


IDENTIFICACION DE MACIZOS ROCOSOS ALTERADOS, SU APORTE EN EL CONTROL DEL RIESGO GEOTÉCNICO - SEGURIDAD Y LA CONTINUIDAD DEL NEGOCIO MINERO

 CONSTRUYENDO
JUNTOS UN
PERÚ MEJOR



Presentación:



MSc. Gian Ticona

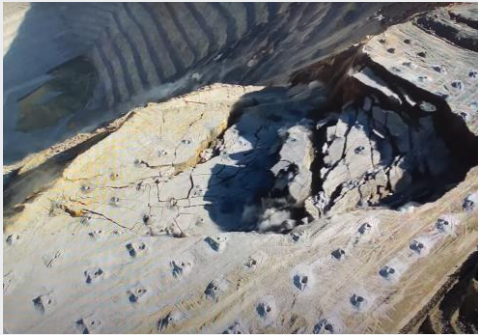
Magister en Geotecnia con más de 15 años de laburo en el sector minero, sólida experiencia en Geotecnia, Hidrología e Hidrogeología para Tajos, Depósitos de Desmonte, Presas de Relaves Operativas y en Cierre y Proyectos.

Mail: Gian.ticonaj@qumbrecs.com

Contenido:

- › INTRODUCCIÓN
- › MARCO TEÓRICO
- › METODOLOGÍA
- › ESTABILIDAD DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS ALTERADOS
- › ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS
- › CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANTECEDENTES



Deslizamiento en la Mina
Bingham Canyon, Estados
Unidos – Mayo 2021



Deslizamiento en Mina
Gamsberg Sur Africa–
Nov 2020



Derrumbe en Mina Las
Cruces España – Ene
2019



FACTORES QUE APORTAN EN UNA INESTABILIDAD GEOTECNICA

Presencia de Agua (Subterráneo y superficial).

Mala calidad del macizo rocoso.

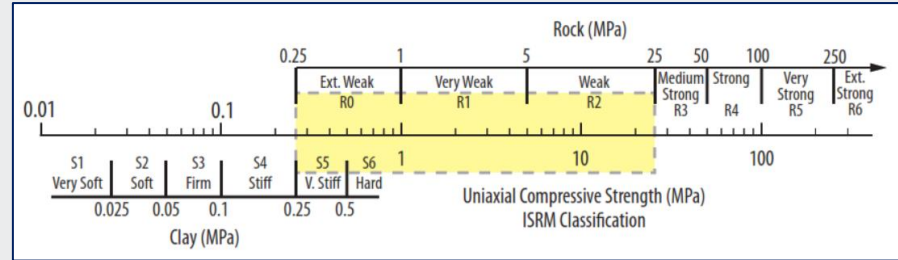
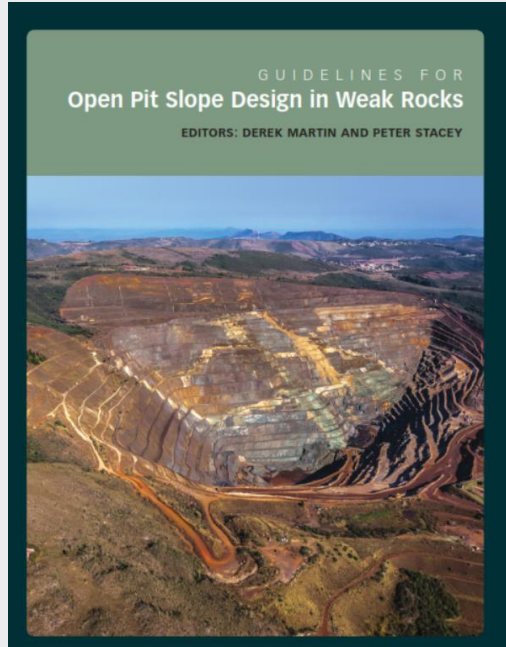
Información estructural y alteraciones no actualizada.

Voladuras no controladas.

No cumplimiento de diseños de minado.



