

## CAPÍTULO 2. Tipos de inestabilidad.

La naturaleza litológica del macizo rocoso o de los suelos, guarda una estrecha relación con el tipo de inestabilidad que puede ocurrir, teniendo las diferentes litologías o tipos de suelos distinto grado de susceptibilidad potencial ante la ocurrencia de deslizamientos o roturas, mientras que las propiedades físicas y resistentes de cada tipo de material, junto con la presencia de agua, gobiernan su comportamiento geomecánico.

En el cuadro 2.1 se recogen las Unidades Geotécnicas más características en materiales volcánicos. En el *Anejo I* se presentan unas fichas en las que se explica cada una de las unidades geotécnicas y los tipos de movimiento de ladera asociados a cada una de ellas, así como los problemas geotécnicos más comunes.

**Cuadro 2.1.** Unidades geotécnicas de la Macaronesia.

Unidad Geotécnica	Subunidad
<b>Unidad I:</b> Complejos basales	
<b>Unidad II:</b> Coladas y macizos sálicos masivos	
<b>Unidad III:</b> Coladas basálticas alteradas	
<b>Unidad IV:</b> Coladas basálticas sanas	<b>IVa:</b> Muy escoriáceas y/o pahoe-hoe
	<b>IVb:</b> Masivas o poco escoriáceas
<b>Unidad V:</b> Materiales Piroclásticos	<b>Va:</b> Ignimbritas soldadas
	<b>Vb:</b> Tobas surtseyanas
	<b>Vc:</b> Aglomerados de naturaleza pumítica
	<b>Vd:</b> Aglomerados de naturaleza basáltica
	<b>Ve:</b> Aglomerados brechoides
	<b>Vf:</b> Depósitos piroclásticos pumíticos sueltos
	<b>Vg:</b> Depósitos piroclásticos basálticos sueltos
	<b>Vh:</b> Ignimbritas no soldadas
<b>Unidad VI:</b> Depósitos aluvio-coluviare	
<b>Unidad VII:</b> Arenas litorales	
<b>Unidad VIII:</b> Suelos arcillosos y limosos	
<b>Unidad IX:</b> Suelos superficiales y vegetales	
<b>Unidad X:</b> Caliches	
<b>Unidad XI:</b> Rellenos antrópicos	

En el cuadro 2.2 se relacionan los diferentes tipos de movimiento de laderas con observaciones en el terreno y pendientes entre otros.

**Cuadro 2.2.** Algunos rasgos generales característicos identificativos de los movimientos de laderas.

Tipo de movimiento	Zona de cabecera y parte superior de la ladera	Pendientes y dimensiones	Zona baja de la ladera
Desprendimientos (apartado 2.1)	Laderas irregulares y rocosas escarpadas con material suelto o derrubios en la parte superior Bloques independizados por discontinuidades o fracturas Grietas tras el talud Vegetación escasa	Pendientes elevadas > 50°	Acumulación de bloques y fragmentos rocosos
Deslizamientos rotacionales (apartado 2.3)	Grietas de tracción curvas y cóncavas Escarpes curvos con estrías, verticales en la parte superior Superficies basculadas con encharcamientos Contrastes de vegetación Malas condiciones de drenaje y encharcamientos en depresiones	Pendientes entre 20-40° D/L < 0.3 a 0.1	Depósitos convexos, lobulados Desvío de cauces
Deslizamientos traslacionales en rocas o suelos (apartado 2.3)	Grietas de tracción verticales paralelas al talud Escarpes verticales poco profundos Material agrietado en bloques No encharcamientos en cabecera Drenaje desordenado o ausencia del mismo	Pendientes uniformes D/L < 0.1	Desvío de cauces En ocasiones acumulaciones de material con forma de lóbulos
Desplazamientos laterales (apartado 2.3)	Bloques desplazados y basculados Pendientes suaves o muy suaves Grandes grietas separando los bloques Bloques con formas irregulares controladas por fracturas Sistemas de drenaje interrumpidos, obstrucciones en cauces	Pendientes suaves, incluso < 10°	
Flujos de barro (apartado 2.4)	Nichos cóncavos poco profundos Pocas grietas Contrastes en la vegetación con las zonas estables Encharcamientos No irregularidades importantes en el drenaje	Pendientes 15-25° D/L = 0.05-0.01	Lóbulos. Morfología irregular ondulada
Flujo de tierra y derrubios (apartado 2.4)	Concavidades y lóbulos en el área fuente Varios escarpes Depósitos con forma de corriente en valles Ausencia de vegetación Drenaje irregular y disturbado en la masa deslizada	Pendientes > 25° D/L muy pequeño	Lóbulos, depósitos convexos Morfología irregular

D, L = profundidad y longitud de la masa desplazada.

