

ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS EN INESTABILIDADES DE TALUDES CON LITOLOGÍAS CARBONATADAS TIPO FLYSCH DE LA PROVINCIA DE ALICANTE

Miguel CANO^{1*}, Roberto TOMÁS¹ y Javier GARCIA-BARBA¹

¹ Departamento de Ingeniería Civil
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Alicante

RESUMEN

El Surco Flysch Alicante-Villajoyosa constituye una zona densamente poblada por la que discurre el trazado de las tres principales vías de comunicación de la provincia de Alicante. Esta área presenta una gran complejidad sedimentológica y tectónica, existiendo una gran heterogeneidad de afloramientos. Por otra parte, para poder recomendar medidas de actuación tendentes a corregir o prevenir inestabilidades en taludes resulta imprescindible poder identificar y caracterizar dichos mecanismos de inestabilidad. En el presente trabajo se han inventariado 194 taludes, que han sido caracterizados geomecánicamente, atendiendo especialmente al tipo de mecanismo de inestabilidad observado. Una vez identificados y caracterizados los mecanismos de inestabilidad, se han inventariado los sistemas de estabilización, analizando su idoneidad, su comportamiento, y si es el caso, las causas del mal funcionamiento de la medida adoptada. Como resultado de este trabajo, se propone una guía de recomendaciones de medidas correctoras que permitan ser adoptadas para las diferentes situaciones existentes.

1. INTRODUCCIÓN

Las litologías aflorantes en la zona de estudio pertenecen a la serie paleógena denominada *Surco Flysch El Campello-Villajoyosa* (Leret-Verdú, 1976 y Colodrón, 1980). Dicha serie se extiende por el litoral y prelitoral alicantino, al Norte de la ciudad de Alicante, entre las localidades de Aigües y Busot en el interior y Villajoyosa y Benidorm en la costa, ocupando una zona densamente poblada (> 200 habitantes por kilómetro cuadrado; IGN, 2012) por la que discurre el trazado de las tres principales vías de comunicación de la provincia (la autopista AP-7, la carretera N-332 y la línea de ferrocarril Alicante-Denia. Las vías de comunicación, intersectan la topografía, muy abrupta en esta zona, generando numerosas

trincheras y taludes. Las inestabilidades generadas en los taludes provocan un elevado coste de mantenimiento de estas vías. Asimismo, la franja costera está dominada por la presencia de numerosos acantilados densamente urbanizados, afectados por episodios de inestabilidades, además del peligro que conlleva el uso lúdico de las numerosas calas asociadas a estos acantilados debido a los frecuentes desplomes de bloques de tamaño considerable.

Para poder recomendar medidas de actuación tendentes a corregir o prevenir inestabilidades en taludes resulta imprescindible poder identificar y caracterizar dichos mecanismos de inestabilidad. Si el estudio de este fenómeno es en general complejo, lo es aún más cuando se trata de macizos heterogéneos tales como los del Flysch. Es por ello, que en el presente trabajo se han inventariado 194 taludes, que han sido caracterizados geomecánicamente, atendiendo especialmente al tipo de mecanismo de inestabilidad observado. A través de esta caracterización semicuantitativa basada en la disposición espacial de las distintas litologías aflorantes en la zona de estudio, de su competencia, y de la relación geométrica entre la estratificación y el talud, se puede determinar, para un talud en concreto, el tipo o tipos de mecanismos de inestabilidad asociados (Cano y Tomás, 2013).

En este tipo de taludes heterogéneos es muy común que se generen inestabilidades derivadas de procesos de degradación. Sin embargo, no es habitual que los modos de fallo derivados de procesos de degradación y/o erosión diferencial en taludes heterogéneos tipo flysch se tengan en cuenta en los proyectos de vías de comunicación, quizás por considerarlos de menor entidad. Sin embargo durante la vida útil de la obra representan inversiones cuantiosas en mantenimiento, así como riesgos en la seguridad vial, pudiendo en ocasiones incluso desencadenar la ruina del propio talud, ya sea de modo gradual o súbito. Además estos procesos de degradación deben considerarse como modos de fallos *per se*.

Los mecanismos de inestabilidad inventariados son diversos y se han clasificado en seis grupos principales: caídas de rocas, deslizamientos planares, vuelcos, pandeos, deslizamientos rotacionales y desintegración con movilización particulada y erosión. Una vez identificados y caracterizados los mecanismos de inestabilidad atendiendo al criterio geomecánico anteriormente expuesto, se han inventariado los sistemas de prevención y corrección de dichas inestabilidades, analizando su idoneidad, su comportamiento, y si es el caso, las causas del mal funcionamiento de la medida adoptada. Tras un análisis de las medidas de estabilización y protección generales de los taludes rocosos, en el que se valora la idoneidad de su aplicación a este tipo de taludes, se propone una guía de recomendaciones de medidas correctoras *ad hoc* para estos taludes heterogéneos que permitan ser adoptadas para las diferentes situaciones existentes.

2. MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN EN TALUDES ROCOSOS

Las medidas correctoras de las inestabilidades, que se emplean en los taludes rocosos han sido objeto de estudio por parte de numerosos autores desde hace tiempo (e.g. Fookes and Sweeney, 1976; Hoek and Bray, 1981; Pierson, 1990; Romana, 1992; Wyllie and Mah,

2004; Andrew et al., 2011). En este apartado se hace un repaso a las medidas habitualmente adoptadas en taludes rocosos en general, sin abordar las características especiales de las litologías flyschoides, donde la bibliografía no es tan extensa (Šestanović, 1994; Uribe-Etxebarria et al., 2005; Arbanas et al., 2007; 2008).

La forma más habitual de clasificar las medidas de estabilización de taludes es diferenciar entre medidas de estabilización y medidas de protección (Wyllie and Mah, 2004). Las medidas estabilizadoras son activas y actúan sobre la causa de la inestabilidad, diseñándose para que ésta no se produzca. Sin embargo, las medidas protectoras son pasivas y su fin es minimizar el daño sobre personas, bienes y servicios cuando se produce la inestabilidad. La Figura 1 muestra 24 de las medidas correctoras más habituales.

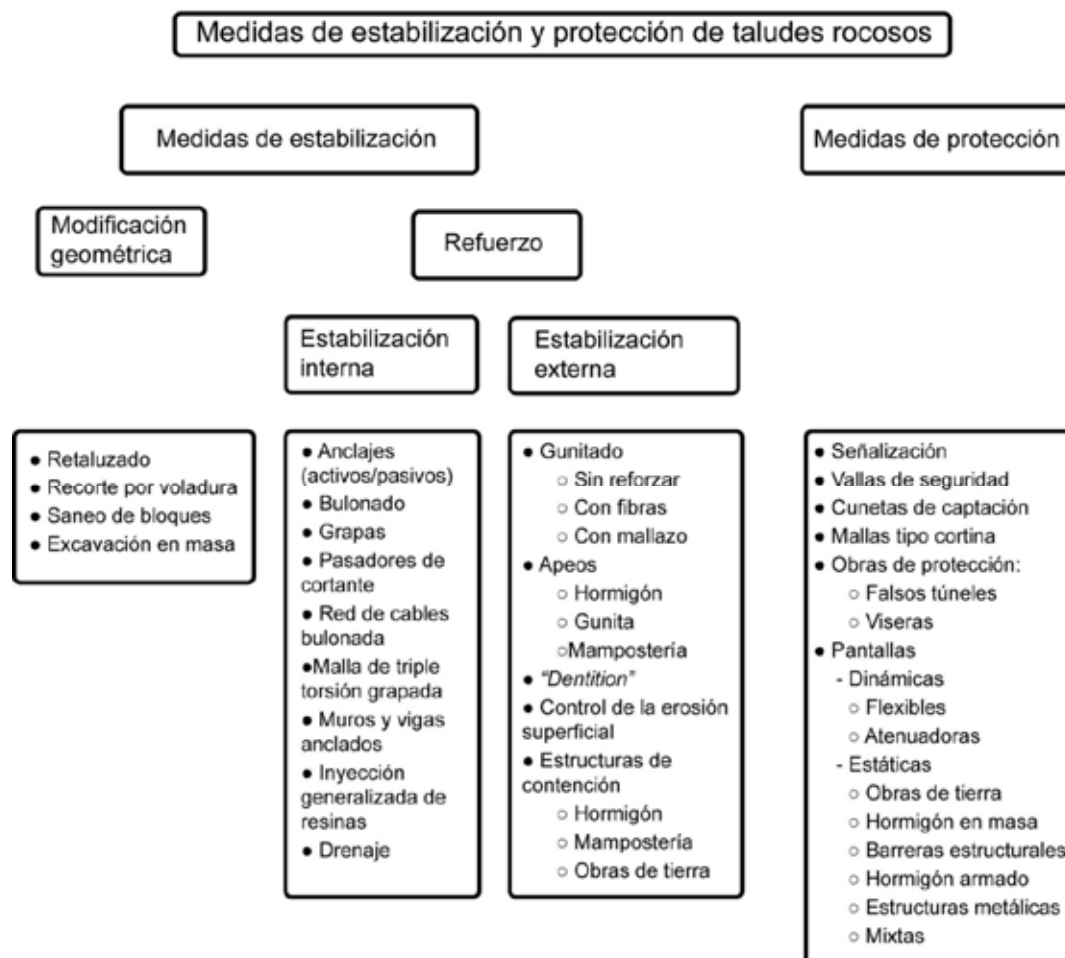


Figura 1. Medidas correctoras habituales en inestabilidades de taludes rocosos.

