

# Caracterización geomecánica y análisis de la estabilidad del talud sur del macizo rocoso de Monteagudo (Murcia, España)

## *Geomechanical characterization and analysis of rock mass stability of the south talus of Monteagudo (Murcia, Spain)*

Andrés Mira<sup>1</sup>, Antonio Alcántara<sup>2</sup> y Fernando Gutiérrez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consultor, Apartado 135, 30520-Jumilla, Murcia, España. geoandres@outlook.com

<sup>2</sup> AG Soil, Av. Primo de Rivera 13, Enlo. B. 30008-Murcia, España. ag.soil@gmail.com

### ABSTRACT

The rock mass of Monteagudo has been studied by conducting a detailed geological mapping and description of families of joints to know the most likely type of failure, which in this case is the planar type. Also we have calculated the value of Slope Mass Rating (SMR) using continuous functions. From the result obtained, planar failure is not probable but wedge failure may occur, especially if one considers the seismic action.

**Key-words:** Monteagudo, rock mass, discontinuities, slope Mass Rating, Planar failure.

### RESUMEN

Con el objetivo de conocer el grado de estabilidad del macizo rocoso de Monteagudo (Murcia) y el potencial peligro de desprendimiento de rocas en su talud sur, se ha realizado un estudio de estabilidad del mismo usando las técnicas geológicas de cartografía detallada, determinación de las características necesarias para su clasificación geomecánica según el criterio del Slope Mass Rating (SMR) y análisis de la orientación de las juntas. Han sido definidos cuatro familias de juntas en un macizo rocoso de buena calidad. No es probable que se produzca rotura de tipo planar, aunque sí de tipo en cuña, pero de manera esporádica y aislada máxime cuando se sitúa en zona sísmica.

**Palabras clave:** Monteagudo, macizo rocoso, discontinuidades, Slope Mass Rating, Rotura Planar.

*Geogaceta*, 54 (2013), 151-154.  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 29 de octubre de 2013  
Fecha de revisión: 25 de abril de 2013  
Fecha de aceptación: 24 de mayo de 2013

## Introducción

Es bien sabido que todas aquellas rocas sometidas a la acción de los agentes atmosféricos sufren una cierta degradación que merma sus propiedades geomecánicas. Las características intrínsecas de cada afloramiento son el reflejo de la actividad tectónica de la zona y de la propia naturaleza rocosa del lugar, (González de Vallejo *et al.*, 2002). Estas consideraciones, junto con las acciones gravitatorias y sísmicas, pueden dar lugar a una serie de inestabilidades que constituyen riesgos geológicos potenciales cuando afectan a actividades humanas (Alonso-Chaves *et al.*, 2008).

La zona estudiada se sitúa a 3 km al noroeste de la ciudad de Murcia (Fig. 1A) configurando un relieve aislado en el borde norte del valle del río Segura a cuyo pie se ubica la localidad de Monteagudo.

Se pretende en este estudio: a) conocer la geología de detalle del macizo rocoso, b) describir el número de juntas y su orientación, c) determinar el tipo de rotura más probable de los bloques rocosos, e) clasificar geomecánicamente el macizo rocoso. Finalmente, con todos los datos extraídos se efectúa una evaluación de la posibilidad de rotura y desprendimiento de los bloques de roca hacia la zona habitada.

## Características geológicas

Desde el punto vista geológico, la zona objeto de estudio se encuadra en el Dominio Alpujárride, perteneciente a las Zonas Internas de la Cordillera Bética (Vera, 2004). La columna litológica de Monteagudo consta de un primer tramo basal compuesto por metapelitas, cuarcitas y esquistos de colores claros. Presentan una clara estratifica-

ción y, hacia techo, son patentes muchos pliegues y micropliegues. Se trata de un sedimento depositado en un medio continental o marino proximal, de edad Permo-Triásica. Destaca la presencia de una intercalación o dique de roca subvolcánica (gabro) de textura ofítica y color verde característico con mineralizaciones de hematites de hábito especularítico y un característico color metálico brillante. La potencia de este primer nivel es mayor de 50 m, no apreciando su nivel de base en el cerro de Monteagudo, aunque sí en la sierra de Orihuela (Martín-Rojas *et al.*, 2007). Por encima se reconoce un paquete de transición formado por calcoesquistos de edad Landiense, de colores amarillentos con intercalaciones de filitas azules, una capa característica de dolomías azules y niveles calcáreos con nódulos de sílex negro. Su potencia varía lateralmente, habiendo medido al menos 10 m en la cara

