

Susceptibilidad de un desmonte en cuanto a su estabilidad. Propuesta de un índice de calificación



El texto que aquí se presenta es el resultado de las reuniones mantenidas por el grupo de trabajo "Gestión de Desmontes" del Comité de Geotecnia Vial de la Asociación Técnica de Carreteras, constituido por:

Miguel Fé Marqués, José Manuel Martínez Santamaría, Manuel Rodríguez Sánchez y Fernando Román Buj.

Introducción y resumen

En las obras lineales, sobre todo en las autovías y ferrocarriles de alta velocidad, las exigencias geométricas del trazado dan lugar a rellenos y desmontes que en más de una ocasión adquieren dimensiones importantes. También en

más de una ocasión, y no siempre en coincidencia con las máximas alturas, las condiciones geotécnicas y ambientales tras su excavación pueden traducirse en situaciones de inestabilidad.

Fruto de las reuniones del Grupo de Trabajo "Gestión de Desmontes" del Comité Técnico de Geotecnia Vial de la A.T.C. en las que surge este primer documento, en el que se plasman algunas ideas acerca de la forma que puede abordarse la recopilación de datos que pueden caracterizar a estos desmontes con vistas a analizar, en otra fase y por terceras personas, su estabilidad a corto y largo plazo.

Se pretende asimismo que los destinatarios de este documento sean las

Administraciones, Concesionarios o Propietarios de la vía y que pueda ser confeccionado por personas que, aunque tengan alguna formación técnica, no tengan que ser expertos en Geotecnia.

Es decir, no se va a investigar directamente el grado de estabilidad, los mecanismos posibles de rotura y las disposiciones constructivas que pudieran ser necesarias para aumentar su estabilidad. Este análisis no puede entrar dentro del ámbito de la Asociación Técnica de Carreteras y de su Comité de Geotecnia Vial, pues aunque la Geotecnia esté presente en todas sus actuaciones, un documento así supondría casi de un tratado de Estabilidad de Taludes, y

los datos recopilados acerca de esta estabilidad deberían ser tomados por expertos.

En este documento se abordan en primer lugar las características que influyen en la estabilidad describiéndolas por separado, no con la finalidad de que las considere el técnico que rellene las fichas, sino como explicación del contenido final de las mismas.

Un primer objetivo final es confeccionar unas fichas de cada desmonte para que, una vez cumplimentadas tras un reconocimiento visual, se pueda llegar a una primera calificación del desmonte, en cuanto a las necesidades que pudiera tener de un estudio específico de la estabilidad tras el cual se abordarían las disposiciones constructivas que la mejoraran.

Asimismo, un segundo objetivo es establecer los prolegómenos para la existencia de un documento que se confeccione con los proyectos y se revise durante la construcción, y con el que se permita un mejor seguimiento durante la vida del desmonte. Es decir, permitiría que para la inspección y cumplimentación de las fichas anteriormente mencionadas, éstas se modificaran o ajustaran específicamente al problema que condiciona la estabilidad.

Palabras clave: Desmontes, gestión, estabilidad, calificación, índice.

2. Bases de partida

Pueden establecerse las dos bases siguientes:

! Ha existido un proyecto, con su estudio geotécnico correspondiente, que se ha traducido en una geometría del desmonte junto con unos posibles tratamientos o refuerzos para mejorar o conseguir la estabilidad. Es decir, el talud del desmonte se proyectó con la suficiente estabilidad a corto y largo plazo, al menos, manejando unas hipótesis de partida. Por lo tanto, a priori, el talud de desmonte es o era estable.

! Es posible que se trate de un desmonte de cierta antigüedad, más de 40 años, y que se desconozca si tuvo un estudio geotécnico. En este



caso, el talud actual ha podido sufrir a lo largo de su última vida un conjunto de alteraciones o acomodaciones que hacen que en la situación actual pueda considerarse estable.

Estas dos premisas quieren decir que no se trata de hacer en este momento un estudio de su estabilidad, sino de intentar calificarlo para ver si es necesario estudiarla o reestudiarla.

Tampoco se trata de que la persona que cumplimente las fichas tenga que ver previamente los estudios geotécnicos existentes; podrá verlos pero, en principio, no es necesario. Otra cosa es la conveniencia de que en todo proyecto, al igual que se realiza una síntesis del mismo o bien una Liquidación tras su construcción, se confeccione una ficha en la que se expongan las variables que pueden afectar a la estabilidad del talud y a su mecanismo de rotura y que puedan constituir precisamente una base de partida junto con las fichas que aquí se proponen. Esta opción de las fichas será objeto de otra fase de este grupo de trabajo.

3. Características geométricas

En las fichas, lo primero que hay que rellenar es la descripción geométrica del desmonte. Entendemos

que las magnitudes que definen geoméricamente el desmonte pueden ser las siguientes:

1. Planta:
 - a. Curva
 - b. Recta
2. Pendiente longitudinal del pie.
3. Orientación (espacial). Por ejemplo, N-170 con inclinación hacia el Oeste.
4. Pendiente media del talud (2H: 3V).
5. Bermas:
 - a. Número
 - b. Anchura
 - c. Pendiente longitudinal
 - d. Pendiente transversal
6. Alturas presentes en el desmonte:
 - a. Máxima
 - b. Mínima en más del 50% de su longitud
 - c. De banco entre bermas
7. Inclinación de la ladera por encima de la coronación.
8. Distancia del pie al arcén pavimentado.
9. Cunetón de pie:
 - a. Profundidad
 - b. Anchura
10. Cuneta de guarda en coronación:
 - a. Profundidad
 - b. Anchura
 - c. Revestida o no

4. Litología

Es la segunda faceta que hay que definir. No se pretende que la persona que cumplimenta la ficha tenga los conocimientos geológicos suficientes para distinguir entre las diferentes litologías. No serían rechazables, pero entendemos que la división efectuada en este documento es suficientemente sencilla para poder ser identificada en la obra. No obstante se es consciente de que en la mayor parte de los casos el técnico que está realizando el reconocimiento puede perfectamente establecer diferencias de mayor detalle.