Sin embargo, también se puede clasificar este tipo de medidas según la fase de la obra en la que nos encontremos. Durante las fases de planificación, proyecto y construcción las

medidas adoptadas son preventivas, sin embargo durante la vida útil de la obra la implementación de medidas de estabilización de inestabilidades, las medidas son consideradas correctivas. La mayor parte de las medidas preventivas pasan por implementar sistemas de estabilización y protección, pero durante la fase de planificación o en las fases tempranas del proyecto se pueden aportar medidas, de nulo o bajo coste, tendentes a evitar el desarrollo de las inestabilidades.

3. CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La secuencia flyschoides de Alicante corresponde a una sedimentación de dominio pelágico, en la que predominan la alternancia de margas y calizas margosas tipo *mudstone* (hemipelagitas). La serie hemipelágica, que representa el *background*, se completa con intercalaciones de calcarenitas tableadas gruesas, calcarenitas tableadas finas, calcarenitas gruesas con estructura sinsedimentaria almohadillada (*pillow-beds*) (Roep y Everts, 1992) y depósitos caóticos tipo debritas y *mélanges* calcáreas.

Desde el punto de vista geomecánico, además de la identificación de las litologías, interesa establecer cuál es su competencia, pues los términos “litologías competentes” o “litologías poco competentes” son muy usuales en ingeniería (Cano y Tomás, 2013) y son empleados en este trabajo. En este sentido cabe destacar que en los afloramientos estudiados existe una gran diferencia, en cuanto a competencia se refiere, entre las litologías margosas y las calcáreas. Ello, unido a la disposición relativa en que afloran las distintas litologías, es un factor determinante en inestabilidades observadas.

Las columnas litológicas en los taludes y acantilados costeros estudiados son muy complejas, debido al alto número de combinaciones de litologías, de diversa competencia, que se han observado, presentando además una gran variabilidad. No obstante, es muy importante establecer una clasificación de las mismas, pues en función del tipo de columna litológica y de los condicionantes geométricos, que más adelante trataremos, se desencadenan diferentes tipos de inestabilidades. A partir de una columna general del Flysch de Alicante, se pueden definir 9 tipos de columnas tipo, que se dan, sobre todo, en taludes de pequeña y mediana altura. A medida que la altura aumenta, lo hace también, generalmente, la complejidad de la columna. En el caso de taludes formados por columnas muy complejas, que pueden considerarse como combinación de las columnas tipo, las inestabilidades asociadas serán la adición de las correspondientes a dichas columnas sencillas. La clasificación de estas columnas tipo, atendiendo al criterio de su relación con las inestabilidades observadas, es la siguiente:

Columna tipo 1: Alternancia de estratos de competencia moderada, baja y muy baja (margas y calizas margosas), con más del 50% del *set* de litologías margosas, aunque en ocasiones, se intercalan estratos de espesor centimétrico de calcarenitas tableadas finas.

Columna tipo 2: Paquete de potencia métrica a decimétrica de calcarenitas tableadas gruesas de espesor decimétrico sobre materiales mayoritariamente margosos de

competencia baja.

Columna tipo 3: Paquete de potencia métrica de calcarenitas con estructura *pillow-beds* de espesor decimétrico sobre materiales mayoritariamente margosos de competencia baja.

Columna tipo 4: Paquete de potencia métrica a decamétrica de materiales calcáreos de estructura caótica sobre materiales mayoritariamente margosos de competencia baja.

Columna tipo 5: Paquete de estratos de potencia centimétrica a decimétrica de calcarenitas tableadas finas de espesor centimétrico sobre materiales mayoritariamente margosos de competencia baja.

Columna tipo 6: Estrato o paquete de estratos de calcarenitas tableadas gruesas entre materiales mayoritariamente margosos.

Columna tipo 7: Alternancia de estratos de competencia media (calizas margosas) con margas L y H y estratos de calcarenitas tableadas gruesas.

Columna tipo 8: Materiales calcáreos con estructura caótica: debritas (en ocasiones con olistolitos), olistostromas, *mélanges* y otros.

Columna tipo 9: Calcarenitas tableadas gruesas.

Por último, y para poder entender completamente el comportamiento geomecánico de estos macizos, cabe destacar que los estratos que lo componen presentan una gran fracturación, siendo al menos dos las familias de discontinuidades que, junto a la estratificación, independizan el macizo en bloques paralelepípedicos, siendo además ésta última la familia la que gobierna principalmente los mecanismos de rotura observados.

