

Anejo IV. Clasificación Geomecánica VSR (Volcanic Slope Rating).

IV.1. Origen de la Clasificación

El origen volcánico de las islas de la Macaronesia le confiere a sus macizos unas características geotécnicas bien diferenciadas de las que presentan los constituidos por materiales sedimentarios y metamórficos de otras regiones del mundo. Por este motivo, ninguna de las clasificaciones geomecánicas empleadas habitualmente tienen una adaptación eficiente a sus peculiaridades geológicas entre las que cabe destacar por su relevancia y especial incidencia:

- En el ámbito geomecánico, su heterogeneidad litológica y estructural, con alternancias de materiales de diferente competencia localizados en extensiones laterales, en ocasiones, muy reducidas
- En el ámbito geoestructural, la presencia de discontinuidades y sistemas de fracturación muy distintos debido a su génesis diversa así como de huecos y cavidades.

Las clasificaciones tradicionales sufren desajustes en macizos lávicos porque la roca matriz suele presentar una resistencia muy elevada que no influye de manera excesiva en la resistencia global del macizo debido a que el factor más determinante en este aspecto es la presencia de discontinuidades y heterogeneidades cuyas características y dirección resultan muy complejas de determinar debido a que una parte importante de ellas tienen origen térmico.

En cambio en los macizos piroclásticos, la influencia de las discontinuidades es escasa y la resistencia de la roca matriz es un parámetro muy poco concluyente debido a que este material, al estar conformado por una estructura de partículas no presenta un comportamiento predecible mediante un modelo continuo convencional.

Estas razones justifican la necesidad de disponer de herramientas específicas para poder determinar de una forma más adecuada la calidad del macizo rocoso volcánico y, en su caso, analizar el riesgo de un talud excavado en el mismo.

IV.2. Los parámetros de la Clasificación Geomecánica VSR

Esta clasificación presenta parámetros específicos para cada una de las tres tipologías en que se pueden clasificar los taludes de roca volcánica de la región: homogéneos formados por lavas, heterogéneos y homogéneos formados por piroclastos y escorias. La clasificación tiene aplicación en cada uno de ellos empleando cinco parámetros:

IV.2.1 Resistencia de la roca. La resistencia de la matriz rocosa y el grado de soldadura de los piroclastos vienen a tener una influencia similar en el comportamiento de estas dos tipologías de talud por lo que se han agrupado en un campo denominado “Resistencia de la roca”. La resistencia de la matriz rocosa se clasifica con el mismo criterio que el RMR (Bieniawski, 1989), con un rango que va desde <25 MPa a >250 MPa, mientras que el grado de soldadura de los piroclastos se clasifica en función de la dificultad que presente el material a la separación de sus partículas, ya sea manual o con un martillo de geólogo. En el caso de taludes heterogéneos se debe realizar la determinación para cada tipo de material y optar por tomar el valor que caracterice los estratos más débiles ya que serán éstos los que determinen la estabilidad del talud.

En el Cuadro IV.1 se definen los cinco rangos de resistencia propuestos en la clasificación. La primera fila es de aplicación a los taludes, o los estratos de taludes, formados por roca dura y la segunda a los formados por piroclastos.

Cuadro IV.1. Resistencia de la roca.

Matriz rocosa	> 250	250-100	100-50	50-25	< 25
Grado de soldadura del material granular	No pueden ser separados	Se separan con dificultad con la punta del martillo	Se separan al rasparlos con la punta del martillo	Se separan con dificultad con la mano	Se separan fácilmente con la mano

IV.2.2 Tamaño de bloque. Este parámetro representa el grado de fracturación del macizo rocoso que afecta a su estabilidad en cuanto que un talud será más inestable cuanto más fracturado esté. En el Cuadro IV.2 se definen los cinco tamaños de bloque empleados en la clasificación. Cuando se estudien taludes con grados de fracturación heterogéneos, será conveniente utilizar los valores más bajos observados que sean

representativos del talud con el fin de ofrecer un cierto margen de seguridad en el diagnóstico.

Cuadro IV.2. Tamaño de bloque.

VB m³	>10 m ³	0,2-10 m ³	0,01-0,2 m ³	0,0002-0,01 m ³	<0,0002 m ³
-------------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------	----------------------------	------------------------

IV.2.3 Características de las discontinuidades. Se deben valorar las características más determinantes de las discontinuidades desde el punto de vista del comportamiento geomecánico del macizo como son la **rugosidad, continuidad y apertura** de las juntas. En el Cuadro IV.3 se definen las cinco variables empleadas para valorar cada una de ellas. De la misma manera que en el caso del volumen de bloque cuando los taludes muestren configuraciones heterogéneas de estos parámetros sería recomendable optar por el valor más bajo.

Cuadro IV.3. Características de las discontinuidades.

Rugosidad de las juntas	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Plana
Continuidad de las juntas (m)	< 1	1-3	3-10	10-20	> 20
Apertura de las juntas (mm)	cerrada	< 0,1	0,1-1	1-5	> 5

IV.2.4 Índice de Heterogeneidad (IH). Representa la existencia en un mismo macizo de capas con características geomecánicas diferentes, tanto en resistencia como en deformabilidad y susceptibilidad a la erosión. Un índice de heterogeneidad elevado es un síntoma de que el talud evolucionará a peor desde el punto de vista de la estabilidad, dada la diferente susceptibilidad a la erosión de los materiales que lo conforman. Además de que, ya por sí mismos, los planos de contacto entre diferentes materiales suponen zonas de debilidad en el macizo.