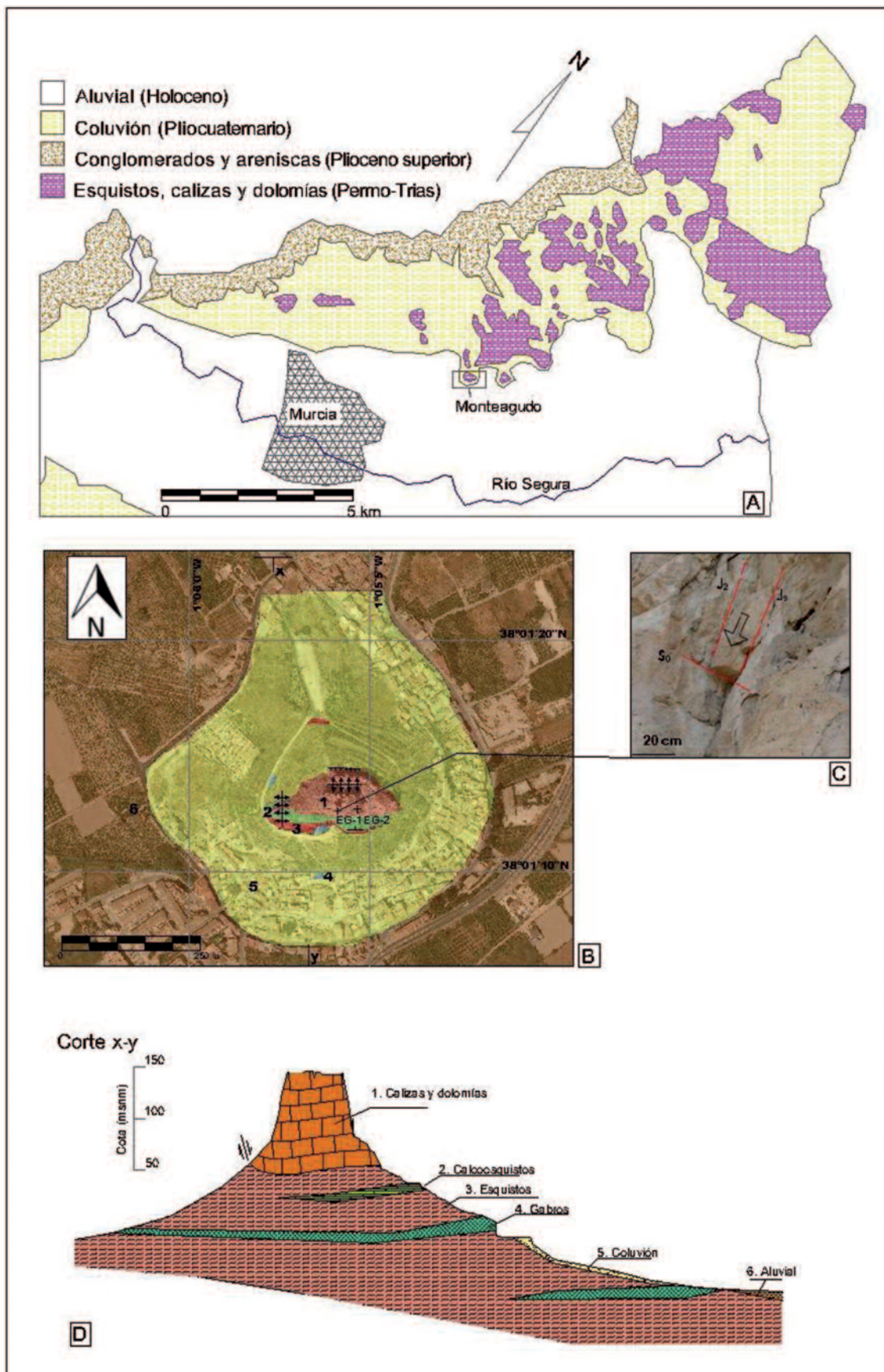


Fig. 1.- A) Esquema geológico regional, modificado de Tomás *et al.* (2010). B) Mapa geológico de detalle. C) Fotografía de la estación geomecánica EG-1. Obsérvese el descalce favorecido por la estratificación D) Corte geológico x-y.

