro de los rigurosos sería el presentado por Descoeurdes y Zimmerman (1987), en el que los momentos de traslación y rotación varían con el impacto siguiendo una serie de condiciones bastantes complejas que dependen de la zona del bloque que impacte (esquina, arista, cara) y su orientación, del ángulo de rotación en el punto de impacto, de la rugosidad de la superficie y de las deformaciones que se produzcan. Resulta complicado, no obstante, introducir de forma realista todos estos valores, por lo que en la práctica este método ha sido poco utilizado.

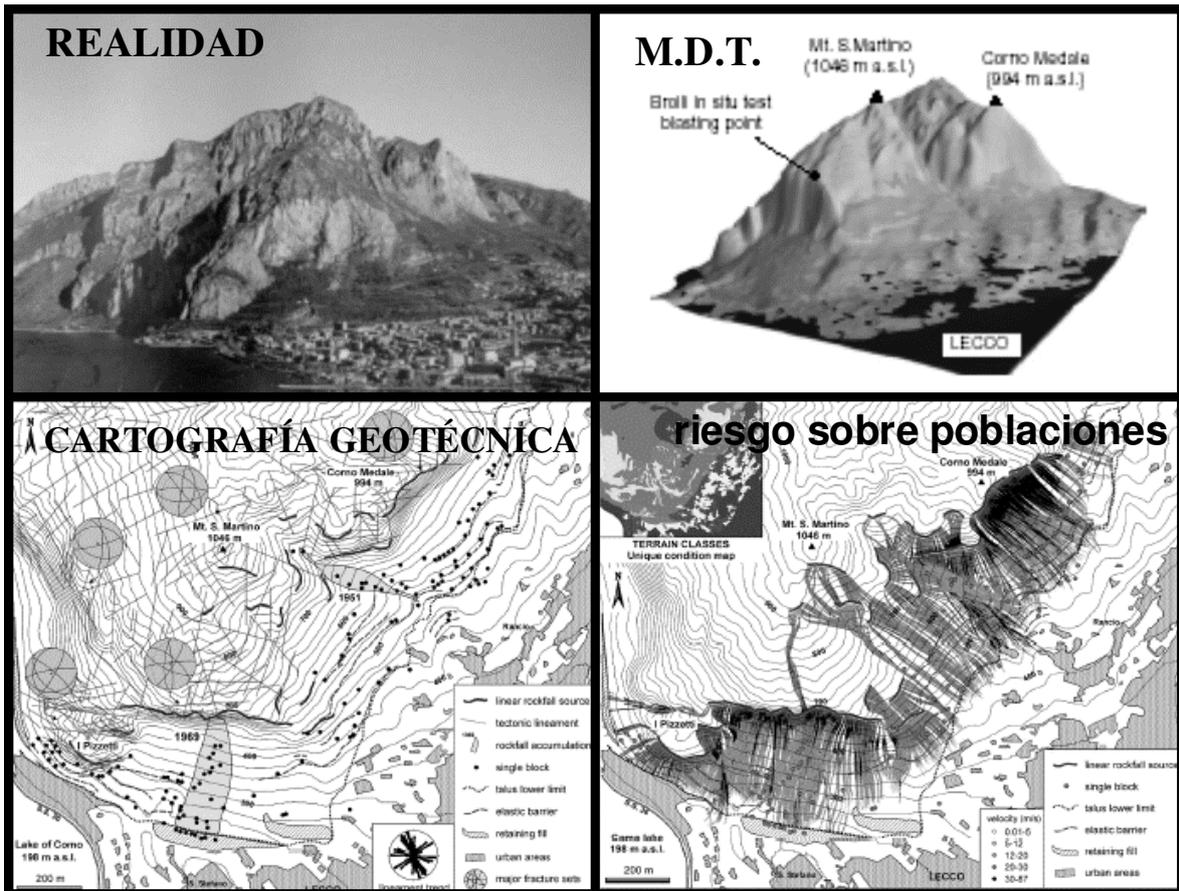


Figura 2.12. Simulación con el código STONE de desprendimientos en zonas de montaña. Se presenta la forma real del terreno, el modelo digital del terreno, la cartografía geotécnica y las trayectorias de caídas y alcance de bloques en la ladera. Según Agliardi y Crosta (2003).

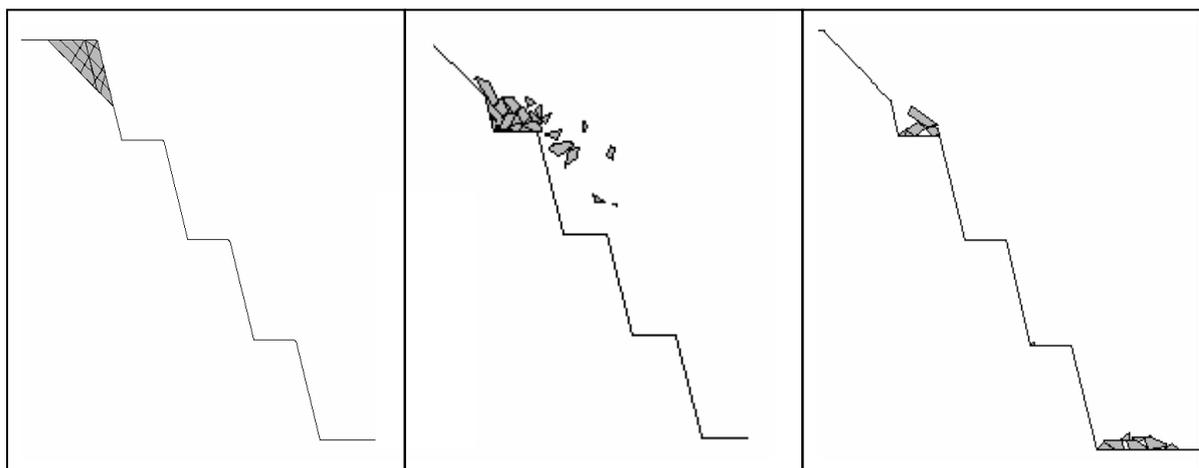


Figura 2.13. Ejemplo de simulación de bloques con el código UDEC.

2.4.3. Ejemplo de código de partícula

Se presenta a continuación y a manera de ejemplo de códigos de partículas el programa *RocFall 3.0*. (Rocscience, 2002) para demostrar sus posibilidades de aplicación, y porque se ha utilizado para el ejemplo de diseño que aparece al final del capítulo.

RocFall 3.0 es un programa de partícula basado en el análisis estadístico y diseñado para evaluar el riesgo ante desprendimientos de rocas en taludes en dos dimensiones.

Con este programa se puede evaluar la energía, velocidad y altura de rebote en cualquier punto del talud al igual que la localización final de las rocas desprendidas, que es el factor que más interesa. El código presenta como resultado las trayectorias de las partículas liberadas, así como las distribuciones de alturas de rebote, de energía cinética (total y las debidas a rotación y traslación) y de velocidades en los puntos del talud que se desee (Fig. 2.14), principalmente al objeto de diseñar pantallas dinámicas u otros elementos de retención.

Cada roca es modelada como una partícula, y cada partícula es lanzada como si fuese un círculo de radio infinitamente pequeño. El tamaño de la roca no juega ningún papel en el algoritmo, pero las ecuaciones empleadas en el algoritmo de deslizamiento implican una forma circular. Como cada roca se considera como infinitamente pequeña, no hay interacción entre partículas, solo con los segmentos que componen el talud. Además, cada roca se comportará como si fuese la única roca presente en la simulación.

El modelo es una simplificación bastante cruda del proceso físico de un desprendimiento de rocas. No tiene en cuenta el efecto del tamaño, la forma y el momento angular de la roca en los resultados finales. En cambio, el modelo tiene la ventaja de que los cálculos se realizan con extremada rapidez. Hay tres secciones distintas en el análisis de la caída de las rocas: el algoritmo de la partícula, el algoritmo de proyección y el algoritmo de deslizamiento. El algoritmo de la partícula asegura que todos los parámetros de la simulación son válidos, establece todas las condiciones iniciales para preparar los algoritmos de proyección y deslizamiento y finalmente hace comenzar el algoritmo de proyección. En el resto de la simulación, hasta que la roca se detiene, se emplea el algoritmo de proyección y deslizamiento. El algoritmo de proyección se utiliza para calcular el movimiento de la roca mientras ésta está viajando por el aire, rebotando de un punto del talud a otro. El algoritmo de deslizamiento se emplea para calcular el movimiento de la roca mientras está en contacto con el talud.

Aunque se asuma que las rocas no tienen ningún tamaño se considerará que sí tienen masa. La masa no se utiliza en ninguna de las ecuaciones empleadas para calcular el movimiento de las rocas, se utiliza solamente para calcular la energía cinética a la hora de crear los gráficos y presentar los resultados. La masa es determinada al comienzo de la simulación y permanece constante durante la misma. Lo que quiere decir que no se tendrá en cuenta una posible fragmentación de la misma tras un impacto contra el talud.

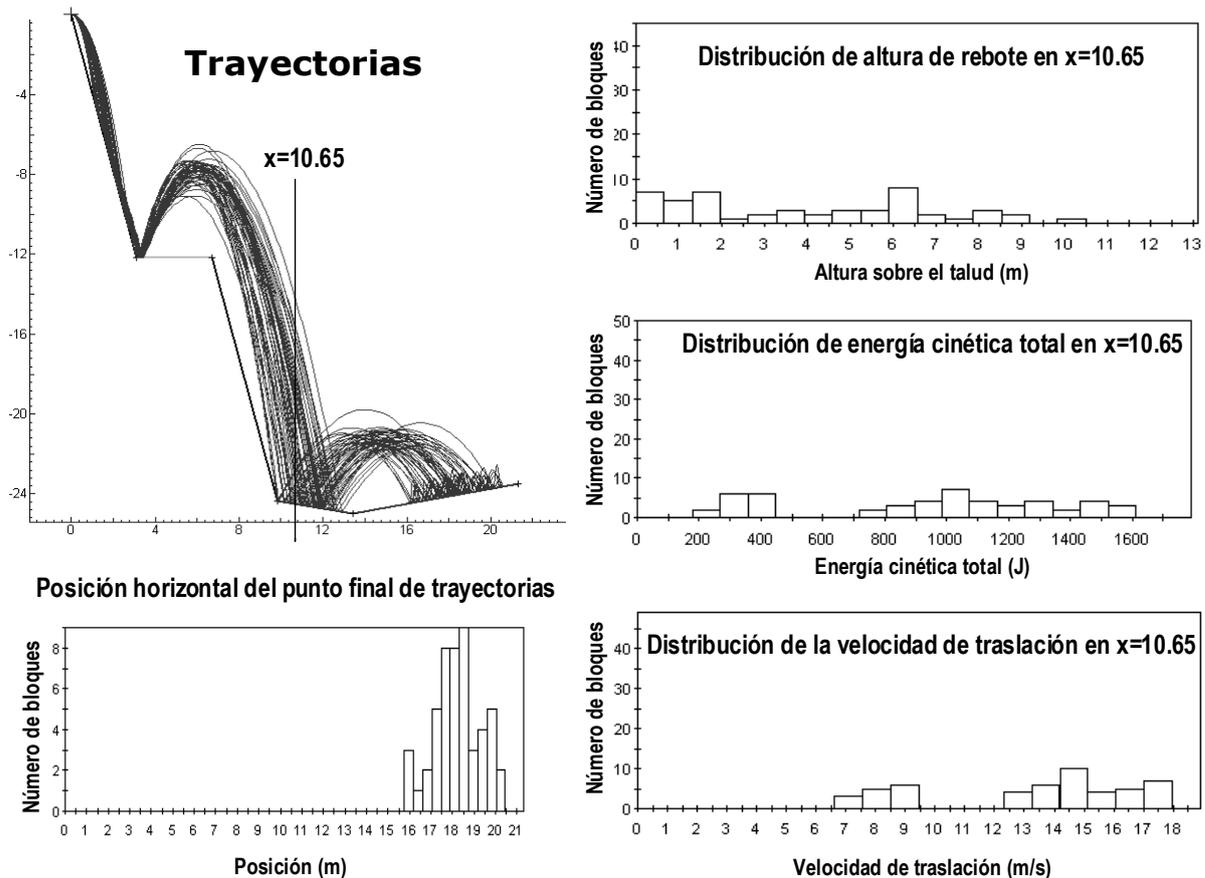


Figura 2.14. Ejemplo de los resultados obtenidos con el código RocFall (Rocscience, 2002), para una simulación sencilla en la que se lanzan 100 bloques desde la parte superior de un talud con una bermá. Se presentan arriba a la izquierda las trayectorias de los 100 bloques y abajo a la izquierda la posición de equilibrio o final de la trayectoria de los mismos. En la derecha y de arriba abajo se presentan las distribuciones de la altura de rebote sobre el talud, energía cinética total y velocidad de traslación de los bloques que caen en el punto de coordenada $x=10.65$ m.

La resistencia al movimiento de las rocas que ejerce el aire no se tiene en cuenta en ninguna de las ecuaciones. Se asume que las rocas son lo suficientemente grandes y viajan a velocidades suficientemente pequeñas como para que esta resistencia pueda ser ignorada.

El talud es modelado como un grupo continuo de segmentos rectos, conectados extremo con extremo. Para que sea considerado válido, un segmento del talud no puede ser cruzado por otro segmento del talud. Cada punto que compone esos segmentos debe ser introducido mediante sus correspondientes coordenadas X e Y manualmente. El algoritmo de proyección asume que la roca tiene una velocidad que hará que se mueva, a través del aire, desde una posición inicial a una nueva posición donde la roca golpeará otro objeto. El camino que sigue la roca por el aire será el de una parábola.

La esencia del algoritmo de proyección es encontrar el punto de intersección entre la parábola (el camino que sigue la roca) y un segmento del talud. Una vez que encuentra el punto de intersección el impacto se calcula de acuerdo con los coeficientes de restitución. Si después del impacto la roca todavía se mueve con velocidad suficiente el proceso comienza otra vez con la

búsqueda de un nuevo punto de intersección. En este contexto, “velocidad suficiente” se define mediante una velocidad mínima que es especificada por el usuario al principio de la simulación. La velocidad mínima define el punto de transición entre el estado de proyección y el estado donde la roca se está moviendo demasiado despacio para ser considerado una proyección y debería ser considerado, en cambio, un deslizamiento o incluso podría considerarse parada. Los resultados de la simulación y el tiempo necesario para desarrollar cada simulación no son particularmente sensibles a los cambios de la velocidad mínima.

2.5. Estimación de parámetros

Los dos parámetros de mayor significación sobre los resultados de los análisis serán los coeficientes de restitución y el coeficiente de rozamiento frente a la rodadura y deslizamiento. Se presentan a continuación algunas ideas para estimar estos valores.

2.5.1. Coeficientes de restitución

El valor de los coeficientes de restitución es de gran importancia a la hora de realizar las simulaciones con programas de partícula. Diversos autores han expuesto los resultados obtenidos en sus ensayos, atribuyendo a un determinado material un coeficiente de restitución concreto. Se expondrán a continuación los resultados más significativos obtenidos. El valor de estos coeficientes es sin duda alguna el parámetro más influyente sobre los resultados que se obtengan de las simulaciones, por lo que es necesario hacer una buena estimación del mismo. La Tabla 2.5. resume una serie de valores del coeficiente de restitución que se han encontrado en la bibliografía. Estos valores se basan en hipótesis, calibraciones con los resultados del análisis de trayectorias, programas bastante limitados de laboratorio y ensayos de campo. Información adicional sobre el coeficiente de restitución se puede encontrar en la recopilación realizada por Rocscience (2002).

Giani et al. (2004) ponen de manifiesto la manifiesta variabilidad de estos coeficientes a lo largo de los taludes, en función no sólo de la superficie del talud, sino también del tipo de impacto. Así, para un talud en los Alpes estiman un coeficiente de restitución con un valor medio de 0.25 y una desviación estándar de 0.26.

2.5.2 Ensayos de laboratorio para determinar el coeficiente de restitución.

A continuación se expondrá un trabajo de investigación realizado por Richards et al. (2001) que permite determinar el coeficiente de restitución de un

modo sencillo a partir de resultados de rebotes con el martillo de Schmidt. Estos autores realizaron en primer lugar una serie de ensayos lanzando bolas esféricas de distintos tipos de roca sobre baldosas lisas y en segundo término lanzando bolas y bloques rugosos sobre baldosas también rugosas. A partir de sus resultados propusieron una serie de expresiones para estimar, mediante de ensayos de este tipo, coeficientes de restitución más realistas.

Tabla 2.5. Diferentes valores del coeficiente de restitución según diversos autores. (Alejano 2005)

Referencia	k_n	k_t	Propiedades del talud
Hoek (2000)			
	0.53	0.99	Roca dura limpia
	0.40	0.90	Asfalto de carretera
	0.35	0.85	Afloramientos rocosos con rocas grandes
	0.32	0.82	Talud de cobertera
	0.30	0.80	Suelo blando con vegetación
Robotham et al. (1995)			
	0.315	0.712	Talud de piedra caliza
	0.303	0.613	Fragmentos de piedra caliza
	0.315	0.712	Acumulación de piedra caliza
	0.251	0.489	Acumulación de piedra caliza con vegetación
Pfeifer y Bowen (1989)			
	0.4	0.90	Superficies duras lisas y pavimento
	0.35	0.85	Roca matriz y grandes rocas
	0.32	0.83	Suelos firmes en el talud
	0.29	0.80	Suelos blandos en el talud
Rocscience (2002)			
	0.4	0.90	Asfalto
	0.35	0.85	Roca inalterada
	0.53	0.99	Roca dura y limpia
	0.30	0.80	Suelo con vegetación
	0.32	0.82	Talud de cobertera
	0.32	0.80	Talud con vegetación
<i>Los valores superiores tienen desviaciones estándar de 0.04</i>			
Giani et al. (2004)			
	0.7	0.85	Roca sólida
	0.5	0.80	Escombros compacto
	0.48	0.79	Escombros suelto
	0.3	0.30	Talud con vegetación
Azzoni et al. (1995)			
	K		(en términos de energía cinética)
	0.85		Piedra caliza
	0.60		Escombros duros
	0.40		Escombros blandos
	0.55		Escombros medios
	<0.20		Lodo
	0.50-0.60		Relleno

2.5.2.1. Bolas esféricas sobre baldosas lisas.

El programa de laboratorio elaborado por Richards *et al.* (2001) se realizó sobre 23 tipos de rocas diferentes. Se prepararon baldosas lisas y pulidas con un espesor que variaba entre 25 y 50 mm. Las baldosas de roca fueron sujetadas a una base de hormigón y podían colocarse con unas inclinaciones de 0°, 10°, 20°, 45° respecto a la horizontal.

En principio el programa de ensayos consistía en dejar caer bolas sobre baldosas del mismo tipo de roca. Debido a la variedad de materiales rocosos y a las diferencias en el tamaño de las muestras, los resultados del rebote del martillo Schmidt no resultaron ser necesariamente iguales para bolas y baldosas del mismo material. Se llevaron a cabo dos series más para evaluar el comportamiento del mismo tipo de bola de roca sobre diferentes baldosas de roca.

Los resultados muestran una correlación razonable entre el coeficiente de restitución normal, los resultados del rebote del martillo Schmidt sobre bolas (S_{bola}) y baldosas ($S_{baldosa}$), y la inclinación de las baldosas, α . La correlación es mejor ($r^2 > 0.60$) para rocas con grandes valores de S_{bola} o $S_{baldosa}$ (como el granito o el basalto) y peor para rocas con valores de rebote más bajos (como el mármol o la arenisca). La inclinación de la recta de k_n frente a S_{bola} es generalmente menor que la de k_n frente a $S_{baldosa}$, lo que indica que las propiedades de la roca que cae tienen menor influencia que las de la baldosa sobre la que impacta. Los resultados del ensayo también muestran que el coeficiente de restitución normal aumenta con el ángulo de inclinación de la baldosa.

Los coeficientes de correlación que se obtuvieron inicialmente no eran altos ($r^2 = 0.52-0.65$), principalmente debido a algunos rebotes anormales causados por irregularidades en la forma de las bolas o una inadecuada fijación de las baldosas. Esta pobre correlación también ocurre en rocas blandas con valores bajos de rebote de esclerómetro o martillo Schmidt.

2.5.2.2. Bolas y bloques rugosos sobre baldosas rugosas.

Para extender los resultados del ensayo anterior, se llevó a cabo otra serie de ensayos con piezas de roca rugosas lanzadas sobre baldosas también rugosas. Se emplearon tres tipos de rocas para estos ensayos: basalto, grauwacas y caliza. La altura de caída de las rocas fue del orden de 0.6 a 3 m, empleando inclinaciones de la baldosa de 0 y 40°.

Los valores de k_n de bolas de roca lisas son aproximadamente tres veces mayores que los de las piezas rocosas rugosas, lo que indica que la forma de la roca lanzada es un componente importante en el valor de k_n . Una roca proyectada con una forma irregular y bordes afilados experimentará

fragmentación y rotación al impactar, con lo que el rebote será menor que el de una bola lisa.

Los valores para el coeficiente de restitución normal se calculan según la ecuación:

$$k_{n-lisas} = \frac{(-110 + 9S_{baldosa} + 4S_{bola} + 4\alpha)}{1000} \quad (2.23)$$

Los resultados indican hay una relación lineal entre el coeficiente de restitución normal correspondiente a los bloques rugosos y los calculados según la ecuación 2.23. Una ecuación modificada específicamente para calcular el coeficiente de restitución normal de rocas rugosas, $k_{n-rugosas}$, con $r^2 = 0.88$, sería la siguiente:

$$k_{n-rugosas} = \frac{-9 + 49 \cdot k_{n-lisas}}{100} \quad \text{o bien} \quad k_{n-rugosas} = \frac{-145 + 4 \cdot S_{baldosa} + 2 \cdot S_{bola} + 2\alpha}{1000} \quad (2.24)$$

De este modo, a partir de los valores obtenidos con el martillo Schmidt en las rocas y una determinada inclinación del terreno sobre el que impactan podemos obtener una estimación del coeficiente de restitución normal de las rocas.

2.5.3. Estimación del coeficiente de fricción frente a la rodadura

Este parámetro, $\mu = \text{tg } \theta$, permite calcular la pérdida o ganancia de energía y velocidad de un bloque que rueda sobre una superficie inclinada, por lo que se trata de un parámetro cuyo conocimiento es necesario para estimar la trayectoria y alcance de los bloques. Se suele considerar a priori igual al coeficiente de fricción entre bloque y terreno, pero es un parámetro difícil de estimar y muy variable.

En su estudio, Giani *et al.* (2004) realizan una comparación entre la velocidad tangencial observada en una serie de bloques que bajan por un talud y la teórica para diferentes valores de este coeficiente. Tal y como muestran las Fig. 2.15. a y b, en la que se realizan estas comparaciones, parece que en el caso real es difícil estimar un valor razonable para todo el talud, pudiéndose sólo estimar unos valores aproximados en las diferentes zonas del talud.

2.6. Normativas

En el ámbito minero la protección frente a desprendimientos ha ido ligada a la colocación de bermas en el talud.

Así, la legislación obliga a dejar bermas en función de los tipos de explotación, limitando las alturas máximas de banco y de talud final, así como a realizar un saneo de los frentes para evitar posteriores caídas.

En España la legislación marca alturas máximas del frente de trabajo de 20 metros (12 m, en explotaciones de bloques de piedra natural y 30 en casos especiales). En la pared del talud final se permitirá una altura máxima de 40 metros sin necesidad de bermas (en explotaciones de bloques de piedra natural, la altura máxima será de 36 metros), siempre que el frente resultante sea estable y no sobrepase la vertical.

En lo que concierne al saneo la legislación exige que después de una parada y antes de comenzar los trabajos es necesario inspeccionar los frentes de explotación, asegurándose de que no existan rocas inestables y ordenando, en caso necesario, su saneo. La inspección debe ser realizada por el responsable o encargado del tajo, y el saneo efectuado por personal experto y provisto de medios adecuados. En otros países la legislación exige bermas de tamaños definidos.

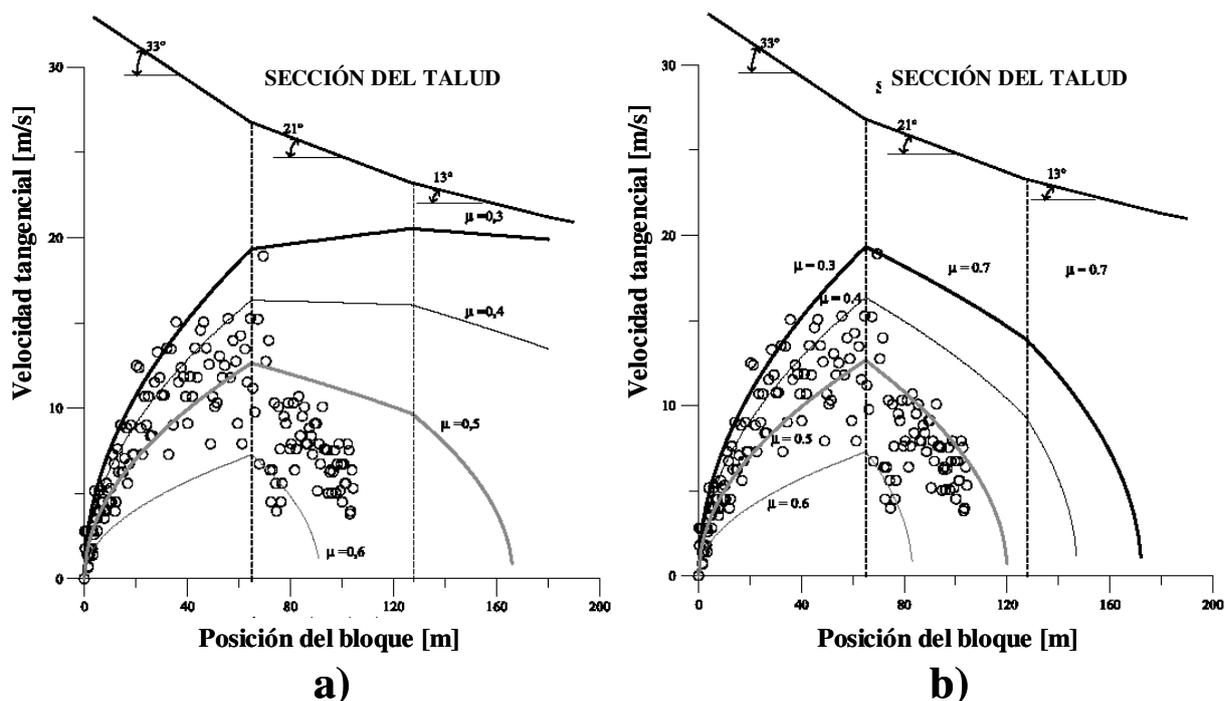


Figura 2.15. Comparación entre la velocidad tangencial experimental (círculos) y la teórica (líneas) para distintos valores del coeficiente de fricción por rodadura. En a) cada curva teórica se obtienen utilizando un coeficiente constante en todo el talud y en b) utilizando coeficientes variables en las distintas partes del talud. Según Giani et al. (2004).

En el ámbito de la ingeniería civil se denomina zona de seguridad (“safety zone” o “clear zone”, en la literatura anglosajona) a la zona adyacente a la carretera que debe estar libre de obstrucciones (obstáculos, elementos de riesgo o taludes) que se pueda encontrar en su trayectoria un vehículo, que se salga de la calzada.

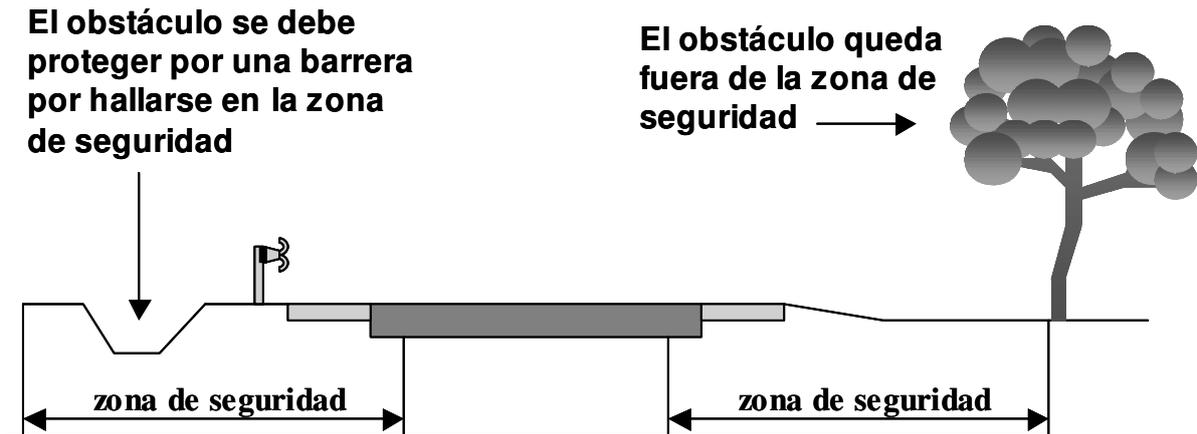


Figura 2.16. Definición de zona de seguridad.

Los dos criterios principales para el diseño de esta zona de seguridad son la velocidad máxima permitida y el tráfico medio diario. Otros tres parámetros que se suelen incluir según países en los criterios de diseño de esta zona de seguridad son el tipo de vía, la presencia de taludes y el radio de curvatura. La anchura de los carriles, severidad de los accidentes, etc.. también pueden ser tenidos en cuenta.

A manera de ejemplo se presentan gráficamente las anchuras de diseño del área de seguridad propuestas por distintas administraciones. Así en la Figura 2.17.a, se muestran las correspondientes a los estados de la Columbia Británica en Canadá, y el estado de Victoria en Australia.

Este tipo de modelos, que como se ve son análogos, son también parecidos a los utilizados por los Departamentos de transporte (DOT) de diversos estados de los Estados Unidos.

En la Figura 2.17.b, se muestran las anchuras de la zona de seguridad de diseño medias de diversos países Europeos. Como se ve, en Europa la legislación es más variable, influyendo además a la hora de proponer una anchura del área de seguridad, no sólo el tráfico medio diario y la máxima velocidad admisible, sino también otros parámetros.

Para el caso español, y según el Ministerio de Fomento (2003) la anchura de seguridad incluirá como mínimo el arcén, o el arcén y el margen lateral, en el caso de que no existan barreras. Esta anchura de diseño tendrá especialmente en cuenta el tipo de vía (autovía, vía rápida, carretera normal), la máxima velocidad, y los radios de curvatura, habiéndose previsto limitaciones en zonas de montaña con tráfico medio diario muy bajo. También se tendrá en cuenta la presencia de taludes y la severidad de los accidentes registrados.

2.7. Métodos de protección

Puesto que es imposible eliminar completamente los desprendimientos de bloques de roca de los macizos rocosos, es necesario el uso de métodos de protección que eviten que los bloques que caen alcancen personal, máquinas, calzadas o vehículos. En la Figura 2.18 se muestran las posibles medidas a tomar para disminuir el daño asociado a desprendimientos.

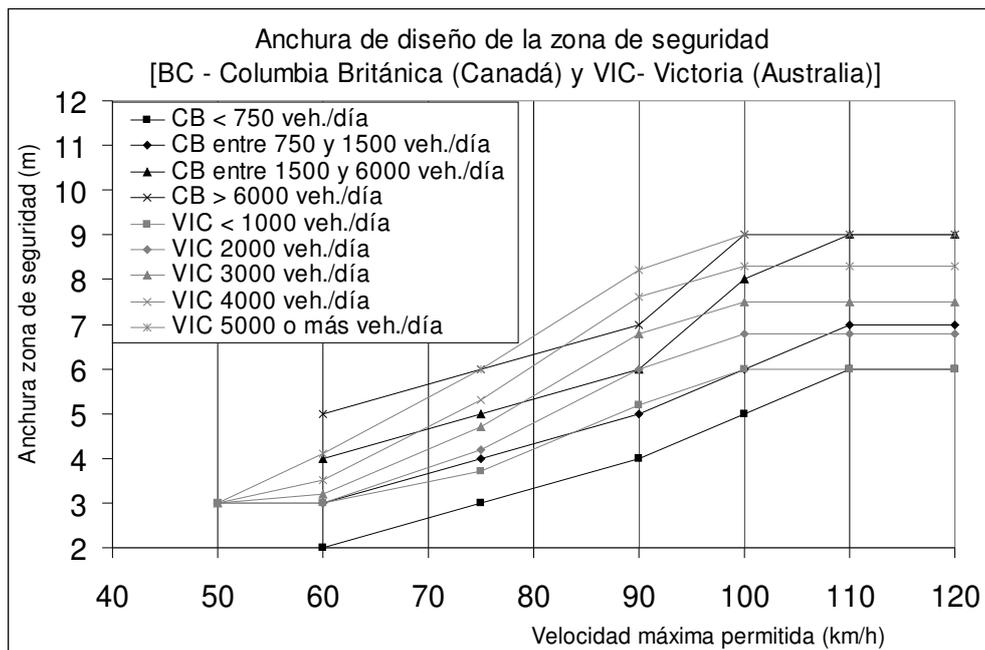
Tradicionalmente y debido a su bajo coste, en el ámbito minero se utilizan típicamente las bermas, mientras que en carreteras es común la creación de cuentones o zanjas de recepción, o en zonas de alta montaña de falsos túneles, que no sólo protegen del desprendimiento de rocas sino también de aludes de nieve.

Estas tres técnicas de protección suelen ir asociadas a las fases de diseño, de forma que si se comienzan a observar desprendimientos una vez que el talud esté en operación, habrá que acudir a técnicas como la instalación de mallas colgantes ancladas en su parte superior o mallas ancladas en todo el talud. Además siempre se puede proteger la zona de riesgo mediante muros (de gabiones, de tierra armada, de hormigón o simplemente rellenos) y mediante barreras o pantallas dinámicas. Tal y como muestra la Fig. 2.19, basada en Fookes y Sweeney (1976), estos métodos se pueden combinar.

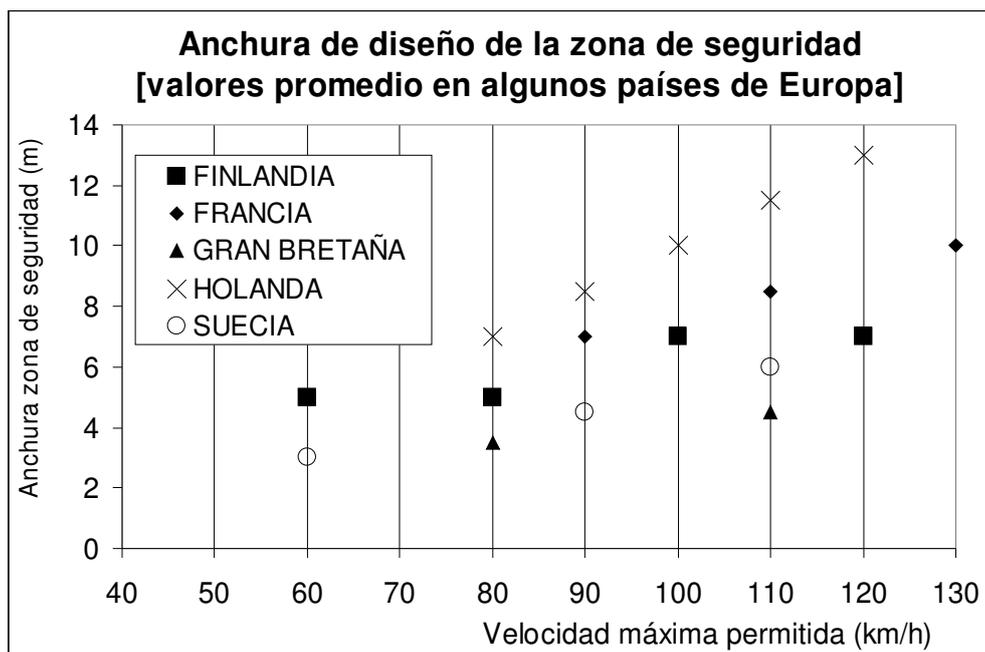
El diseño de los muros o pantallas requerirá el estudio de las trayectorias, de la velocidad de impacto de los bloques, de la posición y altura de la barrera, de las especificaciones de la misma para la absorción de impactos, así como el análisis de su estabilidad.