4.1. Suelos

En suelos la fracción arcillosa o limosa puede condicionar el comportamiento del conjunto, siempre que los finos estén en una proporción mayor del 35%, pues a partir de esa proporción los contactos entre las partículas arenosas se realizan con la interposición de las arcillosas. De esta forma, un desmonte en arenas "arcillosas" debería incluirse en una litología arcillosa, pues entendemos que el sufijo "osa" implica un porcentaje de arcilla entre un 35% y un 50%.

En caso de que el técnico tenga conocimiento suficiente o acceso a la información que lo apoye, podrá diferenciarse en desmontes en:

1. Arcillas (A) o en conjuntos con más del 35% de arcillas.
2. Limos (M) o en conjuntos con más del 35% de limos.
3. Arenas (S) o en conjuntos con más del 65 % de arenas.
4. Gravas (G) o en conjuntos con más del 35% de gravas.

Se entiende que se trata de un desmonte que en su día fue proyectado o excavado con un talud que resultó estable a corto y medio plazo; y que ahora se trata de indicar los posibles mecanismos de rotura que se pueden dar en este desmonte en suelos para ver cuáles son las variables que inciden en estos mecanismos.

En los apartados siguientes se exponen, para cada mecanismo de rotura, los signos que pueden aparecer en el talud.

4.1.1. - *Deslizamiento rotacional (A, M, S, G).*

Se puede producir tanto en arcillas (A), en limos (M), en arenas (S) o en gravas (G), aunque es más frecuente en los primeros.

Signos visibles:

• Escalones y grietas con salto en coronación.

• Panzas en el pie.

• Arbolado volcado hacia el interior.

Fenómeno que causa el deslizamiento:

• Talud excesivo

• Agua o saturación generalizada en una amplia zona.

Aspectos que considerar en la inspección:

• Presencia de panzas en el pie

• Presencia de depresiones hacia la coronación

• Presencia de humedades generalizadas, surgencias

• Aporte de agua en coronación o por niveles permeables intermedios.

4.1.2. - *Reptaciones (A, M)*

Se dan en arcillas (A) y limos (M) fundamentalmente.

Signos:

• Sucesivas panzas y depresiones a lo largo de la pendiente del talud.

• Grietas abundantes subparalelas al pie, sin salto.

• Árboles inclinados hacia el pie y desplazados.

• Fisuración seudo hexagonal de la superficie, clásica de suelos expansivos.

Fenómenos que pueden causarlas:

• Talud excesivo, pudiendo aparecer con pendientes de sólo 4V/15H.

• Expansividad de la denominada zona activa.

• Alteración por meteorización superficial.

• Humectación de la zona alterada.

Aspectos que considerar en la inspección:

• Presencia de panzas y depresiones a lo largo de la pendiente.

• Presencia de humedades en zonas aisladas o bandeadas.

• Grietas sin salto subparalelas al pie.

• Disposición del arbolado.

4.1.3. - *Deslizamientos planos (S, G)*

Salvo en suelos consolidados con cierto basculamiento hacia el talud o que descansan en superficies de erosión inclinadas, lo más normal es que aparezcan en suelos arenosos y de gravas.

Signos:

• Derrubios en el pie

• Árboles inclinados hacia el pie y desplazados.

Fenómenos que pueden causarlas:

• Talud excesivo

• Lavado de los finos que daban cohesión a las arenas y gravas.

• Saturación general o localizada en la que la presión de poros hace disminuir las fuerzas de fricción.

Aspectos que considerar en la inspección:

• Presencia de derrubios en el pie.

• Árboles volcados hacia el pie y o desplazados.

• Grietas subparalelas a la coronación.

4.1.4. - *Erosiones (A, M, S)*

Propios de suelos arcillosos, limosos o arenosos.

Signos:

• Cárcavas en dirección de la máxima pendiente, más profundas y estrechas cuanto más limoso o limoarenoso sea el suelo. Más anchas y no tan profundas cuanto más arcilloso.

• Erosiones diferenciales asociadas a niveles de diferente susceptibilidad. Problemas de descalces de niveles más resistentes sobre otros más erosionables.

Fenómenos que pueden causarlas:

• Agua

• Viento

Aspectos que considerar en la inspección:

• Presencia de cárcavas.

• Anchura y profundidad de la cárcava

• Punto de inicio de las cárcavas, que puede indicar la causa (por agua de escorrentía, de lluvia, por surgencias de las cárcavas).

• Continuidad

• Erosión diferencial, profundidad del descalce y descripción del nivel

descalzado.