Fig. 1.- A) Regional geological frameworks, modified from Tomás *et al.* (2010). B) Geological map. C) Picture of geomechanics station 1. The fall is favored due the stratification. D) Cross section x-y.

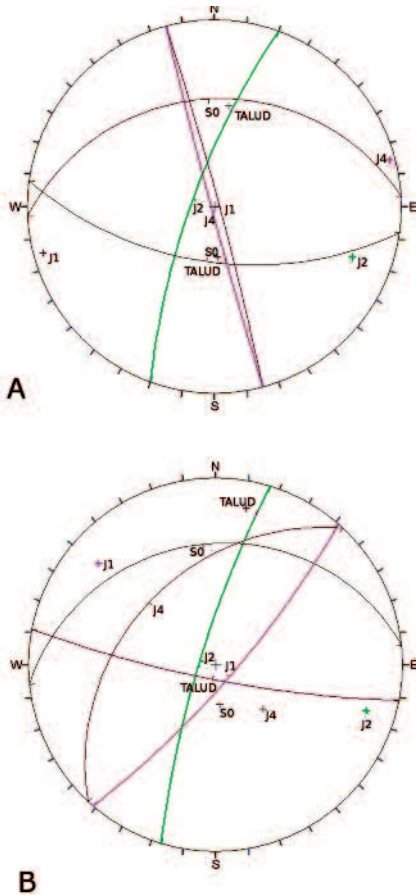


Fig. 2.- Diagramas de planos y polos de las estaciones geomecánicas 1 (A) y 2 (B).

Fig. 2.- Diagrams of planes and poles of geo-mechanical stations 1 (A) and 2 (B).

suroeste del cerro. De manera puntual puede contener yesos que provocan la aparición de concreciones y eflorescencias blancas en superficie.

Debido a la milonización, que han sufrido para adecuarse a los esfuerzos tectónicos, y a su propia naturaleza, rica en filosilicatos, los calcoesquistos han sido erosionados más fácilmente que las dolomías, proporcionando un relieve alomado.

Finalmente, se sitúan unas calizas dolo-míticas de color gris azulado, con 43 m de potencia medida. Sus estratos son de tamaño métrico bien definidos. En las zonas de menor pendiente, se ha desarrollado una incipiente kastificación debida a la disolución de la matriz carbonática por acción de aguas saturadas en dióxido de carbono. El muro de esta capa, en su contacto con el nivel de transición infrayacente, muestra estructuras de corrientes, siendo un contacto neto. Los primeros 5 m presentan un aspecto muy poroso (travertínico) y son de color rojizo, apreciándose en los bancos más compactos una típica laminación algar.

Desde la mitad de la serie, las calizas y dolomías están marmorizadas y en la zona superior aparecen intercaladas capas de margas blancas entre las dolomías, en una clara tendencia de profundización de la serie.

La estructura tectónica del cerro es un gran sinclinal de dirección aproximada E-W, con un flanco sur fallado que pone en contacto las dolomías marmorizadas con los calcoesquistos amarillentos de la serie de transición. Con dirección N-S se dispone otra serie de pliegues menores en la zona más oriental (Figs. 1B y 1C

### Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Se han levantado dos estaciones geomecánicas en el talud sur del cerro. Con los datos obtenidos se ha llevado a cabo una representación estereográfica de los planos y polos medidos (Fig. 2). En total se han reconocido cuatro juegos de planos presentes en el talud investigado:  $S_0$ ,  $J_1$  y  $J_2$ ,  $J_3$  y  $J_4$ . Constituyen los planos de debilidad principales, los cuales, al interferir en el espacio, producen la individualización de bloques rocosos.