GUÍAS Y PUBLICACIONES



- 2018. “Guidelines for Open Pit Slope Design in Weak Rock” – Derek Martin and Peter Stacey.
- 2013. “Discussion on how to classify and estimate strength of weak rock masses – L. Castro (Golder), J. Carvalho (Golder), G. Sá (Vale).
- 2011. “Errores en la aplicación de las clasificaciones Geomecánicas y su corrección” – Profesor Richard Bieniawski

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR BIENIAWSKI

Resistencia de la roca inalterada	Indice de carga puntual	>8 Mpa	4 - 8 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para estos rangos bajos es preferible utilizar las pruebas de UCS		
	Resistencia a la compresión uniaxial	>200 Mpa	100 - 200 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50Mpa	10 - 25 Mpa	3 - 10 Mpa	1 - 3 Mpa
Valoración		15	12	7	4	2	1	0
Calidad de testigo perforado (ROD)		90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	< 25%		
Valoración		20	17	13	8	3		
Espaciamiento de fracturas		>3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50 - 300 mm	< 50 mm		
Valoración		30	25	20	10	5		
Condición de juntas		Superficie muy rugosas Sin continuidad Sin separación Paredes de roca dura	Superficies algo rugosas Separación < 1mm Paredes de roca dura	Superficies algo rugosas Separación < 1mm Paredes de roca dura	Superficies pulidas o relleno < 5 mm o juntas abiertas 1 - 5 mm	Relleno Blando > 5 mm o juntas abiertas > 5 mm Fisuras continuas		
Valoración		25	20	12	6	0		
Agua Subterránea	Cantidad de Infiltración, por 10 m de longitud de tunnel	Ninguna		< 25 lt/min	25 - 125 lt/min	> 125 lt/min		
	Ratio: presión del agua en las juntas / esfuerzo principal mayor	0		0.0 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
	Condiciones generales	Totalmente seco		Solo húmedo	Ligera presión de agua	Serios Problemas de agua		
Valoración		10		7	4	0		

$$RMR = V(UCS) + V(RQD) + V(S) + V(CD) + V(CA)$$

- V (UCS) Resistencia de la roca
- V (RQD) Rock quality designation
- V(S) Espaciamiento de discontinuidades
- V (CD) Condición de discontinuidades
- V (CA) Condiciones hidrológicas

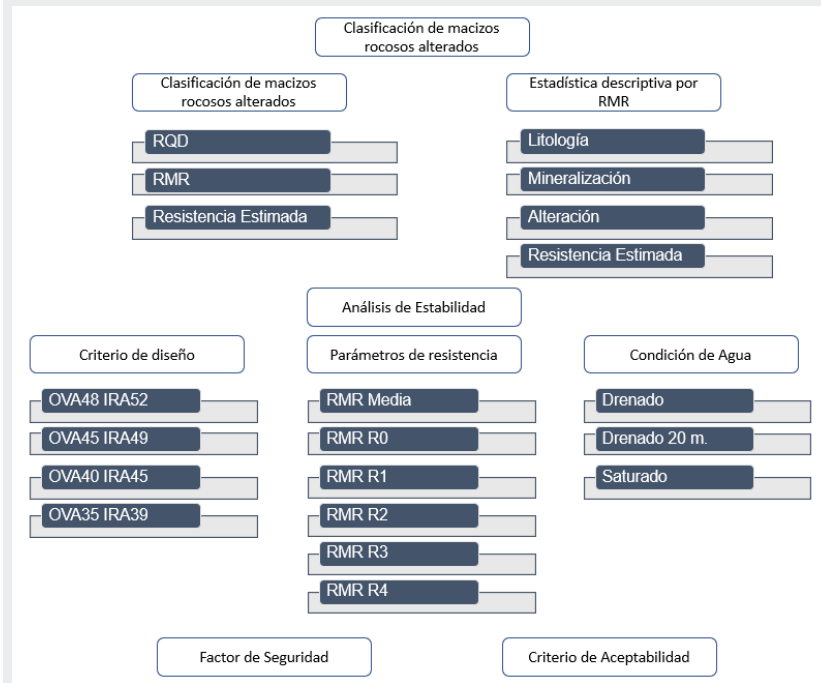
RMR Rating	Clase	Calidad Macizo Rocosó
81 - 100	I	Muy Buena
61 - 80	II	Buena
41 - 60	III	Regular
21 - 40	IV	Mala
< 20	V	Muy Mala

CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS ALTERADOS

Grado	Término	Identificación en campo	Ejemplos	Schmidt	Is (Mpa)	UCS (Mpa)
R0	Extremadamente débil	Puede ser marcada por la uña	Panizo de las fallas	*	**	0.25-1
R1	Muy débil	Se desmenuza con golpes firmes, con la punta del martillo de geólogo y puede ser arañada por una navaja	Roca alterada e intemperizada	*	**	1 - 5
R2	Débil	Puede ser raspada con dificultad por una navaja, golpeando firmemente con la punta del martillo de geólogo se logra una marca poca profunda	Tiza, rocas salinas y potasio	< 20	**	5 - 25
R3	Medianamente fuerte	No puede ser raspada por una navaja, pero puede ser fracturada con un golpe firme del martillo de geólogo	Carbón, concreto, esquistos, arcillas, pizarras	20 - 30	1 - 2	25-50
R4	Fuerte	Se requiere mas de un golpe del martillo de geólogo para ser fracturada	Caliza, mármol, arenisca, esquistos	30 - 45	2 - 4	50 -100
R5	Muy fuerte	Se requiere muchos golpes con el martillo de geólogo para ser fracturada	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneis, granodiorita, peridotitas, riolita, tufo	45 - 60	4 - 10	100 -250
R6	Extremadamente fuerte	Puede ser apenas arañadas con el martillo de geólogo	Basalto fresco, chert, diabasa, gneis, granito, cuarcita	> 60	>10	>250



DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN



Revisión de literatura y estudio anteriores.

Análisis de la base de datos geomecánica.

Clasificación geomecánica RMR y resistencia estimada ISRM.

Análisis de ubicación espacial de los parámetros geomecánicos.

Análisis estadístico de los parámetros geomecánicos.

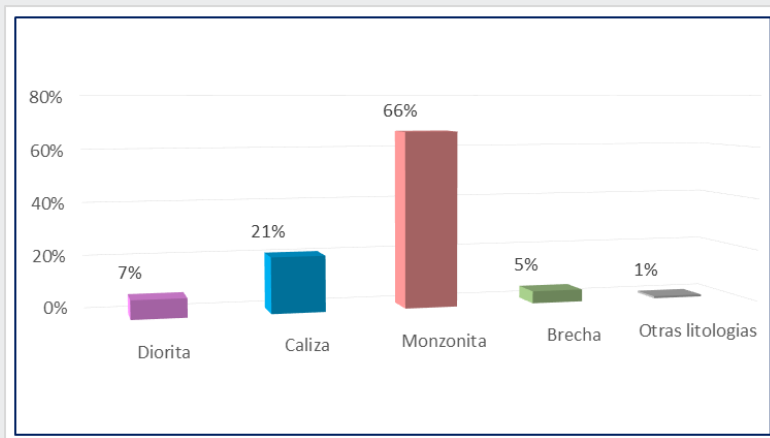
Definición de unidades geotécnicas.

Construcción de modelos geotécnicos con escenarios de diseño y condiciones hidrogeológicas.

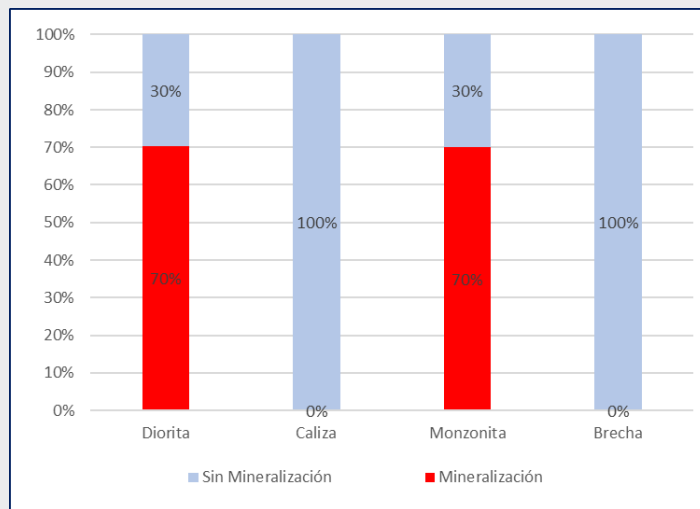
Análisis de estabilidad de macizos rocosos alterados