El estudio de las trayectorias de los bloques y las características de su tamaño se realizará mediante observación de los bloques caídos, puntos de impacto y las características geométricas, geológicas y de vegetación. Las observaciones in situ permiten realizar simulaciones de ordenador para evaluar la velocidad, las alturas de rebote, la energía adquirida en la caída y las máximas distancias alcanzadas por los bloques (véase Fig. 2.14). Los resultados obtenidos deben ser comparados con las observaciones in-situ para calibrar los modelos.

Las pantallas dinámicas, como las que desarrolla la compañía Geobruigg pueden actualmente presentar capacidades de absorción de energía de hasta 2500 KNm y aun algo más, por lo que podrían por ejemplo detener un bloque de 60 tn que bajara a una velocidad de 20 m/s (Fig. 2.19. zona inferior derecha).



a)



b)

Figura 2.17. Criterios de diseño legislativos de la anchura del área de seguridad de diferentes estados. 2.14.a) Criterios de diseño de los estados de la Columbia Británica (Canadá) según Coulter (1996) y Victoria (Australia) según Vicroads (2001), con criterios análogos a los utilizados en algunos estados norteamericanos. 2.14.b) Criterios promedio de diseño de algunos países europeos, según RISER (2003).

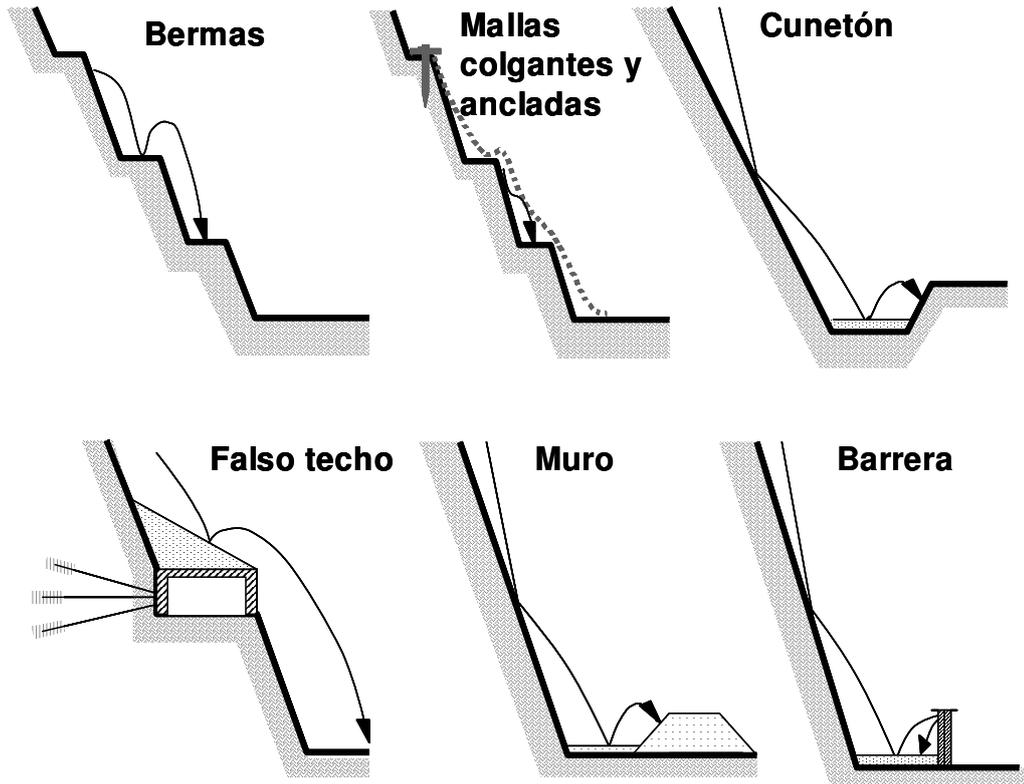


Figura 2.18. Posibles medidas para mitigar el riesgo asociado a desprendimientos. Basado en Spang y Rautenstrauch, (1988).

Otro de los sistemas más comunes para limitar los daños por desprendimientos es el uso de mallas metálica colgantes (ancladas en la parte superior) o extendidas por el talud y ancladas en varios puntos (Fig. 2.19. inferior izquierda). Estas técnicas y especialmente la primera de ellas no evitan las caídas pero sí las controlan, reduciendo las velocidades de bajada y evitando que los bloques de roca lleguen a las zonas de riesgo. Estos sistemas suelen resultar además mucho más económicos que las pantallas dinámicas, aunque no resultan fáciles de aplicar en taludes muy elevados, como por ejemplo en zonas de montaña.

En carreteras, probablemente, el sistema de protección contra desprendimientos permanente más efectivo es la colocación de un cunetón en la base del talud, cuyo fondo deberá estar lleno de grava para absorber la energía de impacto de los bloques desprendidos y que se separará de la calzada mediante una barrera (Fig 2.19. superior). Esta barrera se podrá diseñar de acuerdo a resultados de modelos teniendo en cuenta en el diseño que la distancia mínima entre el pie de talud y la barrera sea tal que no se produzca un impacto de roca en esta última sin que la roca haya perdido parte de su energía cinética en el primer impacto contra la grava (Hoek, 2000).

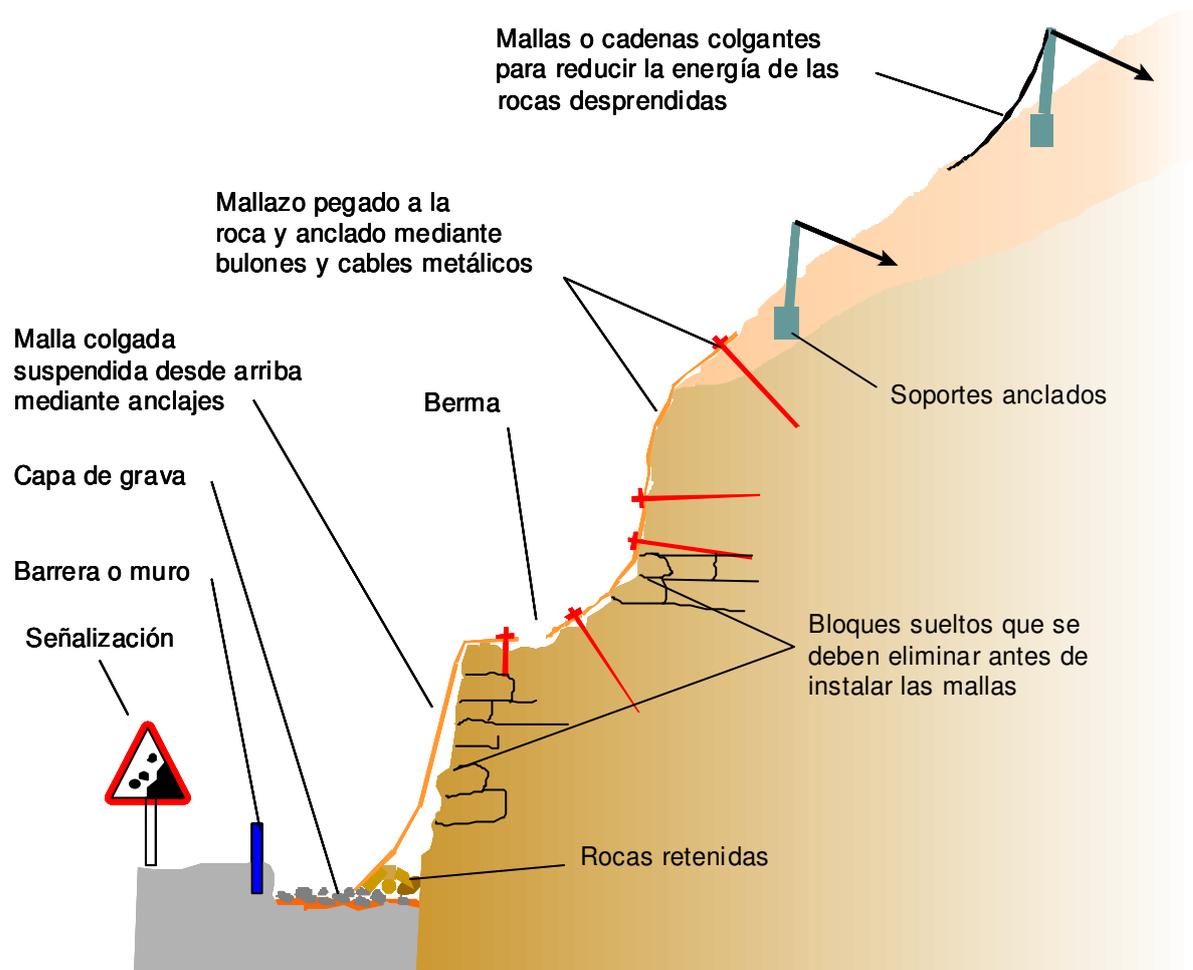
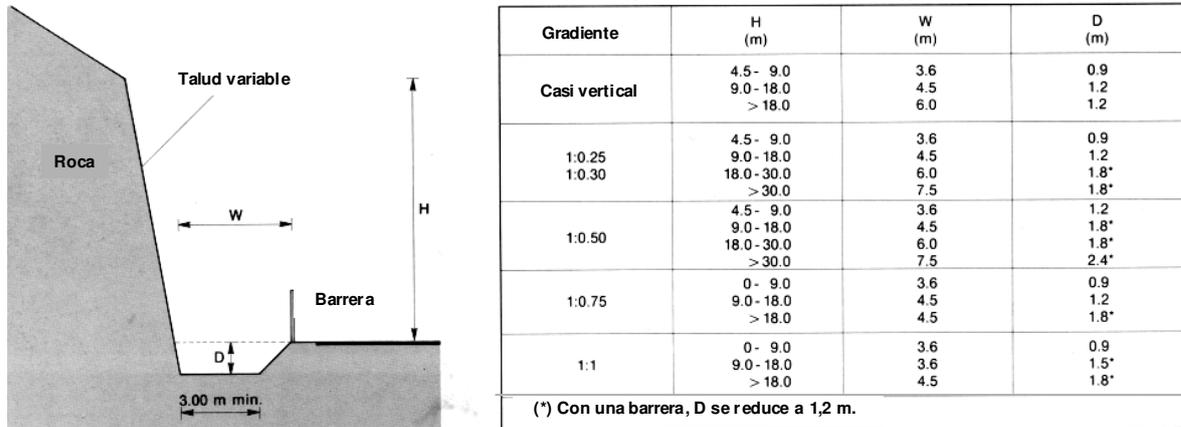


Figura 2.19. En la parte superior se muestra el uso conjunto de medidas de protección y seguridad contra desprendimientos (original según Fookes & Sweeney, 1976; modificada por www.land-man.net/uploads y los autores y obtenido de Alejano 2005). En la parte inferior y de izquierda a derecha. Mallas colgantes (www.land-man.net/uploads), malla anclada (www.stachys.es) y barrera dinámica (www.geobrugg.com).

Tradicionalmente se ha venido realizando el diseño de cunetas de recepción a partir de los estudios de Ritchie (1963), que le permitieron obtener una serie de datos reales de cientos de desprendimientos que tabuló para

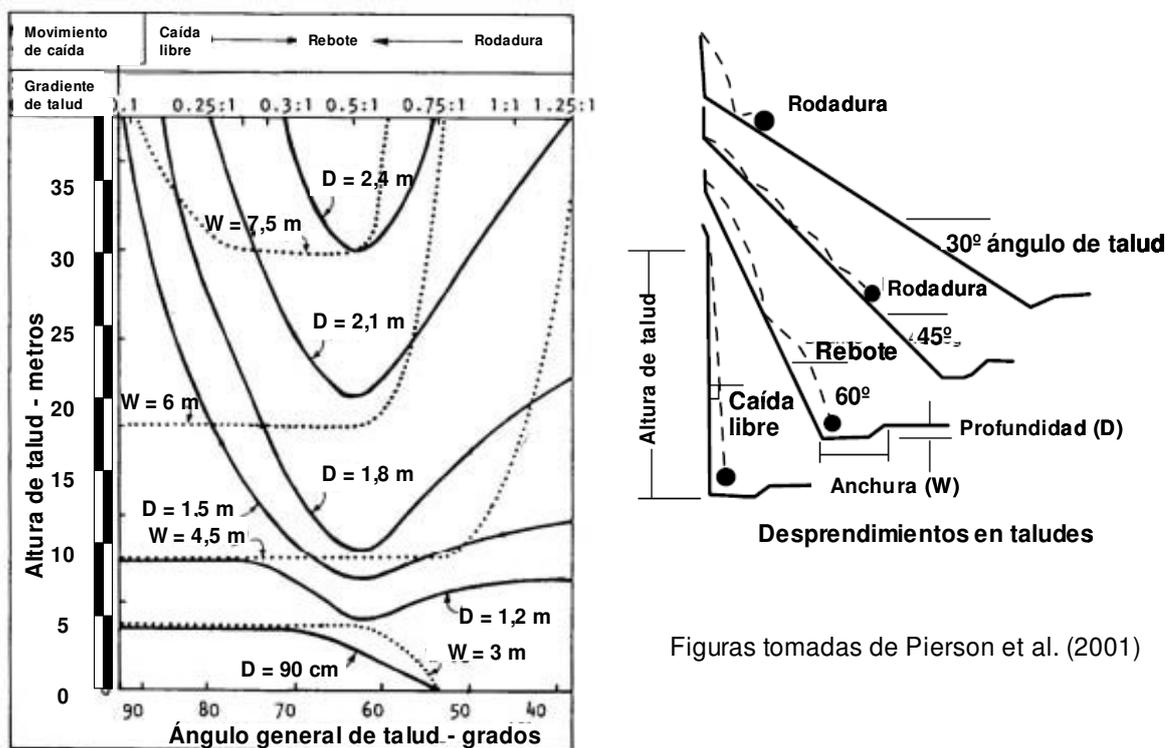
proponer un sistema inicial de diseño de cunetas y zanjas de recepción tal y como se presenta en la Figura 2.20.

Posteriormente se presentó esta información en forma de ábaco como muestra la Fig. 2.21.



Arriba Figura 2.20. Tabla de Ritchie para el diseño de cunetas o zanjas de recepción.

Abajo Figura 2.21. Ábaco de Ritchie (1963) para el diseño de cunetas o zanjas de recepción.



Ábaco para el diseño de cunetas o zanjas de recepción

Este ábaco de Ritchie se ha venido utilizando hasta bien recientemente. Sin embargo atendiendo a los nuevos criterios sobre áreas de seguridad, la presencia de una zanja de recepción como las propuestas por Ritchie se debería considerar un obstáculo (Fig. 2.16), que habría que eliminar o proteger. De esta forma, las cunetas de recepción se diseñan actualmente en la manera

Figuras tomadas de Pierson et al. (2001)

que se presenta en la Figura 2.22, de acuerdo con la propuesta de Pierson et al., (2001), de forma que se puedan considerar como parte del área de seguridad, ya que si un vehículo entra en la zona de recepción considerada, su conductor podría recuperar su control y volver a la calzada.

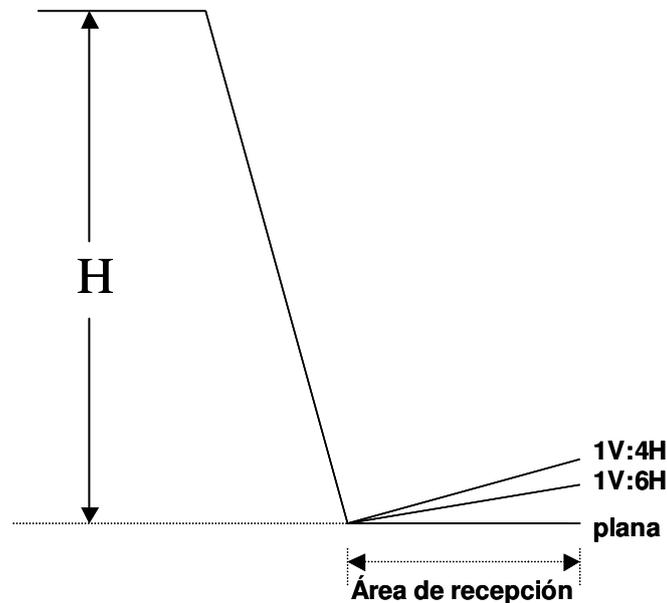


Figura 2.22. Diseño de cunetas o zanjas de recepción compatibles con el concepto de área de seguridad. Según Pierson et al., (2001).

Además los enfoques tipo Ritchie, sólo dan una única solución, cuando en realidad el diseño se deberá hacer atendiendo no sólo a la seguridad sino al coste realista. En este sentido el trabajo de Pierson et al., (2001) pretende superar este problema, al proponer en vez de un ábaco como el presentado, gráficas que incluyen el porcentaje de rocas desprendidas que quedarían retenidas en la zanja para cada diseño, de forma que el diseñador decida mediante un estudio técnico económico qué nivel de seguridad es razonable en cada caso.

En su estudio, los precitados autores (Pierson et al., 2001) realizaron el lanzamiento de más de 11000 rocas desde la coronación de taludes realizados mediante precorte de 12.2, 18.3 y 24.4 metros de altura y pendientes 4V:1H, 2V:1H, 1.33V:1H, 1V:1H, para áreas de recepción planas o con contra-taludes de 1V:6H y 1V:4H. Para cada configuración de talud se lanzaron 250 rocas, registrándose las distancia de impacto y de final de trayectoria, y en un pequeño porcentaje de casos registrándose con cámara de video su caída para estimar su velocidad y energía.

Tras representar y analizar el conjunto de datos adquiridos Pierson et al. (2001) proponen una serie de gráficas para cada uno de los casos donde se presenta el porcentaje de rocas retenido en el área de recogida (para los casos

de ser plana y de 1V:6H y 1V:4H) en función de la anchura de ésta, así como la posición en cada caso del lugar más lejano del impacto, tal y como muestra la Figura 2.23. En su trabajo disponible en Internet, estos autores también presentan ejemplos de cómo utilizar estos ábacos para diversos casos, por lo que se recomienda acudir a este documento para realizar actualmente los diseños de cunetas de recepción.

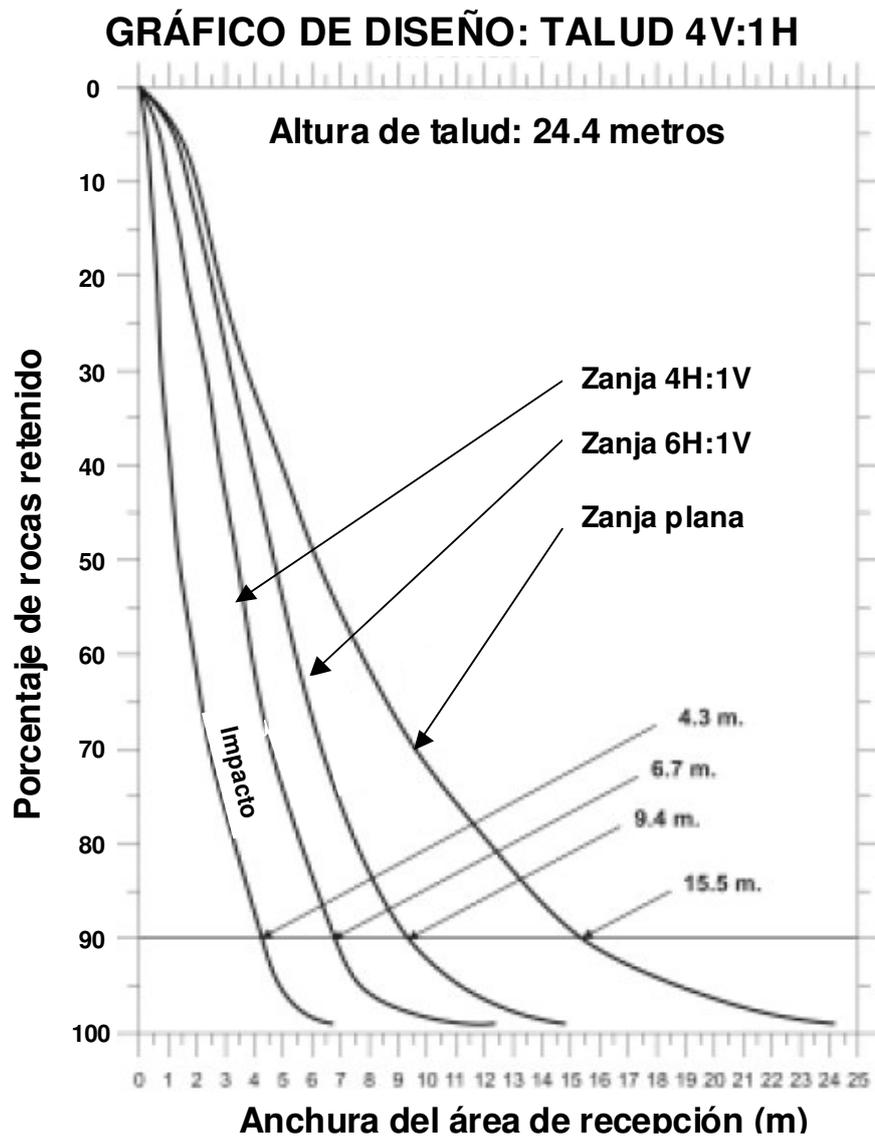


Figura 2.23. Ejemplo de gráfico de diseño de cuneta de recepción para un talud de 24.4 metros de altura y pendiente 4V:1H. Se incluye el porcentaje retenido para cada tipo de cuneta y en función de su anchura. A priori se recomiendan diseños con cunetas tales que retengan el 90% del material. Según Pierson et al., (2001).

3 Metodología

3.1 RHRS (Rockfall Hazard Rating System)

3.1.1 Clasificación

En la nueva plantilla se incluye el análisis de 7 aspectos (ver tabla 3.1) que una vez evaluados, valorados y sumados permiten clasificar y ordenar los taludes según su nivel de riesgo asociado a posibles desprendimientos. Cada aspecto a analizar representa un elemento importante que contribuye al riesgo general.

Tabla 3.1: Tabla “modificada” de estimación de la clasificación detallada del RHRS Rockfall Hazard Rating System (Traducido de Pierson et al., 1990 y modificado para canteras)

Categoría			Criterio de valoración y puntuación			
			3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud			25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción			Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología		Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
		Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual			1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento			3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud			Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques			Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

Con objeto de permitir cierta flexibilidad al clasificar, en la evaluación de la influencia relativa de las condiciones, que son muy variables, se utiliza un

sistema de valoración exponencial desde 1 a 100 puntos. En algunos de los aspectos a evaluar se pueden calcular valores exactos del exponente x de la función $y = 3^x$. Las formulas que nos dan el valor de este exponente se presentan en la Tabla 3.2.

A continuación se muestran los 7 aspectos o categorías que han de ser evaluados. Para cada uno de ellos, se presenta la descripción de las diferentes condiciones con valoraciones entre 3 y 81. Por simplicidad se pueden utilizar los valores propuestos en la Tabla 3.1 (interpolando adecuadamente) en vez de calcular el valor exacto de la función y aunque también se pueden recurrir al uso de estas funciones cuando se considere necesario. En este último caso si el valor obtenido es superior a 100, se debe truncar hasta este valor.

Para valorar situaciones entre 81 y 100, habrá que considerar para cada tramo el peor caso posible y asignarle un valor de 100 y a continuación la situación que se analice se valora entre el 81 de la tabla y el 100 correspondiente al peor caso posible definido.

Tabla 3.2. Formulas para calcular el exponente en los parámetros de la clasificación.

Parámetro	Fórmula para estimar el valor del exponente, x
Altura de talud	$X = \text{altura de talud en pies} / 25 = \text{altura en metros} / 7.5$
Anchura de calzada	$X = [52 - (\text{anchura de calzada en pies})] / 8$
Tamaño de bloque	$X = \text{dimensión del bloque en pies}$
Volumen	$X = \text{volumen en pies}^3 / 3$

3.1.2. Estimación de los parámetros.

El aspecto **altura del talud** correlaciona el riesgo con la altura total del talud. Los bloques de roca que caen de mayor altura tendrán más energía potencial que los que caen de poca altura, de forma que los primeros presentan mayor riesgo y su valoración será mayor. La altura se mide hasta el punto más alto del talud del que puedan desprenderse rocas. Si pueden caer rocas de la ladera situada por encima del talud excavado se computará la altura desde esta zona. La altura se puede obtener utilizando la siguiente expresión que se muestra en la Figura 3.1:

$$\text{altura total del talud} = \frac{X \sin \delta \sin \epsilon}{\sin(\delta - \epsilon)} + AI \quad (1)$$

Donde:

X = distancia entre los puntos de medida del ángulo

δ = Angulo que forma con la horizontal la línea que une el punto más cercano de medida con el punto más alto del talud desde donde puedan producirse desprendimientos

ε = Angulo que forma con la horizontal la línea que une el punto más lejano de medida con el punto más alto del talud desde donde puedan producirse desprendimientos

AI = Altura del instrumento

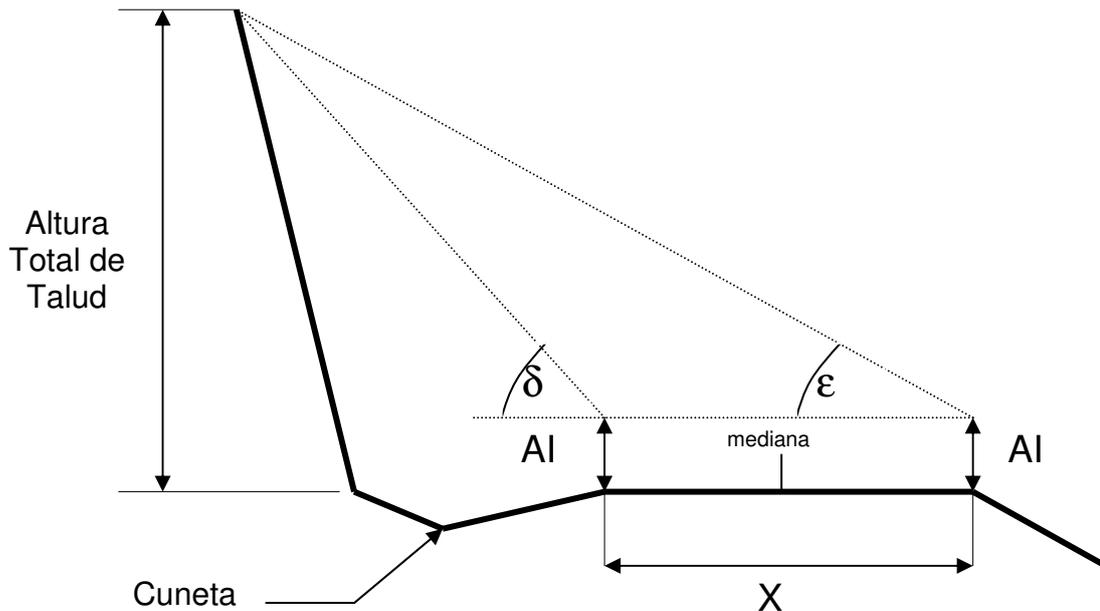


Figura 3.1. Método gráfico para el cálculo de la altura del talud.

La distancia X se suele tomar de lado a lado de la calzada. Los ángulos δ y ε se pueden medir con un instrumento adecuado como un clinómetro o brújula de geólogo y se debe hacer muy cuidadosamente, ya que pequeños errores de medida en estos ángulos pueden dar lugar a errores importantes en el cálculo de la altura. Los criterios de valoración se presentan en la Tabla 3.1.

La **efectividad de la cuneta de recepción** (la cuneta de recepción en las canteras se refiere al espacio que existe entre el talud y el camino de acceso por lo que esta es plana y sus dimensiones dependen del avance que exista por voladura pegada) se mide según su capacidad para evitar que los materiales desprendidos alcancen la calzada. Se deben considerar los siguientes factores a la hora de evaluarla:

Altura y ángulo de talud

Anchura, profundidad y forma de la cuneta (en canteras será regularmente plana)

Estimación del tamaño de bloque y cantidad de material que puede caer

Influencia de las irregularidades del sobre las rocas que caen (bermas, salientes....)

La estimación de estas irregularidades es de vital importancia por que pueden lanzar las rocas que van cayendo hacia la zona de calzada. Los criterios de valoración se presentan en la Tabla 3.1.

Dos de los aspectos o categorías que evalúa el RHRS se basan en la **geología**, se refiere a desprendimientos asociados a la presencia de discontinuidades en el macizo rocoso.

La categoría “**condición estructural**” considera la orientación y el tipo de discontinuidades presentes. El término discontinuidad se debe entender aquí como discontinuidad con una persistencia superior a 3 m. Estas discontinuidades pueden ser: juntas, fallas, planos de estratificación, etc. Se debe tener en cuenta, además, la presencia de relleno y la presión de agua. En general, los macizos rocosos con múltiples discontinuidades suelen producir más desprendimientos que aquellos más masivos. Una orientación adversa de las discontinuidades puede dar lugar a uno o más mecanismos típicos de inestabilidad mecánicamente posibles. Los criterios de valoración se presentan en la Tabla 3.1.

El parámetro “**fricción de la junta**”, define el potencial de deslizamiento de un bloque. La fricción de estas discontinuidades viene marcada por la rugosidad de las discontinuidades. El potencial de desprendimientos es mayor en zonas en las que las juntas presentan meteorización o alteración y movimientos previos que hayan dado lugar a superficies pulidas. La valoración detallada se presenta en la Tabla 3.1.

La medida del “**tamaño de bloque individual o cantidad de material caído por desprendimiento**” debe representar la fenomenología del desprendimiento más probable. Si se trata de bloques individuales, el tamaño de éstos es lo que se valora. Si se espera la caída de una masa de roca rota, se evalúa la cantidad de material por desprendimiento.

La categoría “**clima y presencia de agua en el talud**” se presenta a continuación. El agua y los ciclos hielo-deshielo contribuyen a la meteorización y al deslizamiento de materiales rocosos. Como muestra la Tabla 3.1 los valores exactos especificados para esta categoría varían desde “precipitación baja a moderada sin periodos de helada” (3 puntos) hasta “elevada precipitación y periodos largos de helada” (81 puntos). Obsérvese que los criterios entre estos dos extremos contienen la disyuntiva “o”. Las áreas que reciben menos 500 mm de precipitación al año, son áreas de baja precipitación. Las áreas que reciben más 1250 mm al año son áreas de elevada precipitación.

La categoría “**historia de caídas**” tiene en cuenta los desprendimientos pasados como indicador de los futuros. La mejor manera de recopilar esta información es basarse en los informes de los equipos de mantenimiento. En zonas de reciente construcción o pobre mantenimiento podría carecerse de dicha información. Si este fuera el caso, se aproximaría basándose en supuestos razonables, indicándose la conveniencia de revisar esta valoración en el futuro. Los criterios de valoración de esta categoría también figuran en la Tabla 3.1.

3.2. RHRON (Ontario Rockfall Hazard Rating System)

3.2.1. Clasificación

El RHRON se basa en el análisis de 13 categorías o aspectos, como altura del nivel freático, durabilidad, fricción básica de la roca, entre otros no contemplados en el RHRS. Estas categorías se valoran en el RHRON linealmente con un escala entre 0 = “bueno” y 9 = “malo”.

La planilla o estadillo de clasificación (Tabla 3.3) sirve para registrar los datos de riesgo de caídas.

3.2.2. Estimación de los parámetros.

La estimación del RHRON se realiza mediante la planilla, esta planilla incluye columnas para anotar tanto el valor de los parámetros como sus índices o valoraciones ("ratings") que se corresponden con la escala de 0 (bueno) a 9 (malo). Hay que exceptuar los parámetros P1, P5 y P6, que carecen de valor numérico específico y se valoran directamente en términos índice. Se incluye una tabla de conversión (Tabla 3.4) que muestra la correlación entre los valores de los parámetros y sus índices o valoraciones de 0 a 9 correspondientes.

El historial de caídas, P1, se estima a partir de los informes de mantenimiento y accidentes, mediante la utilización de la Tabla 3.5. Los volúmenes de material que puede caer, P2 (Qmax) se refiere a la cantidad máxima de material que puede caer en un evento mientras que P3 (Qtot) se refiere a la suma de todos los eventos de caídas de roca que existan en el banco en estudio y los valores están dados en la Tabla 3.4.

La irregularidad de la cara del talud P4 (Firr) se basa en su rugosidad y se estima con la ayuda de la tabla 3.6. La evaluación se basa en: el % de cañas de barrenos (valora la parte buena de la escala, de 0 a 4), el espesor medio de gunita necesario para cubrir el talud con una superficie lisa (valora la parte media de la escala, de 4 a 7) y la máxima dimensión de los huecos y salientes observables en el talud (valora la parte mala de la escala, de 7 a 9).

Tabla 3.3: Planilla de datos de campo del RHRON detallado. (Senior, 2002). (modificado para canteras)

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera:	ZONA n°:	Talud
Posición:		p.k.	al (EWNS) del cruce entre y	
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a compresión simple	MPa	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb =	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3	/ 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4	/ 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3		_____ / 9		
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

La disgregación de la roca, P5 (Loose, Face looseness), se estima en función del número de juntas abiertas visibles, de sus aberturas típicas y de la facilidad de la excavación de la roca. Se valora de acuerdo a la Tabla 3.7.

El índice de orientación y continuidad de las juntas, P6 (Jop, Joint orientation and persistence), se define en términos de la continuidad y dirección

de la peor junta o familia de juntas “geotécnicamente hablando”, mediante la Tabla 3.8.

La resistencia a compresión simple, P7 (UCS), se valora de acuerdo con la resistencia intacta del material, que se puede calcular mediante técnicas tradicionales (martillo de Schmidt, point load index, prensa en laboratorio, o valores estimativos tabulados). Véase la Tabla 3.4. para su conversión en índice.

La resistencia al corte de las discontinuidades, P8 (Phip o ángulo de fricción de pico), se refiere a la peor junta y se estima atendiendo al comportamiento del relleno o a la formulación clásica de Barton. Su valoración se muestra en la Tabla 3.4.

El tamaño de bloque, P9 (Block) se define como la dimensión lineal media de un bloque típico de la cara del talud. Se suele estimar seleccionando a ojo un bloque típico. Se valora según la Tabla 3.4.

El nivel freático, P11 (Wtab), es la altura máxima del agua en la cara del talud, en porcentaje sobre la altura total del talud. Hay que considerar la estacionalidad de la posición de este nivel, intentando registrar su valor máximo posible atendiendo a la presencia de musgo u óxidos si el reconocimiento se realiza en épocas secas. En casos de gran relevancia se puede controlar mediante piezómetros situados tras el talud. Se valora según la Tabla 3.4.

Los parámetros altura de talud, P12 (Height), y ángulo de cabeza de talud P13 (Cang), se refieren simplemente a la altura máxima de banco o talud y a el ángulo de la cara de banco. Se valora según la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Tabla de conversión de los valores V de los parámetros en sus índices R. (Senior, 2002).

Nº	Parámetro	unidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V2	Qmax	m³	1	1.3	1.6	2.2	2.8	3.6	4.6	6.0	7.8	10
V3	ΣQtot	m³	1.0	1.7	2.8	4.6	7.7	13	21	36	60	100
V4	Firr	m	0.00	0.28	0.56	0.83	1.11	1.39	1.67	1.94	2.22	2.50
V7	UCS	MPa	200	111	62	34	19	11	5.8	3.2	1.8	1.0
V8	Phip	°	70	64	59	53	48	42	37	31	25	20
V9	Block	cm	200	120	72	43	26	15	9	6	3	2
V11	Wtab	%	0.0	11	22	33	44	55	67	78	89	100
V12	Height	m	0	3	7	10	13	17	23	23	30	30
V13	Cang	°	20	27	33	40	47	53	60	67	73	80
V15	Deff	%	0	11	22	33	44	56	67	78	89	100

Tabla 3.5: Tabla de estimación del índice R1, Hist, o índice de la historia de desprendimientos. (Senior, 2002).