4.1.5. - *Resumen de aspectos en los que hay que fijarse en un desmonte en suelos.*

Dejando aparte las características geométricas se resumen los aspectos a tener en cuenta en una inspección:

- Presencia de panzas o abombamientos:
 - o En el pie
 - o Repetidas a lo largo de la pendiente
- Presencia de depresiones:
 - o En coronación
 - o Repetidas a lo largo de la pendiente
- Presencia de humedades:
 - o Generalizadas
 - o Localizadas, indicar dónde
- Aporte de agua:
 - o Por la coronación
 - o Por niveles permeables intermedios, visible en forma de surgencias
- Grietas:
 - o Forma (circulares, subparalelas al pie...)
 - o Desplazamiento entre bordes
 - Movimiento en el sentido de la pendiente
 - Salto
- Presencia de derrubios en el pie.
- Arbolado movido
 - o Volcado el pie y o desplazado.
 - o Volcado hacia el talud
- Presencia de cárcavas.
 - o Anchura y profundidad de la cárcava
 - o Punto de inicio de las cárcavas.
 - o Continuidad
 - o Erosión diferencial, profundidad del descalce y descripción del nivel descalzado.

4.2. Rocas blandas

Estamos hablando de litologías como las siguientes:

- Argillitas
- Limolitas
- Margas
- Margocalizas
- Yesos

en las que son frecuentes las alteraciones de diferentes litologías de



muy distinta resistencia.

Los posibles mecanismos de rotura que se pueden dar en estos desmontes en roca blanda son los siguientes:

4.2.1. *Rotura planar a favor de la estratificación*

- Estructura desfavorable:
 - o Rumbo de la estratificación subparalelo al desmonte
 - o Buzamiento desfavorable superior a 10°
- Presencia de intercalaciones arcillosas de menor resistencia. Hacen de base impermeable que recoge las filtraciones a través de juntas verticales.
- Filtraciones de agua por estratificación que se traduce en una alteración y pérdida de resistencia de los estratos arcillosos + generación de presiones intersticiales.

4.2.2. *Deslizamiento rotacional*

- Capa exterior alterada a suelo de espesor importante
- Roturas de tamaño pequeño a medio, que van progresando hasta conseguir modificar, a medio plazo, el perfil estable del talud.

4.2.3. *Deterioro progresivo*

- Erosión o alteración diferencial con descalce de bloques
- Alteración superficial
 - o Erosión y arrastres en capa alterada
 - o Pequeños deslizamientos
- Filtraciones de agua. Efectos:
 - o Alteración
 - o Arrastre de finos
 - o Procesos de disolución

4.2.4. - *Resumen de aspectos en los que hay que fijarse en un desmonte en rocas blandas*

Dejando aparte las características geométricas resumimos los aspectos en los que hay que fijarse en una inspección:

- Estratificación:
 - o Rumbo
 - o Buzamiento
 - o Continuidad
 - o Intercalaciones arcillosas
 - o Diaclasado
- Alteración de la superficie del talud
- Presencia de deslizamientos superficiales
 - o Bloques de roca desplazados
 - o Deslizamientos rotacionales
 - o Tamaño
 - o Situación
- Procesos de erosión diferencial
- Presencia de filtraciones o humedades:
 - o Localización
 - En zonas localizadas
 - A favor de niveles permeables
 - A favor de estratos arcillosos
 - o Fenómenos de arrastre de finos
 - o Fenómenos de disolución
- Aporte de agua:
 - o Por la coronación
 - o Por niveles permeables intermedios, visible en forma de surgencias cuando aparecen en el talud.
- Grietas:
 - o Forma

- o Situación
- o Apertura
- o Desplazamiento o salto entre bordes
- o Evolución
- Material caído en el pie:
 - o Derrubios
 - o Bloques.

4.3. Formaciones rocosas (resistentes) con juntas

Se debería identificar mínimamente la roca y su composición mineralógica. Esto puede estar en contradicción con la premisa de que el hecho de cumplimentar las fichas de inspección pueda ser llevado a cabo por una persona no experta en litologías.

No obstante, como justificante de los aspectos en los que hay que fijarse en la mencionada inspección, creemos conveniente recordar algunos que influyen en la estabilidad de un macizo rocoso.

Por una parte está la naturaleza de cada formación. Desde el punto de vista geológico las rocas se pueden agrupar, en función de su origen, en tres grandes grupos:

- Ígneas: Su origen es debido al efecto de la cristalización de masas fundidas que finalmente forman parte de la corteza terrestre (basaltos, granitos, etc.).
- Sedimentarias: Formada a partir de sedimentos transportados y depositados que han experimentado cargas bajo esfuerzos importantes, temperatura o efectos químicos (areniscas, pizarras, conglomerados, etc.).
- Metamórficas: Se originan a partir de otras rocas por la acción de esfuerzos importantes (cuarcitas, esquistos, gneises, etc.).

Partimos de que la roca matriz no es una roca blanda, por lo que el parámetro de resistencia tiene menor relevancia que las características de las juntas del macizo. Estas familias de juntas quedan caracterizadas por las variables:

- o Dirección de buzamiento
- o Ángulo de buzamiento
- o Continuidad
- o Espaciado
- o Frecuencia
- o Rugosidad

- o Apertura
- o Relleno
- o Estado de los bordes
- o Presencia de agua

La calidad del macizo rocoso, en cuanto a resistencia de la matriz y las características de sus juntas puede venir recogido en clasificaciones como las de:

- RMR de Bieniawski
- Q de Barton y otros.
- RQD de Deere y otros.

Los posibles mecanismos de rotura que se pueden dar en estos desmontes en rocas resistentes son los siguientes:

4.3.1. Rotura planar a favor de la estratificación

Se entiende como tal la que se produce por una única superficie plana, en muchos casos coincidente con la estratificación.