VARIABLES UTILIZADAS

VARIABLES UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE MACIZOS ROCOSOS ALTERADOS SON EL RMR, CARGA PUNTUAL, COMPRESIÓN UNIAxIAL, TRACCIÓN INDIRECTA, CORTE DIRECTO (ESTRUCTURA), DENSIDAD, LITOLÓGICA, MINERALIZACIÓN, ALTERACIONES Y RESISTENCIA ESTIMADA.



Población por unidades litológicas.

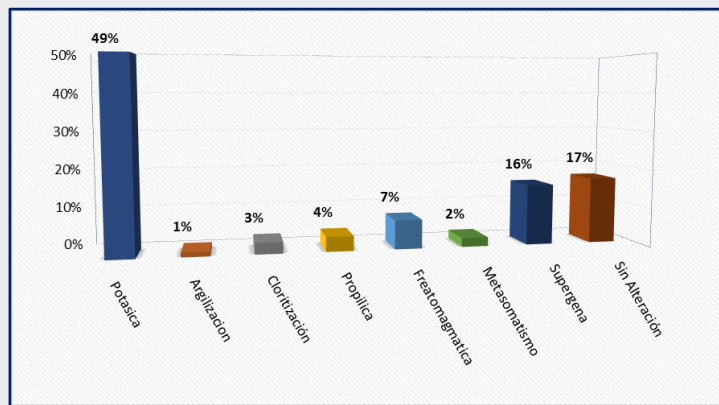


Contenido de mineral por unidades litológicas.

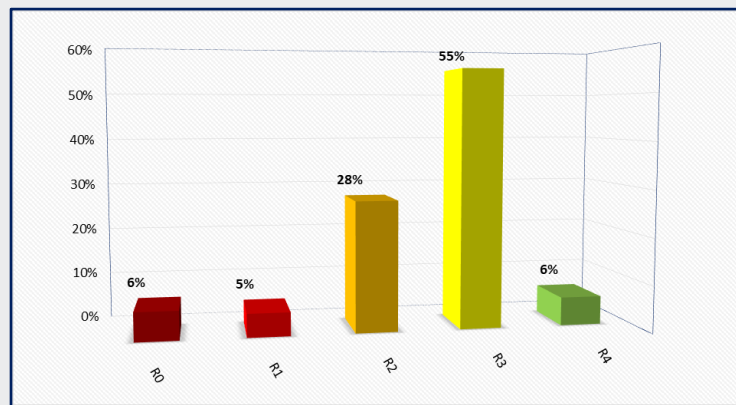
VARIABLES UTILIZADAS

Alteración potásica con mayor porcentaje, la cual está directamente asociada a la mineralización y se da en las rocas intrusivas como son la diorita y monzonita.

El 28% del macizo rocoso corresponde a un macizo rocoso alterado.