R1 Índice de Historia	HISTORIA Y EVIDENCIA DE DESPRENDIMIENTOS		ALCANCE - % de calzada transitada	
	Frecuencia	Cantidad de roca retirada Cargas de camión /100 m	Completamente bloqueada	Obstrucción por fragmentos
0	No hay registro	Nada	Nada	
1	Casi nunca	1 camión una vez	Las caídas llenan ocasionalmente la cuneta pero rara vez rebosa hacia el arcén	
2	Rara vez	1-2 camiones	Frecuente bloqueo de la cuneta	Fragmentos alcanzan con frecuencia el arcén
3	Cada pocos años	1-2 camiones / año de media	Bloqueo ocasional del arcén	Fragmentos alcanzan a veces la vía
4	Algunos años	3-4 camiones /año de media	Bloqueo frecuente del arcén	Algunos fragmentos alcanzan el carril más próximo.
5	Casi todos los años	3-4 camiones /año de media	Algo de material sobre el carril más próximo	Unos pocos fragmentos alcanzan el 50 % de la calzada.
6	Todos los años	5-20 camiones /año de media	Bloqueo parcial del carril más próximo	Algunos fragmentos alcanzan el 50 % de la calzada.
7	Mensualmente	Más de 10 camiones /año	Bloqueo completo del 25 % de la vía	Muchos fragmentos alcanzan el 50 % de la calzada.
8	Semanalmente	Más de 20 camiones /año	Bloqueo completo del 50 % de la vía	Algunos fragmentos alcanzan el 75 % de la calzada.
9	Caídas constantes	Más de 50 camiones /año	Grandes caídas bloquean el 75% de la vía	Algunos fragmentos alcanzan el carril más cercano y el más lejano.

Tabla 3.6: Tabla de estimación del índice R4, Firr, o irregularidad de la cara del talud. (Senior, 2002).

R4 Índice Firr	Longitud de cañas/ Longitud de barrenos	Espesor medio de gunita para dejar una superficie lisa	Profundidad de los huecos o altura de salientes
0	100 %	< 10 cm	< 0.2 m
1	80 %	< 10 cm	< 0.2 m
2	60 %	< 10 cm	< 0.2 m
3	40 %	< 10 cm	< 0.2 m
4	20 %	0-10 cm	< 0.2 m
5	< 10 %	10-20 cm	< 0.5 m
6	< 10 %	20-30 cm	< 0.5 m
7	< 10 %	> 30 cm	0.5-1 m
8	< 5 %	> 30 cm	1-1.5 m
9	< 5 %	> 30 cm	1.5 ->2 m

Tabla 3.7: Tabla de estimación de R5, Loose, o apertura típica de juntas y disgregación de la roca. (Senior, 2002).

R5 Loose	Presencia de juntas de apertura máxima en un área de 10 x 10 m	Aperturas típicas	Condiciones de la cara
0	1-10	0-1 mm	Fuerte, sólo se puede excavar con máquina
3	10-30	1-5 mm	Ligeramente suelta, fácil de excavar con máquinas
6	30-50	2-15 mm	Muy suelta, se puede arrancar con la mano
9	> 50	>15-50 mm	Estabilidad precaria, se cae al tocar

Tabla 3.8: Tabla de estimación del índice R6, Jop, Orientación y continuidad de juntas. (Senior, 2002).

R6 Jop	Longitud de traza	Buzamiento hacia la cara del talud	Rumbo con respecto al del talud
0	1-3 m	< 20°	> 20°
3	3-5 m	20 - 40°	10-20°
6	5-10 m	40 - 60°	5-10°
9	> 10 m	> 60°	0-5°

El parámetro efectividad de la cuneta de recepción P15 (Deff o Ditch effectiveness) evalúa el riesgo de que el material que caiga rebose o se salga de la cuneta, esto es, la probabilidad de que las rocas alcancen la calzada. Se trata de estimar, suponiendo que se produzcan cien desprendimientos de magnitud Qmax, en cuantos de ellos los fragmentos de roca alcanzarían la calzada o zona de trabajo de la maquinaria. Se valorará atendiendo a la tabla 3.4.

3.3. Un método empírico para estimar el riesgo de accidentes por desprendimientos en canteras (ROFRAQ: ROck-Fall Risk Assesment for Quarries)

3.3.1 Generalidades

Este método, que está en fase de desarrollo en la Universidad de Vigo (Stockhausen y Alejano, 2003). La idea de este método surge a partir del estudio de estadísticas de accidentes en canteras gallegas, que demuestran una siniestralidad asociada a este tipo de fenómenos por encima de lo conveniente (Rey, 2000), y al constatar la dificultad de la aplicación de métodos como el RHRS o el RHRON a la realidad minera.

Este método ha sido aplicado por ahora en varios taludes de distintas canteras, demostrando su utilidad en tanto en cuanto ha sido capaz de detectar los taludes más problemáticos según las evidencias empíricas. No obstante, todavía resulta necesario disponer de una base de datos mucho más amplia para poder realizar un ajuste fino de la metodología.

Algunas de las ideas utilizadas para el desarrollo de las valoraciones de cada fenómeno se han apoyado en trabajos previos desarrollados por diversos autores para el análisis del fenómeno en carreteras y en particular en los desarrollos de RHRS y RHRON. Parte de la información utilizada para la estimación de las valoraciones individuales de los factores proviene de la experiencia en el ámbito de la estabilidad de taludes en explotaciones, aunque ciertamente han sido ajustadas a las observaciones detalladas en canteras.

3.3.2. Estructura del ROFRAQ

El punto de partida de ROFRAQ es el hecho de que para que ocurra un accidente asociado a un desprendimiento en una cantera, se deben de producir de manera sucesiva y encadenada los siguientes fenómenos:

- a) Que exista uno o varios bloques o una masa de roca más o menos separada del macizo rocoso en el talud.
- b) Que ese(os) bloque (s) o masa de roca esté(n) relativamente próximos al equilibrio.
- c) Que tenga lugar un fenómeno desestabilizador (voladura, precipitación...) que haga inestable el elemento rocoso
- d) Que este material rocoso inestable caiga siguiendo un trayectoria tal que alcance, en todo o en parte, los bancos de trabajo y, típicamente, la plaza de la cantera.
- e) Que al menos un bloque de roca impacte con una máquina o un trabajador en el banco de trabajo.

lógicamente, la probabilidad de que un accidente tenga lugar será la probabilidad de que estos cinco fenómenos ocurran sucesivamente y, por lo tanto, se podrá calcular como el producto de las probabilidades de individuales de cada uno de estos factores.

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.

Un estudio detallado del método y la realización de análisis de sensibilidad en un número suficiente grande de taludes demostraron que el parámetro denominado E, que valora la probabilidad de la presencia de maquinas o trabajadores bajo la zona donde se produce el desprendimiento, es el parámetro limitador que en muchos casos controla el valor final del ROFRAQ. Por ello se propone también el computo de un ROFRAQ básico, que se calcularía como el producto de las valoraciones de los cuatro primeros factores y que reflejaría la probabilidad de que se produjera un desprendimiento en un talud, independientemente del resultado final (accidente o no).

Esta propuesta se basa en el hecho de que en la fase de desarrolló se observó que en taludes aparentemente peligrosos se obtenían valores de ROFRAQ muy bajos, debido a que, de acuerdo con el plan de labores, sería raro encontrar maquinas o trabajadores bajo dicho talud. Además resulta interesante contar con este ROFRAQ básico al objeto de poder correlacionar los valores obtenidos con resultados de la aplicación de técnicas como RHRS O RHRON.

ROFRAQ se implementa básicamente a través de la Tabla 3.9 y 3.10, que será(n) la(s) herramienta(s) básica(s) de su aplicación, donde los datos a introducir vendrán de distintas fuentes. No obstante, conviene presentar brevemente el procedimiento que se debe seguir y ciertos detalles de estimación de los parámetros que se comentarán en apartados subsiguientes. Las dos tablas mencionadas (3.9 y 3.10) presentan una sutil diferencia, esta se basa en la diferencia que existe entre los bancos y los taludes (estos pueden estar formados de varios bancos) de aquí que es importante diferenciar los riesgos de un banco y los riesgos que un talud (de varios bancos con bermas de diferentes tamaños, alturas, etc.) puedan tener.

3.3.3. Fuentes de información y datos

Para aplicar esta metodología a una cantera se debe partir de la siguiente información básica:

- 1) Un plano topográfico de la cantera a escala apropiada (1/500 a 1/2000),
- 2) El plan de labores anual que deberá incluir las zonas a explotar, la descripción de las voladuras, las máquinas a utilizar y sus ciclos de trabajo y las prácticas de limpieza de bermas y saneo de bancos,
- 3) Datos meteorológicos de la zona de la explotación (principalmente la precipitación máxima en 24 h para un período de retorno de 50 años y el periodo anual medio libre de heladas para 0°C)
- 4) Un censo de discontinuidades, que incluya medidas de al menos 100 discontinuidades significativas de la cantera con sus características estructurales principales siguiendo las recomendaciones de la ISRM; si no se dispone de este censo habrá que realizarlo específicamente para obtener el ROFRAQ.

con esta información básica, se debe dividir la mina o cantera en un número de frentes o taludes que tengan una orientación constante. Estos frentes o taludes son la unidad básica de aplicación del método. Si cualquiera de estos frentes es demasiado largo o heterogéneo, se debe subdividir en unidades menores.

Habrá que realizar una o varias visitas a la cantera para evaluar y registrar los distintos aspectos específicos de cada uno de los frentes. Las observaciones que se deben realizar se refieren a: presencia de fallas, daños en el macizo por las voladuras, estado de los bancos y bermas, presencia de bloques sueltos en los taludes y rocas caídas en las bermas y fondo de mina (incluyendo una descripción breve y una estimación de volumen), fotografías, descripción de los fenómenos de inestabilidad puntual (indicando los mecanismos de inestabilidad, características y volumen de los mismos), presencia de agua en el talud, nivel de meteorización y erosión, si es el caso, e irregularidad del frente.

También conviene en estas visitas observar y registrar cómo tienen lugar los procesos mineros (perforación, voladuras, carga, transporte, saneo de frentes...) para tener una idea más precisa de los procedimientos de trabajo, la posición de las máquinas y sus ciclos, y en general la implementación del plan de labores. Resulta también interesante conversar con el encargado y los trabajadores al objeto de conocer si ha tenido lugar algún fenómeno de desprendimiento en el pasado y, en su caso, las condiciones en que tuvo lugar y si dio lugar a algún accidente.

Tabla 3.9: Planilla de caracterización del método ROFRAQ(bancos).

Cantera: _____ Orientación: _____ Fecha: _____

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daños	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = \frac{((axb)+c+d+e+f) \times g_b}{2} \quad (10 > A_{ban} > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)													
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.													
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.													
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques		Promedio	
Rotura plana		Migueo		Vuelco de bloques		A							
Rotura tipo cuña		Bloques sueltos		Vuelco por flexión		B							
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C							

$$B = 10 \times \left[1 - \left(\prod_{i=1}^n [1 - (P_i/100)] \right) \right] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)												
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)				
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³				0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³				0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³				1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³				1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³				2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})											
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza (e _b)			
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año			
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5				
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7				
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9				
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1				

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq-ban})											
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)			
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la/s máquina/s frente a la longitud del banco en porcentaje:	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)				10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)			5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)			1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)			0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)			0.01

$$E_{maq-ban} = e-banco \times (c-banco/100) \times (d-banco/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})											
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)			
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la/s persona/s (1 m.) frente a la longitud del banco en porcentaje:	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)				10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)			5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)			1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)			0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)			0.01

$$E_{pers-ban} = e-banco \times (c-banco/100) \times (d-banco/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)$$

$$E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) \cdot (10 - E_{pers-banco}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)					
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.5

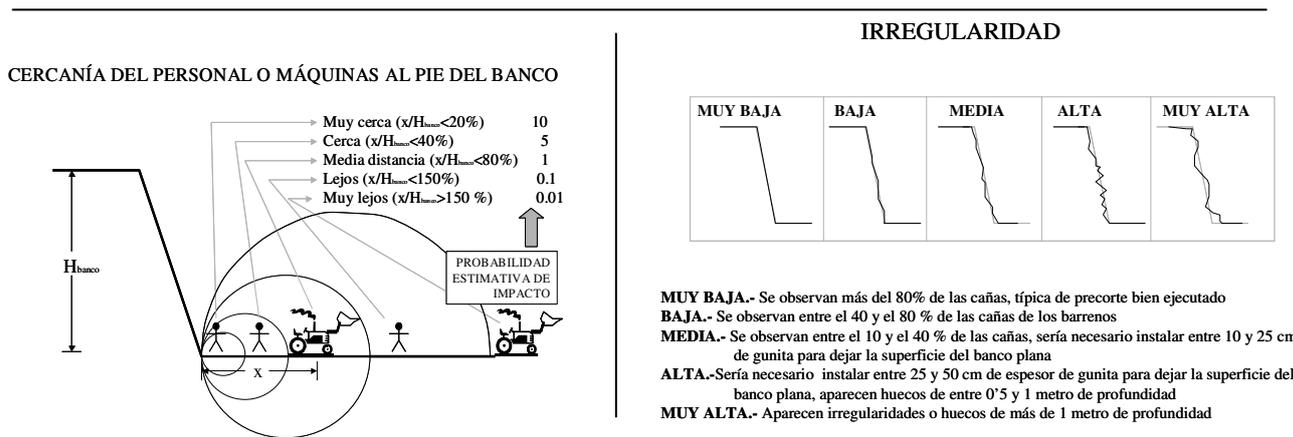
$$ROFRAQ_{banco}^{Básico} (\%) = (A_{ban} \times B \times C \times D_{ban}) / 100 = \quad ROFRAQ_{banco} = (A_{ban} \times B \times C \times D_{ban} \times E_{ban} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{banco}^{pers} = (A_{ban} \times B \times C \times D_{ban} \times E_{pers-ban} \times F) = \quad ROFRAQ_{banco}^{maq} = (A_{ban} \times B \times C \times D_{ban} \times E_{maq-ban} \times F) =$$

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

Evaluación preliminar del riesgo del talud en función de los resultados del ROFRAQ ^{banco mag}					
MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO
No hacer nada	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Que la excavadora sólo retire material de lejos del frente, parar en épocas de lluvia fuerte	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, rediseñar voladura tipo, etc.
Inf. a 10	10 - 25	26 - 100	101 - 250	251 - 1000	Sup. a 1000

Evaluación preliminar del riesgo del talud en función de los resultados del ROFRAQ ^{banco pers.}					
MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO
No hacer nada	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Limitar el paso de personal en épocas 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, rediseñar voladura tipo, etc.
Inf. a 4	4 - 10	10 - 40	40 - 100	100 - 400	Sup. a 400



3.3.4. Estimación de ROFRAQ

A continuación se explicará el procedimiento básico para completar la Tabla 3.9 y 3.10, para obtener los resultados de las distintas valoraciones y, finalmente, del ROFRAQ básico y del ROFRAQ. Los comentarios se centran en señalar donde se obtiene información para valorar cada aspecto y poner de manifiesto aquellos aspectos más difíciles de evaluar.

3.3.4.1. ¿Existen bloques más o menos separados del macizo rocoso?

La valoración de este aspecto es una de las menos significativas en los casos analizados, si bien puede tener gran importancia en macizos rocosos muy masivos. Los sub-parámetros A-a y A-b, se obtienen a partir de la interpretación clásica del censo de discontinuidades, de la que se obtienen el número de familias principales de discontinuidades y sus continuidades o persistencias medias. Los sub-parámetros de A-c a A-f se recogen in-situ para cada frente. Hay que señalar que A-f por si mismo tiene una importancia igual al resto de sub-parámetros, lo cual se debe a que se ha buscado equiparar la importancia de la fracturación en el macizo con la de la presencia de bloques en los frentes y bermas. Finalmente el sub-parámetro A-g se obtiene con el plano de la cantera.

tabla 3.10: Planilla de caracterización del método ROFRAQ(taludes).

Cantera: _____

Talud: _____

Fecha: _____

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)	Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneos de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)		
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneos y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

$$A = \frac{((axb)+c+d+e+f) \times g}{2}$$

$$(10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)												
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.												
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.												
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques		Promedio
												Promedio
Rotura plana		Migueo		Vuelco de bloques		A						
Rotura tipo cuña		Bloques sueltos		Vuelco por flexión		B						
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C						

$$B = 10 \times [1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (1 - (P_i/100))]^n$$

$$(10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)												
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)				
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1			
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5			
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1			
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5			
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2			

$$C = a + b + c + d + e$$

$$(10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)															
Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la berma en m. (A.B) en filas.										Inclinación general del talud (a)		Condición de la berma (b)		Irregularidad de la cara del talud (c)	
5		10		12		15		20							
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft						
< 1	10	< 1	10	< 3	10	< 3	10	< 4	10	40	2	Optima	0	Alta	2
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	48	1	Buena	0.5	Media	0.5
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	56	0.5	Limitada	1	Baja	0
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	60	0	Mala	1.5	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
3>	0	5	0.2	6	1	7	1	9	0.5	72	- 0.5	Muy mala	3	Si	0
		5.5>	0	7>	0	8.5>	0	10	0	80	- 1	Inaccesible	4	No	1

$$D = (Ft^* + a^* + b + c) \times d$$

$$(10 > D > 0)$$

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq})												
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)				
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	< 3	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje		Muy cerca (x/H < 10%)	10			
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5			
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1			
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1			
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01			

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$$

$$(10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers.})												
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)				
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	< 3	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:		Muy cerca (x/H < 10%)	10			
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5			
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1			
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1			
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01			

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$$

$$(10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D)/100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

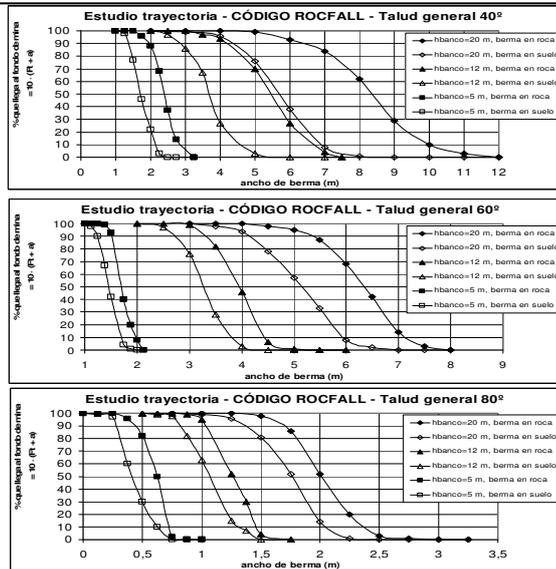
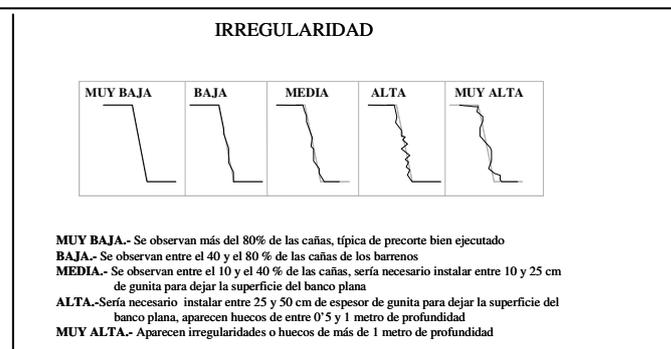
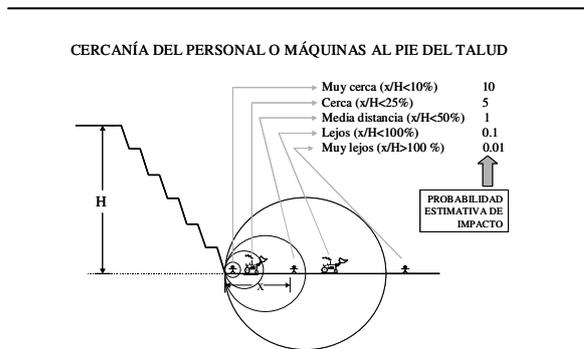
ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq.} = (A x B x C x D x E_{maq.} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

Evaluación preliminar del riesgo del talud en función de los resultados del ROFRAQ _{maq}					
MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO
No hacer nada	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Evitar el paso de máquinas cuando llueve fuerte	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño de algunos zonas, ampliación de bermas, etc.	Revisión del plan de labores, instalación de mallas protectoras, etc.
Inf. a 10	10 – 25	26 – 100	101 - 250	251 - 1000	Sup. a 1000

Evaluación preliminar del riesgo del talud en función de los resultados del ROFRAQ _{pers.}					
MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO
No hacer nada	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Evitar el paso de personal en épocas de lluvia	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño de algunos zonas, ampliación de bermas, etc.	Revisión del plan de labores, instalación de mallas protectoras, etc.
Inf. a 4	4 – 10	10 – 40	40 - 100	100 - 400	Sup. a 400



Cálculo de (Ft + a) para el cálculo de D

3.3.4.2. ¿Son estos bloques potencialmente inestables?

La valoración de este aspecto es una de las más complejas. Se propone su estimación de la siguiente manera. En base al censo de discontinuidades y su interpretación y la orientación de cada uno de los frentes, se realizará un análisis cinemático de los mecanismos de inestabilidad más probables en cada

uno de los taludes siguiendo las metodologías de Hoek y Bray (1974) o Hudson y Harrison (1997). Con esta información se verá si se pueden producir en cada frente roturas planas, de cuñas, vuelcos o roturas tipo talud de muro. A partir de estos análisis y teniendo en cuenta los espaciados y persistencias de las familias, se estimará el porcentaje de superficie del frente o talud posiblemente afectado por cada mecanismo. Una vez hecho esto y en la visita a la cantera se identificarán y evaluarán en porcentaje los distintos mecanismos de inestabilidad identificados o no en el análisis cinemático, atendiendo en primer lugar a las observaciones sobre talud y en segundo término a los bloques de roca caídos presentes en las bermas. Los valores de estos porcentajes estimados se anotarán en la planilla del ROFRAQ (Tabla 3.12 y 3.13) y se promediarán y multiplicarán por su factor correspondiente. Con estos promedios se obtendrá el índice B según la formulación de la planilla.

3.3.4.3. ¿Se puede producir un fenómeno desestabilizador sobre esos bloques?

Este índice se calcula de la siguiente forma. Los sub-parámetros C-a y C-b se estiman a partir de los datos históricos climatológicos de la estación meteorológica más próxima. También regionalmente se pueden obtener a partir de publicaciones meteorológicas específicas. Los sub-parámetros C-c y C-d se estiman sobre cada frente en la misma manera que para otras clasificaciones geomecánicas. El C-e se estima a partir del diseño de las voladuras, computándose la carga específica en términos de goma equivalente por metro cúbico de material volado. Puede que este índice C esté muy adaptado a las condiciones climáticas gallegas, por lo que tal vez deba ser retocado para estimaciones más generales.

3.3.4.4. ¿Llega alguno de los bloques de roca inestables a la plaza de la cantera?

En lo que concierne a este índice, que vendrá principalmente marcado por la geometría del frente, se ha observado que los dos parámetros más importantes son el ancho medio de berma y la altura de banco, por lo que el factor más significativo que será una medida del factor de forma del talud y se denominará D-Ft, se basa en estos dos aspectos. La obtención de este D-Ft se ha basado en una serie de más de cien ensayos numéricos realizados con el código RocFall que simula las trayectorias de caídas de bloques. Los resultados básicos de estos ensayos, realizados con diversas geometrías regulares de alturas de banco y anchos de berma, con diferentes ángulos generales de talud y coeficientes de restitución propios de las rocas duras, se han tabulado en la zona correspondiente de la tabla básica del ROFRAQ

(Tabla 3.10) y proporcionan el número de bloques, sobre diez, que desprendidos desde la zona alta del talud llegarían al fondo de mina.

También otros aspectos que se introducen en forma de sub-parámetros influyen sobre las trayectorias de caídas. Así, se deben introducir valoraciones para D-a, que marca la inclinación general del talud, D-b, que refleja las condiciones de las bermas y bancos, D-c, que introduce la influencia de la irregularidad de las caras de los bancos y D-d, que refleja la presencia de zanjas o elementos de retención.

3.3.4.5. ¿Impactan los bloques que llegan abajo con una máquina o un trabajador?

Los sub-parámetros E(1a) y E(1b) se estiman a partir de observaciones in-situ. E-c y E-d se obtienen según el plan de labores y atendiendo a los ciclos y trayectoria típica de cada máquina y el porcentaje de tiempo que permanecen bajo los frentes analizados, teniéndose a su vez en cuenta la longitud de la maquinaria con respecto a la longitud del frente analizado. Normalmente, este es el parámetro más limitador de la clasificación, ya que el porcentaje en tiempo en el que hay máquinas bajo un frente determinado suele ser bastante bajo. Se deberá asignar un valor mínimo del parámetro o índice E de 0.00025, que se corresponde con la presencia de una persona 8 horas por año bajo el frente.

3.3.4.6. Historia de desprendimientos en la cantera

A partir de las conversaciones con los operarios y de registros administrativos de accidentes se debe estimar la historia de caídas en la cantera. Si no existen registros este parámetro no afectará a la clasificación.

3.3.4.7. ROFRAQ básico y ROFRAQ

El ROFRAQ básico se computará como el producto de los cuatro primeros parámetros y será una medida de la peligrosidad del frente. El ROFRAQ se obtendrá como producto de los seis parámetros y será una medida de la probabilidad de que se produzcan accidentes bajo el frente analizado. Su valor servirá para clasificar los frentes, indicándose como resultado el nivel de riesgo y el tipo de medidas correctoras a tomar, según se indica en la tabla básica. El valor de ROFRAQ dividido entre 10.000 será una estimación grosera de probabilidad de ocurrencia de un accidente bajo cada frente. Este dato será un indicador adecuado para tomar las medidas apropiadas.

4 Descripción de las canteras

4.1 Localización.

En los mapas de localización se envuelve en un círculo la zona exacta en la que las canteras se localizan. Dentro de España localizamos la comunidad autónoma de Galicia donde ambas canteras se asientan (ver mapa de localización, figura 1).

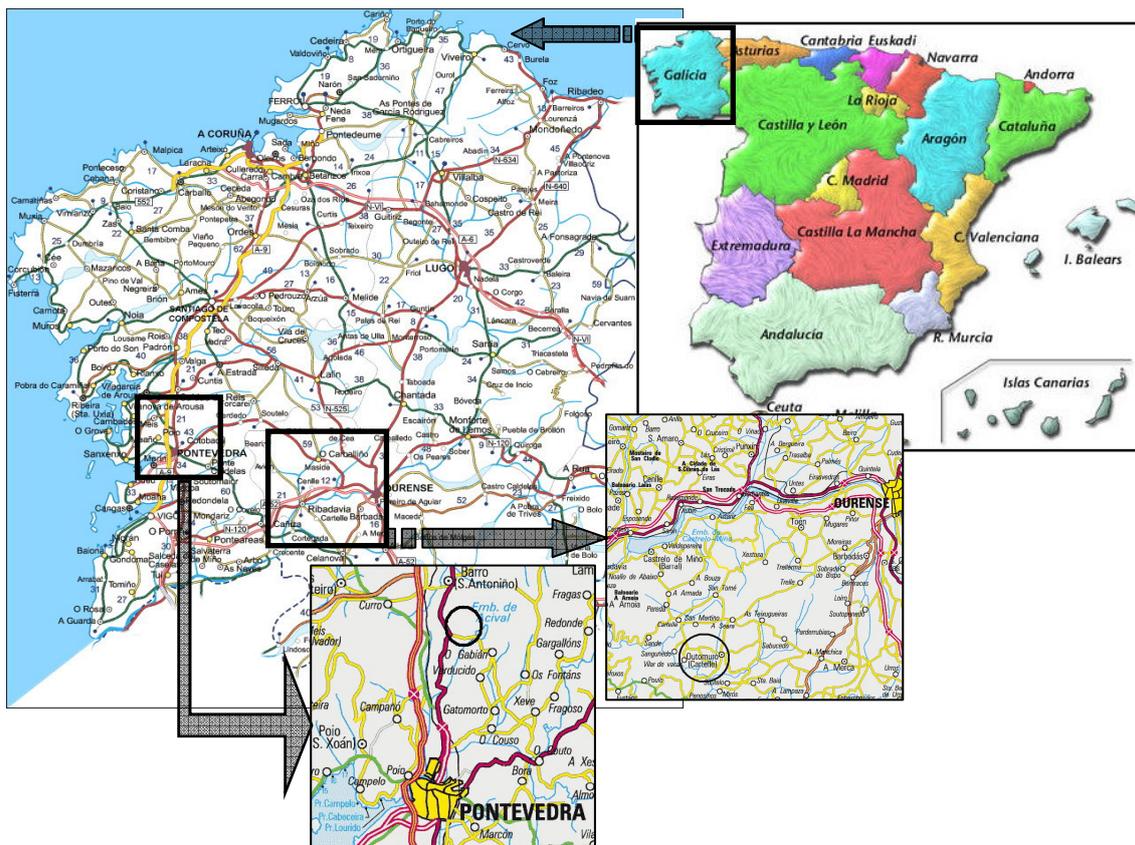


Figura 4.1 Mapa de localización de las canteras estudiadas.

4.1.1. Cantera PO-03.

Áridos de Berducido, Empresa Holcim Áridos S.L. Provincia de Pontevedra, comarca de Pontevedra, municipio de Barro.

La cantera se localiza dentro de la provincia de Pontevedra en el municipio de barro a 10 Km. con dirección norte de la comunidad de Pontevedra por la carretera N-550 a un costado del embalse alcival, esta situada en las coordenadas $42^{\circ} 29' 58''$ N y $8^{\circ} 37' 38''$ W.

4.1.2 *Cantera PO-04.*

Probetong S.L., Cartelle, pertenecientes al grupo Cimpor.

La cantera se localiza en la Provincia de Orense en la comunidad de Cartelle que se localiza a 25 kilómetros al sur oeste de la ciudad de Ourense, esta situada en las coordenadas UTM 575718.8 E y 4678502.2 N

4.2 Descripción.

4.2.1 *Cantera PO-03, Áridos de Berducido.*

La cantera de granito tiene una explotación a cielo abierto (tajo) en bancos de 15 metros, actualmente operan 4 bancos de los cuales tres son los de producción, ya que el cuarto y el de mas baja cota, es demasiado pequeño para las actividades y se espera que después del avance de los bancos superiores se abra el suficiente espacio como para poder trabajar en el; también existe un banco que realmente sirve de plataforma de desmonte para la ampliación de los bancos de cota mayor. La producción anual de la cantera llega a las 600,000 toneladas las cuales se usan en la producción de áridos para la construcción, de este tonelaje un porcentaje, alrededor del 10%, son arcillas que se encuentran entre las fracturas y que no son un producto de interés por lo que se usa en el relleno de las zonas bajas (en el represo formado en la parte mas baja de la cantera) sirviendo además (una muy pequeña cantidad) como materia fértil en la remediación de algunas zonas.

La cantera cuenta para la explotación de la misma con equipos variados como los son:

- 3 volquetes de 25 toneladas cada uno
- 1 excavadora
- 1 perforadora
- 1 martillo neumático

además de equipo de trituración, molienda y bandas transportadoras que solo son mencionadas en el actual por no tener impacto en el estudio ya que este, como se ha mencionado, se enfoca en los desprendimientos de rocas en la cantera sin llegar a afectar las instalaciones fuera de el área de extracción de áridos.



Foto 4.1 Se puede ver a la izquierda la zona de deposición de las arcillas y en la parte media hacia la derecha la zona rehabilitada y en la zona mas baja esta el embalse de agua.



Foto 4.2 En la figura se ven los 3 bancos principales de explotación.

4.2.2 Cantera PO-04, Cartelle.

El material explotado de la cantera es el granito el cual se usa en la industria de la construcción, el método utilizado, al igual que la cantera anteriormente mencionada, es el de cielo abierto (o tajo) en bancos de 12 metros. La cantidad de bancos actuales en explotación son 3, siendo el primero (el de mas alta cota) un banco irregular debido a las ondulaciones propias del terreno original y por lo mismo este no rodea completamente la excavación.



Foto 4.3 Vista de los tres bancos de la cantera, nótese que el banco de mayor cota pierde altura hacia la parte izquierda hasta desaparecer.

En general la cantera es joven y las dimensiones de la zona explotada no es grande por lo que es de esperarse que algunos taludes sean inexistentes o de acceso nulo al ser parte de una rampa de acceso. La producción es esta cantera es de alrededor de las 300000 toneladas anuales.

La cantera cuenta para la explotación de la misma con equipos variados como los son:

- 1 volquete de 50 toneladas
- 1 excavadora
- 1 perforadora
- 1 martillo neumático

los equipos fuera de la cantera no se mencionarán por las razones antes expuestas.



Figura 4.4. Equipo pesado de cargado.

5 Trabajos de campo

Para la realización del trabajo de campo fue necesaria la programación de dos visitas a cada una de las canteras, la primera fue con el objetivo de tomar datos como son:

- Levantamiento de fracturas y discontinuidades. Estos datos servirán para la interpretación de las cuñas, y posibles caídos rocosos que se puedan generar.
- Levantamiento de fallas. Las fallas es importante detectarlas ya que no solo son un plano mas de debilidad si no que tiene un grado extra de complicación a contener material triturado de baja cohesión en su interior por lo que es de suma importancia tratarlas con el mayor de los cuidados.
- Obtención de la resistencia del macizo. La resistencia del macizo nos proporciona la cantidad de presión que será capaz de soportar la roca o las juntas ya que de alguna forma la rugosidad y la resistencia están vinculadas para que haya deslizamiento en una junta.
- Obtención de la rugosidad de las juntas. Las juntas como lo habías mencionado tiene una rugosidad que son las encargadas de mantener las fracturas unidas ya que proporcionan fricción y apoyo para evitar los deslizamientos.
- Continuidad de las fracturas. Muchas de las ocasiones la junta tiene un límite que hace que el macizo sea algo mas resistente ya que una fractura continua es mas fácil de deslizar que una en la que se pierda la continuidad teniendo que romper la pare homogénea donde la junta se pierde.
- Espaciado de juntas. Este aspecto nos indica de manera general el tamaño de bloques que se podrá tener en el macizo rocoso.
- Relleno. La calidad y cantidad del relleno de juntas es un factor que nos puede ayudar a determinar la influencia que este tendrá en los deslizamientos. Los rellenos suaves propiciarán los deslizamientos mientras que los rellenos de alta dureza por lo general no generan problemas.
- Meteorización. Una de las razones por la que la roca pierde sus propiedades de resistencia es precisamente esta ya que los elementos de la atmósfera actúan sobre esta. Muchas veces la meteorización no es visible fácilmente pero al aplicar un golpe se evidencia la falta de cohesión del macizo.

- Humedad. La humedad en si ayuda a la meteorización pero además de esto debemos tomar en cuenta la cantidad de agua presente en los taludes que puede ser de importancia debido al peso hidroestático de la columna de agua. En ocasiones la presencia de musgos en los taludes nos indican el nivel freático en ese talud.
- Observaciones. Es importante tener una vista avispada con el objetivo de detectar algunas anomalías que al ojo inexperto serian de poca importancia, estas anomalías pueden darnos información importante por lo que es recomendable tener este apartado para apuntar cualquier detalle.

y la segunda fue hecha para rellenar los espacios aun vacíos de las plantillas RHRS, RHRON y ROFRAQ ya que estos datos son más de detalle y era necesaria la buena administración e interpretación de la primera información recabada (Toda la información recolectada en la primera visita esta resumida dentro del anexo I de este trabajo) para ser utilizada en esta segunda visita (los datos y las plantillas llenas de la segunda visita se encuentran dentro del anexo II de este trabajo) algunos de los datos obtenidos en la segunda visita fueron:

- Altura del talud. En el desprendimiento de bloques es importante conocer la cantidad de energía potencial que puede tener un caído siendo de importancia la cota máxima desde la cual caen las rocas.
- Angulo de la cara del talud. Al caer los bloques la cara del talud nos puede ayudar o perjudicar, interviniendo de forma moderada o intensa en la trayectoria de las rocas que caen.
- Efectividad de la cuneta de recepción. Aunque en las canteras no se construyen cunetas para recibir a los caídos este aspecto se evaluó tomando en cuenta la distancia de la maquinaria al talud, en plena actividad, tomando esta como una cuneta plana.
- Tamaño de los bloques individuales. Nos dan una idea del tamaño promedio de los posibles caídos individuales.
- Posibles caídos máximos de roca. Producto de la misma fracturación o sobre voladura es interesante conocer estas zonas.
- Historia de caídos de rocas. Los trabajadores en ocasiones cuentan con información sobre zonas problemáticas de un historial de caídos que pueden ser de utilidad para el investigador.
- Irregularidad de la cara del talud. Rocas cayendo pueden ser lanzadas al golpear zonas irregulares y salientes de un talud.