El primero de ellos corresponde con la estratificación ( $S_0$ ) con una dirección de buzamiento  $356^\circ (\pm 1^\circ)$  y un buzamiento entre  $25^\circ$  y  $31^\circ$ . La familia de juntas  $J_1$  y  $J_2$  son planos conjugados de buzamiento prácticamente subvertical (entre  $74^\circ$  y  $89^\circ$ ) y direcciones de buzamiento medio de  $103^\circ$  para las juntas  $J_1$  y  $291^\circ$  para las  $J_2$ . El juego de fracturas  $J_3$  es el que conforma el talud natural del escarpe. Su inclinación varía de unos puntos a otros de tal forma que en las zonas con menos pendiente el buzamiento medido ha sido de  $58^\circ S$ , superando los  $80^\circ S$  en la mayoría del talud. Su orientación es prácticamente E-W (dirección de buzamiento  $190 \pm 2^\circ$ ). El grupo de juntas denominado  $J_4$ , tiene una persistencia menor dentro del macizo rocoso. Su continuidad y desarrollo es muy limitado, con planos de menos de 10 m de longitud y espaciados muy variables (de menos de 1 m hasta más de 10 m, no intersectando ninguna discontinuidad). La orientación de la dirección de buzamiento es de  $300^\circ$  y con su buzamiento variable entre  $39^\circ NW$  y  $80^\circ NW$ .

El índice volumétrico de juntas,  $J_v$  obtenido ha sido 45 para los gabros verdosos y de 13 a 17 en el resto de materiales.

La abertura de las discontinuidades varía en función de la familia analizada y,

sobre todo, desde la superficie hacia el interior. Así, en los planos de estratificación varía desde 200 mm hasta menos de 0.1 mm en los primeros 20 o 30 cm desde la superficie del terreno. El mismo hecho acaece en el resto de familias de planos, aunque en éstos las aberturas sólo llegan a estar cerradas 0.1 mm.

El relleno de las discontinuidades está constituido por capas de calcita, aunque en las zonas con vegetación cercana hay pequeñas zonas de discontinuidades rellenas con limos y gravas rojizas. El espesor de estas capas de calcita varía entre 0.1 y 200 mm pudiendo haber zonas con un engrosamiento del mismo y superar los 2 cm. Su dureza varía según el grado de alteración entre roca moderadamente dura y roca muy dura.

No hay filtraciones en el macizo. Solamente se produce una circulación de agua de lluvia a través de los planos de debilidad produciendo una ligera precipitación de óxidos de hierro y manganeso que origina leves pátinas de tonos marrones. Este hecho es más patente en las zonas inferiores del cerro, allí donde la pendiente del terreno es menor. No afecta a la zona de rocas carbonatadas.

La alteración de las rocas se puede clasificar en grados del I (menos alterados) al V o VI (más alterados) según la clasificación de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1978), habiendo determinado que el grado de alteración del macizo es tipo II, levemente meteorizado.

A partir de los datos de la Tabla I, el macizo rocoso ha sido clasificado como Bueno (Tipo II), según su RMR básico, *rock mass rating*, (Beniawski, 1989). Se trata de un macizo rocoso duro, relativamente poco fracturado, sin filtraciones de importancia y débilmente meteorizado (González de Vallejo *et al.*, 2002). El valor corresponde al RMR básico calculado a partir de funciones continuas (Sen y Sadagah, 2003; Tomás *et al.*, 2004a,b, 2006), que tiene la ventaja de eliminar las posibles variaciones debidas a la subjetividad del observador.

A partir del RMR básico se estima el índice SMR (*Slope Mass Rating*; Romana, 1985), que define unos factores de ajuste por orientación de las discontinuidades y según el tipo de excavación que se realizará o si se trata de un talud natural. Se utilizaron para su determinación las expresiones ajustadas por Tomás *et al.* (2006) para poder ser calculadas mediante funciones

continuas. Los valores calculados han sido de 67 puntos para una rotura por vuelco, que equivaldría a una clase de estabilidad buena tipo II, y entre 37 y 67 para rotura planar (Tabla II). Estos datos no son desdeñables ya que la zona estudiada se encuentra ubicada en una zona de riesgo sísmico con una aceleración sísmica básica  $a_b = 0.15g$  (NCSE-02).

Propiedad	Resultado medido
Resistencia a compresión simple	105 MPa
RQD	76
Separación entre juntas	0,53 m
Estado de las juntas: Continuidad	Persistente a Subpersistente
Apertura	2– 12 mm
Rugosidad y relleno	Rugosa - Ligeramente rugosa. Relleno duro
Meteorización	Ligeramente alterada
Flujo de agua en las juntas	Seco
<b>RMR básico</b>	<b>67</b>

Tabla I. Valoración de parámetros para la clasificación RMR básico.