Las inestabilidades en las laderas volcánicas, pueden clasificarse según los materiales involucrados en los procesos, distinguiendo generalmente entre macizos rocosos o rocas, derrubios y suelos, y también por los mecanismos y tipos de rotura. Determinadas clasificaciones consideran también otros aspectos como el contenido en agua del terreno, y la velocidad y magnitud de los movimientos.

A continuación se describen los principales tipos que se refieren en la mayoría de las clasificaciones, aplicables a las laderas volcánicas:

- Desprendimientos
- Deslizamientos
- Avalanchas rocosas
- Flujos o coladas

### 2.1. Desprendimientos o caídas de rocas:

Los **desprendimientos** son caídas repentinas de bloques o masas de bloques rocosos independizados por planos de discontinuidad preexistentes (diaclasas, superficies de estratificación, grietas de tracción, etc.). El material desciende ladera abajo principalmente por caída libre, rebotando o rodando. Los desprendimientos son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y, en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques más o menos paralelepípedicos formados por varias familias de discontinuidades.

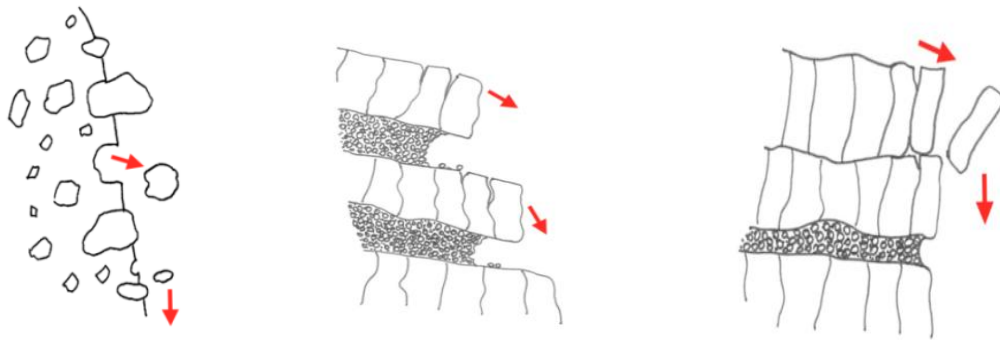
Son los procesos de inestabilidad de laderas más frecuentes y extendidos, y también los que mayores daños causan, tanto económicos como humanos.

Los factores que provocan este tipo de roturas son la erosión y pérdida de apoyo o descalce de los bloques previamente independizados o sueltos, el agua presente en las discontinuidades y grietas, las sacudidas sísmicas, etc. En la Figura 2.1 se presenta un esquema de desprendimientos.

Aunque los bloques desprendidos pueden ser de poco volumen, al ser procesos repentinos, suponen un riesgo importante en vías de comunicación y edificaciones en zonas de montaña (Figura 2.2).

Pueden también darse desprendimientos de masas de suelos en laderas o taludes verticales, generalmente a favor de grietas de tracción generadas a causa del estado tensional o de grietas de retracción por desecación del terreno.