- Daños por sobre voladura. En ocasiones la cantidad de explosivo es más que suficiente y esto puede ser detectado viendo los taludes y buscando roca sana o machacada producto de la voladura.
- Limpieza de los bancos. La presencia de escombros puede ayudar a que los bloques que se desprenden incrementen la distancia a la que se detiene.
- Presencia de bloques caídos. Es una fuente de información para conocer las caídas reales que se están presentando y aun mas importante es localizar la zona de la cual se desprenden.
- Cuñas, vuelcos y roturas visibles. La visualización de estos aspectos nos da aun más confianza sobre las causas reales de caídos siempre ayudado con el estereograma de las familias de fracturas.
- Carga especifica de explosivo. Las vibraciones de una u otra forma ayudan a movilizar, a veces imperceptible, las juntas.
- Distancia y tiempo de las maquinas en los taludes. Normalmente esta distancia es la distancia de trabajo o longitud de el brazo para carga.

En las incursiones se formó un equipo de 4 personas para la toma de información de campo quienes tuvieron que unificar criterios al inicio de tal trabajo con el objetivo de tener una base coherente para la evaluación de algunos aspectos de los métodos utilizados.

Los taludes fueron escogidos, por las condiciones de las canteras, de 50 metros de largo, esto se hizo así para poder tener un control relativo en cuanto a la homogeneidad de los taludes y además de que es la longitud media en la cual se puede dividir la totalidad de los frentes explotados y aun contar con relación entre los bancos, es decir que un frente 1A es coherente y se encuentra por arriba del frente 2A.

Para la toma de datos en las canteras fue necesario un equipo aunque breve de gran importancia y fueron:

- Brújula para tomar los datos de dirección de buzamiento / buzamiento de las juntas y encontrar así las familias principales.
- Martillo schmidth para medir la dureza o resistencia compresiva de la roca.
- Cintas métricas para tomar las dimensiones de los equipos que ahí laboran tanto como el ancho de las bermas de transito y de trabajo. Las dimensiones de los equipos nos es de utilidad en el método ROFRAQ para determinar los porcentajes que los equipos ocupan con respecto a la cara del talud. En la figura 5.4. se puede ver el equipo de cargado utilizado en la cantera PO-03.

- Martillo de geólogo que en todos los casos es de importancia tanto para toma de muestras de mano como para romper algunos fragmentos con lo que se puede conocer el grado de meteorización y resistencia.
- Libretas de campo y bolígrafos para plasmar los hallazgos.



Figura 5.1. Toma de información para obtener las familias de fracturas características del macizo rocoso.

Una de las dificultades adicionales de los trabajos de campo ha sido la diferencia de lo plasmado en los planos con la realidad de las canteras, ya que por motivos de producción en ocasiones es imposible seguir los planes por lo que existen cambios de forma y tiempo así la toma de datos se complica al tener nuevos frentes no previstos por los investigadores y que tampoco aparecen en los planos, es de entender que la topografía no se hace con regularidad por los costos que esto envuelve y que además para fines productivos no es de alta ingerencia el detallado periódico; algunos cambios pueden ser desde la reducción de bermas, creación de nuevos taludes o eliminación de bermas creando así taludes de doble altura para lo cual es método ROFRAQ de banco no ha sido diseñado, sin embargo se cuenta con el método ROFRAQ de taludes que se puede aplicar en estos casos así como en los taludes finales (este no es el caso ya que las canteras tienen una vida aun joven sin haber llegado en ninguno de sus flancos a el limite de explotación.



Figura 5.2 Distribución de los frentes de trabajos PO-03 (Google Heart, 2005)

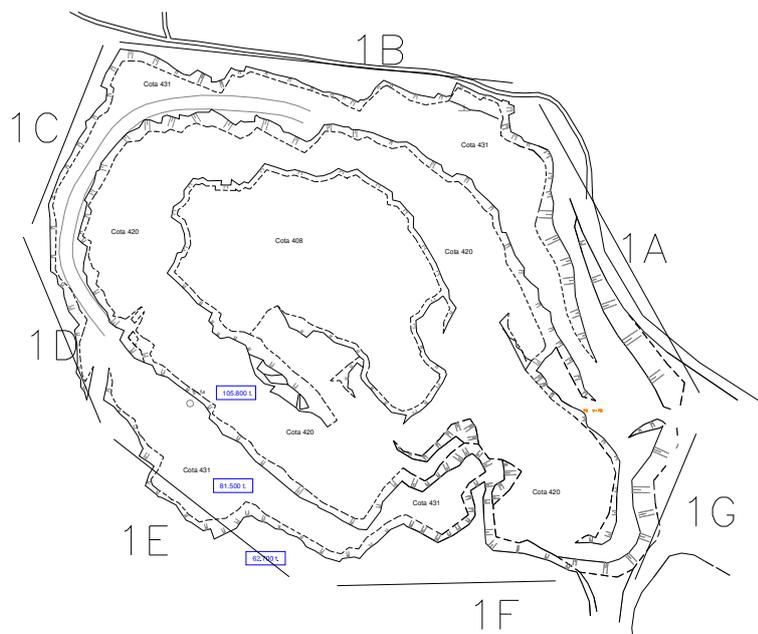


Figura 5.3. Distribución de los frentes de trabajo PO-04

6 Presentación de resultados

6.1 PO-03, Áridos de Berducido

6.1.1. Discontinuidades

6.1.1.1 Familia de discontinuidades

Como se había explicado, en un apartado anterior, los bancos de la cantera fueron divididos para una mayor facilidad del trabajo obteniendo en el nivel de mayor cota, nivel 1, 9 zonas (1A - 1I), de igual forma el nivel 2 se separo en 9 zonas (2A – 2I) y por ultimo el nivel 3 con 8 zonas (3A – 3H), cada una de estas zonas es de una longitud aproximada de 50 metros para propósitos prácticos. Se procuró que las zonas A, B, C, etc. coincidieran de forma ascendente-descendente. La ubicación de estas zonas se da en la figura 5.2.

Se midieron muchas características (ver anexo 1) de un total de 105 discontinuidades, la totalidad de los datos de rumbo y echado se introdujeron en un estereograma equiareal (en formato dirección de buzamiento/buzamiento) dentro del programa “Dips” de RocScience y como resultado se obtuvieron las figuras 6.1 y 6.2 mostrando la primera la posición de los polos de cada una de las juntas y en la segunda las zonas de mayor concentración de los mismos.

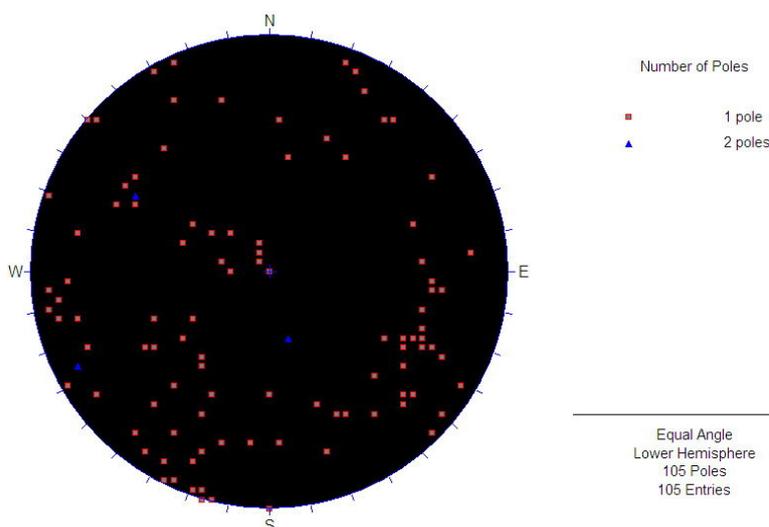


Figura 6.1. Representación de los polos de las discontinuidades presentes en el macizo.

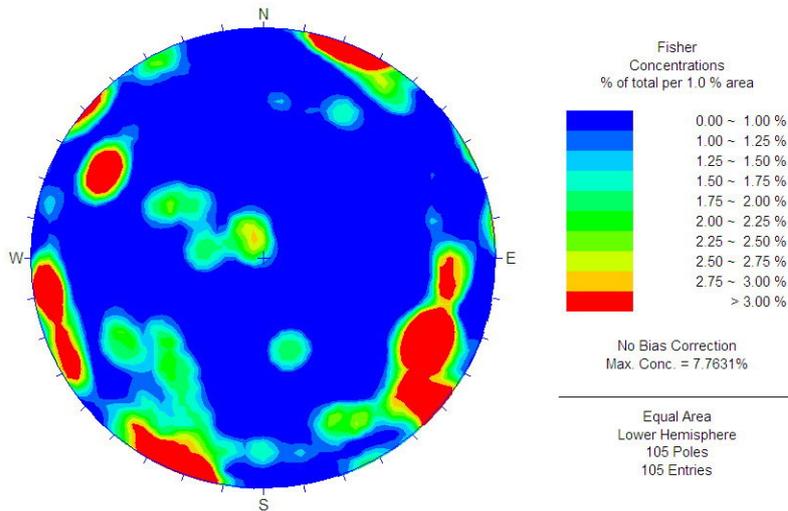


Figura 6.2. Representación de la concentración de polos.

De la figura 6.2., que muestra la concentración y la distribución de los polos, se hace el análisis para obtener los valores medios de orientación de cada una de las familias identificadas.

Una vez analizados las concentraciones de polos se obtienen las familias de fracturas como se muestran en la figura 6.3 y en la tabla 6.1 se detallan las mismas con su buzamiento y dirección de buzamiento. Tres de las familias son las principales, las primeras dos son sub-verticales y la restante es sub-horizontal (J1, J2, J3) y las restantes dos son secundarias.

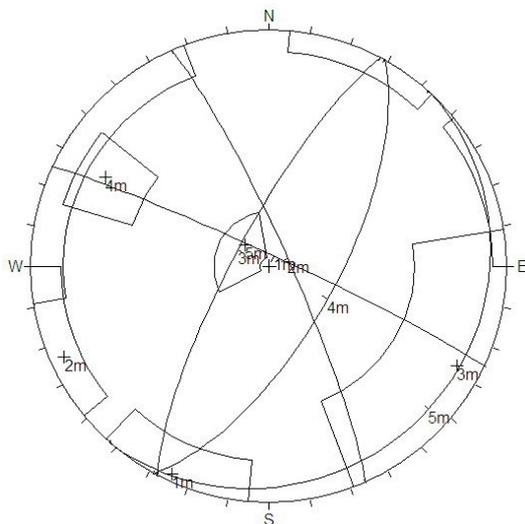


Figura 6.3. Estereograma mostrando las familias de fracturas después del análisis con Dips.

Familia	Dip/Dip direction	Numero de datos
J1	86/025	19
J2	83/066	7
J3	78/298	37
J4	67/119	5
J5	11/132	4

Tabla 6.1. Familias de fracturas

Con estos análisis estereográficos se pueden determinar los factores que afectaran a un talud en particular, así ahora en el estenograma se incluye cada uno de los taludes en estudio. Como ejemplo se muestra el talud 1B que tiene un buzamiento/dirección de buzamiento de $75^{\circ}/200^{\circ}$ y esta señalado en la figura, este talud pertenece a la cantera PO-03. Analizando la figura se detectan varios tipos de roturas como lo son la de tipo cuña (que tiene alta probabilidad de producirse gracias a la orientación de este talud en lo particular), y tipo vuelco ya que el talud tiene la orientación inversa a la orientación de la familia de juntas J1 (ver figura 6.5.)

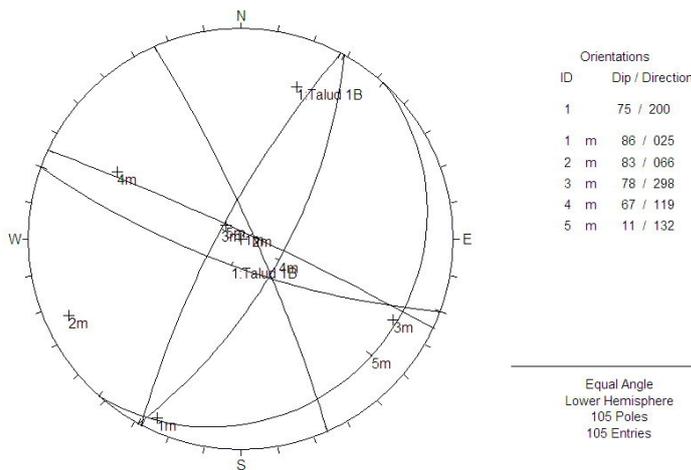


Figura 6.4. Análisis de estructuras.



Figura 6.5. Se puede apreciar en la zona media de la fotografía la roca que puede fallar por vuelco mientras que en la zona izquierda, en la parte superior se ven las cuñas que se forman.

6.1.1.2 Valoración de las discontinuidades

Una vez identificadas las familias y los posibles tipos de rotura que se pueden dar es necesario conocer otros parámetros para detallar más el posible comportamiento de las familias de juntas. A continuación se muestran una serie de tablas de las cuales se podrán identificar características de continuidad, espaciado y rugosidad de las familias de juntas.

Familia	Continuidad según rumbo					
	>20	10-20	3-10	1-3	<1	Total
J1	11	3	5	5	1	>20
J2	2	5	3	10	0	1-3
J3	2	0	1	1	0	>20
J4	3	2	1	0	0	>20
J5	0	2	8	1	1	3-10

Tabla6.2. Continuidad de rumbo según familia de juntas.

Familia	Continuidad según buzamiento					
	>20	10-20	3-10	1-3	<1	Total
J1	8	5	6	6	0	10-20
J2	4	3	8	5	0	3-10
J3	2	0	0	1	1	>20
J4	3	3	0	0	0	>20
J5	1	2	6	3	0	3-10

Tabla6.3. Continuidad de buzamiento según familia de juntas.

Familia	Espaciado					Total
	>2	0.6 a 2	0.2 a 0.6	0.06 a 0.2	<0.06	
J1	11	9	4	1	0	>2
J2	6	9	6	0	0	0.6 a 2
J3	1	3	1	0	0	0.6 a 2
J4	2	4	1	0	0	0.6 a 2
J5	4	6	4	0	0	0.6 a 2

Tabla 6.4. Espaciamiento de fracturas según familia de juntas.

Familia	Rugosidad (JRC)							Total
	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	
J1	1	6	11	2	3	2	0	6-8
J2	0	7	6	2	4	0	2	4-6
J3	0	1	1	1	1	0	0	6-8
J4	0	1	0	2	1	2	0	8-10
J5	1	2	2	5	1	1	1	8-10

Tabla 6.5. Rugosidad de juntas según familia de discontinuidades.

La resistencia compresiva simple o JCS se obtiene a partir del número de rebotes medidos en campo con el martillo Schmidt, para dichos cálculos se utiliza la expresión de Miller :

$$JCS[MPa] = 10^{(0.00088 \cdot \gamma \cdot R + 1.01)} \quad (6.1)$$

donde:

γ = peso específico (KN/m³)

R = numero de rebotes del martillo Schmidt

Se ha hecho el cálculo para cada una de las familias con respecto al JCS estos y estos son en realidad muy parecidos entre si como se podrá ver en la tabla 6.6. para aspectos de simplificación ya una vez vista la similitud de los datos se tomaran promedios de los mismos, así la resistencia compresiva será de 61 MPa (34 en el rebote con el martillo Schmidt).

	Resistencia compresiva				
Familia	J1	J2	J3	J4	J5
Rebote	36.7	35.3	29.7	34	35.1
JCS	71	65	50	61	65

Tabla 6.6 Resistencia compresiva por familia de juntas

El grado de meteorización de las juntas y familias nos darán un aspecto de la calidad de la roca y he aquí los resultados en la tabla 6.7.

Familia	Meteorización					Total
	I	II	III	IV	V	
J1	8	8	8	1	0	II
J2	4	13	4	0	0	II
J3	1	3	0	0	0	II
J4	2	4	0	0	0	II
J5	6	3	3	0	0	I

Tabla 6.7. Grado de meteorización del macizo por familias de juntas.

Como se puede ver en el resultado de esta tabla la roca esta sana y solo presenta algunos signos de oxidación en forma general y siendo algunas juntas en realidad sanas (J1 y J5).

A continuación se muestra un cuadro resumen de las características de las familias de juntas (Tabla 6.8.)

Familia	Dip	Dip direction	Cont. Rumbo	Cont. Buzamiento	Espaciado	JRC	JCS	Meteorizacion
J1	86	25	>20	10-20	>2	6-8	36.7	II
J2	83	66	1-3	3-10	0.6 a 2	4-6	35.3	II
J3	78	298	>20	>20	0.6 a 2	6-8	29.7	II
J4	67	119	>20	>20	0.6 a 2	8-10	34	II
J5	11	132	3-10	3-10	0.6 a 2	8-10	35.1	II

Tabla 6.8. Resumen característico de las familias de juntas.

6.1.2 Valoración de los bancos según métodos

Ya una vez echa la recopilación de datos a partir de las tablas RHRS, RHRON y ROFRAQ se realiza el calculo de los valores para obtener así la evaluación de cada uno de los bancos (y taludes según el caso), cada evaluación se realizo de acuerdo con la metodología expuesta en el capitulo 3, par esto se muestran las tablas 6.9., 6.10., y 6.11. en las que se representa la información de campo condensada que hasta ahora había sido recopilada y tratada.

Banco	talud	cuneta	caso		bloque	volumen	clima	historia	RHRS BASICO
			estructura	friccion					
1A	3	27	20	3	3	3	9	3	68.00
1B	9	9	27	27	20	9	9	7	108.00
1C	9	9	9	27	27	27	9	20	110.00
1D	9	27	9	27	9	9	9	9	99.00
1E	9	60	27	9	27	3	9	9	150.00
1F	9	27	27	27	27	20	9	9	135.00
1G	9	27	27	9	3	3	9	9	93.00
1H	9	27	27	27	3	3	9	9	111.00
1I	9	27	27	9	9	3	9	9	99.00
2A	9	20	9	9	9	9	9	9	74.00
2B	9	7	27	9	9	3	9	7	77.00
2C	9	9	27	9	60	27	9	9	132.00
2D	9	3	27	3	9	20	9	20	91.00
2E	9	9	81	9	3	9	9	9	135.00
2F	9	3	20	9	3	3	9	9	62.00
2G	9	3	27	9	27	60	9	27	144.00
2H	9	7	27	9	3	3	9	27	91.00
2I	9	7	27	9	7	9	9	60	130.00
3A	9	27	3	3	9	7	9	9	69.00
3B	9	27	27	3	9	3	9	9	93.00
3C	9	27	27	9	50	9	9	9	140.00
3D	9	27	9	27	9	9	9	9	99.00
3E	9	27	27	27	27	27	9	9	135.00
3F	9	27	27	9	9	3	9	9	99.00
3G	9	27	27	9	9	3	9	9	99.00
3H	9	27	27	3	9	60	9	9	144.00

Tabla 6.9. Cuadro de datos para RHRS obtenido a partir de las platillas de campo

Banco	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P11	P12	P13	P15	F1 Magnitud	F2 Caidos	F2 Desliz.	F3 Alcance	% BASICO
1A	2.0	0.0	0.0	7.0	2.0	4.0	1.0	6.0	4.0	1.0	2.0	8.0	0.5	0.7	3.3	3.2	5.2	34.0
1B	3.0	1.0	2.0	3.5	6.0	6.0	1.0	6.0	2.0	1.0	5.0	8.0	0.5	2.7	3.6	4.0	4.0	39.5
1C	4.0	7.0	6.0	7.0	0.0	6.0	1.0	6.0	2.0	1.0	5.0	8.0	4.0	6.0	3.3	3.2	6.3	58.0
1D	5.0	4.0	4.5	6.0	1.0	7.0	1.0	6.0	0.5	1.0	5.0	8.0	5.0	4.5	3.4	3.4	6.3	52.8
1E	4.0	2.0	4.0	7.0	0.0	7.0	1.0	6.0	3.0	1.0	5.0	8.0	1.5	3.7	3.7	3.5	5.5	47.5
1F	5.0	7.0	4.5	7.0	0.0	8.0	1.0	6.0	1.5	1.5	5.0	8.0	1.0	5.5	3.8	3.7	5.3	54.3
1G	2.0	0.0	2.0	3.5	1.0	7.0	1.0	6.0	4.0	1.0	5.0	8.0	2.0	2.3	3.1	3.5	4.5	38.3
1H	1.5	0.0	2.0	5.5	3.0	7.0	1.0	6.0	4.0	1.0	5.0	8.0	0.5	2.3	3.7	3.8	4.7	39.8
1I	3.0	1.0	2.0	5.5	3.0	7.0	1.0	6.0	3.0	1.0	5.0	8.0	1.0	2.7	3.8	3.8	4.8	42.0
2A	2.0	4.0	4.5	3.5	3.0	3.0	1.0	6.0	3.0	0.5	3.0	8.0	2.0	3.8	2.5	2.9	4.5	41.7
2B	4.0	2.0	3.5	4.0	4.0	5.0	1.0	6.0	3.0	5.5	5.0	8.0	2.0	3.5	4.3	4.6	4.7	47.2
2C	4.0	7.0	4.0	6.0	3.0	6.0	1.0	6.0	2.0	5.5	5.0	8.0	2.0	5.3	4.4	4.4	5.3	55.9
2D	4.0	5.5	6.0	7.0	3.0	5.0	1.0	6.0	2.0	4.0	5.0	8.0	1.0	5.5	4.2	4.0	5.3	55.6
2E	4.0	5.5	3.5	6.0	1.0	8.5	1.0	6.0	3.5	3.0	5.0	8.0	1.0	4.7	4.3	4.3	5.0	51.9
2F	4.0	0.0	0.0	2.0	3.0	5.0	1.0	6.0	4.5	2.0	5.0	8.0	2.0	1.7	3.4	4.1	4.0	36.1
2G	4.0	8.0	5.0	6.0	3.0	5.0	1.0	6.0	1.5	2.0	5.0	8.0	2.0	6.0	3.6	3.6	5.3	55.2
2H	4.0	0.0	1.0	6.0	3.0	5.0	1.0	6.0	4.0	2.0	5.0	8.0	2.0	2.0	4.0	4.0	5.3	42.0
2I	5.0	6.0	4.5	7.0	0.0	4.0	1.0	6.0	3.0	2.0	5.0	8.0	1.0	5.2	3.5	3.3	5.3	51.9
3A	3.0	3.0	2.0	9.0	0.0	4.0	1.0	6.0	2.5	2.0	3.0	8.0	7.0	2.7	3.4	2.9	8.0	52.2
3B	3.0	3.0	3.0	7.0	3.0	6.0	1.0	6.0	2.0	6.5	3.0	8.0	2.0	3.0	4.6	4.4	5.7	49.1
3C	4.0	4.0	3.5	7.0	2.0	6.0	1.0	6.0	0.5	6.5	5.0	8.0	2.0	4.2	4.3	4.2	5.7	52.5
3D	2.0	1.0	2.0	7.0	2.0	6.0	1.0	6.0	3.0	1.0	5.0	8.0	1.0	2.7	3.5	3.3	5.3	42.6
3E	5.0	7.0	5.0	7.0	0.0	7.0	1.0	6.0	1.5	1.0	5.0	8.0	1.0	5.7	3.6	3.4	5.3	54.0
3F	3.0	3.0	3.0	6.0	5.0	8.0	1.0	6.0	2.5	1.0	5.0	8.0	1.0	3.7	4.3	4.3	5.0	47.8
3G	4.0	2.0	2.0	5.0	0.0	6.0	1.0	6.0	2.5	1.0	5.0	8.0	0.5	3.0	3.1	3.3	4.5	39.8
3H	3.0	9.0	6.0	9.0	2.0	6.0	1.0	6.0	2.5	1.0	5.0	8.0	0.0	6.7	3.9	3.4	5.7	60.2

Tabla 6.10. Cuadro de datos de RHRON obtenida a partir de la plantilla de campo

TALUD	A					B					C					D								
	a	b	c	d	e	f	g	total	Cuña	Vuelco	Suelto	total	a	b	c	d	e	total	a	B	c	d	e	total
1A	5.0	1.1	0.0	0.0	0.0	3.0	0.4	1.70	4.00	35.00	0.00	3.76	4.0	0.1	0.1	0.3	1.5	6.00	0.75	0.80	0.95	0.90	1.00	5.13
1B	5.0	1.1	0.5	0.0	0.0	4.0	0.6	3.00	24.00	63.00	11.00	7.50	4.0	0.1	0.1	0.3	1.5	6.00	0.75	0.80	0.75	0.90	1.00	4.05
1C	5.0	1.1	0.5	-0.5	0.0	5.0	0.6	3.15	48.00	0.00	33.00	6.52	4.0	0.1	0.1	0.1	1.5	5.80	0.75	0.80	0.90	0.90	1.00	4.86
1D	5.0	1.1	0.0	0.0	0.0	5.0	0.6	3.15	36.00	42.00	33.00	7.51	4.0	0.1	0.1	0.7	1.5	6.40	0.75	0.80	0.90	0.90	1.00	4.86
1E	5.0	1.1	0.0	-0.5	0.0	7.0	0.6	3.60	32.00	35.00	44.00	7.52	4.0	0.1	0.0	0.7	1.5	6.30	0.75	0.80	0.90	0.90	1.00	4.86
1F	5.0	1.1	1.0	0.0	0.0	3.0	0.6	2.85	56.00	56.00	33.00	8.70	4.0	0.1	0.1	0.7	1.5	6.40	0.75	0.80	0.80	0.90	1.00	4.32
1G	5.0	1.1	0.0	-0.5	0.0	2.5	0.6	2.25	44.00	21.00	22.00	6.55	4.0	0.1	0.1	0.1	1.5	5.80	0.75	0.80	0.75	0.90	1.00	4.05
1H	5.0	1.1	0.5	0.0	0.0	3.0	0.6	2.70	28.00	0.00	33.00	5.18	4.0	0.1	0.1	0.2	1.5	5.90	0.75	0.80	0.75	0.90	1.00	4.05
1I	5.0	1.1	0.5	0.0	0.0	4.0	0.6	3.00	20.00	0.00	44.00	5.52	4.0	0.1	0.1	0.7	1.5	6.40	0.75	0.80	0.80	0.90	1.00	4.32
2A	5.0	1.1	0.5	1.0	0.0	2.0	0.6	2.70	24.00	63.00	5.50	7.34	4.0	0.1	0.1	0.3	1.5	6.00	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00	4.59
2B	5.0	1.1	1.5	1.0	0.0	2.0	0.6	3.00	32.00	21.00	5.50	4.92	4.0	0.1	0.7	0.3	1.5	6.60	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00	4.59
2C	5.0	1.1	1.8	2.5	0.0	5.0	0.6	4.43	32.00	14.00	22.00	5.44	4.0	0.1	0.3	0.5	1.5	6.40	0.75	0.80	0.95	0.90	1.00	5.13
2D	5.0	1.1	1.0	2.5	0.0	4.0	0.6	3.90	52.00	21.00	0.00	6.21	4.0	0.1	0.1	0.3	1.5	6.00	0.75	0.80	1.00	0.90	1.00	5.40
2E	5.0	1.1	1.0	1.0	0.0	1.5	0.6	2.70	48.00	35.00	0.00	6.62	4.0	0.1	0.3	0.1	1.5	6.00	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00	4.59
2F	5.0	1.1	0.0	-0.5	0.0	1.0	0.6	1.80	36.00	21.00	0.00	4.94	4.0	0.1	0.3	0.1	1.5	6.00	0.75	0.80	0.75	0.90	1.00	4.05
2G	5.0	1.1	1.0	1.0	0.0	5.0	0.6	3.75	40.00	21.00	0.00	5.26	4.0	0.1	0.1	0.1	1.5	5.80	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00	4.59
2H	5.0	1.1	0.5	1.0	0.0	6.0	0.6	3.90	44.00	0.00	0.00	4.40	4.0	0.1	0.1	0.1	1.5	5.80	0.75	0.80	0.90	0.90	1.00	4.86
2I	5.0	1.1	1.5	1.0	0.0	2.5	0.6	3.15	32.00	0.00	5.50	3.57	4.0	0.1	0.1	0.7	1.5	6.40	0.75	0.80	0.80	0.90	1.00	4.32
3A	5.0	1.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.6	2.25	8.00	42.00	0.00	4.66	4.0	0.1	0.3	0.7	1.5	6.60	0.75	0.80	0.90	0.90	1.00	4.86
3B	5.0	1.1	1.5	-0.5	0.0	0.0	0.6	1.95	36.00	28.00	11.00	5.90	4.0	0.1	1.0	0.5	1.5	7.10	0.75	0.80	0.90	0.90	1.00	4.86
3C	5.0	1.1	0.5	0.0	0.0	5.0	0.6	3.30	48.00	56.00	11.00	7.96	4.0	0.1	1.0	0.3	1.5	6.90	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00	4.59
3D	5.0	1.1	0.0	1.0	0.0	4.0	0.6	3.15	32.00	14.00	0.00	4.15	4.0	0.1	0.1	0.7	1.5	6.40	0.75	0.80	0.90	0.90	1.00	4.86
3E	5.0	1.1	0.0	1.0	0.0	5.0	0.6	3.45	52.00	56.00	0.00	7.89	4.0	0.1	0.1	0.7	1.5	6.40	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00	4.59
3F	5.0	1.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.6	2.25	48.00	14.00	0.00	5.53	4.0	0.1	0.1	0.3	1.5	6.00	0.75	0.80	0.80	0.90	1.00	4.32
3G	5.0	1.1	0.5	-0.5	0.0	5.0	0.6	3.15	24.00	21.00	33.00	5.98	4.0	0.1	0.1	0.3	1.5	6.00	0.75	0.80	0.80	0.90	1.00	4.32
3H	5.0	1.1	0.0	1.0	0.0	4.0	0.6	3.15	52.00	0.00	33.00	6.78	4.0	0.1	0.3	0.7	1.5	6.60	0.75	0.80	0.90	0.90	1.00	4.86

Tabla 6.11. Cuadro de datos de ROFRAQ obtenidos a partir de la plantilla de campo

TALUD	E-personas					E-p total	E-maquinas					E-m total	E-banco	F	ROFRAQ banco			Prob. acc.	Prob. no acc.				
	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e				Básico	Banco	Personas			Maquinas			
1A	0.0	1.0	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.0	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	1.9675	3.2184	0.0905	3.1283	0.000322	0.999678			
1B	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	5.4655	8.9405	0.2514	8.6902	0.000894	0.999106			
1C	0.0	2.0	*	*	5.0	0.00046	0.0	2.0	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	5.7857	9.4642	0.2661	9.1993	0.000946	0.999054			
1D	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	7.3610	12.0412	0.3386	11.7040	0.001204	0.998796			
1E	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	8.2942	13.5676	0.3815	13.1878	0.001357	0.998643			
1F	0.0	2.0	*	*	5.0	0.00046	0.0	2.0	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	6.8576	11.2176	0.3154	10.9036	0.001122	0.998878			
1G	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	3.4615	5.6623	0.1592	5.5037	0.000566	0.999434			
1H	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	3.3394	5.4625	0.1536	5.3096	0.000546	0.999454			
1I	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	4.5785	7.4895	0.2106	7.2798	0.000749	0.999251			
2A	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	5.4599	8.9312	0.2512	8.6812	0.000893	0.999107			
2B	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	4.4745	7.3195	0.2058	7.1145	0.000732	0.999268			
2C	0.0	2.0	*	*	5.0	0.00046	0.0	2.0	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	7.9012	12.9248	0.3635	12.5630	0.001292	0.998708			
2D	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	7.8444	12.8319	0.3608	12.4726	0.001283	0.998717			
2E	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	4.9225	8.0522	0.2264	7.8268	0.000805	0.999195			
2F	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	2.1625	3.5374	0.0995	3.4384	0.000354	0.999646			
2G	0.0	2.0	*	*	5.0	0.00046	0.0	2.0	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	5.2512	8.5899	0.2416	8.3494	0.000859	0.999141			
2H	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	4.8371	7.9125	0.2225	7.6909	0.000791	0.999209			
2I	0.0	2.0	*	*	5.0	0.00046	0.0	2.0	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	3.1126	5.0917	0.1432	4.9491	0.000509	0.999491			
3A	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	3.3661	5.5062	0.1548	5.3520	0.000551	0.999449			
3B	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	3.9692	6.4928	0.1826	6.3110	0.000649	0.999351			
3C	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	8.3232	13.6151	0.3829	13.2339	0.001362	0.998638			
3D	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	4.0680	6.6545	0.1871	6.4682	0.000665	0.999335			
3E	0.0	2.0	*	*	5.0	0.00046	0.0	2.0	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	7.9943	13.0770	0.3677	12.7109	0.001308	0.998692			
3F	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	3.2239	5.2737	0.1483	5.1260	0.000527	0.999473			
3G	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	4.8804	7.9833	0.2245	7.7598	0.000798	0.999202			
3H	0.0	2.0	*	*	5.0	0.00046	0.0	2.0	*	*	5.0	0.0159	0.016358	1.0	6.8545	11.2126	0.3153	10.8987	0.001121	0.998879			
																					prob tot	0.021973	0.978027

Tabla 6.11. (Continuación)

* Valores de probabilidad obtenidos a partir de la tabla 6.12

Tabla 6.12. Obtención de las probabilidades de golpes a personas o equipos

TIEMPO BAJO TALUD											
	DIAS/ANO	RELEVOS/DIA	HORAS/RELEVO	CICLOSHORA	% tiempo de ciclo bajo talud	% tiempo total	longitud máquina (m)	long. org./ frente	tamaño de bloque	E	
						E(c)	E(d)	E(1.a)	E(e)		
PERFORADORA	8	1	8	1	100	0.73059361	8	16	1	0.01	1.16895E-05
EXCAVADORA 1	10	1	8	100	100	0.91324201	12	24	1	5	0.010958904
VOLQUETE 1 (carga)	10	1	8	4	20	0.1826484	9	18	1	5	0.001643336
VOLQUETE (Transporte)	10	1	8	4	20	0.1826484	9	18	1	5	0.001643336
VOLQUETE (Transporte)	10	1	8	4	20	0.1826484	9	18	1	5	0.001643336
Trabajadores a pie	5	1	8	1	100	0.456621	1	2	1	5	0.000456621
Longitud de Banco (m) = 50											
	volquetes	número	tp(ciclo)	ciclos/h	Horas por relevo	Relevos por día	días/año	PRODUCCION			
	excavadora	3	25	4	8	1	250	600000 $\frac{m^3}{d}$			
		1	5	60	8	1	250	600000 $\frac{m^3}{d}$			
Emag.= 0.0159021											
Epers.= 0.000456621											
E= 0.016358721											

Ya que los puntos C y D tanto de E-maquinas como de E-personas de la tabla 6.11. son de alguna manera un poco mas difíciles de obtener por su carácter probabilístico se diseño esta tabla (tabla 6.12.) para poder medir las probabilidades de diferentes equipos y personas, que como es lógico cada uno de ellos tiene un área diferente con respecto al talud en trabajo, de esta forma obteniendo la probabilidad de cada uno por separado y al final sumando estas es mucho mas practico que actualizar los datos en la tabla (tabla 6.11.), al final estas probabilidades son iguales para cada uno de los bancos ya que la estructura de toma de datos se hizo con este fin.

6.2 Cantera PO-04, Cartelle.

6.2.1. Discontinuidades

6.2.1.1 Familia de discontinuidades.

De nuevo y de igual forma que en la cantera anterior los taludes fueron de una longitud de 50 metros, esto para facilitar el manejo, y de taludes de numeración similar concordantes en forma ascendente, en total se midieron 153 juntas.