Se puede producir cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada con relación al talud, de forma que una determinada masa de roca pueda ponerse en movimiento.

Signos visibles:

o Presencia de grieta de tracción en superficie

o **Familia de discontinuidades, generalmente a la estratificación**, con dirección de buzamiento similar al talud y menor inclinación que éste (un valor de referencia puede ser menor o igual de 1V:1H, ya que los taludes en roca generalmente tienen una pendiente mayor).

Fenómeno que causa el deslizamiento:

- o Generación de grieta de tracción
- o Aporte de agua en la grieta
- o Modificación de la inclinación del talud

Aspectos a considerar en la inspección:

- o Aparición de grietas de tracción subparalelas a la coronación del talud.
- o Inclinación del plano de la estratificación con relación a la inclinación del talud.

4.3.2. Rotura por cuñas

Se entiende como rotura por cuñas la que se produce a través de

discontinuidades dispuestas oblicuamente a la superficie del talud, con su línea de intersección aflorando en su superficie y buzando hacia la zona de pie del talud.

Signos:

o Presencia de discontinuidades cuya intersección tenga menor inclinación que el talud (un valor de referencia puede ser menor o igual de 1V/1H, ya que los taludes en roca de forma general tienen una pendiente mayor).

Fenómenos que pueden causarlas:

o Modificación de la inclinación del talud

o Variación de las condiciones del relleno entre juntas

o Presencia de agua en las juntas

Aspectos que considerar en la inspección:

o Presencia de familias de discontinuidades

o Inclinación del plano de intersección con relación a la inclinación del talud.

o Presencia de material desprendido (tamaño y forma) en la zona del pie.

4.3.3. Rotura por vuelco

Se entiende como tal el vuelco o rotación de columnas o bloques de roca.

Signos:

o Presencia de familias de discontinuidades ortogonales que, convenientemente orientadas, generen un sistema de bloques.

o Apertura de juntas enclavadas, en coronación.

o Bloques numerosos caídos en el pie.

Fenómenos que pueden causarlas:

o Modificación del talud

o Apertura de juntas enclavadas, por decompresión.

o Aporte de agua en estas juntas. Heladas.

Aspectos que considerar en la inspección:

o Presencia de bloques visibles en el talud.

o Presencia de bloques caídos en la zona de pie.

4.3.4. Resumen de aspectos en los que hay que fijarse en un desmonte

en roca resistente con juntas

Dejando aparte las características geométricas resumimos los aspectos a fijarse en una inspección:

- Presencia de bloques en el talud con riesgo de caída. Bastaría con apreciar si pueden geoméricamente moverse.
- Presencia de cuñas en el talud con riesgo de caída. Idem con cuñas.
- Grietas:
 - o Presencia de grietas de tracción subparalelas al pie
 - o Desplazamiento entre bordes
 - o Movimiento subparalelo al talud
 - o Salto entre bordes de grietas
- Estado de los sistemas de refuerzo (bulones, mallazos, etc.).
- Presencia de material caído en el pie:
 - o Piedras,
 - o Cuñas
 - o Bloques
- Presencia de humedades:
 - o Generalizadas
 - o Localizadas, indicar dónde
- Aporte de agua:
 - o Por la coronación
 - o Por niveles permeables intermedios, visible en forma de surgencias cuando llegan al talud.
 - o Por discontinuidades

5. Tratamientos y refuerzos existentes

Otro aspecto que debe anotarse es la existencia de disposiciones constructivas (y el estado de las mismas) que han sido proyectadas y construidas para garantizar la estabilidad, bien porque así lo exigía el pro-

yecto, bien porque se ejecutaron durante la obra para conseguir la estabilidad de zonas discrepantes del comportamiento general del desmonte.

Entendemos por estos tratamientos y refuerzos los siguientes:

- Anclajes
- Bulones
- Mallas guías y redes de fijación.
- Mantos de escollera
- Muros de escollera
- Drenes perforados
- Drenaje superficial

6. Fichas propuestas

Cada ficha llevaría, por una parte, la identificación del desmonte y los datos de su geometría; y, por otra parte, los datos necesarios para la obtención de un índice de susceptibilidad a la inestabilidad. Puede llevar una o más fotografías del desmonte.

6.1. Datos de geometría

Se repiten a continuación los datos anteriormente mencionados que permiten caracterizar la geometría del desmonte:

1. Planta:
 - o Curva:
 - o Recta
2. Pendiente longitudinal del pie
3. Orientación (espacial). Por ejemplo, N-170-E con inclinación hacia el Oeste.
4. Pendiente media del talud (3V:2H)
5. Bermas:
 - o Número
 - o Anchura
 - o Pendiente longitudinal
 - o Pendiente transversal

6. Alturas presentes en el desmonte:

- o Máxima
 - o Mínima en más del 50% de su longitud
 - o De banco entre bermas
7. Inclinación de la ladera por encima de la coronación
 8. Distancia del pie al arcén (pavimentado)
 9. Cunetón de pie:
 - o Profundidad
 - o Anchura
 10. Cuneta de guarda en coronación:
 - o Profundidad
 - o Anchura
 - o Revestida o no

6.2. Fichas de susceptibilidad frente a la inestabilidad

Esta propuesta pretende llegar a un índice de susceptibilidad frente a la estabilidad del talud de desmonte inspeccionado, mediante el cómputo de los valores asignados a cada una de las variables, las cuales pueden ser fácilmente tomadas y que se describen a continuación.