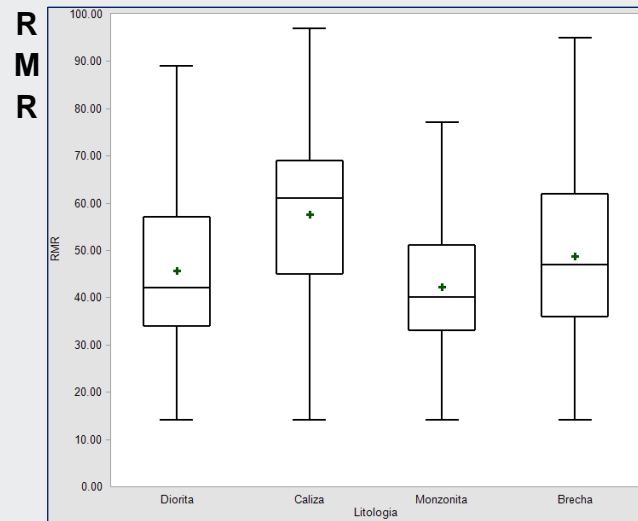
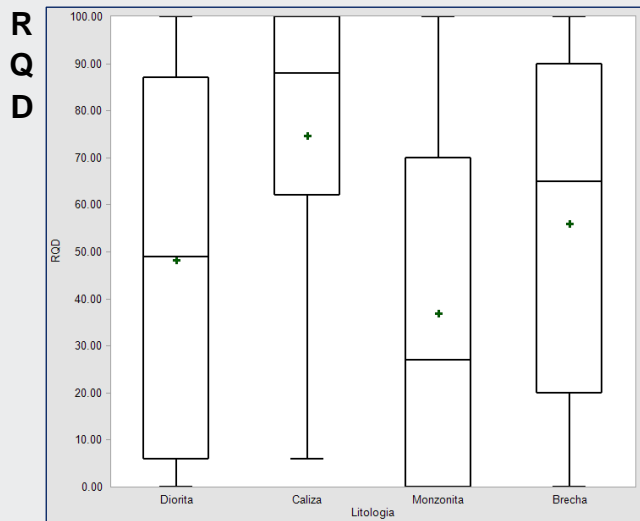


Población por alteraciones mineralógicas.



Población por resistencia estimada.

PROPIEDADES DEL MACIZO ROCOSO



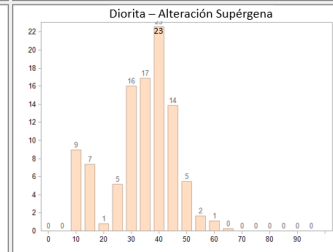
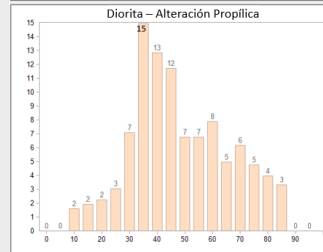
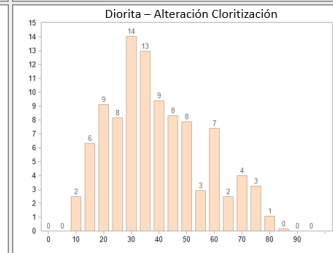
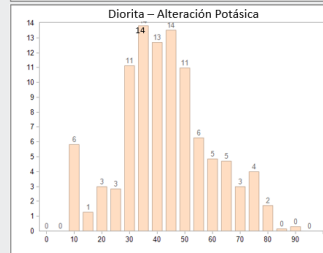
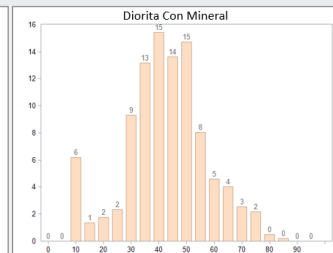
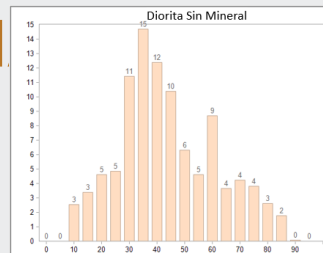
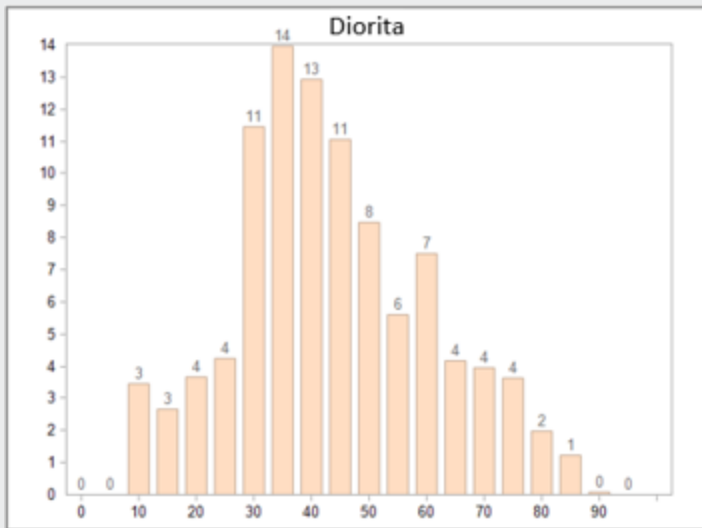
Litologia	Min	Max	Media	1er Q	Mediana	3rd Q	Des Std
Diorita	0	100	48.2	6	49	87	38.2
Caliza	0	100	74.7	62	88	100	30.9
Monzonita	0	100	36.8	0	27	70	36.2
Brecha	0	100	55.9	20	65	90	36.8