Table I. Values used in basic RMR classification.

### Análisis cinemático de estabilidad

Los diferentes tipos de rotura estarán condicionados por las características de fracturación del macizo rocoso, es decir, la orientación, tipo y características de las discontinuidades, y el grado de rotura y disgregación del mismo (Bieniawski, 1989). En este caso, al tratarse de un macizo rocoso duro, la situación de los planos de rotura estará determinada por las discontinuidades.

La orientación del plano del talud respecto a la de cada discontinuidad indica que no se produciría rotura de tipo planar al no cumplirse las condiciones para que se produzca: a) la discontinuidad ha de aflorar en la superficie del talud y debe penetrar en el talud individualizando un

bloque, siendo el ángulo del talud mayor que el del buzamiento de las discontinuidades; b) la dirección del plano ha de ser subparalelo al talud y c) el buzamiento de la discontinuidad ha de ser mayor que su ángulo de rozamiento interno. Tampoco se produciría rotura por cuña ya que las líneas de intersección entre los distintos planos inclinan en sentido opuesto al talud. Este hecho no se cumple cuando la pendiente del talud supera al buzamiento del juego de discontinuidades  $J_3$  y existe algún descalce debido a heterogeneidades litológicas favorecida por la familia  $S_0$  (Fig. 1 C).

Discontinuidad	SMR planar	SMR vuelco
$S_0$	41	67
$J_1$	67	67
$J_2$	65	67
$J_3$	38	67
$J_4$	37	67

Tabla II. Valor calculado del SMR para rotura plana y por vuelco.

Table II. Calculated SMR values for planar and toppling failure.

### Conclusiones

El cerro de Monteagudo está formado por una serie de materiales metamórficos y volcánicos que, de techo a muro son: esquistos y calcoesquistos con intercalaciones de gabros y por encima unas calizas dolomitizadas. Éstas últimas conforman un relieve abrupto en el que se han descrito cuatro familias de discontinuidades cuyo estudio ha permitido conocer que el tipo de rotura más probable será por cuña. Según las clases de estabilidad definidas por Romana (1985), para los valores de SMR obtenidos, no es probable la ocurrencia de roturas planas aunque pudieran producirse esporádicamente desprendimientos por rotura en cuña, como así ha sido puesto de manifiesto.

Una futura investigación debería centrarse en estudiar la trayectoria de una hipotética caída de bloques para un posterior diseño de medidas correctoras o de contención.

### Agradecimientos

Se agradece al Dr. Iván Martín Rojas por sus comentarios sobre la geología del afloramiento y a un revisor anónimo por sus comentarios.

### Referencias

Alonso-Chaves, J.M., García-Navarro, E., Camacho, M.A. y Mantero, E.M<sup>a</sup>. (2008). *Geogaceta* 44, 43-46.

Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classification*. Wiley, Chichester, 251 p.

González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Ed. Pearson, Madrid, 744 p.

ISRM (1978). *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 15, 319–368.

Martín-Rojas, I., Estévez, A., Martín-Martín, M., Delgado, F. y García-Tortosa, F.J. (2007). *Journal of Iberian Geology* 33. 311-318

NCSE-02 (2002). *Norma de construcción Sismo-resistente*. Real Decreto 977/2002, 27 de septiembre. 244 p.

Romana, M. (1985). En: *International Symposium of the role of rock mechanics ISRM Proceedings*, 49-53.

Sen, Z. y Sadagah, H. (2003). *Engineering Geology* 67, 269-280

Tomás, R., Cuenca, A. y Delgado, J. (2004a). *Ingeniería Civil* 133, 89-100.

Tomás, R., Cuenca, A. y Delgado, J. (2004b). *Ingeniería Civil* 134, 17-24.

Tomás, R., Cano, M., Cañaveras, J.C., Cuenca, A., Delgado, J., Estévez, A. y Pina, J.A. (2006). *Revista de la Sociedad Geológica* 19, 87-97.

Tomás, R., Herrera, G., Delgado, J., López-Sánchez, J.M., Mallorquí, J.J. y Mulas, J. (2010). *Engineering Geology* 111, 19-30.

Vera, J.A. (Ed.) (2004). *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 890 p.