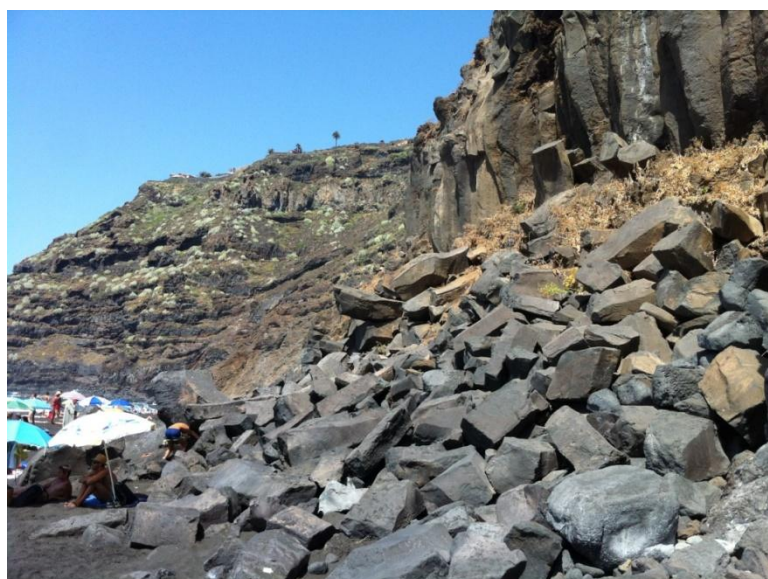
Los **vuelcos** de estratos o de fragmentos de masas rocosas o suelos se incluyen dentro de los desprendimientos. Suelen darse principalmente en frentes rocosos con estratos verticalizados (Figura 2.3).



**Figura 2.1.** Esquema de desprendimientos con caída libre a la izquierda, caída por descalce al centro y caída por vuelco a la derecha de la figura.



**Figura 2.2.** Desprendimientos rocosos en talud de carretera con corte de la circulación, (Cabo Verde).



**Figura 2.3.** Desprendimientos por vuelco de estratos en el frente de una colada basáltica con diaclasado de retracción preferentemente vertical, playa del Ancón (Isla de Tenerife, Canarias).

## 2.2. Avalanchas rocosas.

Las **avalanchas rocosas** son procesos muy rápidos de caída de grandes masas de rocas o derrubios que se desprenden de laderas escarpadas que se rompen y pulverizan durante la caída, dando lugar a depósitos con una distribución caótica de bloques, con tamaños muy diversos, sin estructura, prácticamente sin abrasión y con gran porosidad. En la Figura 2.4 se presenta un esquema de avalancha de derrubios.

Las avalanchas son generalmente el resultado de deslizamientos o desprendimientos de gran magnitud que, por lo elevado de la pendiente y la falta de estructura y cohesión de las masas rotas, descienden a gran velocidad ladera abajo en zonas abruptas, pudiendo superar los 100 km/hora, incluso si las masas están completamente secas, por la disminución de la fricción a que da lugar la presencia de aire entre los materiales y fragmentos rocosos. El agua de precipitación o deshielo, los movimientos sísmicos y las erupciones volcánicas pueden jugar un papel importante en el desencadenamiento de estos procesos.

Las **avalanchas de derrubios** están formadas por material rocoso muy heterométrico,



MAC 2014-2020  
Cooperación Territorial

MACASTAB

Interreg   
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

  
Gobierno de Canarias  
Consejería de Obras Públicas y Transportes

  
LABORATORIO REGIONAL DE INGENIERIA CIVIL



UNIVERSIDADE  
"CÁDIZ VERDE"  
UNICADIZ



pudiendo incluir grandes bloques, y abundante material fino; los depósitos morrénicos constituyen un material propenso para estos procesos, así como las acumulaciones de materiales procedentes de erupciones volcánicas. La diferencia con los flujos de derrubios, además de la presencia de agua (no necesaria en las avalanchas), es la rapidez del proceso y velocidad que alcanza la masa en zonas con pendiente elevada.

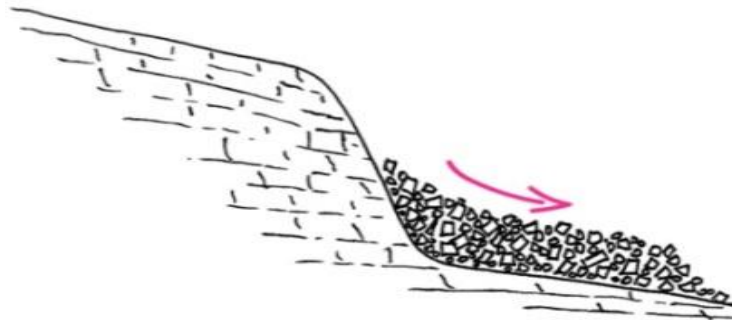


Figura 2.4. Esquema de avalancha rocosa.