Litologia	Min	Max	Media	1er Q	Mediana	3rd Q	Des Std
Diorita	14	92	45.7	34	42	57	17.3
Caliza	14	97	57.6	45	61	69	17
Monzonita	14	95	42.3	33	40	51	15.2
Brecha	14	95	48.7	36	47	62	16.8



ANÁLISIS DE HISTOGRAMA

Histogramas de RMR por Litología

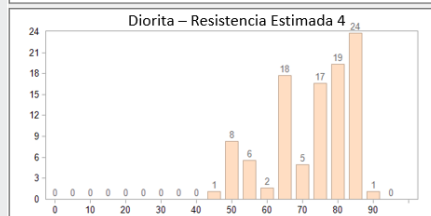
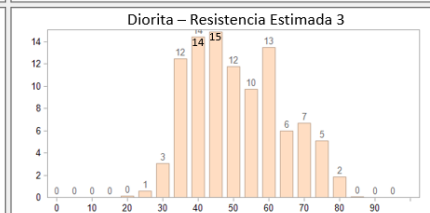
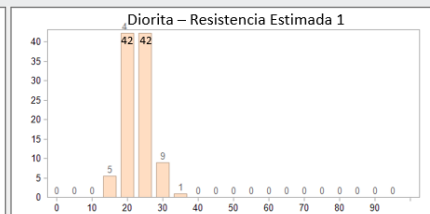
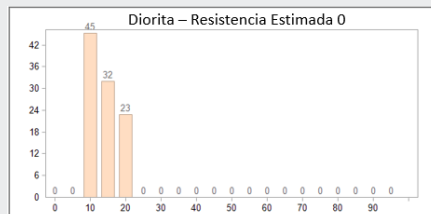
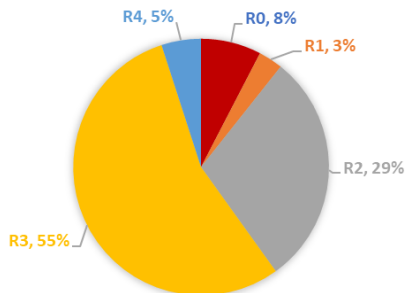


ANÁLISIS DE HISTOGRAMAS

Histogramas de RMR por Resistencia Estimada Litología: Diorita

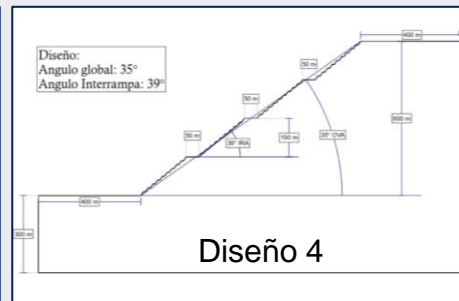
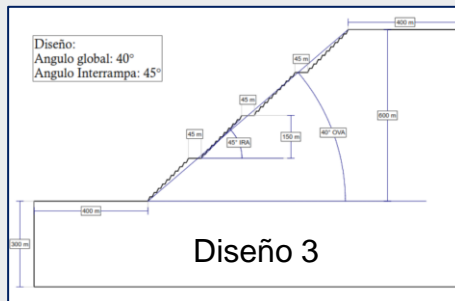
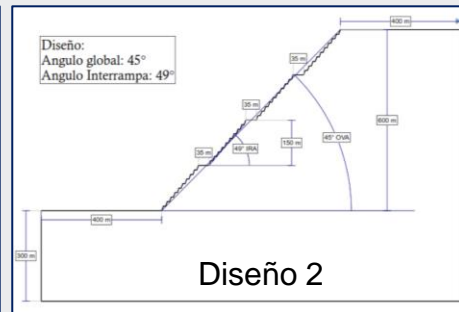
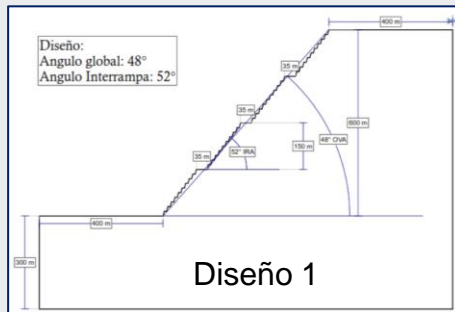
Resistencia Estimada	Min	Max	Media	1er Q	Mediana	3rd Q	Des Std
R0	14	22	17.1	14	17	19	3.2
R1	19	39	25.7	22	25	29	3.7
R2	18	53	35.9	31	35	40	6.6
R3	24	89	53.4	42	51	62	13.5
R4	45	92	75	67	77	84	11.6

