


Fenómenos Climáticos

Las causas de Siniestros en
casos de deslizamientos
de Tierra.
Mecánica Básica

VALUATIVE

LÍDERES EN INVESTIGACIÓN Y PROTECCIÓN PATRIMONIAL

Cra. 7 No. 156 – 10 Of. 1607
/ Edificio Torre Krystal
Bogotá D.C., Colombia
Pbx: +57 (1) 3902846
info@valuative.co



**Fenómenos Climáticos
Las causas de Siniestros en casos de
Deslizamientos de Tierra
Mecánica Básica.**

REMOCION EN MASA O DESLIZAMIENTOS DE TERRENOS

En Colombia existen condiciones que favorecen la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa como la abrupta topografía de las cordilleras, la actividad sísmica, su ubicación en la zona tropical y los altos valores de precipitación.

En las distintas ciudades del país, dependiendo de su topografía, los fenómenos de remoción en masa se presentan a lo largo de los cerros tutelares de las misas y sus respectivas franjas de piedemonte.

En principio estos fenómenos tienen una causa natural, ya que muchas de las laderas que conforman los cerros tienen una predisposición a la generación de deslizamientos; a esto se suma la intervención de los cerros por medio de explotación de canteras y la adecuación de terrenos para la construcción de vivienda (legal e ilegal) sin el cumplimiento de los mínimos requisitos técnicos.

Cada ciudad o población tiene diversos sectores sometidos a fenómenos de remoción en masa. Estos fenómenos se presentan con diferentes grados de actividad: desde los que han destruido viviendas e infraestructura de servicios públicos hasta aquellos en los que la amenaza potencial ha sido identificada por medio de estudios.

QUE SON LOS FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

Con el fin de procurar herramientas que permitan identificar las causas de siniestros originados en fenómenos de Remoción en Masa, se pueden considerar las siguientes aseveraciones

Los movimientos de remoción en masa se refieren al movimiento repentino de los materiales terrestres en descendencia. En Colombia, de acuerdo a las características de los movimientos que se presentan, se ha adoptado la clasificación de VARNES 2000. Dentro de los cuales tenemos:

Caídas:

Representa la disgregación rápida de un volumen de material litológico a lo largo de una superficie, en caída libre. Por lo general se clasifican en:

- *Desprendimientos:*

Disgregación de suelo o roca fracturada existiendo un descenso súbito con fragmentación de material a lo largo de una ladera de fuerte pendiente.

- *Desplomes:*

Disgregación generalmente de roca, que forma en la base un depósito caótico de material grueso.



Flujos

Son movimientos de material litológico de textura fina y gruesa que se desplazan a lo largo de una Superficie, tales como:

- Flujos de lodo
- Flujos de tierra
- Flujo de detritos
- Flujo de Escombros



Reptación

Consiste en movimientos muy lentos o extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de Falla definida. Generalmente el movimiento del terreno es de pocos centímetros al año y afecta grandes áreas del terreno.



Deslizamientos

Son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas. De acuerdo al mecanismo y forma de ruptura se clasifican:

- *Deslizamiento Rotacional:* Superficie de ruptura es circular o semicircular y cóncava hacia arriba.



- **Deslizamiento Planar:**
Cuando la superficie de ruptura sigue un plano de discontinuidad litológica.
- **Deslizamiento Translacional:**
Movimientos en los cuales la superficie de ruptura coincide con un plano estructural.

Volcamientos

Son movimientos producidos sobre una ladera o talud debidos a colapso de material rocoso por una heterogeneidad litológica y estructural. El movimiento se produce por acción de la gravedad y por rotación hacia delante de un material rocoso alrededor de un punto de giro localizado en su parte inferior.



Hundimientos o Subsistencia

Son movimientos del terreno con desplazamientos subverticales, lentos y progresivos, se manifiesta como una depresión topográfica sin ruptura aparente.