Una exhaustiva caracterización de las columnas tipo se puede consultar en Cano y Tomás (2013).

4. DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS MECANISMOS DE INESTABILIDAD

Tal y como se ha comentado, para poder recomendar unas medidas correctoras *ad hoc* resulta imprescindible poder identificar y caracterizar previamente dichos mecanismos de inestabilidad. Los mecanismos de inestabilidad se han dividido en seis grupos principales: Caídas de rocas (tipo RF), deslizamientos planares (tipo PS), fallos por vuelco (tipo TF), fallos por pandeo (tipo BF), deslizamientos rotacionales (tipo RS) y *raveling* y erosión (tipo RE). El modo de fallo más general, presente en todos los taludes observados, es la caída de rocas (*rockfall*, RF). Aunque en general no se trata de movimientos que afectan a grandes masas, excepto el *rockfall* masivo (RF7), las inestabilidades se producen continuamente, obligando a un mantenimiento regular de los taludes, de las cunetas y de la propia calzada. Desde el punto de vista de su génesis, cabe distinguir entre inestabilidades originadas por descalce de bloques de litologías competentes, causado por la alteración y la movilización del material margoso infrayacente (tipos RF1 a RF5) y otros *rockfalls* que tienen un origen distinto de éste (RF6 y RF7). El tipo RF1, se refiere a desprendimientos de grandes bloques de calcarenitas tableadas gruesas. El tipo RF2

produce en taludes con presencia de calcarenitas tableadas finas u otros estratos competentes, de espesor milimétrico a centimétrico, sobre litologías alterables. En taludes con altura suficiente para que estén formados por paquete de depósitos caóticos o un set calcarenitas tableadas gruesas sobre sets de litologías alterables, se producen *rockfalls* tipo RF3. El tipo RF4 (*Rockfall* de pequeños bloques en depósitos caóticos) se produce en condiciones similares a la anterior, aunque por la elevada densidad de juntas de este tipo de litologías se desprenden bloques de tamaño decimétrico. En el tipo RF5 (desprendimientos laterales) los bloques no caen hacia el frente del talud, sino que lo hacen lateralmente, depositándose en su seno. Los desprendimientos tipo RF6 se producen sin socavamiento; los bloques, de dimensiones centimétricas a decimétricas, se independizan y caen debido a la existencia de grietas de tracción. Por último, el *rockfall* masivo (tipo RF7) es un modo de fallo que afecta a una gran masa del talud, separada de éste por algún plano de discontinuidad diferente a la estratificación, que se presenta subparalelo al talud.

El segundo grupo de mecanismos de rotura (tipo PS) está constituido por deslizamientos planares convencionales. Estos modos de fallo se han subdividido en función de las litologías presentes y de su posición relativa. Se ha realizado una primera división entre los deslizamientos planares sobre margas (PS1) de aquellos que no lo son. A su vez este primer grupo está subdividido en tres tipos: Tipo PS1.1 (Deslizamiento planar de bloques aislados) donde se producen deslizamientos de bloques de tamaño métrico de litologías competentes sobre materiales margosos, mientras que en el tipo PS1.2 (Deslizamiento planar de un paquete estratificado en series alternantes) los deslizamientos afectan a una gran masa del talud, donde se produce el movimiento de una masa compuesta por alternancia de materiales competentes y margosos sobre una capa margosa. También pertenece a esta clase un tipo particular de deslizamiento, el PS1.3 (Deslizamiento planar evolutivo). Este deslizamiento de litologías competentes sobre margas se produce tras incrementarse la pendiente del material infrayacente, degradado y movilizado por los agentes externos (e.g. erosión costera). Los dos últimos tipos de deslizamientos planares se producen cuando en el talud afloran prácticamente paralelos a él estratos de litologías calcáreas (PS2 y PS3), deslizamientos planares standard y con giro, respectivamente.

Los fallos por vuelco se han dividido en función de la dirección del movimiento: hacia la cara libre del talud (tipo TF1), vuelco lateral (tipo TF2), que se producen en taludes donde la estratificación es muy vertical y oblicua al talud con litologías competentes intercaladas entre litologías que se alteran y se movilizan, y contravuelcos (tipo TF3), que se desarrollan en condiciones cinemáticas de deslizamiento, cuando las litologías margosas infrayacentes son movilizadas y las capas competentes giran hacia el talud.