Las distintas variables que se han seleccionado están agrupadas en un conjunto de bloques de celdas en las que, a cada descripción de cada variable, se le asigna un valor. Al final de cada línea de cada bloque se ha indicado el "peso" asignado a cada valor para poder sumarlo con los de otras variables de manera representativa.

Debe aclararse que es solamente el borrador de una propuesta que habrá que "rodar" convenientemente para llegar a alguna conclusión sobre su aplicabilidad.

En principio, la *tabla 1*, que aquí se

Tabla 1

DATOS DE LA GEOMETRÍA					PESO	
Altura	0 a 10 m	10 a 20 m	20 a 30 m	más de 30 m		1
	5	10	20	40		
Inclinación media del talud	1V/2H	De 1V/2H a 1V/1H	De 1V/1H a 15V/8H	más de 15V/8H		1
	5	10	20	40		
Inclinación ladera por encima del talud	menos de 3V/17H	menos de 3V/17H a 5V/17H	De 5V/14H a 4V/7H	más de 4V/7H		1
	5	10	20	40		
Área de seguridad en el pie desde el firme al pie de talud	Ancho < 3 m y prof. < 1 m	Ancho < 3 m y prof. ≥ 1 m	Ancho de 3 a 5 m y prof. < 1 m	Ancho de 3 a 5 m y prof. ≥ 1 m	Ancho ≥ 5 m y prof. < 1 m	Ancho ≥ 5 m y prof. ≥ 1 m
	60	50	40	30	20	10

Tabla 1 (continuación)

ESTADO GEOMÉTRICO					PESO	
Regularidad de la superficie	Continua sin irregularidades	Existen panzas y depresiones en algún punto aislado	Existen panzas y depresiones en la mayor parte de la altura		1,5	
	5	10	20			
Grietas en talud	Ausencia de grietas	Aparecen grietas subparalelas al pie de algún punto aislado	Aparecen grietas subparalelas al pie en varios puntos de la altura del talud	Aparecen grietas subverticales o inclinadas en algún punto aislado	Aparecen grietas subverticales o inclinadas en varios puntos de la altura del talud	1,5
	0	10	20	5	10	
Grietas en el talud con desplazamiento entre bordes	Cerradas o sin desplazamiento	Con desplazamiento inferior a 5 cm	Con desplazamiento de 5 a 20 cm	Con desplazamiento mayor de 20 cm		2
	0	10	20	40		
Grietas en coronación	Cerradas o sin desplazamiento	Con desplazamiento inferior a 5 cm	Con desplazamiento de 5 a 20 cm	Con desplazamiento mayor de 20 cm		2
	0	10	20	40		

AGUA					PESO
Surgencias de agua	Sin surgencias	Humedades localizadas en 1 ó 2 puntos	Surgencias en bastantes puntos del talud	Surgencias generaliz. en toda la pendiente	2
	0	10	20	40	
Aportes externos	Ninguno	En coronación en algún punto aislado	Escurrentía generalizada por la coronación		1
	0	10	20		

ARBOLADO EXISTENTE					PESO	
Inclinación del arbolado	Vertical desde su raíz	Vertical a partir del tercio inf. volcada hacia el pie	Vertical a partir de la parte sup. volcada hacia el pie	Todo él volcado hacia el pie del talud	Todo él volcado hacia la coronación del talud	1
	0	5	10	20	20	

ZONAS DESPRENDIDAS					PESO	
Caídas	Sin caídas en el pie	Con algún bloque aislado caído o derrubios localizados	Bastantes bloq. o derrumbios en más del 50% de la long. del pie		1	
	0	10	20			
Zonas previsiblemente movidas en talud	Sin zonas movidas	Algunos bloq. aislados con juntas que los separan del talud y junta en su base inclinada -25° hacia el pie	Algunos bloq. aislados con juntas que los separan del talud y junta en su base inclinada +25° hacia el pie	Frecuentes bloq. con juntas que los separan del talud y junta en su base inclinada -25° hacia el pie	Frecuentes bloq. con juntas que los separan del talud y junta en su base inclinada +25° hacia el pie	2
	0	5	10	5	20	

Tabla 2

Desmorte	Índice de de Susceptibilidad	Factor Área de seguridad	Factor inclinación media	Estado del desmorte
A-40 01 240	30	10	Gran deslizamiento fósil activado	
UTE Sella 01	177,5	30	40	Gran cuña caída
HUENEJA 01	197,5	40	5	Gran deslizamiento planar
A-2 97	105	50	10	Estable con caídas o derrubios
A-2 95	62,5	50	40	Estable con caídas o derrubios
A-2 92	42,5	60	10	Cuñas caídas
A-2 87	152,5	40	40	Cuñas caídas
A-2 51	105	50	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 45	105	50	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 44	155	60	40	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 42	135	40	40	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 34	130	60	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 32	130	40	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 11	47,5	20	20	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 07	120	40	10	Estable con pocas caídas o derrubios
A-2 5B	145	60	20	Estable con pocas caídas o derrubios

incluye (se insiste que es una declaración de intenciones), se refiere prácticamente a cualquier desmorte de cualquier litología. En este primer borrador sólo se han tratado desmontes sin refuerzos.

Quiere destacarse que en los datos de la geometría, el factor correspondiente al área de recogida de derrubios o caídas en el pie del talud, es decir el área de seguridad, no entra en el cómputo (peso 0), pues no implica mayor o menor susceptibilidad aunque sí es importante para la toma de decisiones.