Erosión

Los fenómenos asociados con la pérdida de suelo por origen eólico e hídrico, dependen de la susceptibilidad que tenga el área en términos de su geología, pendiente, uso del suelo, actividades antrópicas y cobertura vegetal.

Abarca la separación, el transporte y la sedimentación de los suelos.

- Surcos
- Cárcavas
- Laminar



CONDICIONES QUE FAVORECEN LOS FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

En general, el mecanismo disparador de los movimientos en masa esta asociada con la realización de cortes en terreno natural inestable sin la debida protección geotécnica, así como el desprendimiento y la caída de bloques asociados a escarpes con pendientes superiores a los 35°. Otros factores que pueden dinamizar los movimientos en masa, incluyen por ejemplo, la actividad sísmica, la saturación del suelo por fluidos y la incidencia de procesos erosivos.

Las siguientes condiciones de un sitio son un indicador de una amenaza de deslizamiento:

- Áreas donde el material rocoso presenta grietas o fractura.
- Áreas abajo de pendientes empinadas o en relieves topográficos altos.
- Planos de roca orientados en paralelo con la pendiente prevaleciente.
- Áreas donde los suelos superficiales están compuestos de material suelto o pobremente compactado.
- Áreas donde los suelos recaudan grandes cantidades de agua.
- Áreas con vegetación mínima para enraizar y fijarla al suelo.

Cuanto más factores de estos se apliquen a un sitio específico, mayores serán las posibilidades de que el sitio experimente deslizamientos.

Las intervenciones antrópicas que pueden contribuir a generar riesgo de deslizamientos en áreas susceptibles a los fenómenos de remoción en masa son:

- Cortes en el terreno como de carreteras, cortes para construcción de casas, que crean masas inestables de material sin apoyo, generando pendientes negativas.
- Construcción de muros sin posibilidad para drenaje. El agua del suelo retenida detrás de los muros incrementa la presión en los poros y el peso en el material retenido, desestabiliza la masa retenida.

- Remover plantas de raíces profundas desestabiliza el suelo en una ladera e incrementa el potencial de deslizamiento.
- El mal manejo de aguas superficiales o subsuperficiales en las laderas a través de la irrigación, o votando las aguas residuales sobre ellos.
- Rellenos en zonas de pendientes y con una pobre compactación.