Las características medidas en esta cantera se tienen en las plantillas del anexo1 con las cuales se hizo el estudio estereográfico en una malla equiareal (en formato dirección de buzamiento/buzamiento) dentro del programa “Dips” de Rocscience y como resultado se obtuvieron las gráficas que se muestran en las figuras 6.6. y 6.7., la primera muestra la posición de los polos de cada una de las juntas y en la segunda las zonas de mayor concentración de los mismos.

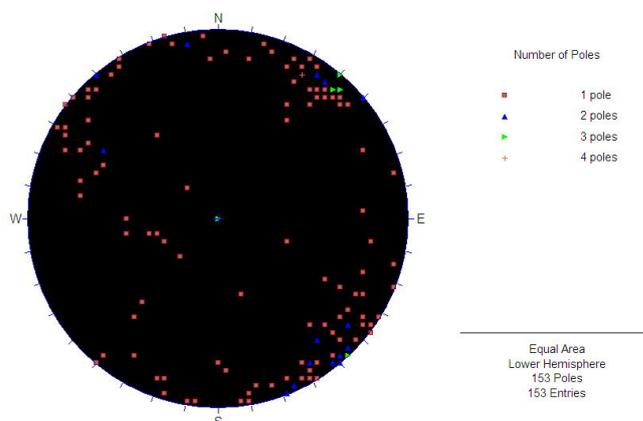


Figura 6.6. Representación de los polos de las discontinuidades presentes en el macizo.

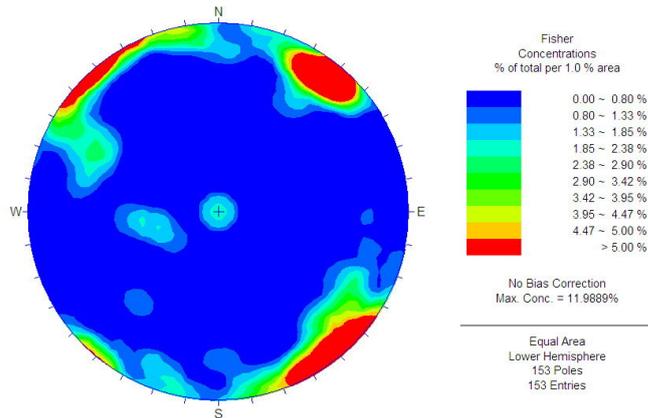


Figura 6.7. Representación de la concentración de polos.

De la figura 6.A., que muestra la concentración y la distribución de los polos, de esta figura se hace el análisis para obtener los valores medios de orientación de cada una de las familias identificadas bordeando las zonas de mayor concentración con un recuadro DIP's (ver figura 6.8.).

Una vez analizados las concentraciones de polos se obtienen las familias de fracturas como se muestran en la figura 6.8 y en la tabla 6.13. se detallan las mismas con su buzamiento y dirección de buzamiento.

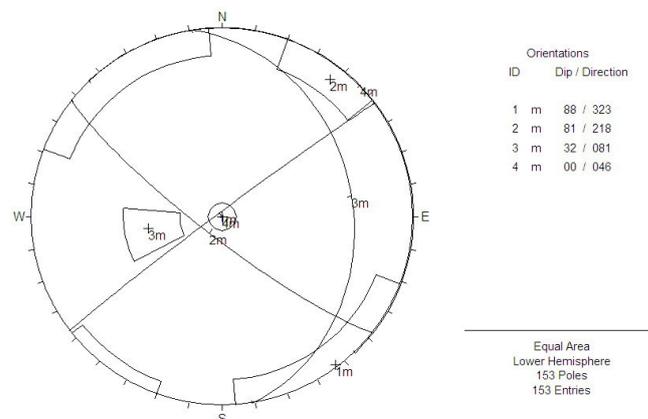


Figura 6.8. Estereograma mostrando las familias de fracturas después del análisis con Dips.

Tabla 6.13. Familias de fracturas

Familia	Dip/Dip direction	Numero de datos
J1	88/323	63
J2	81/218	39
J3	32/081	5
J4	00/046	3

Tres de las familias son las principales, las primeras dos son sub-verticales y las dos restantes son sub-horizontales (J3 y J4) la junta J4 es secundaria, esta junta por ser prácticamente horizontal es poco probable que cause algún problema de inestabilidad, sin embargo no es posible desecharla, es necesario al igual que con las restantes trabajar con ella. Toda la información por más contundente que a veces sea es necesaria.

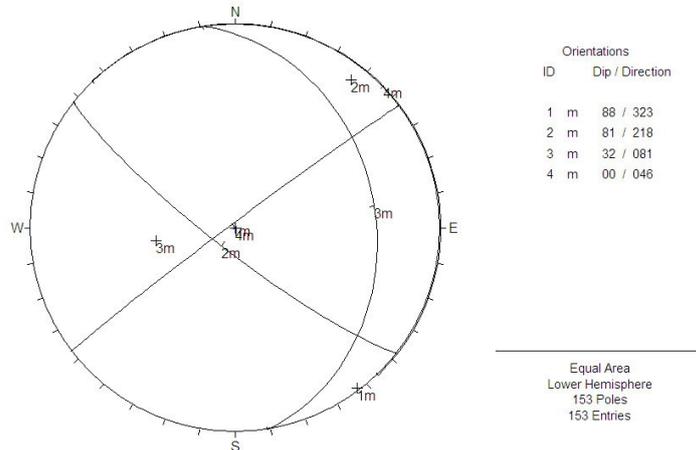


Figura 6.9. Familias de fracturas expresadas en la red estereográfica.

Con estos análisis estereográficos ahora se pueden determinar los factores que afectaran a un talud en particular, así en el estereograma se incluye cada uno de los taludes en estudio. Como ejemplo se muestra el talud 2B que tiene un buzamiento/dirección de buzamiento de $75^{\circ}/195^{\circ}$ y esta señalado en la figura, este talud pertenece a la cantera PO-04. Analizando la figura se detectan varios tipos de roturas como lo son la de tipo cuña (que tiene alta probabilidad de producirse gracias a la orientación de este talud en lo particular ver figura 6.10.)

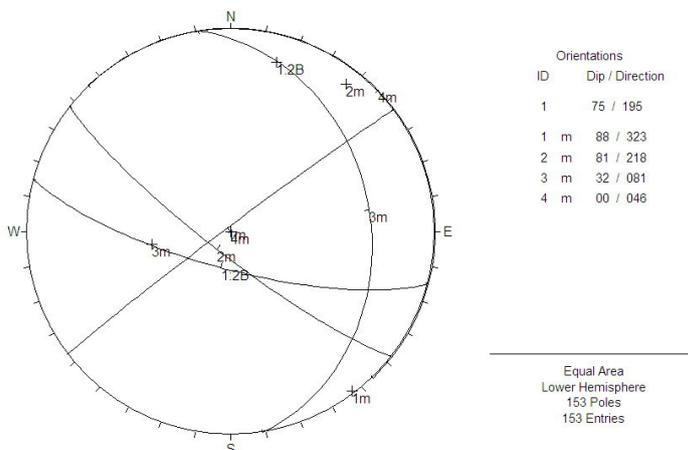


Figura 6.10. Análisis de estructuras.



Figura 6.11. nótese la zona derecha e izquierda en particular, en ellas se puede apreciar la formación de cuñas.

6.2.1.2 Valoración de las discontinuidades

Una vez identificadas las familias y los posibles tipos de rotura que se pueden dar es necesario conocer otros parámetros para detallar más el posible comportamiento de las familias de juntas. A continuación se muestran una serie de tablas de las cuales se podrán identificar características de continuidad, espaciado y rugosidad de las familias de juntas.

Familia	Continuidad según rumbo					Total
	>20	10-20	3-10	1-3	<1	
J1	21	6	21	13	1	3-10
J2	14	8	6	10	1	>20
J3	0	1	0	4	0	1-3
J4	0	0	1	2	0	1-3

Tabla6.14. Continuidad de rumbo según familia de juntas.

Familia	Continuidad según buzamiento					Total
	>20	10-20	3-10	1-3	<1	
J1	16	20	16	7	1	10-20
J2	7	10	10	7	0	10-20
J3	0	0	1	4	0	1-3
J4	0	0	1	1	0	1-3

Tabla6.15. Continuidad de buzamiento según familia de juntas.

Familia	Espaciado					Total
	>2	0.6 a 2	0.2 a 0.6	0.06 a 0.2	<0.06	
J1	8	38	11	6	0	0.6 a 2
J2	6	22	8	3	0	0.6 a 2
J3	3	1	1	0	0	>2
J4	0	2	0	0	0	0.6 a 2

Tabla 6.16. Espaciamiento de fracturas según familia de juntas.

Familia	Rugosidad (JRC)							Total
	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	
J1	14	26	16	5	2	0	0	4-6
J2	7	20	7	4	1	0	0	4-6
J3	0	2	3	0	0	0	0	6-8
J4	0	2	1	0	0	0	0	4-6

Tabla 6.17. Rugosidad de juntas según familia de discontinuidades.

La resistencia compresiva simple o JCS se obtiene a partir del número de rebotes medidos en campo con el martillo Schmidt, para dichos cálculos se utiliza la expresión de Miller :

$$JCS[MPa] = 10^{(0.00088 \cdot \gamma \cdot R + 1.01)} \quad (6.1)$$

donde:

γ = peso específico (KN/m³)

R = numero de rebotes del martillo Schmidt

Se ha hecho el cálculo para cada una de las familias con respecto al JCS estos y estos son en realidad muy parecidos entre si como se podrá ver en la tabla 6.18. para aspectos de simplificación ya una vez vista la similitud de los datos se tomaran promedios de los mismos, así la resistencia compresiva será de 92 MPa (40 en el rebote con el martillo Schmidt).

Familia	Resistencia compresiva				
	J1	J2	J3	J4	J5
Rebote	43	42	36	39	-
JCS	107	102	75	84	-

Tabla 6.18 Resistencia compresiva por familia de juntas

El grado de meteorización de las juntas y familias nos darán un aspecto de la calidad de la roca y he aquí los resultados en la tabla 6.19.

Familia	Meteorización					Total
	I	II	III	IV	V	
J1	16	28	5	1	0	II
J2	9	15	7	0	0	II
J3	1	1	0	0	0	I
J4	2	1	0	0	0	I

Tabla 6.19. Grado de meteorización del macizo por familias de juntas.

Como se puede ver en el resultado de esta tabla la roca esta sana y solo presenta algunos signos de oxidación en forma general.

A continuación se muestra un cuadro resumen de las características de las familias de juntas (Tabla 6.20.)

Familia	Dip	Dip direction	Cont. Rumbo	Cont. Buzamiento	Espaciado	JRC	JCS	Meteorizacion
J1	88	323	3-10	10-20	0.6 a 2	4-6	107	II
J2	81	218	>20	10-20	0.6 a 2	4-6	102	II
J3	32	081	1-3	1-3	>2	6-8	75	I
J4	00	046	1-3	1-3	0.6 a 2	4-6	84	I

Tabla 6.20. Resumen característico de las familias de juntas.

6.2.2. Valoración de los bancos según métodos

Una vez hecha la recopilación de datos a partir de las tablas RHRS, RHRON y ROFRAQ se realiza el calculo de los valores para obtener así la evaluación de cada uno de los bancos (y taludes según el caso). Cada evaluacion se realizo de acuerdo con la metodología expuesta en el capitulo 3, par esto se muestran las tablas 6.21., 6.22., y 6.23. en las que se representa la información de campo condensada que hasta ahora había sido recopilada y tratada.

	talud	cuneta	caso		bloque	volumen	clima	historia	RHRS BASICO
			estructura	fricción					
1B-1	5	27	9	20	81	27	20	9	171.00
1B-2	6	81	27	27	27	9	20	9	197.00
1C	6	27	9	27	81	9	20	9	179.00
1D	5	81	20	27	20	9	20	9	182.00
2A	5	27	3	20	81	9	20	9	165.00
2B	6	20	9	27	81	9	20	9	172.00
2C	6	20	15	27	27	9	20	9	124.00
2D	6	27	20	27	9	9	20	9	118.00
2E	6	81	20	20	60	9	20	9	216.00
2F	6	81	9	27	9	3	20	9	161.00
3A	6	20	3	20	9	3	20	9	87.00
3B	6	20	9	27	9	3	20	9	100.00
3C	6	20	15	27	3	3	20	9	100.00
3D	6	20	20	27	27	81	20	9	183.00
3G	6	20	9	27	7	7	20	9	98.00

Tabla 6.21. Cuadro de datos para RHRS obtenido a partir de las platillas de campo

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P11	P12	P13	P15	F1 Magnitud	F2 Caídos	F2 Desliz	F3 Alcance	% Básico
1B-1	6.0	0.0	3.5	7.0	1.0	3.0	1.0	6.0	0.5	1.0	3.0	6.0	2.0	2.2	3.1	2.9	5.0	38.0
1B-2	3.0	5.5	4.0	6.0	0.0	5.0	1.0	6.0	2.0	1.0	4.0	6.0	3.0	4.5	2.8	2.8	5.0	45.7
1C	3.0	5.5	5.0	6.0	0.0	4.0	1.0	6.0	1.5	1.0	4.0	6.0	2.0	4.8	2.6	2.6	4.7	44.8
1D	3.0	0.0	3.0	9.0	1.0	3.0	1.0	6.0	2.0	1.0	3.0	6.0	3.0	2.0	3.2	2.7	6.0	41.4
2A	2.0	4.0	3.0	5.5	1.0	3.0	1.0	6.0	1.5	0.0	3.0	6.0	3.0	3.3	2.2	2.3	4.8	38.6
2B-1	3.0	0.0	5.0	4.0	0.0	5.0	1.0	6.0	1.5	0.0	4.0	6.0	1.0	3.0	2.3	2.6	3.7	34.3
2B-2	3.0	0.0	5.0	4.0	0.0	5.0	1.0	6.0	1.5	0.0	4.0	6.0	1.0	3.0	2.3	2.6	3.7	34.3
2C	2.0	0.0	3.0	5.0	0.0	5.0	1.0	6.0	2.5	1.0	4.0	6.0	3.0	2.3	2.6	2.8	4.7	36.1
2D	3.0	2.0	3.0	5.5	1.0	6.0	1.0	6.0	2.5	2.0	4.0	6.0	4.0	3.0	3.3	3.4	5.2	42.9
2E	4.0	3.0	3.0	3.5	1.0	6.0	1.0	6.0	1.5	1.0	4.0	6.0	9.0	3.3	2.8	3.3	6.2	47.2
2F	3.0	0.0	2.0	3.5	0.0	5.0	1.0	6.0	3.0	1.0	4.0	6.0	9.0	2.0	2.6	3.0	6.2	41.4
3A	5.0	0.0	1.0	5.5	1.0	3.0	1.0	6.0	2.5	2.0	4.0	6.0	0.5	1.7	3.2	3.3	4.0	33.0
3B	2.0	3.0	2.0	7.0	0.0	5.0	1.0	6.0	2.5	1.0	4.0	6.0	0.5	3.0	2.9	2.8	4.5	38.6
3C	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0	5.0	1.0	6.0	4.0	4.0	4.0	6.0	0.5	1.3	2.8	3.5	2.8	28.4
3D	5.0	6.0	6.0	5.0	1.0	6.0	1.0	6.0	1.5	4.5	4.0	6.0	0.5	5.3	3.8	4.0	3.8	48.8
3G	4.0	0.0	3.0	3.0	0.0	5.0	1.0	6.0	4.0	3.0	4.0	6.0	0.5	2.3	3.2	3.7	3.2	34.0

Tabla 6.22. Cuadro de datos de RHORON obtenida a partir de la plantilla de campo

TALUD	A							B			C			D			total							
	a	b	c	d	e	f	g	total	Cuña	Vuelco	Suelto	total	a	b	c	d		e	total					
1B-1	5.0	1.2	0.0	1.0	0.0	6.0	0.4	2.60	0.00	55.00	56.00	8.02	4.0	1.0	0.1	0.3	1.0	6.40	0.75	0.60	0.80	0.90	1.00	3.24
1B-2	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0	7.0	0.5	3.25	16.00	84.00	22.00	8.95	4.0	1.0	0.1	0.3	1.0	6.40	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
1C	5.0	1.2	0.0	0.5	0.0	7.0	0.5	3.13	24.00	56.00	0.00	6.66	4.0	1.0	0.1	0.3	1.0	6.40	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
1D	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0	5.0	0.4	2.20	28.00	0.00	33.00	5.18	4.0	1.0	0.1	0.3	1.0	6.40	0.75	0.75	0.90	0.90	1.00	4.56
2A	5.0	1.2	0.0	1.8	0.0	7.0	0.4	2.95	0.00	70.00	66.00	8.98	4.0	1.0	0.0	0.1	1.0	6.10	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
2B-1	5.0	1.2	0.0	1.0	0.0	6.0	0.5	3.25	32.00	0.00	55.00	6.94	4.0	1.0	0.0	0.1	1.0	6.10	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
2B-2	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0	4.0	0.5	2.50	20.00	56.00	22.00	7.25	4.0	1.0	0.1	0.1	1.0	6.20	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
2C	5.0	1.2	0.0	1.0	1.0	3.0	0.5	2.75	24.00	0.00	33.00	4.91	4.0	1.0	0.0	0.1	1.0	6.10	0.75	0.75	1.00	0.90	1.00	5.06
2D	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0	4.0	0.5	2.50	16.00	17.00	84.00	8.88	4.0	1.0	0.3	0.1	1.0	6.40	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
2E	5.0	1.2	0.0	0.0	1.0	5.0	0.5	3.00	20.00	77.00	28.00	8.68	4.0	1.0	0.1	0.1	1.0	6.20	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
2F	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0	4.0	0.5	2.50	20.00	14.00	17.00	4.29	4.0	1.0	0.2	0.2	1.0	6.40	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
3A	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	2.00	8.00	14.00	17.00	3.43	4.0	1.0	0.3	0.3	1.0	6.60	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
3B	5.0	1.2	0.0	0.5	0.0	4.0	0.5	2.38	16.00	0.00	11.00	2.52	4.0	1.0	0.1	0.3	1.0	6.40	0.75	0.75	0.80	0.90	1.00	4.05
3C	5.0	1.2	0.0	0.5	0.0	2.0	0.5	1.88	16.00	0.00	11.00	2.52	4.0	1.0	0.7	0.3	1.0	7.00	0.75	0.75	0.75	0.90	1.00	3.80
3D	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0	7.0	0.5	3.25	20.00	84.00	33.00	9.14	4.0	1.0	0.3	0.3	1.0	6.60	0.75	0.75	0.90	0.90	1.00	4.56
3G	5.0	1.2	0.0	1.0	0.0	6.0	0.5	3.25	12.00	40.00	0.00	4.72	4.0	1.0	0.3	0.3	1.0	6.60	0.75	0.75	0.75	0.90	1.00	3.80

Tabla 6.23. Cuadro de datos de ROFRAQ obtenida a partir de la plantilla de campo

Tabla 6.24. Obtención de las probabilidades de golpes a personas o equipos

TIEMPO BAJO TALUD													
	DIAS/ANO	RELEVOS/DIA	HORAS/RELEVO	CICLOSHORA	CICLOS/h	tn(ciclo)	número	% tiempo			E		
								total	de bajo talud	de máquina			
								longitud máquina (m)	long. máq./ frente	tamaño de bloque	cercanía		
								E(c)	E(d)	E(1.a)	E(e)		
PERFORADORA	12.5	1	8	1	100			1.14155251	16	1	0.01	1.82648E-06	
EXCAVADORA 1	15.625	1	8	100	100			1.42694064	24	1	5	0.017123288	
VOLQUETE 1 (carga)	15.625	1	8	4	20			0.28538813	15	1	5	0.002140411	
Trabajadores a pie	5	1	8	1	100			0.456621	1	2	1	5	0.000456621
													Emag.= 0.019281963
													Epers.= 0.000456621
													E= 0.019738584
Longitud de Banco (m) =	50												
volquetes	1	1	50	3	8	1	1	1	250	300000	10	300000	PRODUCCION
excavadora	1	1	5	30	8	1	1	1	250	300000	10	300000	PRODUCCION

Ya que los puntos C y D tanto de E-maquinas como de E-personas de la tabla 6.23. son de alguna manera un poco mas difíciles de obtener por su carácter probabilístico se diseño esta tabla (tabla 6.24.) para poder medir las probabilidades de diferentes equipos y personas, que como es lógico cada uno de ellos tiene un área diferente con respecto al talud en trabajo, de esta forma obteniendo la probabilidad de cada uno por separado y al final sumando estas es mucho mas practico que actualizar los datos en la tabla (tabla 6.23.), al final estas probabilidades son iguales para cada uno de los bancos ya que la estructura de toma de datos se hizo con este fin. La diferencia en si de una tabla con otra es la probabilidad por estar debajo del talud, es decir que la cantidad de días se debe de dividir por la cantidad de bancos que estén disponibles ya que así sabremos los días por año que un determinado equipo esta en promedio bajo un talud.

6.2.3. Aplicación de ROFRAQ para taludes.

Como se había mencionado anteriormente existe una metodología de ROFRAQ para los taludes (más de un banco) y otra para bancos (un solo banco). En esta cantera (PO-04) se hará el tratamiento mediante esta metodología mientras que en la cantera anterior (PO-03) no se realizará ningún tipo de trabajo de esta índole, esto se debe mas que nada a la configuración de cada una de las canteras ya que mientras la cantera de Berducido (PO-03) tiene bancos bien definidos con bermas muy anchas además de los caminos de acceso que a su vez hacen mas grandes las bermas; la cantera de Cartelle (PO-04) tiene unos bancos con bermas estrechas y en algunos casos estas no existen por lo que es una oportunidad para usar ROFRAQ de taludes (mas de un banco) y obtener información.

TALUD	A							A total	B			B total
	a	b	c	d	e	f	g		Cuña	Vuelco	Suelto	
1A	5.0	1.2	0.0	1.0	1.0	6.0	0.5	3.50	16.50	8.00	42.00	5.54
1B-1	5.0	1.2	0.0	0.5	1.0	6.0	0.5	3.38	27.00	0.00	50.00	6.35
1B-2	5.0	1.2	0.0	1.0	1.0	4.0	0.8	4.80	16.00	70.00	44.00	8.59
1C	5.0	1.2	0.0	1.0	1.0	6.0	0.7	4.55	24.00	0.00	33.00	4.91
1D	5.0	1.2	0.0	0.0	1.0	4.0	0.7	3.58	20.00	77.00	17.00	8.47
1E	5.0	1.2	0.0	1.0	1.0	6.0	0.7	4.55	28.00	70.00	17.00	8.21
1F	5.0	1.2	0.0	1.0	1.0	6.0	0.7	4.55	12.00	57.00	17.00	6.86
1G	5.0	1.2	0.0	1.0	1.0	4.0	0.5	3.00	12.00	28.00	22.00	5.06

Tabla 6.25. Cuadro de datos de ROFRAQ (talud) obtenido a partir de los datos de campo.

TALUD	C					C total	D					D total
	a	b	c	d	e		ft	a	b	c	d	
1A	4.0	1.0	0.3	0.1	1.0	6.40	1.00	0.25	1.00	0.5	1.0	2.75
1B-1	4.0	1.0	0.3	0.3	1.0	6.60	1.75	0.75	1.00	0.5	1.0	4.00
1B-2	4.0	1.0	0.1	0.3	1.0	6.40	0.50	0.50	1.00	0.5	1.0	2.50
1C	4.0	1.0	0.3	0.2	1.0	6.50	1.00	0.75	0.50	0.5	1.0	2.75
1D	4.0	1.0	0.1	0.1	1.0	6.20	0.00	1.00	0.50	0.5	1.0	2.00
1E	4.0	1.0	0.1	0.3	1.0	6.40	8.00	0.00	1.50	0.5	1.0	10.00
1F	4.0	1.0	0.1	0.1	1.0	6.20	1.00	0.50	0.75	0.5	1.0	2.75
1G	4.0	1.0	0.3	0.3	1.0	6.60	1.75	0.75	0.75	2.0	1.0	5.25

Tabla 6.25. (Continuación)

TALUD	E-personas					E-p total	E-maquinas					E-m total	E-banco	F
	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e			
1A	0.0	1.5	*	*	7.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	7.0	0.05397	0.05443	1.0
1B-1	0.0	1.8	*	*	7.0	0.00046	0.0	1.8	*	*	7.0	0.05397	0.05443	1.0
1B-2	0.0	1.5	*	*	7.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	7.0	0.05397	0.05443	1.0
1C	0.0	1.5	*	*	7.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	7.0	0.05397	0.05443	1.0
1D	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.05397	0.05443	1.0
1E	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.05397	0.05443	1.0
1F	0.0	1.5	*	*	5.0	0.00046	0.0	1.5	*	*	5.0	0.05397	0.05443	1.0
1G	0.0	2.5	*	*	7.0	0.00046	0.0	2.5	*	*	7.0	0.05397	0.05443	1.0

Tabla 6.25. (Continuación)

* Valores de probabilidad obtenidos a partir de la tabla 6.27.

TALUD	ROFRAQ banco				Prob acc	Prob no acc	
	Básico	Talud	Personas	Maquinas			
1A	3.4154	18.5904	0.1560	18.4344	0.00186	0.99814	
1B-1	5.6579	30.7965	0.2583	30.5382	0.00308	0.99692	
1B-2	6.5962	35.9041	0.3012	35.6029	0.00359	0.99641	
1C	3.9917	21.7276	0.1823	21.5454	0.00217	0.99783	
1D	3.7560	20.4444	0.1715	20.2729	0.00204	0.99796	
1E	23.8994	130.0879	1.0913	128.9966	0.01301	0.98699	
1F	5.3213	28.9644	0.2430	28.7214	0.00290	0.99710	
1G	5.2577	28.6185	0.2401	28.3784	0.00286	0.99714	
					prob tot	0.03113	0.96887

Tabla 6.26. (Continuación)

7 Análisis y Recomendaciones

7.1. PO-03 Berducido.

7.1.1. Análisis de bancos.

Tabla 7.1. Información básica arrojada por la metodología.

	ROFRAQ	RHRS	RHRON
1A	2.0	68.0	34.0
1B	5.5	108.0	39.5
1C	5.8	110.0	58.0
1D	7.4	99.0	52.8
1E	8.3	150.0	47.5
1F	6.9	135.0	54.3
1G	3.5	93.0	38.3
1H	3.3	111.0	39.8
1I	4.6	99.0	42.0
2A	5.5	74.0	41.7
2B	4.5	77.0	47.2
2C	7.9	132.0	55.9
2D	7.8	91.0	55.6
2E	4.9	135.0	51.9
2F	2.2	62.0	36.1
2G	5.3	144.0	55.2
2H	4.8	91.0	42.0
2I	3.1	130.0	51.9
3A	3.4	69.0	52.2
3B	4.0	93.0	49.1
3C	8.3	140.0	52.5
3D	4.1	99.0	42.6
3E	8.0	135.0	54.0
3F	3.2	99.0	47.8
3G	4.9	99.0	39.8
3H	6.9	144.0	60.2

RHRS los bancos con mayor calificación serán el 1E, 1F, 1H, 2C, 2E, 2G, 2I, 3C, 3E y 3H, así tenemos por ultimo a el método RHRON que arroja 1C, 1D, 1F, 2C, 2D, 2G, 3A, 3C, 3E y 3H.

Ahora si analizamos los bancos que coinciden en pares de columnas de la Tabla 7.1. ROFRAQ Vs. RHRS nos daremos cuenta que 6 de los 10 bancos coinciden (1E, 1F, 2C, 3C, 3E y 3H), continuando con ROFRAQ Vs. RHRON la coincidencia es de 8 de 10 (1C, 1D, 1F, 2C, 2D, 3C, 3E y 3H) y por ultimo la comparación de RHRS Vs. RHRON es de 6 de 10 (1F, 2C, 2G, 3C, 3E y 3H). podemos seguir ahora comparando las tres columnas (que representan a los tres métodos) y observaremos que 5 de los 10 bancos que sombreamos

De cada un de las tablas RHRS, RHRON y ROFRAQ se han extraído los datos básicos que se arrojan de cada uno de ellos (Tabla 7.1.).

Los datos en si no tienen concordancia alguna simple vista sin embargo al ser extraídos de de las mismas canteras estos están de alguna forma obligados a tener relación, cada método en su forma particular.

De la tabla 7.1 podemos ya tener una evaluación a cerca de los taludes mas peligrosos, sin embargo esta clasificación dada no será si no cualitativa ya que solo nos indicará cuales bancos han tenido una evaluación con resultado menos favorables. Podemos ver que en cuanto al método ROFRAQ los 10 bancos más peligrosos están dados por 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 2C, 2D, 3C, 3E y 3H, con lo que respecta a el método

coinciden (1F, 2C, 3C, 3E Y 3H). Téngase en cuenta también la baja variabilidad natural del riesgo asociado a estos taludes.

El único método que cuenta con una evaluación cuantitativa es el ROFRAQ que contiene rangos de riesgo en función de maquinaria y personal, de manera lógica los riesgos al personal por menores que sean son de mayor relevancia por lo que estos rangos son menores.

En este punto también podemos encontrar la relación entre cada uno de los bancos por medio de una grafica y ajustando una función, esto es con el objetivo de conocer de manera mas minuciosa las relaciones que hay entre los métodos teniendo en cuenta que como el método ROFRAQ es un método de nueva aplicación será necesario contar con una base de datos amplia antes de cualquier aplicación (que es el objetivo principal que sigue de la junta de Galicia siendo este trabajo un aporte a en esta labor exhaustiva).

Aquí se muestran las relaciones entre los diferentes métodos:

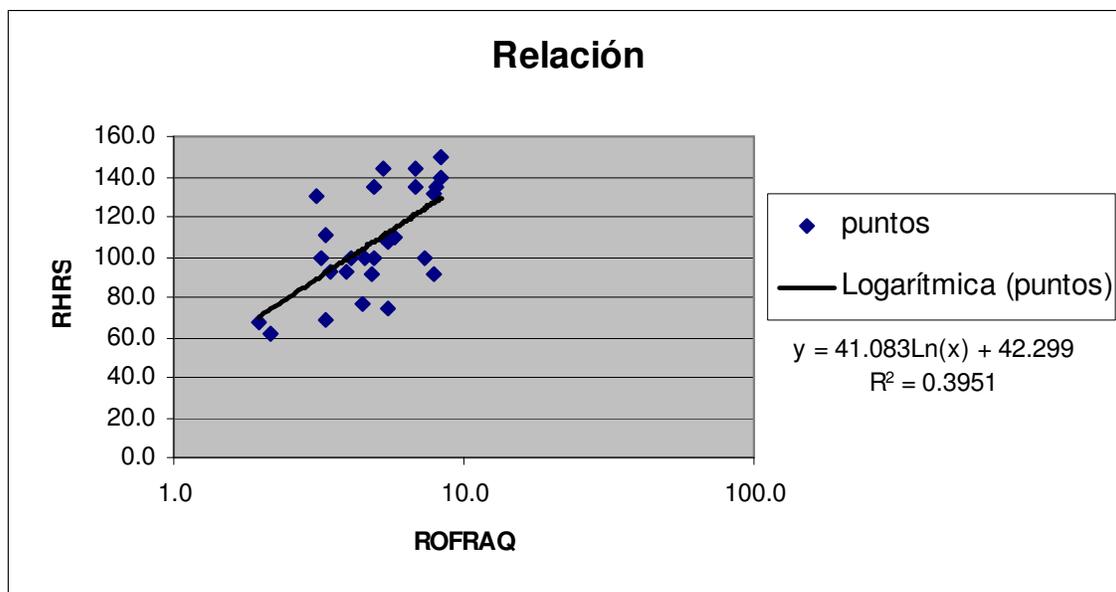


Figura 7.1. Relación con línea de tendencia de RHRS y ROFRAQ

En las figuras mostradas (7.1., 7.2. y 7.3.) la relación no es extremadamente buena sin embargo al momento de tomar los taludes (y mas en ROFRAQ y RHRON) se vio que la relación es muy buena teniendo solo un fallo al momento de declarar los bancos mas problemáticos, con esto podemos llegar a pensar que el rango en los que se está trabajando pudiera estar trastornando los resultados finales ya que el ROFRAQ trabaja dentro de un rango de 0 a 10,000 (por la misma razón de estar trabajando en los rangos de 0 a 10,000 es por lo que es el único de los métodos que aparece en forma logarítmica) y sin embargo el resultado de la tabla 7.1. no muestran valores mayores a 10, por otra parte la metodología RHRS tiene un carácter exponencial (3, 9, 27 y 81) lo que hace difícil el controlar los valores y también

se tiene la problemática de los rangos que en este caso varía desde 21 a 700, los valores máximos en este caso no pasan de 150 por esto es de pensarse que los puntos están concentrados en una zona muy limitada de las graficas y que mas información (de nuevas canteras) podría proporcionar mas puntos a lo largo y ancho de estas figuras 7.1., 7.2. y 7.3. para así lograr una mejor nube de puntos que al final nos sugiera una buena regresión.

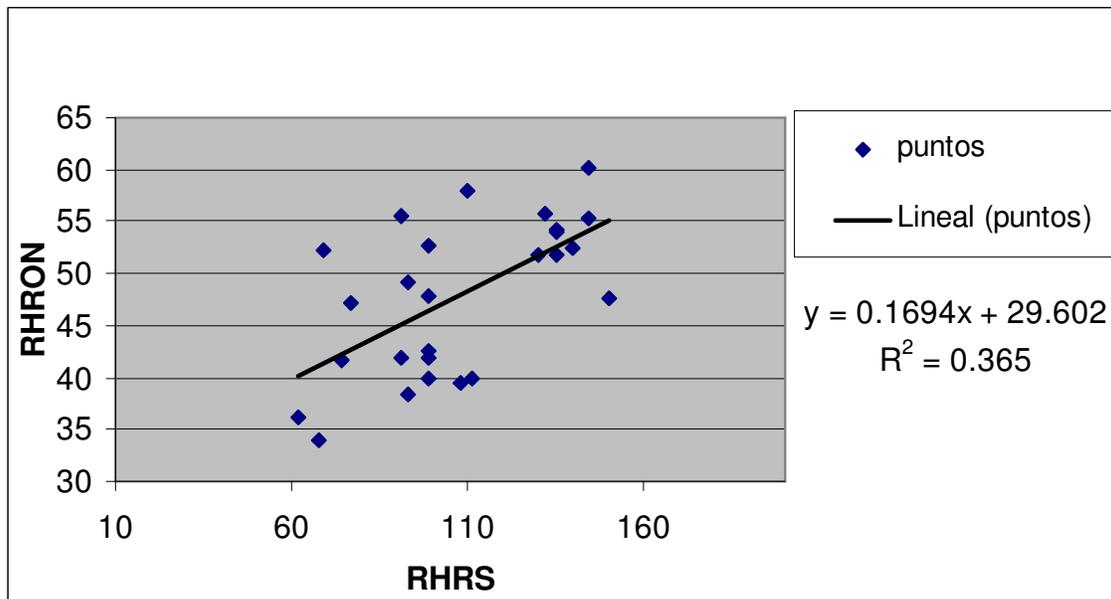


Figura 7.2. Relación con línea de tendencia de RHRON y RHRS

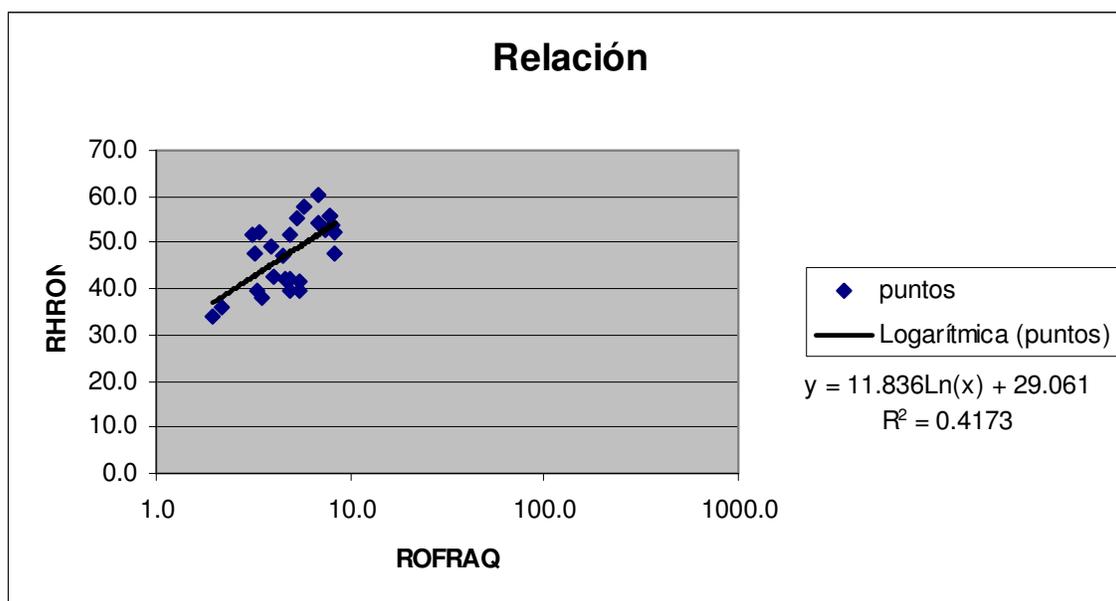


Figura 7.3. Relación con línea de tendencia de RHRON y ROFRAQ

7.2. PO-04 Cartelle

7.2.1. Análisis de bancos.

De cada un de las tablas RHRS, RHRON y ROFRAQ se han extraído los datos básicos que se arrojan de cada uno de ellos (Tabla 7.2.).