En las formaciones del Flysch de Alicante se han observado dos tipos de modo de fallo por pandeo (Tipo BF1 y BF2). El primer tipo (BF1) se produce en situaciones de paralelismo entre estratificación y talud en materiales calcáreos muy verticalizados sobre margas. Por otra parte, en condiciones de oblicuidad entre la estratificación y el talud y

con buzamientos muy verticales, en columnas litológicas tipo 6, cuando la meteorización actúa sobre los materiales margosos, el estrato o estratos calcáreos queda aislado, sin ningún contacto lateral, y se produce una inestabilidad por pandeo, similar al de un muro de mampostería sometido a su peso propio (Cano y Tomás, 2013). Tal y como se comentó anteriormente, existen tres juegos de discontinuidades principales (estratificación y otros dos juegos de diaclasas perpendiculares a la estratificación) que independizan los estratos en bloques paralelepípedicos. Es por ello que el pandeo general (tipo BF1) es el denominado *three-hinge buckling* (Tommasi et al., 2009; Alejano et al., 2011) en vez de Euler *buckling*. La misma incidencia tiene lugar en el pandeo tipo BF2 (pandeo tipo columna griega), donde la columna está formada por piezas (tambores).

En el área de estudio hemos observado dos tipos de deslizamiento rotacional (Tipos RS1 y RS2). El primero, deslizamiento rotacional tipo suelo (Tipo RS1), se produce en taludes formados por litologías mayoritariamente margosas. El otro tipo de inestabilidad (tipo RS2) se da en taludes formados por rocas con estructura caótica con multitud de juntas erráticas que independizan bloques de distinta forma y tamaño.

El último grupo de los mecanismos de inestabilidad se denomina *raveling* y erosión (Tipo RE) (Goodman y Kiefer, 2000). El *raveling* (Tipo RE1) es una erosión gradual, partícula a partícula o bloque a bloque de litologías margosas muy meteorizables que deja al pie del talud depósitos margosos alterados. Este tipo de inestabilidad se produce en afloramientos donde se alternan materiales competentes con otros margosos y principalmente condiciones de oblicuidad entre la estratificación y el talud y estratos muy verticales. Sin embargo, en condiciones de cierto paralelismo entre la estratificación y el talud se produce una combinación de *raveling* y erosión (Tipo RE2), donde además del fenómeno anteriormente descrito se generan cárcavas originadas por aguas de arrollada.

5. EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS OBSERVADAS

Tras el estudio de campo, se ha podido identificar y valorar la efectividad de las medidas correctoras, de estabilización y de protección, empleadas en las distintas inestabilidades del Flysch carbonatado de Alicante. Según el criterio elegido para valorar dicha efectividad, se premia a las medidas estabilizadoras frente a las protectoras, sobre todo si se trata de medidas tendentes a evitar la degradación del talud, al mismo tiempo que se tiene en cuenta la integración en el entorno. Se ha establecido una escala de cinco grados de efectividad: muy alta, alta, media baja, muy baja. En las Figuras 2 y 3 se muestran algunas de las medidas de estabilización y protección más representativas observadas en la zona de estudio.