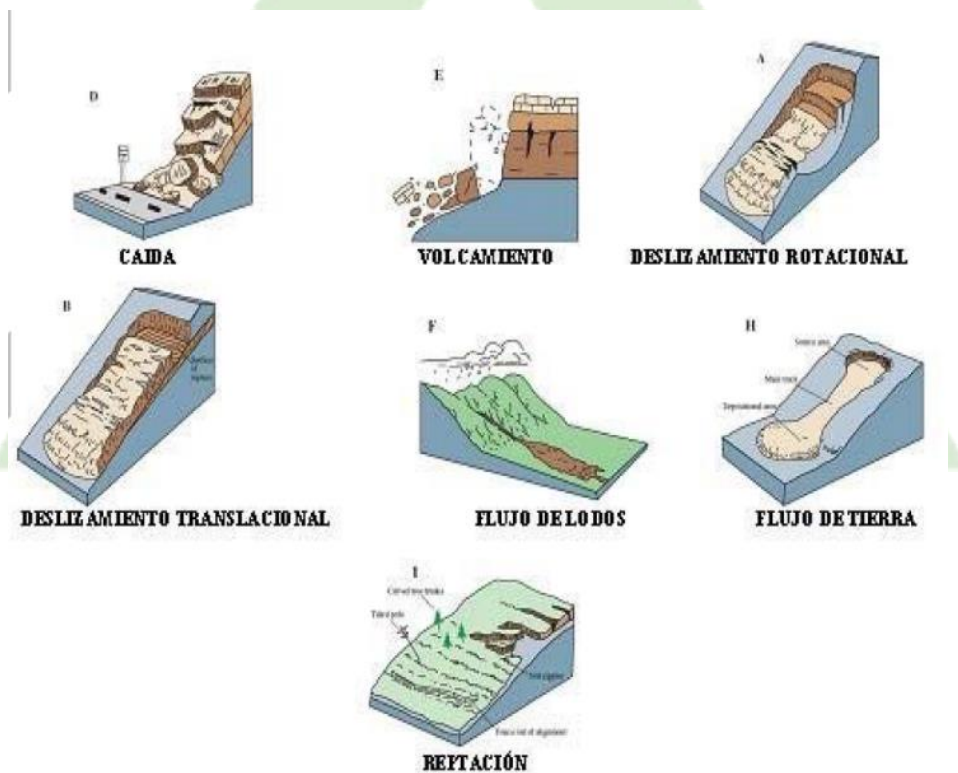


CLASIFICACION DE LOS FENOMENOS DE REMOCION EN MASA SEGÚN LA VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO

Dependiendo de la **velocidad**, los deslizamientos se pueden clasificar en un rango de categorías que va desde lentos hasta rápidos.

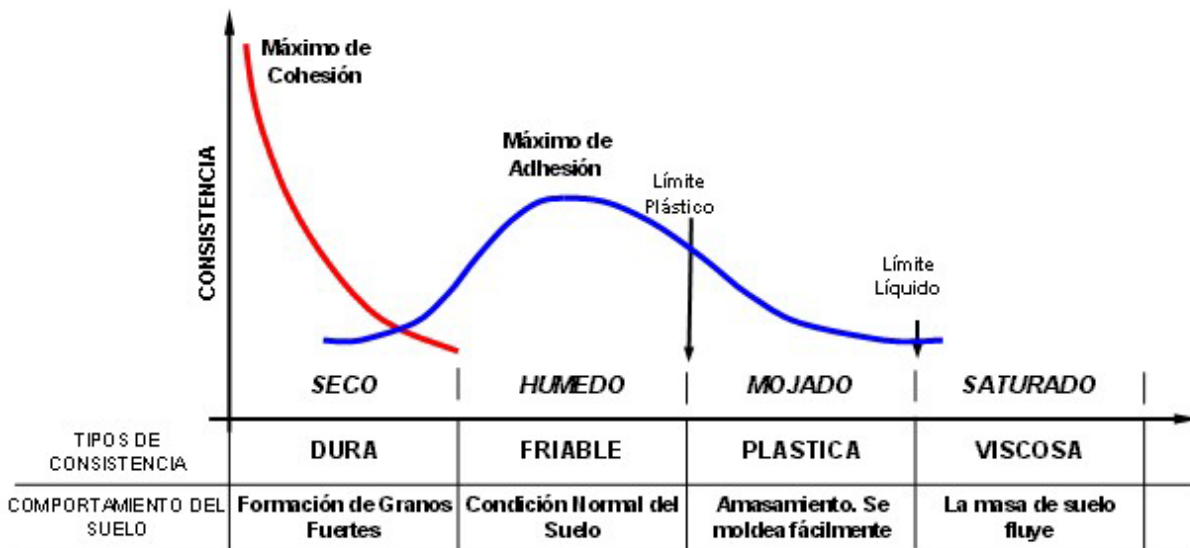
Deslizamientos rápidos: Alcanzan **velocidades** hasta de metros por segundo y se pueden originar en zonas con **pendientes** muy fuertes, donde domina la caída de **rocas** y residuos que se acumulan formando un **talud**, o se puede producir al deslizarse una gran masa en segundos o minutos. Entre ellos tenemos, desprendimientos y flujos de **lodo**.