Los datos serán analizados de forma similar al apartado anterior (7.1. PO-03 Cantera Berducido)

De la tabla 7.2 podemos ya tener una evaluación a cerca de los taludes mas peligrosos, sin embargo esta clasificación dada no será si no cualitativa ya que solo nos indicará cuales bancos han tenido una evaluación con resultado menos favorables, como se menciona anteriormente. Podemos ver que en cuanto al método ROFRAQ los 5 bancos más peligrosos están dados por 1B-2, 2A, 2D, 2E y 3D, con lo que respecta a el método RHRS los bancos con mayor calificación serán el 1B-2, 1C, 1D, 2E y 3D, así tenemos por ultimo a el método RHRON que arroja 1B-2, 1C, 2D, 2E y 3D.

Ahora si analizamos los bancos que coinciden en pares de columnas de la Tabla 7.2. ROFRAQ Vs. RHRS nos daremos cuenta que 3 de los 5 bancos coinciden (1B-2, 2E y 3D), continuando con ROFRAQ Vs. RHRON la coincidencia es de 3 de 5 (1B-2, 2D y 3D) y por ultimo la comparación de RHRS Vs. RHRON es de 4 de 5 (1B-2, 1C, 2E y 3D). podemos seguir ahora comparando las tres columnas (que representan a los tres métodos) y observaremos que 3 de los 5 bancos que sombreamos coinciden (1B-2, 2E y 3D).

Tabla 7.2. Información básica arrojada por la metodología.

	ROFRAQ	RHRS	RHRON
1B-1	4.3	171.00	38
1B-2	7.5	197.00	45.7
1C	5.4	179.00	44.8
1D	3.3	182.00	41.4
2A	6.5	165.00	38.6
2B-1	5.6	172.00	34.3
2B-2	4.6	-	34.3
2C	4.2	124.00	36.1
2D	5.8	118.00	42.9
2E	6.5	216.00	47.2
2F	2.8	161.00	41.4
3A	1.8	87.00	33.0
3B	1.6	100.00	38.6
3C	1.3	100.00	28.4
3D	8.9	183.00	48.8
3G	3.8	98.00	34.0

El único método que cuenta con una evaluación cuantitativa es el ROFRAQ que contiene rangos de riesgo en función de maquinaria y personal, de manera lógica los riesgos al personal por menores que sean son de mayor relevancia por lo que estos rangos son de menor escala.

En este punto también podemos encontrar la relación entre cada uno de los bancos por medio de una grafica y ajustando una función, como lo habíamos hecho en la cantera

anterior, esto es con el objetivo de conocer de manera mas minuciosa las relaciones que hay entre los métodos teniendo en cuenta que como el método ROFRAQ es un método de nueva aplicación será necesario contar con una base de datos amplia antes de cualquier aplicación (que es el objetivo principal que sigue de la junta de Galicia siendo este trabajo un aporte a en esta labor exhaustiva).

Aquí se muestran las relaciones entre los diferentes métodos:

En las figuras 7.4., 7.5. y 7.6. se muestran las gráficas de los datos ajustados y el coeficiente (R^2) que relaciona los puntos, en este caso (PO-04) es ligeramente superior que en el caso anterior (PO-03), y sin embargo no podemos decir lo mismo a cerca de que alguno de los métodos tiene mejor un comparativo con otro porque aquí el coeficiente R^2 varía muy poco en las tres figuras, sin embargo, lo que se mantiene constante es el rango que se mueve la información resultante (muy bajo en todos los métodos), esto podría estar dando coeficientes (R^2) de la magnitud de los mostrados.

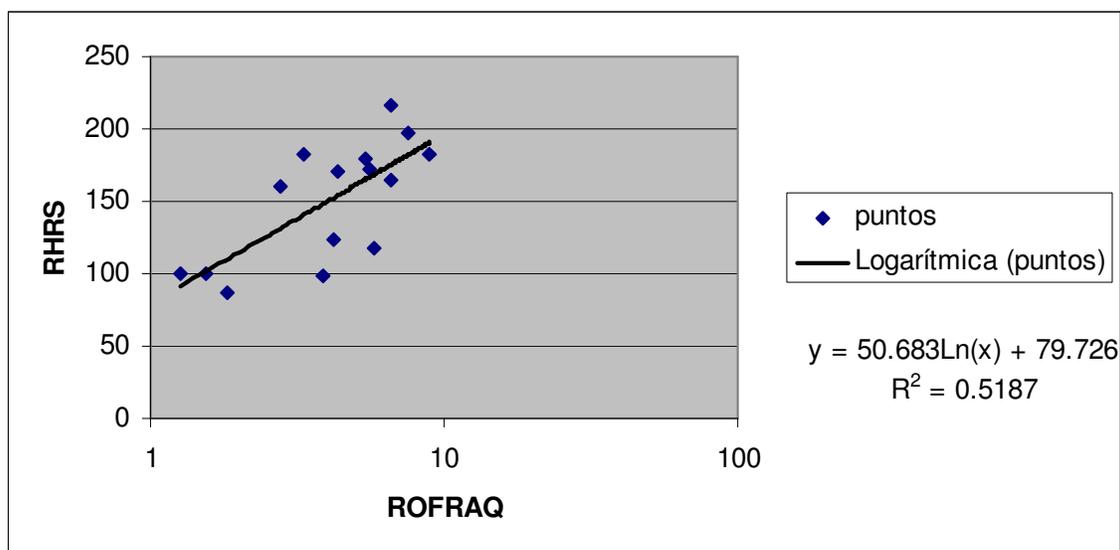


Figura 7.4. Relación con línea de tendencia de RHRS y ROFRAQ

Para poder tener certeza es necesario contar con datos que estén distribuidos en toda la gama de datos posibles lo que es difícil para este proyecto en particular porque no se cuenta, hasta ahora, con mas información de banco de la índole requerida.

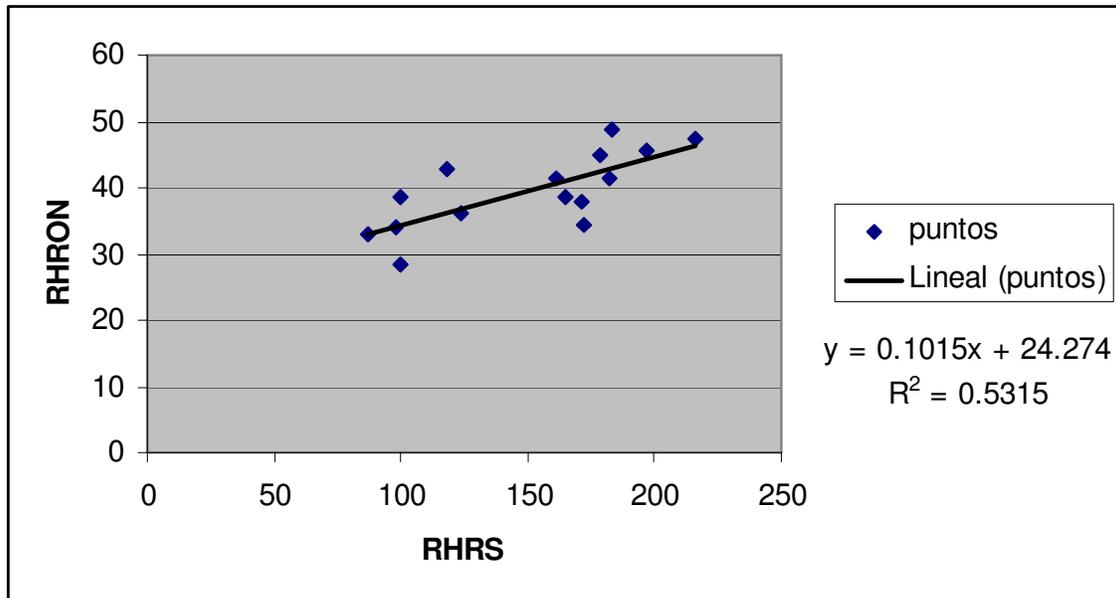


Figura 7.5. Relación con línea de tendencia de RHRON y RHRS

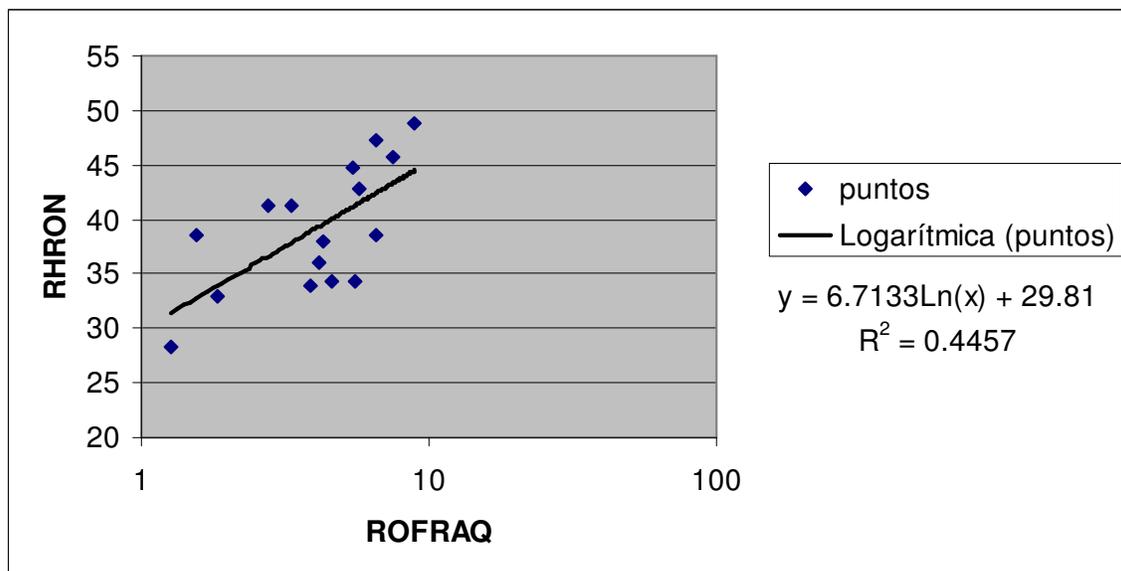


Figura 7.6. Relación con línea de tendencia de RHRON y ROFRAQ

7.2.2. Análisis de Taludes.

Por las características de la cantera, varios bancos con bermas pequeñas o inexistentes en los cuales las rocas desprendidas pueden caer desde ese banco hasta el fondo del tajo, se decidió en esta ocasión implementar el método de ROFRAQ taludes que es el diseñado para estos casos. Al igual que con los apartados anteriores se tratará de hacer una comparación de los tres métodos teniendo en cuenta que solo ROFRAQ taludes tiene la característica de poder evaluar un talud con bancos diversos (el origen de esta metodología fue el poder evaluar los taludes finales de las canteras y sin embargo este mismo método puede ser utilizado cuando hay

combinaciones de bancos). RHRS y RHRON evalúan cada uno de los bancos (en el caso de este trabajo), contando con esta información y a sabiendas de que los bancos 1B, 2B y 3B (y así sucesivamente) coinciden uno sobre otro se realizó un promedio de estos para obtener una evaluación de los taludes RHRS y RHRON.

Ahora que se tiene toda la información acorde es más fácil realizar una evaluación comparativa a partir de la tabla que a continuación se describe (tabla 7.3.).

ROFRAQ talud	RHRS	RHRON
3.4154	295.00	50.00
5.6579	305.00	51.23
6.5962	363.00	51.23
3.9917	330.00	50.00
3.7560	356.00	51.23
23.8994	330.00	54.32
5.3213	272.00	48.15
5.2577	230.00	48.77

Tabla 7.3. Información arrojada de los 3 diferentes métodos de evaluación de taludes.

Si nos ponemos a observar la tabla 7.3 no daremos cuenta de que la coincidencia de las 3 metodologías está en el talud más riesgoso y al comparar método a método los que coinciden de tajante son ROFRAQ y RHRON mientras que cualquiera de estos dos tiene varias coincidencias con RHRS, la verdad es que estos aunque nos den una idea no determinan mucho por lo que es mejor entrar de lleno a la correlación y ajuste de puntos en forma gráfica, así tenemos las figuras 7.7., 7.8. y 7.9.

En la figura 7.7 se puede ver que la correlación R^2 (en taludes) es mayor que en la misma correlación de los bancos (Sección 7.2.1.) y sin embargo la figura 7.8 muestra una correlación nula que posiblemente tenga que ver con los rangos en los que ROFRAQ está trabajando en especial con estos datos. La figura 7.9. nos muestra que la correlación con respecto a la misma sección anterior vista es baja, todavía es necesario continuar con algo más de detalle para entender el comportamiento de los datos por lo que en este trabajo se agregaron los datos de "COUSO" (Alejano 2005) que es una cantera con la que se trabajó anteriormente y que se extrajeron datos de ella por medio de la metodología ROFRAQ taludes (además de las ya conocidas RHRS y RHRON).

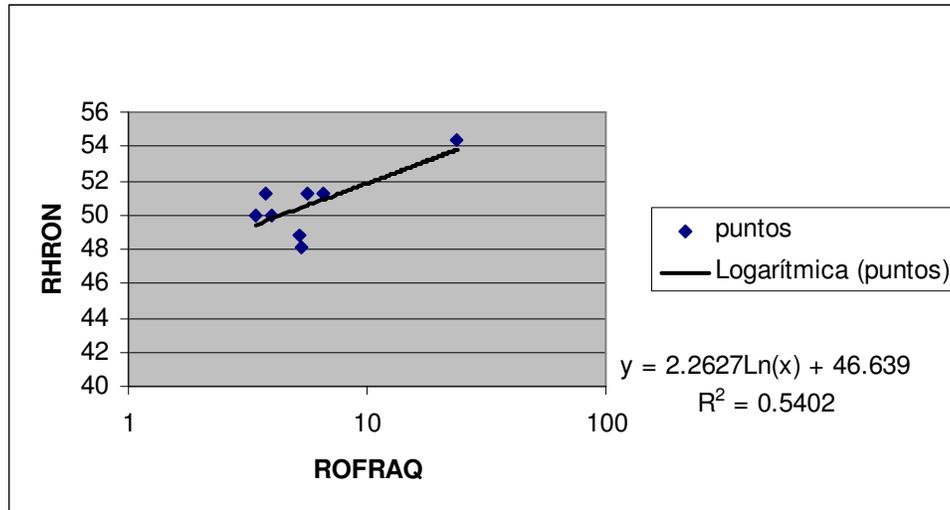


Figura 7.7. Relación con línea de tendencia de RHRON y ROFRAQ

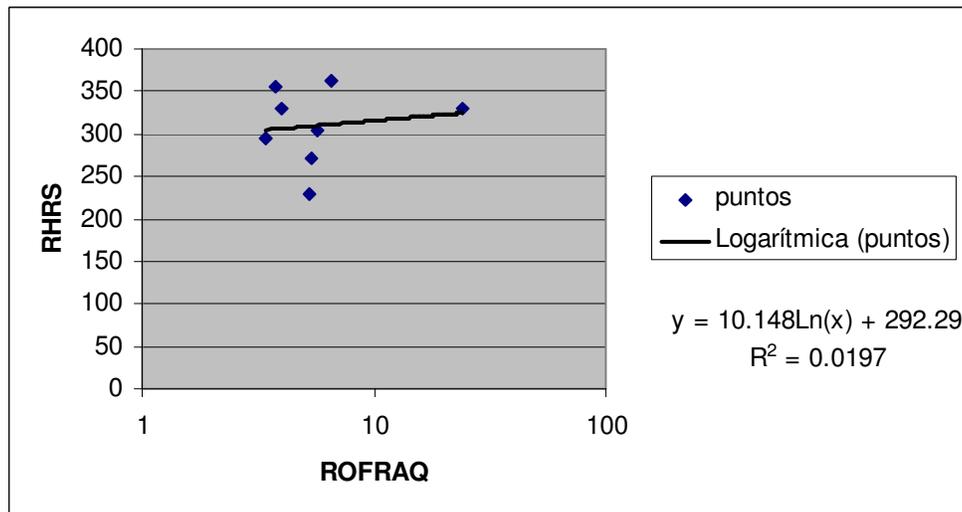


Figura 7.8. Relación con línea de tendencia de RHRS y ROFRAQ

En la tabla 7.4 se plasma toda la información obtenida de la cantera de estudio a la que se refiere este trabajo y a la cantera de "COUSO" (Alejano 2005). Esta información servirá para poder hacer comparativos del método ROFRAQ taludes y a la vez ir aumentando la base de datos para conocer la tendencia de los datos, es importante, en este punto, destacar que el proyecto principal se está realizando para la Junta de Galicia y que el documento que el lector tiene en sus manos es solo una pequeña parte del informe general, por eso la razón de agregar mas datos fuera de los que se obtuvieron de manera directa para este documento.

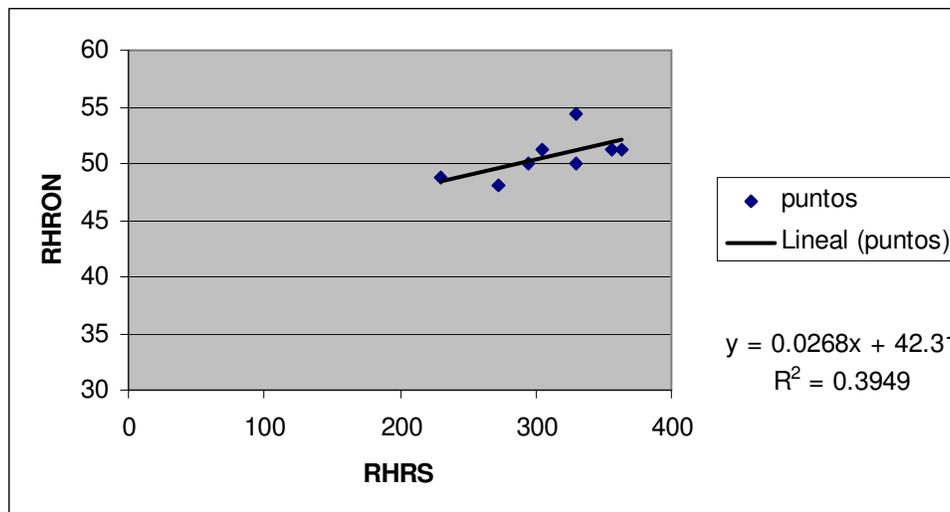


Figura 7.9. Relación con línea de tendencia de RHRON y RHRS

Tabla 7.4. Información comparativa de dos trabajos para la metodología ROFRAQ taludes

	ROFRAQ	RHRS	RHRON
PO-04 Prebetong S.L.	3.415	295.00	50.00
	5.658	305.00	51.23
	6.596	363.00	51.23
	3.992	330.00	50.00
	3.756	356.00	51.23
	23.899	330.00	54.32
	5.321	272.00	48.15
	5.258	230.00	48.77
Couso (Alejano 2005)	35.700	443.000	57.444
	2.440	263.000	34.000
	2.460	275.000	37.667
	3.250	269.000	38.889
	7.720	287.000	43.778
	5.810	269.000	41.333
	8.330	311.000	39.556
	26.310	347.000	44.444
	10.040	299.000	41.333
	13.180	317.000	41.333
	6.180	269.000	36.444
	27.060	335.000	49.333
	30.550	443.000	61.111
	40.520	443.000	62.333
	35.700	443.000	61.778
45.230	389.000	62.333	
31.640	443.000	61.778	

Las figuras 7.10., 7.11. y 7.12. son el resultado del ajuste de los datos de la tabla 7.4. y se puede ver en la primera de las figuras (7.10.) que la información se distribuye homogéneamente a lo largo de la línea de ajuste hecha, la relación R^2 es razonable, sin embargo todavía se espera mejorar esta información al contar con más datos en la parte derecha de la figura (valores de ROFRAQ mayores o canteras en las que las condiciones sean menos favorables) en este caso es importante poder contar con más información para definir la tendencia ya que los datos actuales solo nos hacen pensar en la necesidad de más puntos. Las condiciones de la figura 7.11. nos muestran una nube de puntos y con relación R^2 de mayor calidad a la anterior. La figura 7.12. muestra una tendencia con una correlación R^2 razonable y sucede lo mismo

que en las figuras anteriores en las cuales es necesaria más información sobre todo en los rangos más elevados.

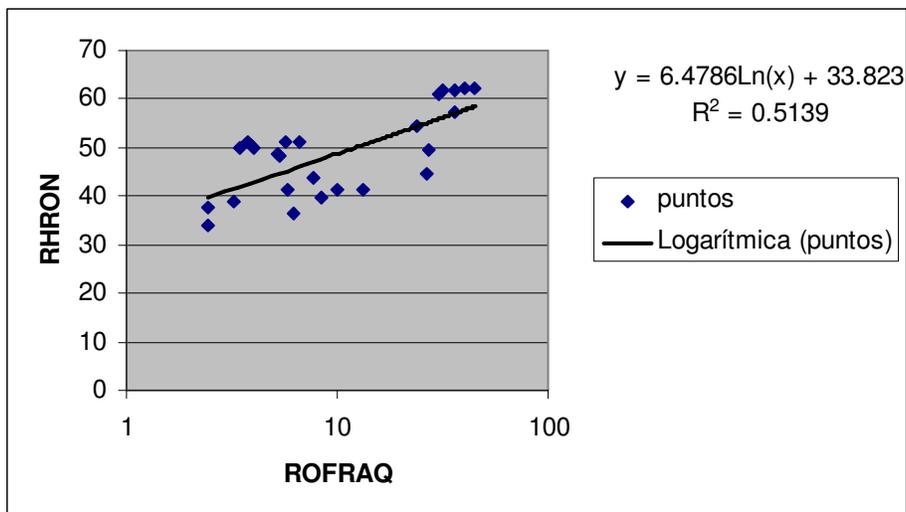


Figura 7.10. Relación con línea de tendencia de RHRON y RHRS

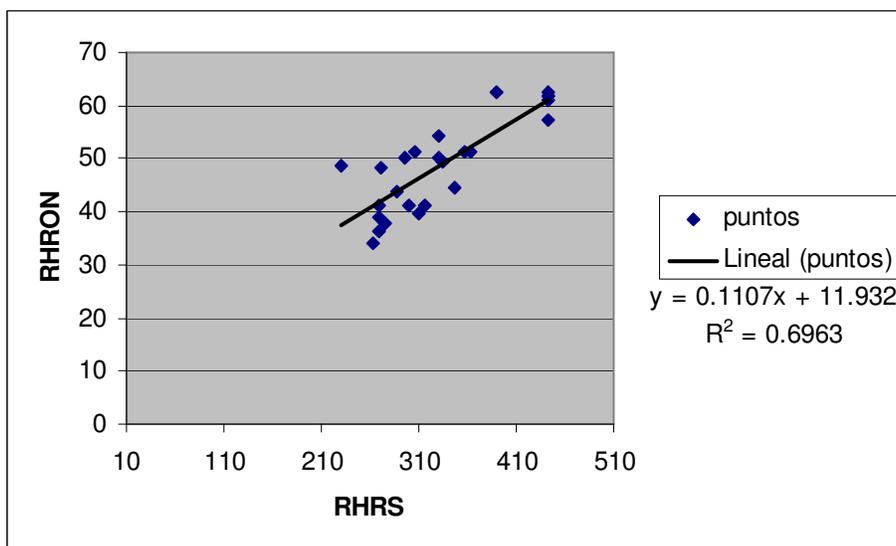


Figura 7.11. Relación con línea de tendencia de RHRON y RHRS

Los resultados hasta ahora obtenidos a lo largo de todo el estudio, y basados en los rangos que ROFRAQ proporciona, nos dicen básicamente que la canteras son de bajo riesgo, podemos ver que el valor más alto de ROFRAQ bancos de PO-03 para la maquinaria que es de 13 y para personas es menor a 1 mientras que en PO-04 es de 17 para máquinas y menor de 1 para personas, en ROFRAQ taludes en PO-04 de máquinas es de 128 mientras que para personas es de 1. Ahora si vemos la calificación o rango en los que estamos (ver la Tabla 7.5.) nos podremos situar en el rango apropiado para conocer los riesgos en cada caso.

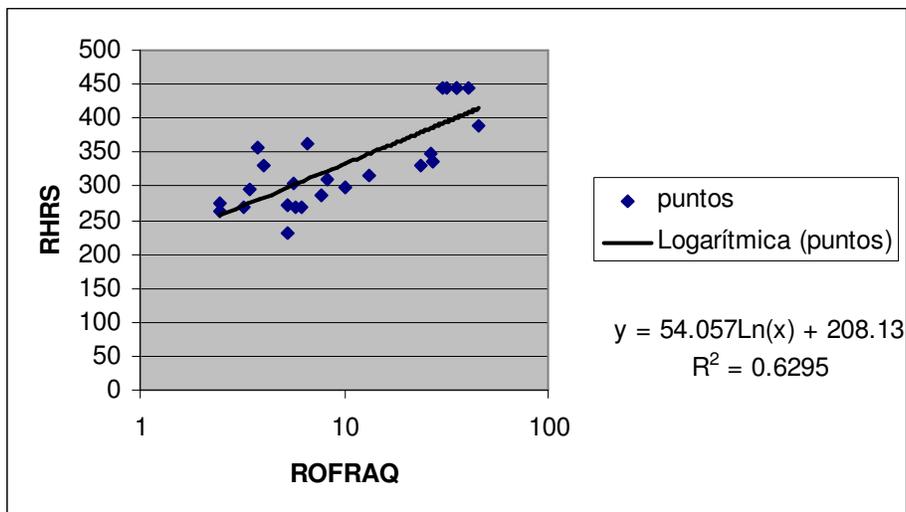


Figura 7.12. Relación con línea de tendencia de RHRON y RHRS

Evaluación preliminar del riesgo del talud en función de los resultados del ROFRAQ _{mag}					
MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO
No hacer nada	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Evitar el paso de máquinas cuando llueve fuerte	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño de algunos zonas, ampliación de bermas, etc.	Revisión del plan de labores, instalación de mallas protectoras, etc.
Inf. a 10	10 – 25	26 – 100	101 - 250	251 - 1000	Sup. a 1000

Evaluación preliminar del riesgo del talud en función de los resultados del ROFRAQ _{pers.}					
MUY BAJO RIESGO	BAJO RIESGO	RIESGO BAJO A MEDIO	RIESGO MEDIO	ALTO RIESGO	RIESGO MUY ELEVADO
No hacer nada	Realizar seguimiento	Puede ser necesario tomar medidas simples de seguridad: Evitar el paso de personal en épocas de lluvia	Es necesario tomar medidas de seguridad, mejoras en saneo y limpieza, control de voladuras, etc.	Requiere rediseño de algunos zonas, ampliación de bermas, etc.	Revisión del plan de labores, instalación de mallas protectoras, etc.
Inf. a 4	4 – 10	10 – 40	40 - 100	100 - 400	Sup. a 400

Tabla 7.5. Extracto de las tablas 3.9. o 3.10. mostrando los rangos de riesgos asociados a los resultados obtenidos.

Tomando los datos de PO-03 y PO-04 de banco tenemos que los riesgos para la maquinaria son bajos (13 y 17), para el personal son muy bajos (<1 en ambos casos) mientras que para PO-04 de talud el riesgo para la maquinaria es medio (128) y para el personal es muy bajo (1), la diferencia de que el riesgo de talud sea mucho mayor al riesgo de banco se debe a que se toman en cuenta 3 bancos lo que aumenta las posibilidades de que se produzca un accidente. Estos datos son dados para el peor de los casos, porque en realidad existen algunos otros bancos y taludes de menor riesgo. En estos bancos y taludes es donde se debe de mantener la atención con mayor cuidado para tomar medidas.

Recomendaciones.

El estudio particular hasta este momento ha concluido, sin embargo todavía existe mucho interés en la continuación del trabajo general para la Junta de Galicia, España por lo que las recomendaciones que se podrían dar para mejorar el trabajo son:

- Continuar con la colección de datos de diversas canteras Gallegas con el fin de obtener en las gráficas de relación una nube de puntos contundente que nos muestre el comportamiento del modelo ROFRAQ con respecto a la metodología preestablecida.
- Siempre los datos colectados y estudios de este tipo tienen que realizarse con personal adecuado con el suficiente conocimiento y un criterio uniforme.
- Contar con la oportunidad de realizar al menos dos visitas a cada una de las canteras en las que se hagan los trabajos para detectar cualquier dato faltante o nuevos datos no vistos anteriormente.
- Contar con los planos de la cantera a trabajar para realizar anotaciones en ellos y tener todo orientado.
- Es de interés conocer los ciclos de carga de los equipos por lo que es recomendable tomar algunos datos de este tipo.

8 Conclusiones

8.1. Por cantera.

8.1.1. PO-03 Berducido.

- La cantera de Berducido por los resultados obtenidos se considera de muy bajo riesgo tanto para el personal como para la maquinaria.
- El buen uso de bermas amplias baja los riesgos y mejora la seguridad al no contar con bancos que se prolonguen por más de 20 metros.
- El Talud obtenido con el método ROFRAQ con el mayor riesgo es el mostrado en la figura 8.1. que muestra fallas sub-verticales (en la parte central de la figura) con un nivel freático visiblemente alto lo que aumenta la presión hidrostática sobre el talud, de igual forma se detectan algunas rocas en situación de caída en la parte superior central de la figura.



Figura 8.1. Zona del talud 3E con mayor riesgo obtenido a partir de ROFRAQ

- De los resultados de probabilidades de que suceda un accidente en un año tenemos 0.021973 ó 2 accidentes por cada 100 años.

8.1.2. PO-04 Cartelle.

- La cantera de Cartelle por los resultados obtenidos se considera de muy bajo riesgo tanto para el personal como para la maquinaria.
- Al usar el método ROFRAQ taludes el riesgo para la maquinaria aumenta debido a la suma de varios bancos, lo que nos muestra que el efecto escala es de importancia en estos casos.
- La diferencia en los riesgos entre ROFRAQ bancos y taludes se debe a la suma de bancos que eliminan o mantienen una berma de poca anchura incapaz de recibir los caídos generando en ocasiones taludes de hasta 40 metros de altura.



Figura 8.2. Talud 3E mostrando el mecanismo de rotura por vuelco

- El talud que presenta más riesgo, dentro de ser bajo, es el talud 3E (ver figura 8.2.) donde se observa el mecanismo de inestabilidad por vuelco y se han observado bastantes rocas desprendidas, por lo que el método es capaz de identificar el talud a priori invisible.
- De los resultados de probabilidades de que suceda un accidente en un año tenemos 0.03113 ó 3 accidentes por cada 100 años.
- El buen control y uso de bermas permitiría bajar los riesgos considerablemente.

8.2. De la metodología.

8.2.1 RHRS

- Esta metodología permite evaluar un talud en forma rápida, práctica y simple, también puede ser utilizada para cualquier condición geológica, geomorfológica, y geográfica.
- El método no impone valores límites, es decir, los rangos de riesgo bajo o alto pueden ser definidos por los usuarios.
- La asignación de los valores, en algunos casos dados por la expresión de 3^x , resulta difícil de extrapolar en algunas situaciones fuera del ámbito de carreteras.
- La asignación de valores exponenciales en base 3, se puede correr el riesgo de evaluar por encima de lo debido un talud al sumar dos o más características con valores extremos, no siendo representativo de la realidad del talud.
- Al ser un método aditivo se les da un peso igual a cada una de las características.

8.2.2. RHRON

- La metodología al tomar en cuenta diversas características de los macizos rocosos mejora la perspectiva y provee de más información a los investigadores (comparado con su predecesor RHRS).

- Al ser un método aditivo se les da un peso a cada una de las características.

8.2.3 ROFRAQ

- El método presentado, todavía en fase de desarrollo, está básicamente enfocado a las explotaciones a cielo abierto de Galicia, aunque a priori nada impide su extrapolación a canteras de rocas duras de climas templados.
- Los datos utilizados para su ajuste se basan en explotaciones de no muchos bancos (hasta 10) en rocas duras de canteras de áridos, materiales de construcción y rocas ornamentales.
- El uso de un “peso” o mayor valor sugiere la importancia de estos puntos en particular frente a los demás.
- Los niveles de correlación obtenidos indican un nivel de analogía razonable, pero no muy alto, entre los distintos métodos. Esto se debe mas al bajo nivel de variabilidad de los taludes a que el nivel de correlación no sea muy alto.

8.3. Del proyecto principal

- Se está actualmente llevando a cabo una fase de recopilación de datos de campo en más de 100 frentes de 15 canteras, cuyos resultados permitirán terminar de realizar un ajuste fino de la metodología.
- ROFRAQ pretende ser una herramienta útil tanto a las empresas y jefes de mina, como a la Administración y empresas aseguradoras, en el sentido de ofrecer un método de estimación de riesgos asociados a desprendimiento de rocas, para, a partir de ahí, proponer las medidas correctoras necesarias en lo que concierne a aspectos de seguridad y económicos.
- Las características de ROFRAQ, en cuanto a los rangos numéricos y el significado de estos, proporcionan una clave para entender los resultados a todas las personas que lean la documentación sin importar que tengan conocimiento profundo o ligero de la metodología.
- El método si se implementa por parte de una administración aspiraría a evitar algunos de los accidentes que se producen. Además se tiene la impresión de que un adecuado mantenimiento de taludes contribuye a una mejor gestión de las explotaciones, que podría absorber el coste de la implementación del método; sin contar con el elevado coste de la siniestralidad que la empresa no suele contemplar en sus predicciones, apareciendo no obstante en sus balances.

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (6)	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2$

$(10 > A > 0)$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.

Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques	A	A	5	20	5	10	8
Rotura tipo cuña	B	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	15		15	15	16.5
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	30		30	30	42

$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))]$

$(10 > B > 0)$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.3	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$C = a + b + c + d + e$

$(10 > C > 0)$

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)

Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la bermas en m. (A.B) en filas.										Inclinación general del talud (a)		Condición de la bermas (b)		Irregularidad de la cara del talud (c)	
5		10		12		15		20		(a)		(b)		(c)	
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft						
< 1	10	< 1	10	< 2	10	< 3	10	< 4	10	40	2	Óptima	0	Alta	2
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	48	1	Buena	0.5	Media	0.5
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	56	0.5	Limitada	1	Baja	0
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	60	0	Mala	1.5	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
3 >	0	5	0.2	6	1	7	1	9	0.5	72	0.5	Muy mala	3	Si	0
		5.5 >	0	7 >	0	8.5 >	0	10	0	80	- 1	Inaccesible	4	No	1

$D = (Ft^* + a^* + b + c) \times d$

$(10 > D > 0)$

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje		Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{maq} > 0.00025)$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:		Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{pers} > 0.00025)$

$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caidas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = $(A \times B \times C \times D) / 100 =$

ROFRAQ = $(A \times B \times C \times D \times E \times F) =$

ROFRAQ_{pers} = $(A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$

ROFRAQ_{maq} = $(A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = $ROFRAQ / 10.000 =$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (6)	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2$

$(10 > A > 0)$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.