DIORITA - POBLACIÓN POR RESISTENCIA ESTIMADA



CRITERIOS DE DISEÑO ANALIZADOS

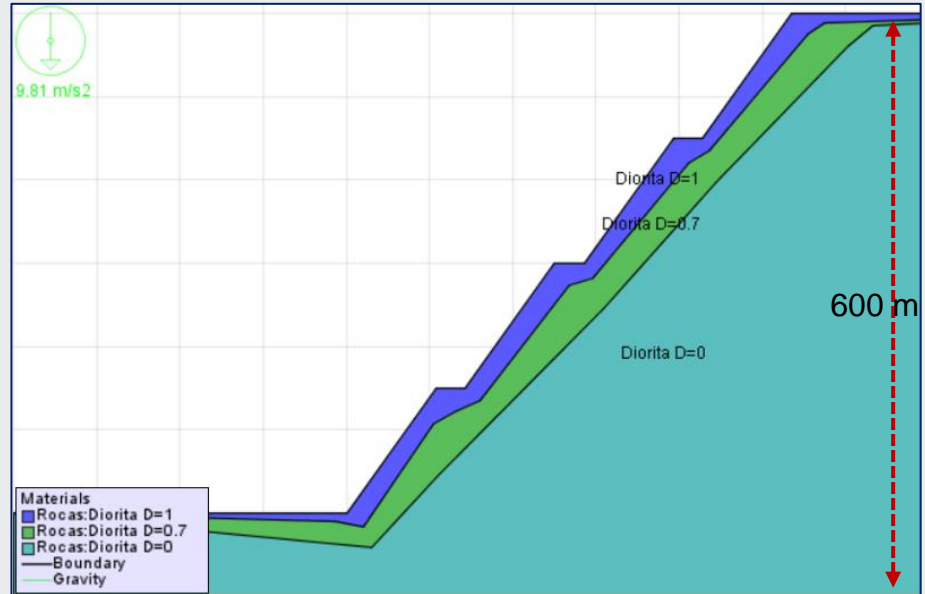
Parametros	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4
Altura Total (m)	600	600	600	600
OVA (°)	48.2	45.3	40.5	35
Altura Interampa (m)	150	150	150	
IRA (°)	52.5	49.2	45	39
Ancho Rampa (m)	35	35	45	50
BFA (°)	75	65	65	55
Catch Bench (m)	7.5	7.5	8	8