Deslizamientos lentos: Las **velocidades** son del orden de centímetros o metros por año. Se caracterizan por transportar gran cantidad de material. Evidencias que muestran la presencia de un deslizamiento lento son: la inclinación de los árboles a favor de la **pendiente**, la inclinación de cercas, el agrietamiento de casas, etc.



| Clase | Descripción | Velocidad | | Poder destructivo |
|-------|-----------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Extremadamente rápida | 5×10^3 mm/s | 5 m/s | Catástrofe de violencia mayor; edificios destruidos por el impacto o el material desplazado, muchas muertes; escape improbable. |
| 6 | Muy rápida | 5×10^1 mm/s | 3 m/min | Algunas pérdidas de vidas; velocidad demasiado alta para permitir a todas las personas escapar. |
| 5 | Rápida | 5×10^{-1} mm/s | 1.8 m/h | Escape posible; estructuras, propiedades y equipos destruidos. |
| 4 | Moderada | 5×10^{-3} mm/s | 13 m/mes | Algunas estructuras temporales y poco sensitivas pueden mantenerse temporalmente. |
| 3 | Lenta | 5×10^{-5} mm/s | 1.6 m/año | Construcciones remediabiles pueden llevarse a cabo durante el movimiento. Algunas estructuras insensitivas pueden mantenerse con mantenimiento frecuente. |
| 2 | Muy lenta | 5×10^{-7} mm/s | 16 mm/año | Algunas estructuras permanentes no son dañadas por el movimiento. |
| 1 | Extremadamente lenta | $< 5 \times 10^{-7}$ mm/s | < 16 mm/año | Imperceptibles sin instrumentos; construcciones posibles, pero deben tenerse precauciones. |

| Pendiente | Nivel de Riesgo por condiciones del terreno | | |
|-----------|---------------------------------------------|-------|-------|
| < 5% | BAJO | BAJO | BAJO |
| 5 – 15% | BAJO | BAJO | MEDIO |
| 15 – 30% | BAJO | MEDIO | ALTO |
| 30 – 45% | MEDIO | ALTO | ALTO |
| > 45% | ALTO | ALTO | ALTO |



Variación de la Fuerza de Cohesión y Adhesión del Suelo

DEFINICIONES ASOCIADAS CON EL ESTADO DE TERRENOS Y LOS SINIESTROS QUE ES POSIBLE ENCONTRAR COMO RESULTADO DE REMOCION EN MASA

Consistencia: es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o fracturado.

Dado que dichas fuerzas dependen del contenido de humedad es por esta razón que la consistencia se expresa en términos de seco, húmedo y mojado.

La consistencia se refiere entonces a las fuerzas que permiten que las partículas se mantengan unidas, definiéndose como la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o moldeada.

Cohesión: La fuerza de cohesión está referida a la atracción molecular, en la que las partículas de arcilla presentan carga superficial, por una parte y la atracción de masas por las fuerzas de Van der Waals, por otra (Gavande, 1976) ... Además de estas fuerzas, otros factores tales como compuestos orgánicos, carbonatos de calcio y óxidos de hierro (razón de la coloración de los suelos en la zona evaluada) y aluminio, son agentes que integran el mantenimiento conjunto de las partículas.

Adhesión: La Adhesión está referida a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta excesivamente, la adhesión tiende a disminuir (ver gráficos). Dado que el efecto de adhesión es mantener unidas las partículas, tal fenómeno depende de la proporción Agua/Aire presentes.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se puede afirmar que la consistencia del suelo posee dos puntos máximos; uno cuando está en estado seco debido a cohesión y otro cuando está húmedo que depende de la adhesión.

Limite Plástico: Se refiere a la transición (medida en tiempo) en que un terreno pase de un estado húmedo (carga normal de agua) al líquido o completamente saturado de agua.

Límite Líquido: Se refiere al contenido de humedad; la película de agua que se filtra a través del terreno se hace tan gruesa que la cohesión decrece y la masa de suelo fluye por acción de la gravedad (se presenta deslizamiento).

Índice de Plasticidad: Se refiere al parámetro físico que se relaciona con la facilidad de manejo del suelo, por una parte, y con el contenido y tipo de arcilla presente en el terreno, por otra. Se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Nota: Valores Menores a 10 indican baja plasticidad, y valores cercanos a 20 señalan suelos muy plásticos.