El peso que se les ha dado ha surgido como consecuencia de una primera aplicación de esta tabla a unos pocos desmontes en la autovía A-2, fundamentalmente, y en otras dos autovías. En los desmontes de la A-2 la mayor parte de las inestabilidades son debidas a erosiones de niveles arcillosos y descalces de niveles cementados suprayacentes en un terreno terciario continental.

El resultado se resume en la **tabla 2**.

Y si se asigna un grado de inestabilidad a cada desmorte, resulta el **gráfico 1**.

Sin ánimo de ser concluyente, con esta ponderación de los factores resultaría que para índices mayores de 150-170, el desmorte presenta una

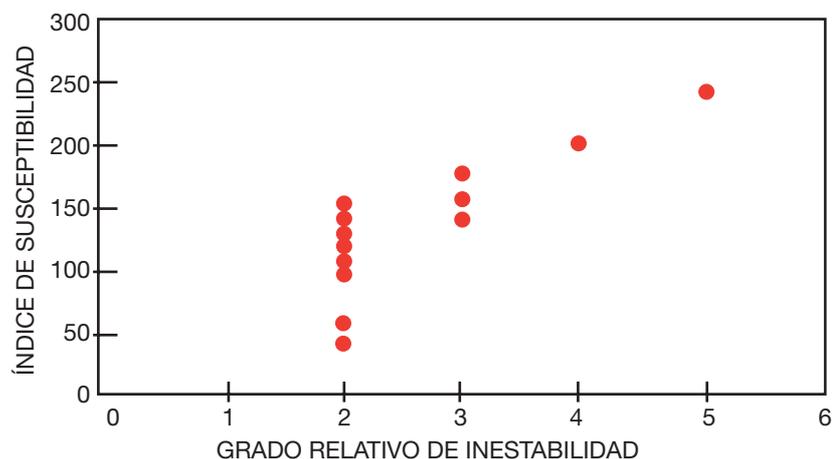


Gráfico 1

cierta susceptibilidad a ser inestable y debería ser estudiado con el detalle pertinente.

Es evidente que esta aplicación no es más que un esbozo de una más amplia que permitiría juzgar sobre la bondad de las variables manejadas y de la ponderación efectuada.

7. Fichas síntesis de proyecto o construcción

7.1. Objetivo

El objetivo de las fichas anteriores es la recopilación de los datos de un talud de forma que en una segunda fase, puedan seleccionarse los que necesiten un estudio geotécnico o seguimiento especial tal como se ha in-

dicado en el ejemplo real de aplicación.

Sin embargo, también se quiere enunciar una faceta que puede ser interesante. Y es que en los proyectos de construcción o en un documento posterior de síntesis tras la obra, se indiquen los factores que, a medio y largo plazo, el titular o gestor de la obra debería controlar para verificar que las condiciones que han determinado la estabilidad de cada talud se mantienen en un futuro.

Baste citar como ejemplo las caídas importantes hace algunos años en autopistas del Norte (A-8 y A-66) de taludes de desmorte que se mantuvieron estables durante más de 30 años. En ellos las condiciones am-

bientales o las intrínsecas del propio macizo han evolucionado hasta llegar a presentar situaciones de inestabilidad. Habría sido bueno que se hubiera escrito sobre la conveniencia o necesidad de verificar determinadas hipótesis manejadas en los cálculos del proyecto.

Por ejemplo, un talud proyectado como estable frente al vuelco para un ángulo de rozamiento entre juntas de valor estimado “razonablemente alto” pensando en que las juntas críticas parecían cerradas y debieran presentar cierta cohesión, puede sufrir a largo plazo la apertura de dichas juntas en la coronación por decompresión y efecto de las heladas, con lo que la condición de vuelco se vuelve inestable. Este documento que aquí se propone indicaría que habría que observar periódicamente el estado de unas determinadas juntas junto a la coronación (las que condicionan el vuelco) e indicar si las condiciones en un momento dado varían.

7.2. Fichas síntesis del proyecto

Para cada uno de los desmontes importantes, el proyectista incluiría en el proyecto un apartado en el que se resumiesen las propiedades y los mecanismos de rotura tenidos en cuenta en el estudio de la estabilidad, con el fin de que durante la obra se verificase su representatividad.

Se parte de la base de que el pro-

yecto ha sido realizado correctamente y se trata de confirmarlo, pues es evidente que hay litologías, grado de importancia de las obras, plazos y presupuestos que no siempre permiten que el proyecto refleje toda esta variación con unas disposiciones constructivas válidas para cualquier contingencia.

Para un desmonte en suelos o rocas blandas, el proyectista establecería que en el estudio de la estabilidad ha tenido en cuenta las cosas siguientes:

- o Altura e inclinación.
- o Determinadas litologías y su disposición.
- o Espesor de los suelos, especialmente de los de menor resistencia.
- o Resistencia al corte considerada.
- o Presencia de agua, interna o aportada.
- o Mecanismo de rotura considerado.
- o Tratamientos de estabilización y refuerzo adoptados.
- o Secuencia de construcción (excavación y tratamientos).

Y confeccionaría una *ficha* resumen como la que aparece en la parte inferior, en la que aparecen resaltadas en azul las propiedades o actividades que de no verificar que se cumplen en obra la estabilidad puede estar comprometida.