### 2.3. Deslizamientos.

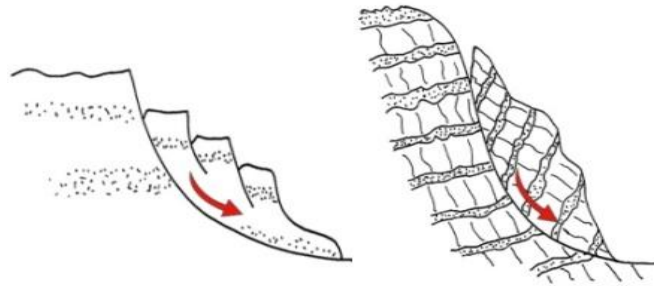
Los **deslizamientos** son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estos planos; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes proporciones (varios millones de metros cúbicos). En ocasiones, cuando el material deslizado no alcanza el equilibrio al pie de la ladera (por su pérdida de resistencia, contenido en agua o por la pendiente existente), la masa puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, dando lugar a un flujo; los deslizamientos también pueden ocasionar avalanchas rocosas.

Pueden producirse deslizamientos en derrubios (por ejemplo en los coluviones sobre las laderas, a favor del contacto con el sustrato rocoso, o en laderas rocosas muy alteradas y fracturadas, a favor del contacto con la roca sana), que generalmente dan lugar a flujos de derrubios conforme deslizan ladera abajo, ya que suelen ocurrir en condiciones de saturación del material.

Los **deslizamientos rotacionales** (Figura 2.5) son más frecuentes en suelos

cohesivos. La rotura, superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas o en forma de cuchara. Una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a “escalones” con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriadas. Sus dimensiones más frecuentes varían entre varias decenas y algunos centenares de metros tanto en longitud como en anchura, y pueden ser superficiales o profundos (el límite puede establecerse en torno a los 10 m). La parte inferior de la masa deslizada se acumula al pie de la ladera formando un depósito tipo lóbulo con grietas de tracción transversales (Figura 2.5). Dependiendo del tipo de suelos y del contenido en agua, se pueden generar flujos.

Los macizos rocosos blandos o con alto grado de fracturación o alteración, donde las discontinuidades no constituyen superficies de debilidad preferentes, pueden también sufrir este tipo de rotura.



**Figura 2.5.** Esquema de deslizamientos rotacionales, de suelos a la izquierda y de rocas a la derecha.

En los **deslizamientos traslacionales** la rotura tiene lugar a favor de superficies planas de debilidad o discontinuidades preexistentes (pueden ser superficie de estratificación, planos de contacto entre diferentes tipos de materiales, superficies estructurales, etc.); en ocasiones, el plano de rotura puede ser una fina capa de material arcilloso entre estratos más duros o de mayor competencia. No suelen ser muy profundos, aunque sí pueden tener gran extensión y alcanzar grandes distancias. Pueden darse tanto en suelos como en rocas, y las masas que deslizan en ocasiones son bloques rectangulares previamente independizados por discontinuidades o por grietas de tracción (deslizamientos de bloques). Son frecuentes en este tipo de inestabilidades los movimientos a impulsos o en fases diferentes en el tiempo según las condiciones de resistencia de los planos de deslizamiento, que no tienen por qué presentar una



pendiente elevada, basta en ocasiones con unos pocos grados. Generalmente, los deslizamientos traslacionales son más rápidos que los rotacionales, dadas las características cinemáticas del mecanismo de rotura.



**Figura 2.6.** Deslizamiento traslacional de piroclastos sobre basaltos alterados (Isla de Gran Canaria, Canarias).

En rocas volcánicas estos movimientos suelen estar inducidos por procesos gravitacionales, lluvias intensas, actividad volcánica e incluso actividad humana. Afectan en general a casi todos los tipos de unidades geotécnicas, no solo a las correspondientes a materiales sueltos o fácilmente deleznable (Figura 2.6), sino a las unidades de macizos rocosos duros que puedan estar afectadas por un intenso diaclasado.