MODELO GEOTECNICO – FLAC/SLOPE v8.1

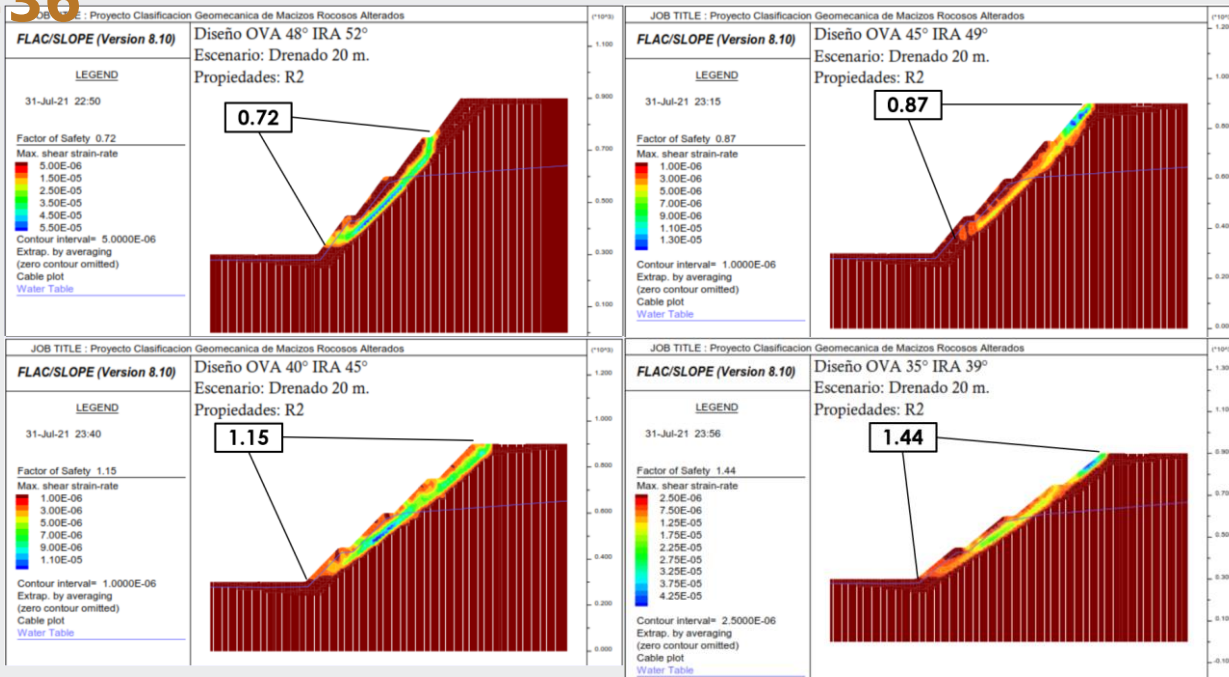
FACTOR DE DISTURBANCIA

- D = 1; franja de 20m.
- D = 0.7; franja de 30m.
- D = 0; > a 50m.



RESULTADOS DE FACTOR DE SEGURIDAD - RMR

R2=36



Conclusiones y Recomendaciones:

1. La aplicación de la resistencia estimada en la caracterización geomecánica permite determinar que el 39% de la población de la base de datos geomecánica corresponde a macizos rocosos alterados, un 55% de la población corresponde a macizos rocoso de regular calidad y finalmente el 6% de la población corresponde a macizos rocoso de buena calidad.
2. Los análisis estadísticos para definir las unidades geotécnicas muestran que los cruces del RMR y el criterio de resistencia estimada del ISRM para cada unidad litológica, ha permitido obtener una mejor diferenciación de los macizos rocosos alterados.
3. El análisis de estabilidad de los macizos rocosos alterados obtuvo que un 54% de los 72 modelos geotécnicos evaluados no cumple con el criterio de aceptabilidad, de los cuales, varios corresponden a los diseños 1 y 2 y condiciones de agua saturados.
4. El porcentaje de los factores de seguridad que cumplen con el criterio de aceptabilidad para el diseño 4 es de 67%, para el diseño 3 es de 50 %, finalmente para los diseños 2 y 1 es de 33%.
5. De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda incluir el criterio de resistencia estimada ISRM 1981 en el procedimiento de logeo y mapeo geomecánico de las investigaciones geotecnicas, estas investigaciones deben de realizarse en forma continua para validar la estabilidad los diseños mineros de fases, budget y por año.

Nosotros los Profesionales de la Industria Minera:

Aplicando los estándares y políticas de gobernanza en armonía con el uso de tecnología e innovación.

Tenemos que asegurar la continuidad del negocio minero, cumplimiento de planes, priorizando la...

SEGURIDAD DE LAS PERSONAS Y EQUIPOS.



CONSTRUYENDO
JUNTOS UN
PERÚ MEJOR



FORO DE
TECNOLOGIA
INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD



MINERIA 4.0

GESTION DE RIESGOS GEOTECNICOS E HIDROGEOLOGICOS