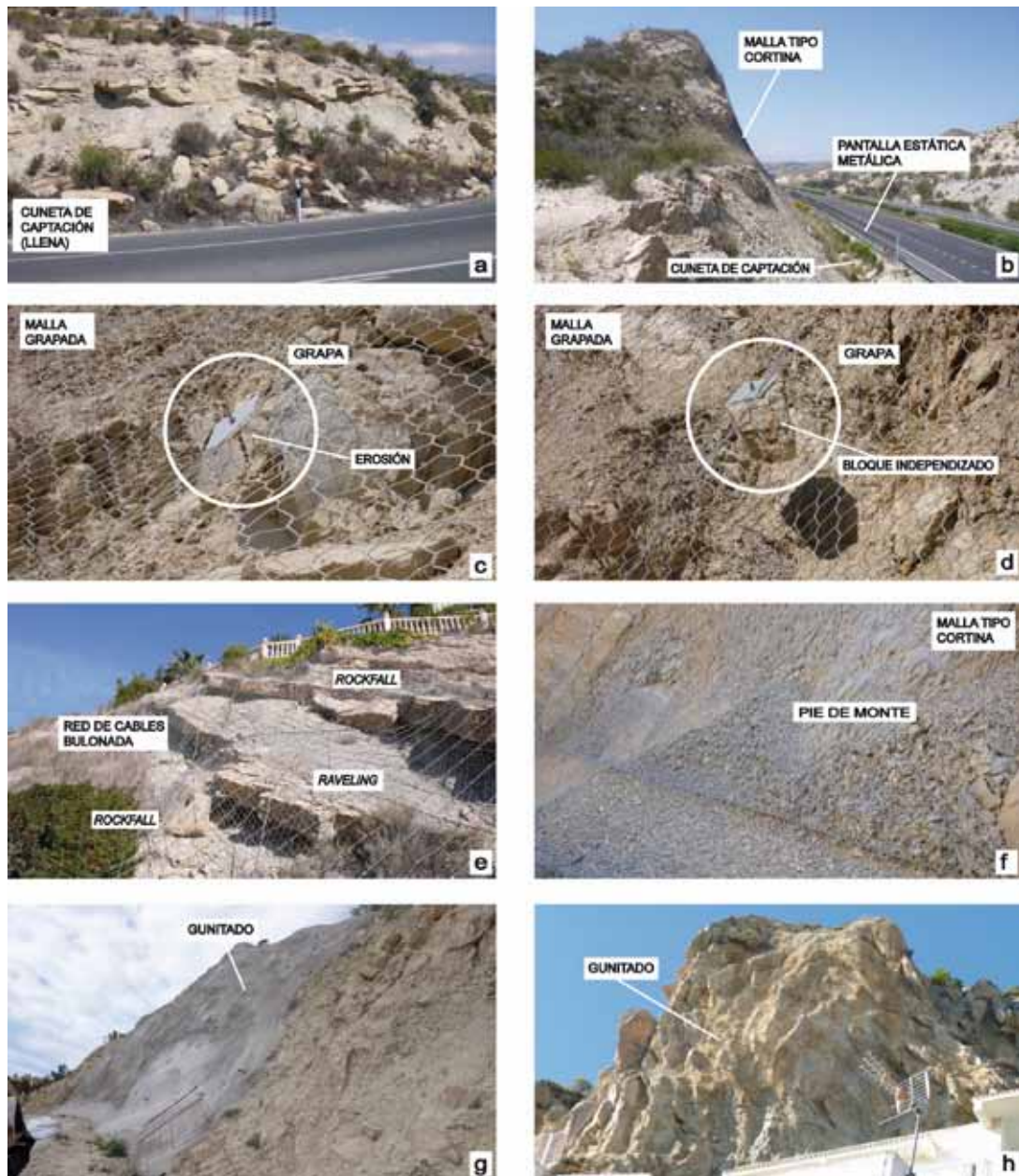


Figura 2. Algunas medidas de estabilización y protección en taludes del Flysch carbonatado de Alicante. **a.** Medida de protección mediante cunetas captadoras. El talud se degrada. La eficacia de la protección es prácticamente nula, debido al bajo mantenimiento. **b.** Medidas de protección insuficientes para la inestabilidad incipiente (*large rockfall*). **c y d.** Malla de triple torsión grapada. Soluciones poco eficaces por realizarse el grapado en litologías margosas, las cuales se degradan y erosionan, quedando expuesta la grapa (c). Grapas de longitud inferior al tamaño del bloque. La tensión de la grapa provoca el arranque de dicho bloque (d). **e.** Red de cables bulonada. Estabiliza el deslizamiento, pero el talud se degrada y se producen *rockfalls*. **f.** Malla tipo cortina. El talud se degrada, acumulando material degradado a su pie. **g.** Gunitado armado, con drenaje en litologías margosas. Integración paisajística moderada. **h.** Gunitado de litologías de estructura caótica, muy integrado en el entorno, por su color y su textura.