En desmontes en roca diaclasada la *ficha* podría ser como la que se inserta en la parte superior de la página siguiente (*tabla 4*).

Este desmonte resultaría inestable en un esquisto meteorizado, en gran parte porque se puede comportar como un suelo; en los esquistos sanos, porque se forma una cuña de clara inestabilidad que se combate con un cosido de bulones. Estos bulones se proyectan para contener los bloques que geoméricamente se pueden formar. En obra el contratista debería verificar que las familias de diaclasas son las previstas para, en caso contrario, modificar el cosido con bulones.

Otro caso en una formación parecida esquistosa, pero con una disposición de juntas que hace posible un vuelco es la *tabla 5*.

Este desmonte, de menor inclinación que el anterior, ha sido proyectado como estable frente a cualquier tipo de rotura. En el caso de la rotura frente al vuelco de la junta J1 la estabilidad está asociada a un ángulo de rozamiento que ha sido contrastado con ensayos de corte en laboratorio de 40°. Sin embargo, si el ángulo fuera de 30°, el vuelco sería posible. Por esta razón, se ha recalado en estas fichas del proyecto que las voladuras en el contorno y en sus proximidades sean suaves o con cargas bajas, con el fin de no abrir las

Tabla 3

Identificación del desmonte	D-1	P.k. 310+500 a 310+800						
Altura e inclinación	H (m)	!					A corto plazo	A largo plazo
	20	45						
Litologías y disposición Potencia de suelos Resistencia al corte considerada	Profundidad desde coronación			Potencia	Cohesión c	Ángulo rozamiento	Angulo rozamiento	
	Capa	(m)	Descripción	(m)	(kPa)	Ø(°)	c'(kPa)	Ø(°)
	1	0	Arcillas nodulosas	4	50	0	10	25
	2	4	Arcillas	8	30	0	0	25
	3	12	Gravas	6	0	38	0	38
4	18	Arcillas	10	30	0	0	26	
Presencia de agua. Interna o aportada	Si	12	Suponiendo hidrostático hacia abajo.					
Estabilidad y mecanismo de rotura considerado	Inestable frente a deslizamiento circular que exige el drenaje del agua de las gravas y la menor presión en las arcillas inferiores.							
Tratamientos	Drenes californianos en la base de las gravas que permiten calcular prácticamente en seco.							
Secuencia de construcción prevista	Excavación hasta 1 metro en gravas.							
	Perforación drenes y espera de 2 semanas.							
	Excavación resto de la altura.							

En azul: Actividades o valores que influyen de manera importante en la estabilidad.

Tabla 4

Identificación del desmonte	D-12 a	P.k. 318+000 a 318+150								
Altura, inclinación, dirección de la pendiente	H (m)	! (°)	Dir. Pend. (°)	Junta 1		Junta 2		Junta 3		
	25	62 Sur	140							
	Capa	Profundidad desde coronación (m)	Descripción	Potencia (m)	Dir. Buz (°)	Buz (°)	Dir. Buz (°)	Buz (°)	Dir. Buz (°)	Buz (°)
Litologías mazico rocoso y juntas	1	0	Esquisto meteorizado	12	180	62	45	60	10	15
	2	12	Esquisto sano	100	180	62	45	60	10	15
Presencia de agua. Interna o aportada	Sí	3	Solamente afecta al esquisto meteorizado.							
Propiedades resistentes de las juntas					Junta 1		Junta 2		Junta 3	
					c'(kPa)	Ø(°)	c'(kPa)	Ø(°)	c'(kPa)	Ø(°)
			Esquisto meteorizado		0	30	0	30	0	28
		Esquisto		0	35	50	35	0	30	
Estabilidad y Mecanismo de rotura considerado	Inestable frente a rotura por cuñas J1 y J2.									
Tratamientos	Gunita armada con malla y bulones en el esquisto meteorizado tanto por roca matriz como por macizo. Drenes a 5, 8 y 11 m de profundidad. Bulones y malla en esquisto sano para contener cuñas.									
Secuencia de construcción prevista	Excavación por bancos para ejecución tratamientos. Perforación drenes y espera de 1 semana en cada fila de drenes. Excavación resto de la altura.									

En azul: Actividades o valores que influyen de manera importante en la estabilidad.

Tabla 5

Identificación del desmonte	D-18 b	P.k. 320+650 a 320+850								
Altura, inclinación, dirección de la pendiente	H (m)	! (°)	Dir. Pend. (°)	Junta 1		Junta 2		Junta 3		
	20	70 Este	90							
	Capa	Profundidad desde coronación (m)	Descripción	Potencia (m)	Dir. Buz (°)	Buz (°)	Dir. Buz (°)	Buz (°)	Dir. Buz (°)	Buz (°)
Litologías mazico rocoso y juntas	1	0	Esquisto meteorizado, suelo	1	260	56	45	60	10	15
	2	12	Esquisto cuarcítico sano	100	260	56	45	60	10	15
Presencia de agua. Interna o aportada	No									
Propiedades resistentes de las juntas					Junta 1		Junta 2		Junta 3	
					C'(kpa)	Ø(°)	C'(kpa)	Ø(°)	C'(kpa)	Ø(°)
			Esquisto meteorizado, suelo		0	30	0	30	0	28
		Esquisto cuarcítico sano		0	40	50	35	0	30	
Estabilidad y Mecanismo de rotura considerado	Estable frente a rotura por vuelco de cuña J1 por ángulo de rozamiento (40°) Estable frente a cuñas y deslizamientos planares. Estable frente a rotura por vuelco de cuña J1.									
Tratamientos	Bulones y malla guía en zonas aisladas.									
Secuencia de construcción prevista	Excavación por explosivos. Voladuras suaves en contorno. Carga controlada y pegas no excesivamente grandes en las proximidades del contorno.									