Para valorar la heterogeneidad del macizo de forma global, sobre todo teniendo en cuenta la aplicación de la clasificación en taludes, se propone una expresión sencilla que relaciona el número de alternancia de materiales presentes en un talud con su altura.

$$IH = \frac{N^{\circ} \text{decambios de material} * 100}{\text{Altura del Talud}} \quad (IV.1)$$

Igual que en los parámetros anteriores en el cuadro IV.4 se han definido cinco rangos de valores que se emplearán para aplicar la clasificación VSR.

Cuadro IV.4. Índice de heterogeneidad del macizo.

0	1-35	35-70	70-100	> 100
---	------	-------	--------	-------

IV.2.5 Índice de Regularidad (IR) de la superficie. Este parámetro refleja dos aspectos muy importantes en la litología de las rocas volcánicas: la erosionabilidad de las capas y la presencia de huecos. Estos últimos referidos tanto a cavidades volcánicas como a viseras por erosión.

Es un parámetro muy relevante ya que los taludes que presentan una irregularidad elevada se muestran muy inestables al haber muchos bloques y viseras descalzados. El Cuadro IV.5 muestra las distintas observaciones a tener en cuenta para definir este índice.

Cuadro IV.5. Índice de regularidad.

Muy regular	Regular	Irregular	Bastante irregular	Muy irregular
Superficie lisa, sin capas erosionables ni huecos o viseras	Pocas irregularidades algunos huecos o viseras de profundidad <25 cm Alguna capa algo erosionable	Bastantes huecos o viseras de 25 a 50 cm de prof. Varias capas susceptibles a la erosión.	Más del 50% del taud ocupado por huecos, cavidades o viseras de 50 cm a 1m. Algunas capas con alta susceptibilidad a la erosión	Más del 50% del talud ocupado por cavidades o viseras de profundidad >1m Muchas capas con alta susceptibilidad a la erosión.

IV.3. Aplicación de la Clasificación Geomecánica VSR

El objetivo de la clasificación es obtener el grado de estabilidad de un talud de manera sistemática, rápida y facilitar que el resultado del diagnóstico sea adecuado e independiente de la subjetividad del técnico que realice la inspección.

Todas las características del talud mencionadas anteriormente que conforman la Clasificación Geomecánica VSR se recogen en el Cuadro IV.6 que muestra la clasificación completa en la que se asigna una ponderación a cada una de las variables en función del grado en que el técnico defina cada uno de los parámetros observados.

Es decir que, a partir de la toma de datos de campo se deberá valorar el grado de cada uno de los parámetros que definen el talud y sumar los puntos correspondientes a cada uno de ellos con lo que finalmente se obtendrá un total que tendrá una equivalencia con el grado de estabilidad del talud o ladera. El grado de estabilidad tiene una configuración similar al RMR de forma que se le han asignado valores entre I y V, representando el primero el mayor grado de estabilidad y siendo V el valor pésimo.

Cuadro IV.6. Clasificación geomecánica.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA PARA TALUDES EN ROCAS VOLCÁNICAS (VSR)						
Resistencia de la roca	Matriz rocosa	> 250	250-100	100-50	50-25	< 25
	Grado de soldadura del material granular	No pueden ser separados	Se separan con dificultad con la punta del martillo	Se separan al rasparlos con la punta del martillo	Se separan con dificultad con la mano	Se separan fácilmente con la mano
	Puntos	13	8	5	2	0
Tamaño del bloque	VB m ³ (cubo de lado cm)	>10 m ³ (200 cm)	0,2-10 m ³ (200 cm)	0,01-0,2 m ³ (200 cm)	0,0002-0,01 m ³ (200 cm)	<0,0002 m ³ (200 cm)
	Puntos	4	3	2	1	0
Características de las discontinuidades	Rugosidad de las juntas	Muy rugosas	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Plana
	Puntos	12	8	5	2	0
	Continuidad de las juntas (m)	< 1	1-3	3-10	10-20	> 20
	Puntos	16	12	8	4	0
	Apertura de las juntas (mm)	cerrada	< 0,1	0,1-1	1-5	> 5
Puntos	16	12	8	4	0	
Índice de heterogeneidad (IH)		0	1-35	35-70	70-100	> 100
	Puntos	6	4	2	1	0
Índice de regularidad (IR)		Muy regular	Regular	Irregular	Bastante irregular	Muy irregular
	Puntos	40	30	20	10	0
Total		100-80	80-60	60-40	40-20	20-0
Grado de estabilidad		I	II	III	IV	V
ESTABLE ←—————→ INESTABLE						

Un talud con grado de estabilidad V será aquel en el que se ya se este desencadenando o se haya producido algún fenómeno importante de inestabilidad.

En un talud de grado de estabilidad IV existirán evidentes signos de inestabilidad como: bloques caídos de gran tamaño, bloques en situación inestable en la ladera, importantes grietas en coronación, signos de eventos recientes de rotura.

Con grado de estabilidad III se designarán aquellos taludes que presenten algún tipo de inestabilidad de escasa o media importancia como: bloques caídos de tamaño decimétrico, o presencia de paquetes en voladizo.

El grado de estabilidad II será el que presenten los taludes estables, sin ningún signo de inestabilidad importante, más allá de leves acumulaciones de depósitos finos en su pie.

El grado de estabilidad I será asignado a taludes totalmente estables, sin ningún signo de estabilidad visible ni depósitos de ningún tipo en su pie. Estos taludes no presentarán bloques sueltos ni caídas, incluso ligeras, de cantos.