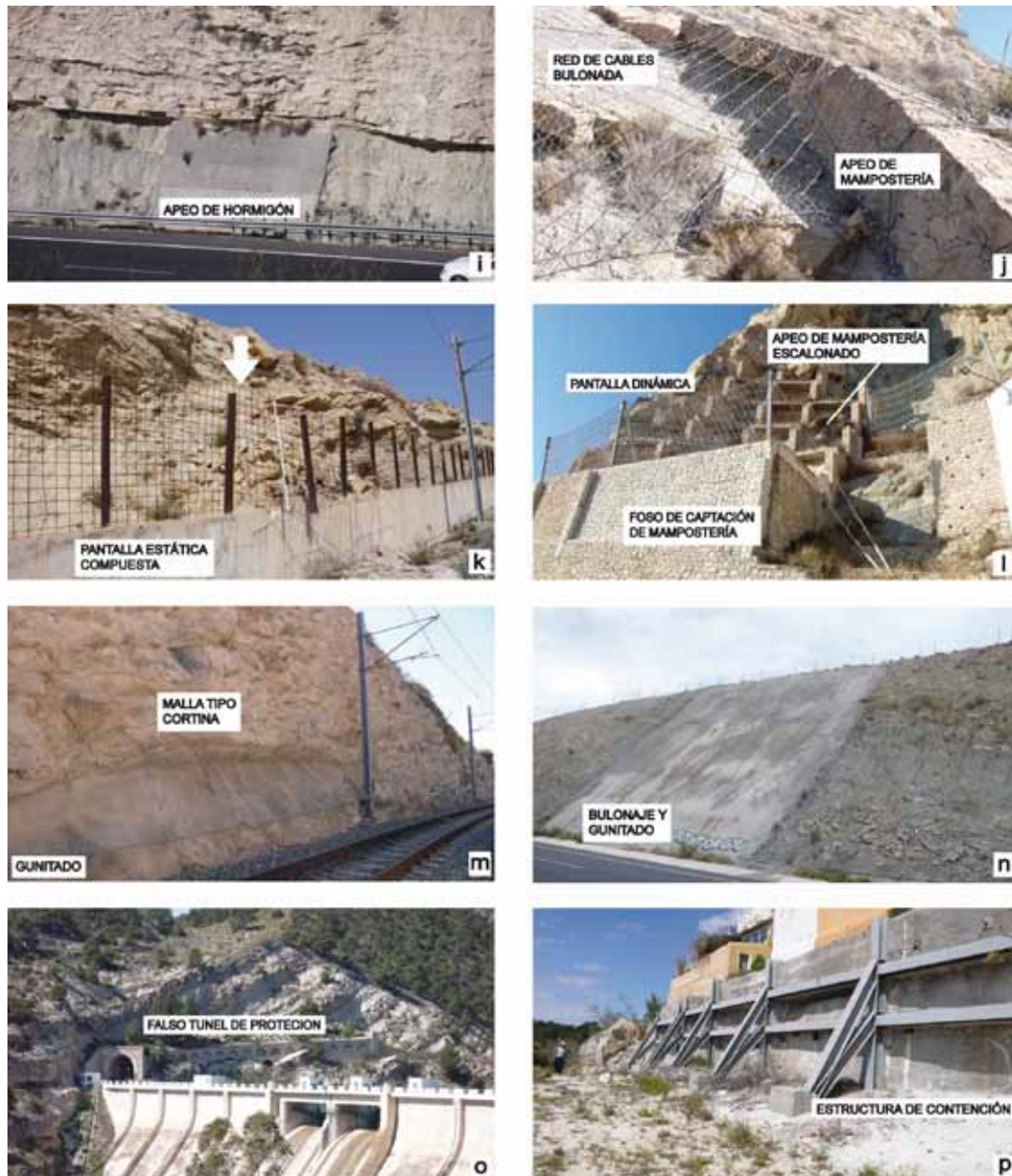


Figura 3. Medidas de estabilización y protección en taludes del surco Flysch de Alicante (continuación). **i.** Apeo de hormigón aislado. El resto del talud queda expuesto a la meteorización. **j.** Apeo de mampostería empleado para estabilizar un deslizamiento planar. **k.** Barrera mixta (hormigón-acero) dañada tras el impacto de un bloque de un *set* de materiales caóticos. **l.** Diferentes medidas de estabilización (apeos de mampostería discontinuos y escalonados) y de protección (foso de captación de mampostería con pantalla flexible en coronación). **m.** Gunitado del pie del talud de litologías margosas (estabilización), muy integrado por color y textura y malla tipo cortina en las litologías de estructura caótica. **n.** Gunitado y bulonado de un talud mayoritariamente margoso. Estabilización de un deslizamiento rotacional tipo suelo. **o.** Túnel de protección frente a diversos *rockfalls*, *raveling* y erosión. **p.** Estructura metálica de retención estabilizadora de un deslizamiento planar de un paquete de estratos sobre litologías margosas.

6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS

Del análisis de las medidas correctoras observadas, en este trabajo hemos dado mayor valoración a las medidas estabilizadoras, frente a las de protección, pues aunque a corto plazo conllevan una inversión mayor, evitan la degradación remontante del talud y a largo plazo llevan aparejadas un gran ahorro en trabajos de mantenimiento.

Debido a la extrema complejidad de los afloramientos, en un talud cualquiera es muy probable que los mecanismos de inestabilidad sean varios y por tanto las medidas correctoras deben cubrir todas las inestabilidades posibles. Tras un tratamiento estadístico simple de las inestabilidades observadas en los 194 taludes observados, se ha asociado a cada columna litológica tipo los mecanismos de inestabilidad observados, que se desarrollarán en función de las relaciones geométricas entre estratificación y talud (Cano y Tomás, 2013).