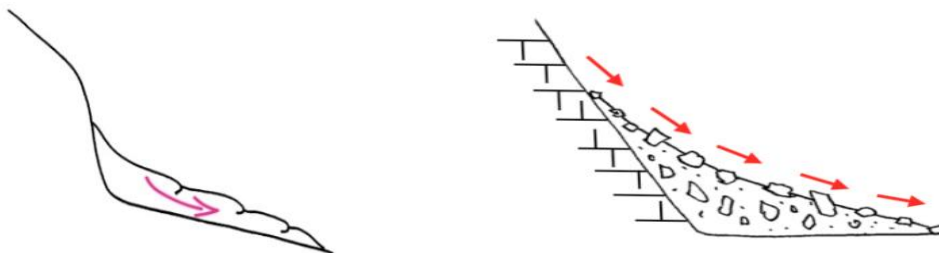
#### 2.4. Flujos o coladas:

Los **flujos** o coladas son movimientos de masas de suelos (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o “debris flow”) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) donde el material está disgregado y se comporta como un “fluido”, sufriendo una deformación continua y sin presentar superficies de rotura definidas. El agua es el principal agente desencadenante, por la pérdida de resistencia a que da lugar en materiales poco cohesivos. Principalmente afectan a suelos arcillosos susceptibles que sufren una considerable pérdida de resistencia al ser movilizados; estos movimientos, poco profundos en relación a su extensión, presentan una morfología tipo glaciar, y pueden tener lugar en laderas de bajas pendientes (incluso menores de  $10^\circ$ ).



**Figura 2.7.** Coladas de derrubios o "debris flow" producidas en depósitos coluviales tras las intensas lluvias acaecidas en la isla de El Hierro en noviembre de 2004.

Las **coladas de barro o tierra** ("mudflow" o "earthflow") se dan en materiales predominantemente finos y homogéneos, y su velocidad puede alcanzar varios metros por segundo; la pérdida de resistencia del material suele estar motivada por su saturación en agua. Se clasifican según el tipo de material, características resistentes y el contenido en agua (Figura 2.8). Los flujos de barro generalmente presentan pequeñas magnitudes, pero en ocasiones, sobre todo en condiciones de saturación del material, pueden ser muy extensos y rápidos, teniendo consecuencias catastróficas en caso de alcanzar zonas pobladas. Los depósitos de materiales finos volcánicos, por sus propiedades físicas y geomecánicas, son especialmente susceptibles a este tipo de procesos.



**Figura 2.8.** Esquemas de flujos de barro a la izquierda y flujo de tierras y derrubios a la derecha.

En los materiales tipo loess (limosos o limo-arcillosos con estructura poco porosa) y en arenas secas pueden tener lugar flujos inducidos por movimientos sísmicos, provocados generalmente por colapsos repentinos debidos a la rotura de los débiles enlaces entre partículas; si estos materiales se encuentran saturados o sumergidos, se crea una masa sin cohesión que puede fluir con velocidades muy elevadas. Estas movilizaciones bruscas por colapso estructural del suelo, debido a sacudidas sísmicas o a rotura del suelo por desecación, se denominan golpes de arena y limo, término que hace más bien referencia a la causa del movimiento.

Los flujos de derrubios son movimientos complejos que engloban a fragmentos rocosos, bloques, cantos y gravas en una matriz fina de arenas, limos y arcilla. Generalmente tienen lugar en laderas cubiertas por material suelto o no consolidado, y especialmente en aquellas donde no existe cobertura vegetal.

Los flujos pueden ser consecuencia de deslizamientos, al saturarse los materiales deslizados y continuar fluyendo ladera abajo, o ser inducidos por desprendimientos rocosos. Junto con los deslizamientos son los movimientos de ladera más extendidos, al afectar a muy diversos tipos de materiales.

Dentro de los flujos se incluyen otros varios tipos de procesos con características propias, como la **reptación**, movimiento superficial (unos pocos decímetros) muy lento, prácticamente imperceptible, que afecta a suelos y materiales alterados, provocando deformaciones continuas que se manifiestan al cabo del tiempo en la inclinación o falta de alineación de árboles, vallas, muros, postes, etc. en las laderas. La **solifluxión** afecta igualmente al terreno más superficial de las laderas, y es un movimiento producido por los procesos hielo-deshielo que, por los cambios de temperatura diarios o estacionales, afecta al agua contenida en los suelos finos en zonas o regiones frías.