Mecanismos			Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques		Promedio	
Rotura plana		Migueo								
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	B							
Rotura circular		Roturas mixtas								

$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))]$

$(10 > B > 0)$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$C = a + b + c + d + e$

$(10 > C > 0)$

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)

Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la bermas en m. (A.B) en filas.										Inclinación general del talud (a)		Condición de la bermas (b)		Irregularidad de la cara del talud (c)	
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	(a)	(b)	(c)			
< 1	10	< 1	10	< 2	10	< 3	10	< 4	10	40	2	Optima	0	Alta	2
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	48	1	Buena	0.5	Media	0.5
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	56	0.5	Limitada	1	Baja	0
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	60	0	Mala	1.5	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
3 >	0	5.5	0.2	6	4	7	1	9	0.5	72	- 0.5	Muy mala	3	Si	0
		7 >	0	8.5 >	0	10	0	10	0	80	- 1	Inaccesible	4	No	1

$D = (Ft^* + a^* + b + c) \times d$

$(10 > D > 0)$

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje		Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{maq} > 0.00025)$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje		Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{pers} > 0.00025)$

$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caidas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$

$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$

$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$

$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = $ROFRAQ / 10.000 =$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (4)	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2$

$(10 > A > 0)$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.

Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques		A	20	20	20	16
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	50	50	50	70
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro	B	C	40	40	40	44

$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))]$

$(10 > B > 0)$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$C = a + b + c + d + e$

$(10 > C > 0)$

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)

Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la bermas en m. (A.B) en filas.										Inclinación general del talud (a)	Condición de la bermas (b)	Irregularidad de la cara del talud (c)			
5		10		12		15		20		(a)	(b)	(c)			
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft			Alta	2		
< 1	10	< 1	10	< 2	10	< 3	10	< 4	10	40	2	Óptima	0	Media	0.5
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	48	1	Buena	0.5	Baja	0
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	56	0.5	Limitada	1	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	60	0	Mala	1.5	Si	0
3 >	0	5.5	0.2	6	1 (0.6)	7	1	9	0.5	72	- 0.5	Muy mala	3	No	0
		5.5 >	0	7 >	0	8.5 >	0	10	0	80	- 1	Inaccesible	4		

$D = (Ft^* + a^* + b + c) \times d$

$(10 > D > 0)$

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la máquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la máquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{maq} > 0.00025)$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{pers} > 0.00025)$

$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$

$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$

$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$

$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = $ROFRAQ / 10.000 =$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7 (6)	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2$

$(10 > A > 0)$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.

Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Rotura plana	B	Miguelo		Vuelco de bloques		A	20	20	20	24
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	10	10	10	
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	30	30	30	33

$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))]^n$

$(10 > B > 0)$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$C = a + b + c + d + e$

$(10 > C > 0)$

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)

Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la berma en m. (A,B) en filas.										Inclinación general del talud (a)	Condición de la berma (b)	Irregularidad de la cara del talud (c)			
5		10		12		15		20				Alta	2(1)		
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	40	2	Optima	0	Media	0.5
< 1	10	< 1	10	< 2	10	< 3	10	< 4	10	48	1	Buena	0.5	Baja	0
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	56	0.5	Limitada	1	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	60	0	Mala	1.5	Si	0
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	72	-0.5	Muy mala	3	No	0
3 >	0	5	0.2	6	1	7	1	9	0.5	80	-1	Inaccesible	4		

$D = (Ft^* + a^* + b + c) \times d$

$(10 > D > 0)$

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{maq} > 0.00025)$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers.})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{pers} > 0.00025)$

$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers.} = (A x B x C x D x E_{pers.} x F) =

ROFRAQ_{maq.} = (A x B x C x D x E_{maq.} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (4)	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2$

$(10 > A > 0)$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.

Mecanismo	Factores	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
							Simple (factor de peso = 0.8)
Rotura plana		A	20	40	15	25	20
Rotura tipo cuña	A		60	50	55	55	77
Rotura circular		B	15		15	15	17

$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))]$

$(10 > B > 0)$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	> 700 gr/m³	2

$C = a + b + c + d + e$

$(10 > C > 0)$

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)

Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la berma en m. (A.B) en filas.										Inclinación general del talud (a)	Condición de la berma (b)	Irregularidad de la cara del talud (c)			
5		10		12		15		20				Alta	2		
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	40	2	Optima	0	Media	0.5
< 1	10	< 1	10	< 2	10	< 3	10	< 4	10	48	1	Buena	0.5	Baja	0
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	56	0.5	Limitada	1	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	60	0	Mala	1.5	Si	0
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	72	- 0.5	Muy mala	3	No	0
3 >	0	5	0.2	6	1	7	1	9	0.5	80	- 1	Inaccesible	4		

$D = (Ft^* + a^* + b + c) \times d$

$(10 > D > 0)$

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{maq} > 0.00025)$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{pers} > 0.00025)$

$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = $(A \times B \times C \times D) / 100 =$

ROFRAQ = $(A \times B \times C \times D \times E \times F) =$

ROFRAQ_{pers} = $(A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$

ROFRAQ_{maq} = $(A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = $ROFRAQ / 10.000 =$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (6)	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

A = ((axb)+c+d+e+f)xg/2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Mecanismos observados, inferidos o estimados			Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Simples (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques	A	50	70	40	50	70
Rotura tipo cuña	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	B	15	40	15	20	28
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro	C	15		15	15	17

B = 10 x [1 - (∏[1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)

Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la bermas en m. (A.B) en filas.

Forma del talud (1)										Inclinación general del talud (a)	Condición de la bermas (b)	Irregularidad de la cara del talud (c)			
5		10		12		15		20							
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft			Alta	2		
< 1	10	< 1	10	< 2	10	< 3	10	< 4	10	40	2	Óptima	0	Media	0.5
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	48	1	Buena	0.5	Baja	0
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	56	0.5	Limitada	1	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	60	0	Mala	1.5	Si	0
3 >	0	5.5	0.2	6	1	7	1	9	0.5	72	- 0.5	Muy mala	3	No	0
				7 >	0	8.5 >	0	10	0	80	- 1	Inaccesible	4		

D = (Ft* + a* + b + c) x d (10 > D > 0)

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{maq} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{pers} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D)/100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (5)	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2$

$(10 > A > 0)$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.

Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Rotura plana		Migueo		Vuelco de bloques	A	A	40	60	30	40	57
Rotura tipo cuña	B	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	20		10	15	12
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	15		15	15	17

$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))]$

$(10 > B > 0)$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.3	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$C = a + b + c + d + e$

$(10 > C > 0)$

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)

Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la berma en m. (A.B) en filas.										Inclinación general del talud (a)		Condición de la berma (b)		Irregularidad de la cara del talud (c)	
5		10		12		15		20							
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	(a)	(b)	(c)			
< 1	10	< 1	10	< 2	10	< 3	10	< 4	10	40	2	Óptima	0	Alta	2
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	48	1	Buena	0.5	Media	0.5
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	56	0.5	Limitada	1	Baja	0
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	60	0	Mala	1.5	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
3 >	0	5.5	0.2	6	1	7	1	9	0.5	72	- 0.5	Muy mala	3	Si	0
		7 >	0	8.5 >	0	10	0	10	0	80	- 1	Inaccesible	4	No	1

$D = (Ft^* + a^* + b + c) \times d$

$(10 > D > 0)$

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la máquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la máquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje		Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	1
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{maq} > 0.00025)$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje		Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	1
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{pers} > 0.00025)$

$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caidas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = $(A \times B \times C \times D) / 100 =$

ROFRAQ = $(A \times B \times C \times D \times E \times F) =$

ROFRAQ_{pers} = $(A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$

ROFRAQ_{maq} = $(A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = $ROFRAQ / 10.000 =$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 25	0.5
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (4)	50	0.8
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	100	1
4	5	10-20	2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	150	1.3
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 250	1.5

$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2$

$(10 > A > 0)$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.

Mecanismo	Factores	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Rotura plana						
Rotura tipo cuña	B	20	20	15	20	28
Rotura circular		15		15	15	12
		20		20	20	22

$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))]$

$(10 > B > 0)$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	< 250 gr/m³
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	250 - 400 gr/m³
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	400 - 550 gr/m³
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	550 - 700 gr/m³
> 150 mm	6	< 150	2.5	> 700 gr/m³

$C = a + b + c + d + e$

$(10 > C > 0)$

¿Llegarán a la zona de trabajo los bloques de roca que caen del talud? (D)

Forma del talud (1). Para obtener el valor (Ft), se utilizan los valores de altura de banco en m. (5, 10, 12, 15 y 20) en columnas y el ancho de la bermas en m. (A.B) en filas.										Inclinación general del talud (a)	Condición de la bermas (b)	Irregularidad de la cara del talud (c)			
5		10		12		15		20				Alta		Baja	
A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft	A.B.	Ft						
< 1	10	< 1	10	< 2	10	< 3	10	< 4	10	40	2	Óptima	0	Media	0.5
1.5	7	2	9	3	8	4	9	5	8.5	48	1	Buena	0.5	Baja	0
2	4	3	6	4	5	5	6	6	7.5	56	0.5	Limitada	1	Existencia de mallas o fosas de recepción (d)	
2.5	1	4	2	5	2.5	6	3	7.5	2.5	60	0	Mala	1.5	Si	0
3 >	0	5.5	0.2	6	1	7	1	9	0.5	72	- 0.5	Muy mala	3	No	0
		7 >	0	7 >	0	8.5 >	0	10	0	80	- 1	Inaccesible	4		

$D = (Ft^* + a^* + b + c) \times d$

$(10 > D > 0)$

* (Ft + a) se puede calcular mediante las gráficas de la otra parte de esta planilla.

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{maq} > 0.00025)$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b)$

$(10 > E_{pers} > 0.00025)$

$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$

$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$

$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$

$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = $ROFRAQ / 10.000 =$

9 Bibliografía

Agiardi, F. & G.B. Crosta, 2003, High resolution three-dimensional numerical modelling of rockfalls, Intern. J. of Rock Mechanics and Mining Sciences N°40. pp. 455-471.

Alejano Leandro R.

Índice de evaluación del riesgo asociado a caídas de bloques en la cantera de áridos de Couso (Pontearreas)

ESTUDIO QUE SE ENMARCA DENTRO DEL PROYECTO:

“Índice de evaluación del riesgo asociado a caídas de bloques en canteras de Galicia”

Junio, 2005.

Alejano Leandro R.

AVANCE DEL PROYECTO:

“Índice de evaluación del riesgo asociado a caídas de bloques en canteras de Galicia”

Abril, 2005, Universidad de Vigo.

Alejo Carballeira, Cesar Devesa, Ruben Retuerto, Enrique Santillan

Bioclimatología de Galicia

Fundacion pedro barrié de la maza. Conde de FENOSA

La Coruña 1983. ISBN 84-85728-27

ANEFA (ASOCIACIÓN NACIONAL ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE ÁRIDOS). 1999. Prevención de riesgos laborales. Guía de evaluación en canteras y graveras.

Azzoni, A., De Freitas, M. H. 1995. Prediction of rock fall trajectories with the aid of in situ test. Rock Mech. Rock Engng. 28(2), pp. 111–124.

Baqueiro Vidal Maria. Directores Harald Stockhausen y Leandro Alejano Monge

Proyecto de fin de carrera

Índice de evaluación de riesgo de caída de bloques en canteras. Primeras aplicaciones

Universidad de Vigo, ETSI Minas. Abril 2003.

Bozzolo, D., Pamini, R y Hutter, K. 1988. Rock-fall analysis – A mathematical model and its test with field data. Landslides. Proc. 5th int. Symp. Pp-555-560. Lausana, Suiza. Balkema, Róterdam.

Descoeudres, F. y Zimmerman, T.H. 1987. Three-dimensional dynamic calculation of Rock-falls. Proc. Int. Cong. on Rock Mechanics, Montreal, Canadá. Balkema, Róterdam.

Estevez Iglesias José Carlos. Directores Harald Stockhausen y Leandro Alejano Monge
 Proyecto de fin de carrera
 Control de desprendimientos mediante la geometría del talud
 Universidad de Vigo, ETSI Minas. Diciembre 2004.

Fookes, P.G. and Sweeney, M. 1976. Stabilisation and control of local rockfalls and degrading of slopes. Quarterly J. Engineering Geology. Vol. 9, pp 37-55.

Giani, G.P. 1992. Rock slope stability analysis. Balkema, Róterdam.

Giani, G. P., Giacomini, A., Migliazza, M., Segalini, A. 2004. Experimental and Theoretical Studies to Improve Rock Fall Analysis and Protection Work Design. Rock Mech. Rock Engng. (2004) 37 (5).

Hoek, E. T. 2000. Rock Engineering. Course notes by E. Hoek. Chapter 9.
 Internet: Web page: <http://www.rocscience.com/roc/Hoek/Hoeknotes2000.htm>
 Página visitada el 20 de octubre del 2005.

Hungr O, Evans SG. 1988. Engineering evaluation of fragmental rock-fall hazards. Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, vol. 1. Lausana, Suiza. pp. 685–90.

Ministerio de Fomento. 1996. Protección contra desprendimientos de rocas, Pantallas dinámicas. Serie monografías. Dirección General de Carreteras. 1996.

Ministerio de medio ambiente. Dirección general del instituto nacional de meteorología.
 Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España –estudio por regiones- volumen 1 Galicia
 ISBN Libro 84-8320-044-9
 ISBN colección 84-8320-042-2
 Editor, centro de publicaciones, secretaria general técnica, ministerio de medio ambiente, 2000

Rey, J., 2000, Siniestralidad en las explotaciones mineras, Ponencia presentada en el marco de las I Jornadas de formación en seguridad minera. Universidad de Vigo, Vigo.

Richards, L.R., Peng, B. y Bell, D.H. 2001. Laboratory and Field Evaluation of the normal coefficient of restitution for rocks. Proceedings of the ISRM Regional Symposium Eurock 2001, Espoo-Finlandia. Ed. A.A. Balkema Publishers. pp. 149-155.

Ritchie, A.M. 1963. The evaluation of rockfall and its control. Highway Research Rec.. Vol 17.

RocFall, 2002, Statistical analysis of Rockfalls.
<http://www.rocscience.com/roc/software/RocFall.htm>.

Pierson, L.A., Davis, S.A. and Van Vickle. 1990. Rockfall Hazard Rating System Implementation Manual. Edit. Federal Highway Administrations, report FHWA-OR-EG-90-01, U.S. Department of Transportation.

Pierson, L.A., Gullixson, C.F., Chassie, R.G. 2001. Rockfall catchment area design guide. Final Report SPR-(032) Metric edition. Oregon Department Of Transportation & FHWA. Disponible en internet <http://www.odot.state.or.us/tddresearch>.

Senior, S.A. 2002. Ontario Rockfall Hazard Rating System. Field Procedures Manual. REPORT DRAFT. Materials Engineering and Research Office. 2003. Ontario, Canada. 36 pp.

Xunta de Galicia. 1991. La minería de Galicia, Edit. La Ibérica, Santiago de Compostela.

103	1l	J	54	84					x			8-10		10	2	-		X				V
104	1l	J	344	78						x		8-10		10	2	-		X				II
105	1l	J	120	71					x			12-14		10	-	-		X				V
106	1l	J	356	72						x		8-10		10	2	blando		X				II

Nº	ZONA O POSICIÓN	TIPO DE PLANO DE DISCONT.	ORIENTACIÓN		CONTINUIDAD (en m.)					ESPACIADO (en m.)					RUGOSIDAD		RESISTENCIA		RELLENO		Grado de Meteorización					Efecto del Agua	Observaciones
			Dirección de Buzamiento	Buzamiento	según rumbo		seg. Buzamiento			>2	0,6 a 2	0,2 a 0,6	0,06 a 0,2	<0,06	JRC	Descripción	nº rebotes Schmidt	JCS (MPa)	Espesor o Abertura (mm)	Mineral o Material	I	II	III	IV	V		
					>20	10-20	3-10	1-3	<1																		
1	1		330	79						x				4-6	35	64.6845				x						un poco de oxido	
2	1		335	86						<1				2-4	28	44.7342				x						forman cuñas pequeñas	
3	1		209	76						1-2				4-6	37	71.872				x						patinas de oxidomuy finas	
4	1		222	82						1-2				4-6	42	93.532			x								
5	1		158	88						1				8-10	40	84.1783				x						algo oxidado	
6	1		348	78							0.3			8-10	48	128.304				x						algo oxidado	
7	1		220	90						<1				4-6	43	98.5916				x							
8	1		164	88						>1				2-4	44	103.925				x							
9	1		328	79								0.2		6-8	40	84.1783				x						un poco de oxido	
10	1		18	85						<1				10-12	28	44.7342				x						oxidada	
11	1		19	77						<1				4-6	37	71.872				x						oxidada	
12	1		298	74						x				8-10	38	75.76				x						algo de oxido	
13	1		7	86							0.3			4-6	48	128.304			x								
14	1		178	73							x			2-4	30	49.705	0.5	arcilla		x						relleno y una capa de 5mm de arcilla	
15	1		351	97								x		4-6	37	71.872				x						oxidado	
16	1		349	98								x		4-6	37	71.872				x						oxidado	
17	1		353	89								x		4-6	37	71.872				x						oxidado	
18	1		320	81							x			6-8	42	93.532				x						algo oxidado por zonas	
19	1		228	80							0.4			6-8	50	142.561			x								
20	1		217	75							0.5			6-8	52	158.402			x							poco oxidado	
21	1		215	74						x				4-6	50	142.561				x							
22	1		30	73						x				4-6	54	176.003				x							
23	1		310	78							x			4-6	42	93.532				x							
24	1		210	80							x			6-8	44	103.925			x								
25	1		315	66							x			8-10	40	84.1783				x							
26	1		320	70							x			8-10	24	36.2343				x							
27	1		245	72							x			6-8	40	84.1783				x							
28	1		350	82							x			4-6	48	128.304				x							
29	1		322	84								x		2-4	38	75.76		oxido			x					zona meteorizada	
30	1		342	82						x				2-4	50	142.561		oxido		x						falla?	
31	1		224	76							x			4-6	50	142.561	1 cm	oxido			x						
32	1		266	64							x			6-8	52	158.402	1 cm	oxido		x							
33	1		278	70							x			6-8	30	49.705		oxido			x						
34	1		210	70							x			4-6	32	55.2281				x							
35	1		360	64							x			6-8	38	75.76		oxido		x						falla	
36	1		358	70							x			6-8	41	88.7319		oxido		x						falla	
37	1		210	60							x			10-12	52	158.402				x							
38	1		305	71							x			6-8	34	61.3649				x						cuña	
39	1		218	82							x			8-10	48	128.304				x							
40	1		298	54							x			10-12	44	103.925		oxido				x				humeda	
41	1		210	78							x			4-6	46	115.473						x				humeda	

42	1	301	90				x			2-4	49	135.245	oxido			x		humeda	zona muy humeda, machacada y
43	1	190	74				x			4-6	38	75.76	oxido		x			humeda	oxidada
44	1	290	68					x		4-6	40	84.1783		x					
45	1	90	40					x		4-6	36	68.1836		x					
46	1	182	76				x			6-8	46	115.473	oxido		x				
47	1	300	64					x		4-6	52	158.402		x					
48	1	288	32					x		6-8	44	103.925	oxido	x					
49	1	330	82						x	4-6	34	61.3649	oxido		x				
50	1	205	78					x		8-10	50	142.561		x					
51	1	195	86				x			10-12	50	142.561			x				
52	1	318	62						x	6-8	42	93.532		x					
53	1	218	72						x	4-6	32	55.2281		x					
54	1	218	66					x		6-8	44	103.925		x					
55	1	214	86				x			6-8	46	115.473			x				pirolusita
56	1	100	62				x			8-10	38	75.76	oxido		x				
57	1	310	76					x		10-12	38	75.76	oxido		x				
58	1	300	70				x			2-4	50	142.561		x					
59	1	340	90					x		8-10	50	142.561	oxido		x				
60	1	205	82					x		4-6	38	75.76	oxido		x				
61	1	350	90						x	6-8	54	176.003	oxido		x				
62	1	166	82				x			4-6	38	75.76		x					
63	1	211	77				x			4-6	39	79.8583							zona muy sana sin apenas
64	1	315	89				x			4-6	45	109.547							discontinuidades
65	1	285	83				x			4-6	38	75.76							
66	1	122	82				x			6-8	-			x					una capa de 1cm de oxido (en zona sana)
67	1	42	50				x			10-12	38	75.76							sana
68	1	121	58				x			4-6	45	109.547		x					
69	1	308	89				x			2-4	38	75.76		x					
70	1	311	87				x			4-6	30	49.705		x					
71	2	132	82					x		4-6	28	44.7342		x					una pequeña capa de oxido, roca poco meteorizada
72	2	337	79					x		2-4	46	115.473		x					
73	2	335	88					x		4-6	44	103.925		x					
74	2	329	90					x		4-6	44	103.925							no oxido
75	2	330	88						x	6-8	20	29.3495				x			zona medio falla. Todo machacado, mineral verde
76	2	79	29					x		6-8	40	84.1783							
77	2	338	87					x		6-8	20	29.3495		x					
78	2	149	87					x		4-6	42	93.532			x				
79	2	144	84					x		4-6	42	93.532			x				
80	2	147	86					x		4-6	25	38.1944			x				
81	2	327	78						x	6-8	36	68.1836			x				
82	2	68	23				x			4-6	20	29.3495			x				
83	2	40	81					x		8-10	52	158.402							practicamente no meteorizada
84	2	318	84					x		2-4	35	64.6845							
85	2	81	39				x			6-8	47	121.719							
86	2	316	88					x		6-8	35	64.6845							
87	2	316	89					x		6-8	37	71.872							
88	2	222	82					x		2-4	32	55.2281							
89	2	317	89					x		4-6	51	150.273							
90	2	79	28				x			6-8	37	71.872							

ANEXO II

Tablas RHRS, RHRON y ROFRAQ

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1A

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1B

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1C

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1D

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1E

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1F

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1G

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1H

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 1I

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2A

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada 20	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2B

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin periodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con periodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos periodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos periodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos periodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2C

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin periodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con periodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos periodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos periodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos periodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2D

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2E

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2F

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2G

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2H

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 2I

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 3A

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		2 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 3B

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		2 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 3C

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 3D

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 3E

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 3F

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 3G

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-03 Talud 3H

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud 1A
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R) bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 ② 3 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 ⑦ 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 ② 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 ④ 5 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 ① 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 ⑥ 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor hasta 1 mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 ④ 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 ① 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 ② 3 4 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 ⑧ 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	① 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9		
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9		
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9		
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha:
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud 1B
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R) bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 ③ 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 ① 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 ② 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 ③ 4 5 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 ⑥ 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 ⑥ 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 ① 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 ⑥ 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 ② 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 ① 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 ⑤ 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 ⑦ 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	① 0 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha:
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	1C
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	4
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	6
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	6
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	6
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	6
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	1
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	6
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	2
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	1
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	5
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	8
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	4
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3		/ 9	
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4		/ 9	
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	1D
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	1E
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	1F
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3	/ 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4	/ 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	1G
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3		_____ / 9		
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	1H								
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y												
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)									
			bueno	malo								
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm									
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa									
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9											
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9												
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9											
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9												
Evaluación realizada por:			Fecha:									
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO												

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	11
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 (5 6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6 7) 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 (7 8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3		_____ / 9		
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	2A
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	2B
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 (5) (6) 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	2C
Posición: p.k. al (EWS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA nº: Talud	2D
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (3) 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA nº: Talud	2E
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 (5 6) 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3 4) 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 (8 9)	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3 4) 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9			
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9			
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA nº: Talud	2F
Posición: p.k. al (EWS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3	/ 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4	/ 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	2G
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	2H
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9			
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9			
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	2I
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb =	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3	/ 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4	/ 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	3A
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 (9)	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	3B
Posición: p.k. al (EWS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	3C
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	3D
Posición: p.k. al (EWS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	3E
Posición: p.k. al (EWS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 (7) 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	3F
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	3G
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9			
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9			
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-03	ZONA n°: Talud	3H
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 (9)	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 (9)	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 (8) 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	(1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9			
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9			
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha:	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

1ª altura del talud menor

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Mecanismo	Factores	Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana	Factores: Sencillos (0.8), Complejos (1.1), Evolutivos (1.4)	A	5	5	5	4
Rotura tipo cuña		A	15	50	10	35
Rotura circular						

B = 10 x [1 - (Π(1 - (Pi/100)))] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Maxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	> 300	Seco	No afectado	< 250 gr/m³
50 - 80 mm	250 - 300	Ligeramente húmedo	Ligero	250 - 400 gr/m³
80 - 110 mm	200 - 250	Húmedo	Moderado	400 - 550 gr/m³
110 - 150 mm	150 - 200	Goteando	Alto	550 - 700 gr/m³
> 150 mm	< 150	Chorreado	Descompuesto	> 700 gr/m³

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en el que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	≤ 5 m	Muy baja	Siempre	
80°	10	Baja	General	
70°	12	Media	Ocasional	
60°	15	Alta	Rara vez	
50° y menor	≥ 20 m	Muy alta	Nunca	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m³	< 0.1 m³	Días/año	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	0.1 - 5 m³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	5 - 50 m³	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	> 50 m³	% total		Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m³	< 0.1 m³	Días/año	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	0.1 - 5 m³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	5 - 50 m³	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	> 50 m³	% total		Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

E_{pers} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

E = 10 - [(10 - E_{maq}) · (10 - E_{pers}) / 10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 1B (200°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (4)	10	0.4
3	3	3-10	1.2	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)													
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.													
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.													
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)			
						Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques		Promedio	
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques	B	A	15	60	15	30	24		
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	40	70	30	45	63		
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	10		10	10	11		

$$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)												
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)				
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³				0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³				0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³				1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³				1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³				2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})											
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en el que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza			
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2				
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5				
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7				
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9				
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1				

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E _{maq})												
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la máquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la máquina al pie del talud (x/H) (e)				
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje		Muy cerca (x/H < 10%)				10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)				5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)				1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)				0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)				0.01

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers})												
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)				
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:		Muy cerca (x/H < 10%)				10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)				5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)				1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)				0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)				0.01

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

$$\text{Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques} = ROFRAQ / 10.000 =$$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7 (5)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.			Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)					
Simples (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques	A	50	80	45	60	48
Rotura tipo cuña	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	B	30		30	30	33
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro	C					

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ [(1 - (P_i/100))])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Maxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	> 300	Seco	0	< 250 gr/m ³
50 - 80 mm	250 - 300	Ligeramente húmedo	0.1	250 - 400 gr/m ³
80 - 110 mm	200 - 250	Húmedo	0.3	400 - 550 gr/m ³
110 - 150 mm	150 - 200	Goteando	0.7	550 - 700 gr/m ³
> 150 mm	< 150	Chorreado	1	> 700 gr/m ³

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	≤ 5 m	Muy baja	Siempre	
80°	10	Baja	General	
70°	12	Media	Ocasional	
60°	15	Alta	Rara vez	
50° y menor	≥ 20 m	Muy alta	Nunca	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m ³	< 0.1 m ³	Días/año	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m ³	0.1 - 5 m ³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m ³	5 - 50 m ³	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m ³	> 50 m ³	% total		Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m ³	< 0.1 m ³	Días/año	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m ³	0.1 - 5 m ³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m ³	5 - 50 m ³	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m ³	> 50 m ³	% total		Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

E_{pers} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

E = 10 - [(10 - E_{maq}) · (10 - E_{pers}) / 10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 1D (140°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7 (5)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.

Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)

Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Rotura plana	B	Miguelo		Vuelco de bloques	C	A	5	80	5	20	36
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	D	Vuelco por flexión		B	15	30	20	25	
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	30	30	25	30	42
						D	30		30		33

$$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2		
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

$$\text{Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques} = ROFRAQ / 10.000 =$$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Simple (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)		
Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques	B	
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	
Rotura circular		Taludes de muro		
A	30	70	25	40
B	30	20	30	25
C	40		35	40

B = 10 x [1 - (Π [1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Maxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	< 250 gr/m³
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	250 - 400 gr/m³
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	400 - 550 gr/m³
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	550 - 700 gr/m³
> 150 mm	6	< 150	2.5	> 700 gr/m³

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja
80°	0.7	10	0.6	Baja
70°	0.8	12	0.75	Media
60°	0.9	15	0.8	Alta
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

E_{pers} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

E = 10 - [(10 - E_{maq}) · (10 - E_{pers}) / 10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 1F (105°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorete	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)													
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.													
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.						Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)			
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques		Promedio	
Rotura plana	B	Miqueo		Vuelco de bloques	C	A	40	50	40	40	56		
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	D	Vuelco por flexión		B	30	30	25	30			
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	50	30	50	40	56		
						D	30		30	30	33		

$$B = 10 \times [1 - (\prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100)))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)											
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)			
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1		
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5		
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1		
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	4.5		
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2		

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})											
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza			
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año			
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5				
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7				
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9				
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1				

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq})											
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)			
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	%	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10			
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5		
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1		
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1		
							Muy lejos (x/H > 100%)	0.01			

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers})											
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)			
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	%	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10			
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5		
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1		
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1		
							Muy lejos (x/H > 100%)	0.01			

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

$$\text{Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques} = ROFRAQ / 10.000 =$$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicador de mecanismos			Indicador de porcentaje del talud afectado				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Simples (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques	A	30	45	30	35	28
Rotura tipo cuña	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	B	30		30	30	33
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro	C					

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Maxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	> 300	Seco	No afectado	< 250 gr/m ³
50 - 80 mm	250 - 300	Ligeramente húmedo	Ligero	250 - 400 gr/m ³
80 - 110 mm	200 - 250	Húmedo	Moderado	400 - 550 gr/m ³
110 - 150 mm	150 - 200	Goteando	Alto	550 - 700 gr/m ³
> 150 mm	< 150	Chorreado	Descompuesto	> 700 gr/m ³

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	≤ 5 m	Muy baja	Siempre	
80°	10	Baja	General	
70°	12	Media	Ocasional	
60°	15	Alta	Rara vez	
50° y menor	≥ 20 m	Muy alta	Nunca	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m ³	< 0.1 m ³	Días/año	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m ³	0.1 - 5 m ³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m ³	5 - 50 m ³	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m ³	> 50 m ³	% total		Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

E_{maq} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m ³	< 0.1 m ³	Días/año	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m ³	0.1 - 5 m ³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m ³	5 - 50 m ³	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m ³	> 50 m ³	% total		Lejos (50% < x/H < 100%)
				Muy lejos (x/H > 100%)

E_{pers} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

E = 10 - [(10 - E_{maq}) · (10 - E_{pers}) / 10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (4)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)										
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.										
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.					Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.					
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques	A	10	50	10	25	20
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	B	Vuelco por flexión	B	40		40	40	44
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro	C					

$$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2		
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje		Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:		Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

$$\text{Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques} = ROFRAQ / 10.000 =$$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3(2)	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Rotura plana	Rotura tipo cuña	Rotura circular	Miguelo	Bloques sueltos	Roturas mixtas	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
	A					A	20	50	15	30	24
			C			B	40	60	40	45	63
						C	5		5	5	5.5

B = 10 x [1 - (Π[1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
							Muy lejos (x/H > 100%)	0.01	

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
							Muy lejos (x/H > 100%)	0.01	

E_{pers} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

E = 10 - [(10 - E_{maq}) · (10 - E_{pers}) / 10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 2B (185°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1-3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \cdot xg / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.			Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)					
Simplex (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques	A	30	70	15	40	32
Rotura tipo cuña	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	B	25	10	5	15	21
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro	C	5		5	5	5.5

$$B = 10 \times [1 - (\prod_{i=1}^n [1 - (P_i/100)])] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)	Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m²	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m²	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m²	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m²	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m²	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza (e _b)	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2		
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		Nº voladuras con esta orientación
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		Nº de voladuras año
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1.2	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.5	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f) x g) / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Simple (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)		
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques		B
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro
				Observado en sitio
				Detectado en el estudio geotécnico
				Por presencia de bloques
				Promedio

B = 10 x [1 - (Π[1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Maxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja
80°	0.7	10	0.6	Baja
70°	0.8	12	0.75	Media
60°	0.9	15	0.8	Alta
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)

E_{pers} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

E = 10 - [(10 - E_{maq}) · (10 - E_{pers}) / 10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 2D (140°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daños	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)													
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.													
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.						Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)			
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques		Promedio	
Rotura plana	B	Miqueo		Vuelco de bloques	C	A	40	60	35	45	52		
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos		Vuelco por flexión		B	15	30	15	20			
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	10	30	10	15	21		

$$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	Nº de voladuras año	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total			Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total			Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

$$\text{Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques} = ROFRAQ / 10.000 =$$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	(1 - 3)	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f)Xg/2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.					Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura plana	B	Miqueo		Vuelco de bloques	C	A 20	50	15	30	48
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos		Vuelco por flexión		B 10	60	5	30	
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C 30	30	25	25	

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ (Pi/100))] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)	Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (C _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
		% total		Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{maq} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers.})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
		% total		Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{pers.} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers.} > 0.00025)

E = 10 - [(10-E_{maq})·(10-E_{pers.})/10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D)/100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers.} = (A x B x C x D x E_{pers.} x F) =

ROFRAQ_{maq.} = (A x B x C x D x E_{maq.} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 2F (105°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Recorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.			Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Simples (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana B	Miqueo	Vuelco de bloques C	A 20	50	15	30	36
Rotura tipo cuña A	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	B 10	30	10	15	
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro	C 10	30	10	15	

$$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)	Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm 0.1	> 300 0.1	Seco 0	No afectado 0	< 250 gr/m³ 0.1
50 - 80 mm 0.5	250 - 300 0.4	Ligeramente húmedo 0.1	Ligero 0.1	250 - 400 gr/m³ 0.5
80 - 110 mm 1.5	200 - 250 1	Húmedo 0.3	Moderado 0.3	400 - 550 gr/m³ 1
110 - 150 mm 4	150 - 200 2	Goteando 0.7	Alto 0.7	550 - 700 gr/m³ 1.5
> 150 mm 6	< 150 2.5	Chorreado 1	Descompuesto 1	> 700 gr/m³ 2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90° 0.5	≤ 5 m 0.2	Muy baja 0.7	Siempre 0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año				
80° 0.7	10 0.6	Baja 0.75	General 0.5					
70° 0.8	12 0.75	Media 0.8	Ocasional 0.7					
60° 0.9	15 0.8	Alta 0.9	Rara vez 0.9					
50° y menor 1	≥ 20 m 1	Muy alta 1	Nunca 1					

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m³ 0.9	< 0.1 m³ 1	Días/año	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%) 10
0.001 - 0.1 m³ 1	0.1 - 5 m³ 1.5	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%) 5
0.1 - 1 m³ 1.2	5 - 50 m³ 2	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%) 1
> 1 m³ 1.5	> 50 m³ 2.5	% total		Lejos (50% < x/H < 100%) 0.1
				Muy lejos (x/H > 100%) 0.01

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m³ 0.9	< 0.1 m³ 1	Días/año	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%) 10
0.001 - 0.1 m³ 1	0.1 - 5 m³ 1.5	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%) 5
0.1 - 1 m³ 1.2	5 - 50 m³ 2	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%) 1
> 1 m³ 1.5	> 50 m³ 2.5	% total		Lejos (50% < x/H < 100%) 0.1
				Muy lejos (x/H > 100%) 0.01

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 2G (95°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorete	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (5)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)												
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.												
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.						Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.						Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques		
Rotura plana	C	Miguelo		Vuelco de bloques	B	B	10	20	10	15	21	
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos		Vuelco por flexión		A	40	60	30	40	40	
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	15	10	10	10		

$$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10	Nº de voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%)	5		
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%)	1		
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total		Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1		
						Muy lejos (x/H > 100%)	0.01		

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers.})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10	Nº de voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%)	5		
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%)	1		
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total		Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1		
						Muy lejos (x/H > 100%)	0.01		