En azul: Actividades o valores que influyen de manera importante en la estabilidad.

Tabla 6

Identificación del desmonte	D-1	PK 310+500 a 310+800	PROYECTO				CONSTRUCCIÓN	
Altura e inclinación	H (m)	! (°)			A corto plazo	A largo plazo		
	20	45						
	Profundidad desde coronación				Cohesión o Potencia	Ángulo o rozamiento	Cohesión o rozamiento	
	Capa	(m)	Descripción	(m)	C'(kpa)	Ø(°)	C'(kpa)	Ø(°)
Litologías y su disposición	1	0	Arcillas nodulosas	4	50	0	10	25
Potencia de suelos	2	4	Arcillas	8	30	0	0	25
Resistencia al corte considerada	3	12	Gravas	6	0	38	0	38
	4	18	Arcillas	10	30	0	0	26
Presencia de agua. Interna o aportada	Sí	12	Suponiendo hidrostático hacia abajo.					
Estabilidad y mecanismo de rotura considerado	Inestable frente a deslizamiento circular que exige el drenaje del agua de las gravas y la menor presión en las arcillas inferiores.							
Tratamientos	Drenes californianos en la base de las gravas que permiten calcular prácticamente en seco						Los drenes no parecen funcionar y se observan humedades por encima de ellos	
Secuencia de construcción prevista	Excavación hasta 1 m en gravas.							
	Perforación drenes y espera de 2 semanas.							
	Excavación resto de la altura.							

En azul: Actividades o valores que influyen de manera importante en la estabilidad.

CONCLUSIONES	
	1 Necesidad de tomar muestras de las arcillas y ejecutar ensayos de resistencia a corte y largo plazo.
	2 Recalcular la estabilidad del talud construido en condiciones secas y con agua.
	3 En su caso establecer una inspección del estado del drenaje periódicamente.
	4 Plantearse la ejecución de nuevos drenes.
	5 En caso de no mejorar del drenaje inspeccionar la aparición de grietas en coronación o en talud.
	6 Otros.

juntas J1 que teóricamente serían culpables del vuelco. Si se abren con motivo de las voladuras, son más susceptibles a la meteorización, a la helada, en suma a una merma del ángulo de rozamiento; a largo plazo podrían producirse vuelcos.

Estas fichas son un ejemplo que conducen a dejar un desmonte, tras su ejecución, en condiciones de estabilidad.

Pero se sabe que esto no es siempre posible, bien por no ser desarrollado adecuadamente en el proyecto, bien porque durante la obra hay otros muchos condicionantes que dificultan la verificación de que los condicionantes de la estabilidad no han variado.

No debería ser así pero siendo realistas, debe plantearse la posibilidad de que el desmonte tras la excavación pudiera no quedar en las mejores condiciones para garantizar

a medio y largo plazo su estabilidad.

Por esta razón se han planteado en este documento unas fichas complementarias que analicen las condiciones de las fichas de proyecto y que establezcan las bases de partida para una adecuada "gestión" del desmonte.

7.3. - Fichas síntesis de la construcción

7.3.1. Caso de que las fichas de proyecto existan

En este caso no habría más que revisarlas.

Un ejemplo podría ser la que aparece más arriba en la **tabla 6**.

En las conclusiones se establecerían las pautas a seguir durante la explotación de la obra.

7.3.2. Caso de no existir las fichas de proyecto

Se trataría de crear unas fichas como las anteriores y establecer las pautas a seguir.

Sean las anteriores u otras, estas nuevas fichas síntesis abordarían los aspectos siguientes expuestos sin un orden determinado:

- Litologías y disposición estructural existente.
- Establecimiento de las condiciones que rigen el problema de la estabilidad y mecanismo de rotura o degradación posible.
- Influencia del nivel freático y del agua de escorrentía.
- Factor de seguridad en roturas globales en caso de suelos o rocas muy tectonizadas.
- Factor de seguridad, en tanto por ciento, de combinaciones desfavorables de juntas, en rocas diaclasadas.
- Verificación mediante investigación actualizada del estado de las condiciones anteriores. Ha podido haber variaciones respecto de las contempladas en el proyecto o al ini-



cio de las obras tales como:

- Juntas abierta por decompresión hielo etc..., disminuyendo la resistencia al corte

- Variación de propiedades del relleno entre juntas

- Formación de grietas de tracción
- Juntas abiertas por técnica de excavación

- Ciclos de humedad secado

- Expansividad

- Variación de geometría, descalses, erosiones...

- Análisis de la evolución posible en el tiempo de las variaciones de estas condiciones.

- Determinación del umbral a partir del cual el desmonte tiene un grado de inestabilidad inaceptable.

- Medidas adecuadas para evitar la variación desfavorable de estas condiciones.

- Establecimiento de protocolo de auscultación del desmonte y de hitos críticos.

Tanto estas fichas de síntesis como las expuestas en el apartado 6 de este artículo (las del índice de susceptibilidad) no tienen por qué ser excluyentes, sino que su confección puede llevarse a cabo en paralelo, o bien, con las fichas de síntesis se pueden ajustar las variables y ponderar las de susceptibilidad. !