Límites de Consistencia de un Terreno Arcilloso

Los límites de consistencia o límites de Atterberg se basan en el concepto de que los suelos finos, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

En el caso de la arcilla, al agregársele agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido.

El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

Los límites de Atterberg son propiedades índices del suelo, con los que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

A su vez, la Plasticidad es la propiedad que tienen algunos suelos de deformarse sin agrietarse, ni producir rebote elástico.

Los suelos plásticos cambian su consistencia al variar su contenido de agua. De ahí que se puedan determinar sus estados de consistencia al

variar si se conoce las fronteras entre ellas. Los estados de consistencia de una masa de suelo plástico en función del cambio de humedad son sólidos, semisólido, líquido y plástico. Estos cambios se dan cuando la humedad en las masas de suelo varía. Para definir las fronteras en esos estados se han realizado muchas investigaciones, siendo las más conocidas las de Terzaghi y Atterberg.

La frontera convencional entre los estados semisólido y plástico se llama límite plástico, mientras que la frontera entre el estado sólido y semisólido se llama límite de contracción y a la frontera entre el límite plástico y líquido se llama límite líquido.

En los granos gruesos de los suelos, las fuerzas de gravitación predominan fuertemente sobre cualquiera otra fuerza; por ello, todas las partículas gruesas tienen un comportamiento similar.

En los suelos de granos muy finos, sin embargo, fuerzas de otros tipos ejercen acción importantísima; ello es debido a que en estos granos, la relación de área a volumen alcanza valores de consideración y fuerzas electromagnéticas desarrolladas en la superficie de los compuestos minerales cobran significancia. En general, se estima que esta actividad en la superficie de la partícula individual es fundamental para tamaños menores que dos micras (0,002 mm)

Relación entre las fases sólidas y líquidas en una arcilla

La plasticidad de un suelo es debida a su contenido de partículas más finas de forma laminar y ejerce una influencia importante en la compresibilidad del suelo, mientras que el pequeño tamaño propio de esas partículas hace que la permeabilidad del conjunto sea muy baja.

Al tratar de definir en términos simples la plasticidad de un suelo, no resulta suficiente decir que un suelo plástico puede deformarse y remodelarse sin agrietamiento, pues una arena fina y húmeda tiene esas características cuando la deformación se produce lentamente y, sin embargo, no es plástica en un sentido más amplio de la palabra; hay entre el comportamiento de la arcilla y el de la arena en cuestión una importante diferencia: el volumen de la arcilla permanece constante

durante la deformación, mientras que el de la arena varía; además, la arena se desmorona en deformación rápida.

Por lo tanto, se define la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

Límites de plasticidad

Para medir la plasticidad de las arcillas hay varios criterios, mencionándose en especial el de Atterberg, el cual establece que la plasticidad no es una propiedad permanente de las arcillas, sino circunstancial y dependiente de su contenido de agua. Una arcilla muy seca puede alta consistencia, con plasticidad nula, y al mismo tiempo, con gran contenido de agua, puede presentar propiedades de un lodo semilíquido (tal como el evidenciado en el terreno de la obra) o, inclusive, las de una suspensión líquida. Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido de agua en que la arcilla se comporta plásticamente.

Según su contenido de agua en forma decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definido por Atterberg.

1. Estado líquido, con propiedades y apariencias de una suspensión.
2. Estado Semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
3. Estado Plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
4. Estado semi sólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.

Las consideraciones de Remoción en Masa o Deslizamiento de Terrenos están íntimamente ligadas con la presencia de agua no confinada en los terrenos en los que se presenta el fenómeno y por tanto, se hace evidente que la única forma de que se presentara el fenómeno estudiado en este caso haya sido la Lluvia, independiente de que la misma hubiese caído en un tiempo relativamente corto o amplio, pues como puede observarse en la gráfica precedente a estas

definiciones, los límites de estado no presentan fronteras absolutas, sino aproximadas.



Juan Carlos Lancheros. P.E Mech, BBA, EGS, Cert CILA
C.E.O