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

$$\text{Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques} = ROFRAQ / 10.000 =$$

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 2H (°) Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorete	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (6)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)														
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.														
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.						Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.								
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques		Promedio		Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Rotura plana	B	Miqueo		Vuelco de bloques		A	40	60	30	40	44			
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos		Vuelco por flexión		B	15		15	15				
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C								

$$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total			Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
							Muy lejos (x/H > 100%)	0.01	

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año		Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total			Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
							Muy lejos (x/H > 100%)	0.01	

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

$$\text{Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques} = ROFRAQ / 10.000 =$$

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1-3 (2.5)	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f)xg/2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.					Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)				
Simplex (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques		A	30	60	25	40	32
Rotura tipo cuña	Bloques sueltos	B	Vuelco por flexión	B	5		5	5	5.5
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro		C					

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ [1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)	Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ²	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ²	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ²	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ²	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ²	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza (e _b)
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{maq} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{pers} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D)/100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1-3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f)xg)/2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.			Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)				
Simple (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques	B	10	10	10	8
Rotura tipo cuña	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	A	20	20	20	42
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro	C	10	10	10	

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Maxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	< 250 gr/m ³
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	250 - 400 gr/m ³
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	400 - 550 gr/m ³
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	550 - 700 gr/m ³
> 150 mm	6	< 150	2.5	> 700 gr/m ³

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja
80°	0.7	10	0.6	Baja
70°	0.8	12	0.75	Media
60°	0.9	15	0.8	Alta
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)

E_{maq} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H < 10%)
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H < 50%)
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)

E_{pers} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

E = 10 - [(10-E_{maq})·(10- E_{pers})/10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D)/100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0-0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Simple (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)		
Rotura plana	Miguelo	Vuelco de bloques		B
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro
				Observado en sitio
				Detectado en el estudio geotécnico
				Por presencia de bloques
				Promedio
				36
				28
				11

B = 10 x [1 - (Π[1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Maxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{pers} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3-7 (5)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.			Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	
A	15	60	48
B	30	30	
C	40	40	56
D	10	10	11

B = 10 x [1 - (Π[1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	Nº de voladuras año

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers.})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Muy cerca (x/H < 10%)	10
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Cerca (10% < x/H < 25%)	5
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Media (25% < x/H < 50%)	1
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1
				Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{pers.} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers.} > 0.00025)

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers.} = (A x B x C x D x E_{pers.} x F) =

ROFRAQ_{maq.} = (A x B x C x D x E_{maq.} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 3D (140°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3-7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1-3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.			Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Simples (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana B	Miqueo	Vuelco de bloques C	A 15	60	15	30	32
Rotura tipo cuña A	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	B 5	25	2	10	
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro	C 10	15	10	10	

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ (Pi/100))] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)	Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm 0.1	> 300 0.1	Seco 0	No afectado 0	< 250 gr/m³ 0.1
50 - 80 mm 0.5	250 - 300 0.4	Ligeramente húmedo 0.1	Ligero 0.1	250 - 400 gr/m³ 0.5
80 - 110 mm 1.5	200 - 250 1	Húmedo 0.3	Moderado 0.3	400 - 550 gr/m³ 1
110 - 150 mm 4	150 - 200 2	Goteando 0.7	Alto 0.7	550 - 700 gr/m³ 1.5
> 150 mm 6	< 150 2.5	Chorreado 1	Descompuesto 1	> 700 gr/m³ 2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90° 0.5	≤ 5 m 0.2	Muy baja 0.7	Siempre 0.2	Nº voladuras con esta orientación				
80° 0.7	10 0.6	Baja 0.75	General 0.5					
70° 0.8	12 0.75	Media 0.8	Ocasional 0.7					
60° 0.9	15 0.8	Alta 0.9	Rara vez 0.9					
50° y menor 1	≥ 20 m 1	Muy alta 1	Nunca 1					

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)	% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)	Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)
< 0.001 m³ 0.9	< 0.1 m³ 1	Días/año	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%) 10
0.001 - 0.1 m³ 1	0.1 - 5 m³ 1.5	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%) 5
0.1 - 1 m³ 1.2	5 - 50 m³ 2	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%) 1
> 1 m³ 1.5	> 50 m³ 2.5	% total		Lejos (50% < x/H < 100%) 0.1
				Muy lejos (x/H > 100%) 0.01

E_{maq} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)	% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)	Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)
< 0.001 m³ 0.9	< 0.1 m³ 1	Días/año	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%) 10
0.001 - 0.1 m³ 1	0.1 - 5 m³ 1.5	Relevos/día		Cerca (10% < x/H < 25%) 5
0.1 - 1 m³ 1.2	5 - 50 m³ 2	Horas/relevo		Media (25% < x/H < 50%) 1
> 1 m³ 1.5	> 50 m³ 2.5	% total		Lejos (50% < x/H < 100%) 0.1
				Muy lejos (x/H > 100%) 0.01

E_{pers} = e x (c/100)x(d/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 3E (120°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (5)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5->	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)											
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.											
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.					Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.					Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	52		
Rotura plana	B	Miqueo		Vuelco de bloques	C	A	10	60		10	30
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos		Vuelco por flexión		B	15	70		15	35
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	40	40		35	40

$$B = 10 \times [1 - (\prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100)))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq})										
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)		
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	%	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10		
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01	

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers.})										
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)		
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	%	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10		
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01	

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

$$\text{Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques} = ROFRAQ / 10.000 =$$

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 3F (110°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1-3 2	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = ((axb)+c+d+e+f) \times g / 2 \quad (10 > A > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)											
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.											
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.					Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.					Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio			
Rotura plana	B	Miqueo		Vuelco de bloques	C	A	15	70	15	35	48
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos		Vuelco por flexión		B	20	30	25	25	
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	10	20	10	10	

$$B = 10 \times [1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i/100))] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	% total	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10	(10 > E _{maq} > 0.00025)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total			Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
					Muy lejos (x/H > 100%)	0.01			

$$E_{maq} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	% total	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10	(10 > E _{pers} > 0.00025)
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total			Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
					Muy lejos (x/H > 100%)	0.01			

$$E_{pers} = e \times (c/100) \times (d/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers} > 0.00025)$$

$$E = 10 - [(10 - E_{maq}) \cdot (10 - E_{pers}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

$$ROFRAQ \text{ Básico } (\%) = (A \times B \times C \times D) / 100 =$$

$$ROFRAQ = (A \times B \times C \times D \times E \times F) =$$

$$ROFRAQ_{pers} = (A \times B \times C \times D \times E_{pers} \times F) =$$

$$ROFRAQ_{maq} = (A \times B \times C \times D \times E_{maq} \times F) =$$

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	5	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daños	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)							
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)			Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques	B	A	10	70	5	30	24
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	15		15	15	21
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	30		30	30	33

B = 10 x [1 - (Π[1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la maquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la maquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
							Muy lejos (x/H > 100%)	0.01	

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud o banco (x/H) (e)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5				Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
							Muy lejos (x/H > 100%)	0.01	

E_{pers} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

ROFRAQ Cantera: PO-03

Talud: 3H (90°)

Fecha: 6-NOV-05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del talud (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3-7 (4)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1-3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g / 2 (10 > A > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.			Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)		
Simplex (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio			
Rotura plana	B	Miqueo	Vuelco de bloques	A	15	70	10	35	52
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	B	30		30	30	
Rotura circular		Roturas mixtas	Taludes de muro	C	30		30	30	

B = 10 x [1 - (∑[1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E_{maq})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están las máquinas al pie del talud (c)		% de ocupación de la máquina frente longitud de talud (d)		Cercanía de la máquina al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	% total	Ancho de la máquina frente longitud de talud en porcentaje	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total			Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{maq} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{maq} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers.})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que están los operarios al pie del talud (c)		% de ocupación de la persona vs longitud del talud (d)		Cercanía de la persona al pie del talud (x/H) (e)	
< 0.001 m³	0.9	< 0.1 m³	1	Días/año	% total	Ancho de la persona (1 m.) frente a la longitud del talud en porcentaje:	Muy cerca (x/H < 10%)	10	
0.001 - 0.1 m³	1	0.1 - 5 m³	1.5	Relevos/día			Cerca (10% < x/H < 25%)	5	
0.1 - 1 m³	1.2	5 - 50 m³	2	Horas/relevo			Media (25% < x/H < 50%)	1	
> 1 m³	1.5	> 50 m³	2.5	% total			Lejos (50% < x/H < 100%)	0.1	
								Muy lejos (x/H > 100%)	0.01

E_{pers} = e x (c/100) x (d/100) x (1a ó 1b) (10 > E_{pers} > 0.00025)

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D) / 100 =

ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =

ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) =

ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =

Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ / 10.000 =

RHRS

Cantera PO-04 Talud 1B-1 bancos de 12 m

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS

Cantera PO-04 Talud 1B-2

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 1C

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m) 6	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud 20	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 1D

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m) 5	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable 20	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m) 20	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud 20	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 2A bancos de 12 m

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 2B

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 2C

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m) 6	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada 20	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable 15	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud 20	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 2D

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m) 6	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable 20	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud 20	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 2E

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 2F

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 3A bancos de 12 m

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 3B

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 3C

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m) 6	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada 20	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable 15	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud 20	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 3D

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m) 6	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada 20	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable 20	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud 20	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRS
Cantera PO-04 Talud 3G

Categoría		Criterio de valoración y puntuación			
		3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud		25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción		Buena	Moderada	Limitada	Nula
Geología	Condición estructural	Juntas discontinuas con orientación favorable	Juntas discontinuas con orientación variable	Juntas discontinuas con orientación adversa	Juntas continuas con orientación adversa
	Fricción de la junta	Rugosa e irregular	Ondulada	Plana	Con relleno
Tamaño del bloque individual		1 pie (0.3 m)	2 pies (0.6 m)	3 pies (0.9 m)	4 pies (1.2 m)
Volumen de rocas a caer por evento		3 yardas ³ (2.3 m ³)	6 yardas ³ (4.6 m ³)	9 yardas ³ (6.9 m ³)	12 yardas ³ (9.2 m ³)
Clima y presencia de agua en el talud		Baja a moderada precipitación; sin períodos de heladas, ni agua en el talud	Moderada precipitación ó con períodos cortos de heladas ó presencia intermitente de agua en el talud	Alta precipitación ó con largos períodos de heladas ó presencia continua de agua en el talud	Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
Historia de caída de bloques		Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud	1B-1
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor hasta 1 mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9			
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9			
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 1B-2
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)
			bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 (5 6) 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 (5 6) 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud	1C
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 (5 6) 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3	/ 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4	/ 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha 24/NOV/05	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud	1D
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 (9)	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3	_____ / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 2A
Posición: p.k. _____ al (EWS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R) bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor hasta 1 mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb =	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3	/ 9	
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4	/ 9	
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 2B-1
Posición: p.k. _____ al (EWS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R) bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb =	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3	/ 9	
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4	/ 9	
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 2B-2
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R) bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6			
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6			
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 2C
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R) bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6		/ 9
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6		/ 9
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6		/ 9
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud	2D
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 (5 6) 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9				
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9				
F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 2E
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)
			bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 (9)
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9		
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9		
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9		
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud	2F
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 (9)	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad): F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco (R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9 F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro) (R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9 F2 Erosión diferencial / descabezamiento (R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9				
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3		_____ / 9		
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 3A
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)
			bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 (5 6) 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 (3) 4 5 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor hasta 1 mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 (2 3) 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9		
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9		
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9		
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 3B
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)
			bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 <u>2</u> 3 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 <u>3</u> 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 <u>2</u> 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 5 <u>6</u> 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	<u>0</u> 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 <u>5</u> 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 <u>1</u> 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 <u>6</u> 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 <u>2</u> 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 <u>1</u> 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 <u>4</u> 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 <u>6</u> 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	<u>0</u> 1 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6		
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6		
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6		
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 3C
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R) bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 (2) 3 4 5 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9		
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9		
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9		
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud	3D
Posición: p.k. _____ al (EWNS) del cruce entre y				
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R)	
			bueno	malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3 4 (5) 6 7 8 9	
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm	
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa	
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 (4) 5 6 7 8 9	
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 (6) 7 8 9	
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 (1) 2 3 4 5 6 7 8 9	
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9			
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):				
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9			
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9			
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9			
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9			
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9				
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05	
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO				

RHRON

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR		Cantera: PO-04	ZONA n°: Talud 3G
Posición: p.k. al (EWNS) del cruce entre y			
Identificación	PARÁMETRO (P)	VALOR (V)	ÍNDICE (R) bueno malo
P1 Hist	Historia / evidencias de caídas	Sólo valoración	0 1 2 3(4) 5 6 7 8 9
P2 Qmax	Mayor caída potencial m3	m3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P3 ΣQtot	Total de caídas / deslizamientos potenciales	m3	0 1 2 3(4) 5 6 7 8 9
P4 Firr	Irregularidad de la cara del talud	M	0 1 2 3(4) 5 6 7 8 9
P5 Loose	Apertura de juntas en talud	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P6 Jop	Persistencia-orientación de las juntas	Sólo valoración	0 1 2 3 4 5(6) 6 7 8 9
P7 UCS	Resistencia a la compresión simple	MPa	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P8 Phip	Resistencia al corte	Ángulo fricción pico φb °	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
DATOS SUPLEMENTARIOS DE JUNTAS. Se necesitan sólo para analizar inestabilidades por deslizamiento		Persistencia: % Longitud de traza: m	Relleno tipo: Espesor mm
Peor familia es: con buz: ° y dir. buz.: °	Amplitud rugosidad mm/10cm Ondulación m/m	Bloques encastrados: (S/N) JRC: (0-20) φb = °	F = JCS / UCS JCS: MPa
P9 Block	Tamaño de bloque	cm	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P11 Wtab	Nivel freático (% sobre altura de talud)	%	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P12 Height	Altura de talud (para mayor riesgo posible)	m	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P13 Cang	Ángulo de cabeza del talud =tan-1(V12/V14)	°	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
P15 Deff	Efectividad de retención de las bermas	Estimación %	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
F1 Magnitud	(R2 + R3 + R12)/3 / 9		
F2 Inestabilidad (Descripción del tipo más probable de inestabilidad):			
F2 Pequeñas caídas sueltas / vuelco	(R1+ R9 + R11 + R4 + R5 + R6)/6 /9		
F2 Deslizamiento (plano, cuñas Tal. de muro)	(R1+ R9 + R11+ R5 + R6 + R8)/6 /9		
F2 Erosión diferencial / descabezamiento	(R1+ R9 + R11+ R4+ R7+ R10)/6 /9		
F3 Alcance	(R4 + R13 + R 15)/4 / 9		
RHRON básico = (F1 + F2 + F3) / 3 _____ / 9			
Evaluación realizada por:			Fecha: 24/NOV/05
PLANILLA DE DATOS DE CAMPO DEL RHRON DETALLADO PRIMARIO			

ROFRAQ Cantera: PO-04 Orientación: 1B-1 (195°) Fecha: 24/nov/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5->	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f)xg_b)/2 (10 > A_{ban} > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.

Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Mecanismo	Simple (factor de peso = 0.8)	Complejo (factor de peso = 1.1)	Evolutivo (factor de peso = 1.4)	Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)		
				Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio			
Rotura plana		Miguelo	Vuelco de bloques	A	A	10	20%	5	10	56
Rotura tipo cuña		Bloques sueltos	Vuelco por flexión	C	B	30		25	30	
Rotura circular		Roturas mixtas	Taludes de muro	B	C	50		45	50	

B = 10 x [1 - Π_{i=1}ⁿ (1 - (P_i/100))] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza				
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)	Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H _{banco} < 80%)
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)
		% total		Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)	% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)	Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H _{banco} < 80%)
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)
		% total		Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-ban}) - (10 - E_{pers-ban})/10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

ROFRAQ Básico (%) = (A x B x C x D)/100 = ROFRAQ = (A x B x C x D x E x F) =
 ROFRAQ_{pers} = (A x B x C x D x E_{pers} x F) = ROFRAQ_{maq} = (A x B x C x D x E_{maq} x F) =
 Probabilidad estimativa de que se produzca un accidente por caída de bloques = ROFRAQ/10.000 =

Cantera: PO-04 Orientación: 1B-2 (195°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (([axb]+c+d+e+f)xg_b)/2 (10 > A_{ban} > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.			Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques		
A	20	20%	15	20
B	60		60	84
C	20		15	22

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	> 300	Seco	0	< 250 gr/m ³
50 - 80 mm	250 - 300	Ligeramente húmedo	0.1	250 - 400 gr/m ³
80 - 110 mm	200 - 250	Húmedo	0.3	400 - 550 gr/m ³
110 - 150 mm	150 - 200	Goteando	0.7	550 - 700 gr/m ³
> 150 mm	< 150	Chorreado	1	> 700 gr/m ³

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	e _b
90°	≤ 5 m	Muy baja	Siempre	0.1
80°	10	Baja	General	0.5
70°	12	Media	Ocasional	0.7
60°	15	Alta	Rara vez	0.9
50° y menor	≥ 20 m	Muy alta	Nunca	1

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)	Cercanía de la maquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)
< 0.001 m ³	< 0.1 m ³	Días/año	Ancho de la/s máquina/s frente a la longitud del banco en porcentaje:	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)
0.001 - 0.1 m ³	0.1 - 5 m ³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)
0.1 - 1 m ³	5 - 50 m ³	Horas/relevo		Media (25% < x/H _{banco} < 80%)
> 1 m ³	> 50 m ³	% total		Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)
				Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)	% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)	Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)
< 0.001 m ³	< 0.1 m ³	Días/año	Ancho de la/s persona/s (1 m.) frente a la longitud del banco en porcentaje:	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)
0.001 - 0.1 m ³	0.1 - 5 m ³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)
0.1 - 1 m ³	5 - 50 m ³	Horas/relevo		Media (25% < x/H _{banco} < 80%)
> 1 m ³	> 50 m ³	% total		Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)
				Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) - (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 1C (120°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f)xg_b)/2 **(10 > A_{ban} > 0)**

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)										
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.										
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.										
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	A	B	C	D	E		
Rotura plana		Migueo		Vuelco de bloques	C	30	50%	25		24
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos		Vuelco por flexión	B	20		20		56
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		20		15		

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] **(10 > B > 0)**

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e **(10 > C > 0)**

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2		
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		Nº voladuras con esta orientación
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		Nº de voladuras año
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) **(0 < D_{ban} < 10)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E _{maq-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{maq-ban} > 0.00025)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% de ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.)		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{pers-ban} > 0.00025)**

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-ban})(10 - E_{pers-ban})/10]

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 1D (76°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7-10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3-7 (5)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1-3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1-1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0-0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f)xbg)/2 (10 > A_{ban} > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)														
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.														
Simples (factor de peso = 0.8)			Complejos (factor de peso = 1.1)			Evolutivos (factor de peso = 1.4)			Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.					
									Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Rotura plana	B	Migueo			Vuelco de bloques				A	15	50%	15	20	28
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C		Vuelco por flexión				B	5	50%	5	15	
Rotura circular		Roturas mixtas			Taludes de muro				C	30		30	30	33

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2		
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente al talud del banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s frente a la longitud del banco en porcentaje:		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.) frente a la longitud del banco en porcentaje:		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-ban}) · (10 - E_{pers-ban})] / 10

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 2A (251°) Fecha: 24/nov/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = [(axb)+c+d+e+f]xg_b/2 (10 > A_{ban} > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicaciones			Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Factores	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio			
Simples (factor de peso = 0.8)							
Complejos (factor de peso = 1.1)							
Evolutivos (factor de peso = 1.4)							
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques			
Rotura tipo cuña		Bloques sueltos	A	Vuelco por flexión			
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro	B		

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	e _b				
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E_{maq-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	% de ocupación de la máquina frente a longitud banco (d-banco)	Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	0
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
				Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)	% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)	Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	0
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
				Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) - (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 2B-1 (195°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (6)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f)xb)/2 (10 > A_{ban} > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.			Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)						
Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques							
Rotura plana		Migueo	Vuelco de bloques	A	60	20%	50	40	32
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	B	Vuelco por flexión	B	50	50	50	55
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro	C				

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)					
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza (e _b)				
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7	
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	Nº voladuras con esta orientación
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1	Nº de voladuras año

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)	Cercanía de la maquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H _{banco} < 80%)
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)
		% total		Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)	% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)	Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Media (25% < x/H _{banco} < 80%)
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)
		% total		Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) - (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 2B-2 (195°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)

Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7 (4)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f)xb/2 (10 > A_{ban} > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)

Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.

Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.			Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)				
Simple (factor de peso = 0.8)	Complejos (factor de peso = 1.1)	Evolutivos (factor de peso = 1.4)	Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana	Migueo	Vuelco de bloques	A	15	15	25	20
Rotura tipo cuña	Bloques sueltos	Vuelco por flexión	B	40	40	40	56
Rotura circular	Roturas mixtas	Taludes de muro	C	20	15	20	22

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (Pi/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)

Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)	Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)	Presencia de agua en el talud (c)	Grado de meteorización/erosión (d)	Vibración por voladuras (Carga específica) (e)
< 50 mm	> 300	Seco	0	< 250 gr/m ³
50 - 80 mm	250 - 300	Ligeramente húmedo	0.1	250 - 400 gr/m ³
80 - 110 mm	200 - 250	Húmedo	0.3	400 - 550 gr/m ³
110 - 150 mm	150 - 200	Goteando	0.7	550 - 700 gr/m ³
> 150 mm	< 150	Chorreado	1	> 700 gr/m ³

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D_{ban})

Pendiente de banco (a _b)	Altura de banco (b _b)	Irregularidad (c _b)	Saneamiento del banco (d _b)	tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza (e _b)
90°	≤ 5 m	Muy baja	Siempre	
80°	10	Baja	General	
70°	12	Media	Ocasional	
60°	15	Alta	Rara vez	
50° y menor	≥ 20 m	Muy alta	Nunca	

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E_{maq-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)	% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)	Cercanía de la maquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)
< 0.001 m ³	< 0.1 m ³	Días/año	Ancho de la/s máquina/s frente a la longitud del banco en porcentaje:	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)
0.001 - 0.1 m ³	0.1 - 5 m ³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)
0.1 - 1 m ³	5 - 50 m ³	Horas/relevo		Media (25% < x/H _{banco} < 80%)
> 1 m ³	> 50 m ³	% total		Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)
				Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E_{pers-ban})

Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)	Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)	% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)	% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)	Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)
< 0.001 m ³	< 0.1 m ³	Días/año	Ancho de la/s persona/s (1 m.) frente a la longitud del banco en porcentaje:	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)
0.001 - 0.1 m ³	0.1 - 5 m ³	Relevos/día		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)
0.1 - 1 m ³	5 - 50 m ³	Horas/relevo		Media (25% < x/H _{banco} < 80%)
> 1 m ³	> 50 m ³	% total		Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)
				Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) - (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)

No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Cáidas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 2C (120°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3 (3)	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5->	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = ((axb)+c+d+e+f) x g_b / 2 **(10 > A_{ban} > 0)**

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)											
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.											
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.					Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.					Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura plana		Migueo		Vuelco de bloques		A	30		30	30	24
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	B	Vuelco por flexión		B	30		30	30	33
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C					

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] **(10 > B > 0)**

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e **(10 > C > 0)**

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2		
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) **(0 < D_{ban} < 10)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	0
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100) x (d-banco/100) x (1a ó 1b) **(10 > E_{maq-ban} > 0.00025)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.) frente a la longitud del banco en porcentaje:		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	0
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día				Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100) x (d-banco/100) x (1a ó 1b) **(10 > E_{pers-ban} > 0.00025)**

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) - (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 2D (76°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f) x g_b)/2 **(10 > A_{ban} > 0)**

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)														
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.														
Simples (factor de peso = 0.8)			Complejos (factor de peso = 1.1)			Evolutivos (factor de peso = 1.4)			Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.		Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)			
									Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico		Por presencia de bloques	Promedio	
Rotura plana			Miguelo			Vuelco de bloques			A	15	40%	10	20	16
Rotura tipo cuña	A		Bloques sueltos			Vuelco por flexión			B	70	50%	60	60	84
Rotura circular			Roturas mixtas			Taludes de muro		B	C	15		15	15	17

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] **(10 > B > 0)**

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)										
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)		
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³		0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³		0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³		1
110 - 150 mm	3	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³		1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³		2

C = a + b + c + d + e **(10 > C > 0)**

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})										
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza		
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año		
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5			
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7			
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9			
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1			

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) **(0 < D_{ban} < 10)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E _{maq-ban})										
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)		
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)		10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)		5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)		1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)		0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)		0.01

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{maq-ban} > 0.00025)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})										
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)		
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.)		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)		10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)		5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)		1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)		0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)		0.01

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{pers-ban} > 0.00025)**

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco})(10 - E_{pers-banco])/10]}

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 2E (36°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	-0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7 (5)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5->	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f) x g_b)/2 (10 > A_{ban} > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)										
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.										
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.					Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.					
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques	A	A	50	70%	45	55
Rotura tipo cuña	B	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	20	40%	10	25
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	25		25	28

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza (e _b)	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E _{maq-ban})										
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)		
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la/s máquina/s frente a la longitud del banco en porcentaje:	Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%) Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%) Media (25% < x/H _{banco} < 80%) Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%) Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)		
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día						5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo						1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total						0.1

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})										
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% de ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)		
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la/s persona/s (1 m.) frente a la longitud del banco en porcentaje:	Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%) Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%) Media (25% < x/H _{banco} < 80%) Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%) Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)		
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día						5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo						1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total						0.1

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) · (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 2F (9°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (4)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f)xg_b)/2 **(10 > A_{ban} > 0)**

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)											
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.											
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.											
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
						Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques	B	A	20	40%	20	25	20
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	10		10	10	14
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	15		10	15	17

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] **(10 > B > 0)**

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e **(10 > C > 0)**

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) **(0 < D_{ban} < 10)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la maquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
									0.01

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{maq-ban} > 0.00025)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.)		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
									0.01

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{pers-ban} > 0.00025)**

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) · (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 3A (251°) Fecha: 24/nov/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3 (2)	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5 >	7	> 20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f) x g_b) / 2 **(10 > A_{ban} > 0)**

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)											
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.											
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
						Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques	A	A	10	20%	5	10	14
Rotura tipo cuña	B	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	15		10	10	8
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	20		15	15	17

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] **(10 > B > 0)**

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)											
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)			
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1		
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5		
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1		
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5		
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2		

C = a + b + c + d + e **(10 > C > 0)**

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})											
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza			
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2				
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5				
70°	0.8	12	0.75	Media	0.9	Ocasional	0.7	Nº voladuras con esta orientación			
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9	Nº de voladuras año			
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1				

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) **(0 < D_{ban} < 10)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq-ban})											
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)			
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10		
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5		
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1		
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1		
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01		

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{maq-ban} > 0.00025)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})											
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)			
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.)		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10		
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5		
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1		
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1		
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01		

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{pers-ban} > 0.00025)**

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) - (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 3B (195°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1-3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5->	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

$$A = \frac{((axb) + c + d + e + f) \times g_b}{2} \quad (10 > A_{ban} > 0)$$

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)											
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.											
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.											
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques		A	20	20%	15	20	16
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	B	Vuelco por flexión		B	10		5	10	11
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C					

$$B = 10 \times \left[1 - \frac{1}{n} \left(\prod_{i=1}^n [1 - (P_i/100)] \right) \right] \quad (10 > B > 0)$$

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

$$C = a + b + c + d + e \quad (10 > C > 0)$$

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza (e _b)	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

$$D_{ban} = 10 \times (a_b \times b_b \times c_b \times d_b \times e_b) \quad (0 < D_{ban} < 10)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

$$E_{maq-ban} = e-banco \times (c-banco/100) \times (d-banco/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)$$

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.)		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

$$E_{pers-ban} = e-banco \times (c-banco/100) \times (d-banco/100) \times (1a \text{ ó } 1b) \quad (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)$$

$$E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) \cdot (10 - E_{pers-banco}) / 10]$$

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 3C (120°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	-2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	-3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	0.5	Se sanea y limpia en general	-1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f)xg_b)/2 **(10 > A_{ban} > 0)**

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)										
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.										
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.										
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.				Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio	A	B	C	D	E		
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques		10	40%	5	20	16
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	B	Vuelco por flexión		10		10	10	11
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro						

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ [(1 - (P_i/100))])] **(10 > B > 0)**

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e **(10 > C > 0)**

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5		
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) **(0 < D_{ban} < 10)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente a longitud banco (d-banco)		Cercanía de la maquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{maq-ban} > 0.00025)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.)		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{pers-ban} > 0.00025)**

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) · (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 3D (76°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5->	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f)xg_b)/2 **(10 > A_{ban} > 0)**

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)											
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones.											
Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.											
Simples (factor de peso = 0.8)		Complejos (factor de peso = 1.1)		Evolutivos (factor de peso = 1.4)		Observado en sitio		Detectado en el estudio geotécnico		Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)	
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques	B	A	15	45%	10	25	20
Rotura tipo cuña	A	Bloques sueltos	C	Vuelco por flexión		B	70	50%	70	60	84
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		C	30		30	30	33

B = 10 x [1 - (Π_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] **(10 > B > 0)**

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)									
Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años (a)		Periodo promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)	
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1
110 - 150 mm	3	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2

C = a + b + c + d + e **(10 > C > 0)**

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})									
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza	
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación	
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5	Nº de voladuras año	
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7		
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9		
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1		

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) **(0 < D_{ban} < 10)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una maquina? (E _{maq-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la maquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s máquina/s		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{maq-ban} > 0.00025)**

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})									
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)	
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año		Ancho de la/s persona/s (1 m.)		Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Frente a la longitud del banco en porcentaje:		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)	5
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo				Media (25% < x/H _{banco} < 80%)	1
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total				Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)	0.1
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) **(10 > E_{pers-ban} > 0.00025)**

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) - (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5

Cantera: PO-04 Orientación: 3G (102°) Fecha: 24/NOV/05

¿Existen bloques de roca que puedan caer? (A)													
Nº de familias de juntas (a)		Persistencia de las discontinuidades (b)		Presencia de fallas (c)		Daños por sobre-voladura observados (d)		Saneamiento de bancos y limpieza de bermas (e)		Presencia de bloques en el talud (f)		Altura del banco (m) (g _b)	
0-1	0.5	< 1m	0.6	no	0	Precorte	- 2	Saneamiento y limpieza regular y efectiva	- 3	Gran cantidad de bloques	7 - 10	< 5	0.2
2	1	1-3	0.8	1 pequeña	0.5	Se ven las cañas	- 0.5	Se sanea y limpia en general	- 1	Bastantes bloques	3 - 7 (6)	10	0.4
3	3	3-10	1	1 grande	1	No hay daño	0	Ocasional	0	Algunos bloques	1 - 3	12	0.5
4	5	10-20	1.2	2 fallas	1.5	Daños leves	1	Poco e irregular	1	Bloques ocasionales	0.1 - 1	15	0.6
5>	7	>20	1.4	muchas	2	Alta fracturación	2.5	No se sanea ni se limpian bermas	3	Muy pocos bloques	0 - 0.1	> 20	0.8

A = (((axb)+c+d+e+f)xb)/2 (10 > A_{ban} > 0)

¿Están los bloques de roca próximos al equilibrio? (B)											
Basados en estudios geotécnicos, análisis de discontinuidades y los datos observados en el talud; realizar el siguiente análisis siguiendo las indicaciones. Indicar en la casilla correspondiente mediante una letra (A, B, C, etc.) los mecanismos observados, inferidos o estimados.											
Simples (factor de peso = 0.8)			Complejos (factor de peso = 1.1)			Evolutivos (factor de peso = 1.4)			Indicar el porcentaje del talud afectado por cada uno de los mecanismos observados, según se indica.		Promedio multiplicado por factor de peso de mecanismo (Pi)
Rotura plana		Miguelo		Vuelco de bloques		Observado en sitio	Detectado en el estudio geotécnico	Por presencia de bloques	Promedio		
Rotura tipo cuña		Bloques sueltos		Vuelco por flexión		A	10	30%	5	15	12
Rotura circular		Roturas mixtas		Taludes de muro		B	10	20%	5	35	44

B = 10 x [1 - (∏_{i=1}ⁿ [1 - (P_i/100)])] (10 > B > 0)

¿Pueden ocurrir fenómenos que desequilibren al bloque? (C)											
Máxima precipitación en 24 horas para un período de retorno de 50 años (a)		Período promedio en días libre de heladas para 0°C (b)		Presencia de agua en el talud (c)		Grado de meteorización/erosión (d)		Vibración por voladuras (Carga específica) (e)			
< 50 mm	0.1	> 300	0.1	Seco	0	No afectado	0	< 250 gr/m ³	0.1		
50 - 80 mm	0.5	250 - 300	0.4	Ligeramente húmedo	0.1	Ligero	0.1	250 - 400 gr/m ³	0.5		
80 - 110 mm	1.5	200 - 250	1	Húmedo	0.3	Moderado	0.3	400 - 550 gr/m ³	1		
110 - 150 mm	4	150 - 200	2	Goteando	0.7	Alto	0.7	550 - 700 gr/m ³	1.5		
> 150 mm	6	< 150	2.5	Chorreado	1	Descompuesto	1	> 700 gr/m ³	2		

C = a + b + c + d + e (10 > C > 0)

¿Llegarán a la zona de trabajo las rocas que caen del banco con posibilidad de causar daño? (D _{ban})											
Pendiente de banco (a _b)		Altura de banco (b _b)		Irregularidad (c _b)		Saneamiento del banco (d _b)		tanto por 1 de tiempo en que el banco de trabajo presenta la orientación que se analiza			
90°	0.5	≤ 5 m	0.2	Muy baja	0.7	Siempre	0.2	Nº voladuras con esta orientación Nº de voladuras año			
80°	0.7	10	0.6	Baja	0.75	General	0.5				
70°	0.8	12	0.75	Media	0.8	Ocasional	0.7				
60°	0.9	15	0.8	Alta	0.9	Rara vez	0.9				
50° y menor	1	≥ 20 m	1	Muy alta	1	Nunca	1				

D_{ban} = 10 x (a_b x b_b x c_b x d_b x e_b) (0 < D_{ban} < 10)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una máquina? (E _{maq-ban})											
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está la máquina bajo el banco (c-banco)		% de ocupación de la máquina frente longitud banco (d-banco)		Cercanía de la máquina al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)			
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la/s máquina/s	Frente a la longitud del banco en porcentaje:	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10		
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)		5			
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo		Media (25% < x/H _{banco} < 80%)		1			
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total		Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)		0.1			
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01		

E_{maq-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{maq-ban} > 0.00025)

Daño potencial: ¿Impactará el bloque que cae a una persona? (E _{pers-ban})											
Tamaño de un bloque (si cae un solo bloque) (1a)		Volumen total de rocas por caer (si cae un conjunto de bloques) (1b)		% del tiempo que está los operarios al pie del banco (c-banco)		% ocupación de persona frente a longitud del banco (d-banco)		Cercanía de la persona al pie del banco (x/H _{banco}) (e-banco)			
< 0.001 m ³	0.9	< 0.1 m ³	1	Días/año	% total	Ancho de la/s persona/s (1 m.)	Frente a la longitud del banco en porcentaje:	Muy cerca (x/H _{banco} < 20%)	10		
0.001 - 0.1 m ³	1	0.1 - 5 m ³	1.5	Relevos/día		Cerca (10% < x/H _{banco} < 40%)		5			
0.1 - 1 m ³	1.2	5 - 50 m ³	2	Horas/relevo		Media (25% < x/H _{banco} < 80%)		1			
> 1 m ³	1.5	> 50 m ³	2.5	% total		Lejos (50% < x/H _{banco} < 150%)		0.1			
								Muy lejos (x/H _{banco} > 150%)	0.01		

E_{pers-ban} = e-banco x (c-banco/100)x(d-banco/100)x(1a ó 1b) (10 > E_{pers-ban} > 0.00025)

E_{ban} = 10 - [(10 - E_{maq-banco}) - (10 - E_{pers-banco})/10]

Historial de caída de bloques (F)						
No se han registrado	Muy pocas caídas	No hay datos, ni observaciones fiables	Ocasionales	Muchas caídas de bloques sin accidentes	Muchas caídas de bloques con al menos un accidente	Caídas constantes de bloques con más de un accidente
0.75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5