En la Tabla 1 se resumen las medidas correctoras recomendadas en este trabajo, en función del tipo de columna tipo del que esté formado el talud y sus inestabilidades asociadas. En color negro se han marcado las medidas de estabilización, consideradas como idóneas, pues como se ha comentado anteriormente son las de mayor efectividad. No obstante, se ha considerado adecuado hacer también unas recomendaciones para las medidas de protección (color gris), pues en ocasiones resulta muy complicada la implementación de medidas estabilizadoras, sobre todo en taludes de gran altura.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo con el inventario de taludes y medidas correctoras realizado, se observa que generalmente las actuaciones estabilizadoras de las inestabilidades del Flysch de Alicante, no tienen en cuenta las inestabilidades derivadas de procesos de degradación/erosión, ni consideran al *raveling* y la erosión como un modo de fallo *per se*. En general, tampoco se observa una adecuada integración paisajística de las medidas adoptadas. Tras la evaluación de las medidas estabilizadoras y de protección observadas, así como el conocimiento de los mecanismos de inestabilidad que afectan a estas formaciones, se propone una guía de actuación, en función del tipo de afloramiento y la inestabilidad asociada. Del estudio realizado se concluye que deben prevalecer las actuaciones preventivas sobre las correctivas y las medidas estabilizadoras frente a las de protección, pues el talud se degrada, y aunque la inversión inicial es mayor, a largo plazo se produce un importante ahorro en trabajos de mantenimiento y corrección de inestabilidades sobrevenidas. Como medida preventiva óptima en fase de planificación del proyecto se recomienda la realización de un adecuado diseño y la adopción de las medidas correctoras idóneas para cada talud en función de su geometría y composición litológica que condicionan los mecanismos de inestabilidad del talud.

REFERENCIAS

- Alejano, A.R., Ferrero, A.M., Ramírez-Oyanguren, P., Álvarez Fernández, M.I., 2011. Comparison of limit-equilibrium, numerical and physical models of wall slope stability. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 48, 16-26.
- Andrew, R.D., Bartingale, R. and Hume, H., 2011. Context sensitive rock slope design solutions. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), Central Federal Lands Highway Division, Publication No. FHWA-CFL/TD-11-002
- Arbanas, Ž., Grošić, M. and Briški, G., 2008. Behaviour of Engineered Slopes in Flysch Rock Mass. *Proceedings of the 1st Southern Hemisphere International Rock Mechanics Symposium SHIRMS*, Perth, Australia, Australian Centre for Geomechanics, 493-504
- Arbanas, Ž., Grošić, M. and Jurić-Kačunić, D. 2007. Experiences on flysch rock mass reinforcing in engineered slopes. In: 11th Congress of the International Society for Rock Mechanics -Ribeiro e Sousa, Olalla & Grossmann (ed). Taylor & Francis Group, London, 597-600.
- Cano, M., Tomás, R., 2013. Characterization of the instability mechanisms affecting slopes on carbonatic Flysch: Alicante (SE Spain), case study. *Eng. Geol.* 156, 68-91
- Colodrón, I., Ruiz, V., 1980. Mapa Geológico de Villajoyosa escala 1:50.000 (Nº 847), I.G.M.E.
- Fookes, P.G. and Sweeney, M., 1976. Stabilization and control of local rock falls and degrading rock slopes. *Quart. J. Eng. Geol.*, 9, 37-55.
- Goodman, R.E. and Kieffer, D.S., 2000. Behavior of Rock in Slopes. *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 126, No. 8, August 2000, pp. 675-684.
- Hoek, E. And Bray, J., 1981. *Rock Slope Engineering*, 3rd edn, Inst. Mining and Metallurgy, London, UK.
- IGN, Instituto Geográfico Nacional, 2012. Página web: www.ign.es
- Leret-Verdú, G., Núñez-Galiano, A., Colodrón-Gómez, I., Martínez del Olmo, W., 1976. Mapa Geológico de Alicante escala 1:50.000 (Nº 872), I.G.M.E.
- Pierson, L.A., Davis, S.A. and Van Vickle, R., 1990. Rockfall Hazard Rating System Implementation Manual. Federal Highway Administration (FHWA). Report FHWA-OR—EG-90-01. FHWA, U.S. Department of Transportation.
- Roep, T. B. y Everts, A. J., 1992. Pillow-beds: a new type of seismites? An example from an Oligocene turbidite fan complex, Alicante, Spain. *Sedimentology*, 39, 711 - 724.
- Šestanović, S, Štambuk, N. and Samardžija, I., 1994. Control of the Stability and Protection of Cut Slopes in Flysch. *Geol. Croat.*, 47/1, 139-148.
- Tommasi, P., Verrucci, L., Campedel, P., Veronese, L., Pettinelli, E., Ribacchi, R., 2009. Buckling of high natural slopes: the case of Lavini di Marco (Trento-Italy). *Eng. Geol.* 109, 93–108.
- Uribe-Etxebarria, G., Morales, T., Uriarte, J.A. and Ibarra, V., 2005. Rock cut stability assessment mountainous regions. *Environ. Geol.*, 48, 1002-1013.
- Wyllie, D.C. and Mah, C.W., 2004. *Rock Slope Engineering*, Civil and mining, 4th ed., Spon Press, Taylor & Francis Group, New York, 431 p.
- Romana, M., 1992. Métodos de corrección de taludes según la clasificación geomecánica SMR. III. Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. La Coruña, España 629-649.