

CAPÍTULO 3: Diagnóstico previo.

En este capítulo se exponen dos herramientas que permiten llevar a cabo una evaluación inicial de manera rápida de las condiciones de estabilidad de laderas y taludes susceptibles de desarrollar inestabilidades. La primera es el Índice de Susceptibilidad de Inestabilidad de Taludes en Terrenos Volcánicos (ISTV) que tiene aplicación en los archipiélagos predominantemente rocosos como son los de Canarias, Madeira y Cabo Verde donde el fenómeno más frecuente son los desprendimientos y la segunda es la Ficha de Campo para Evaluación de Estabilidad en Suelos que tiene mayor relevancia en el de Azores donde se produce una mayor frecuencia de deslizamientos.

Tanto si la inestabilidad ya se ha producido como si se trata de un talud del que se quiera conocer su estado, debe realizarse un reconocimiento del lugar y emitir un diagnóstico previo en el que se valoren de forma preliminar las condiciones de seguridad del talud o ladera y su entorno.

3.1. Toma de datos sobre un suceso ya producido

En el caso de que la inestabilidad ya se haya producido se deberá atender a las consecuencias del suceso y recoger la información necesaria para su valoración. Se realizará una visita técnica para recabar, al menos, la siguiente información:

- Circunstancias en las que se ha producido la inestabilidad.
- Daños: infraestructuras, edificaciones, etc. que se hayan visto afectadas o que pudieran serlo si se produjera un nuevo evento.
- Condiciones meteorológicas en las que se produjo la inestabilidad.
- Acciones antrópicas o de otro origen que hayan podido causar la inestabilidades, como voladuras, excavaciones...
- Otras observaciones referentes al volumen de material desprendido, posibles áreas fuente y procedencia, así como la naturaleza litológica de los materiales y los datos básicos de la geometría del talud o ladera (altura, pendiente, perfil aproximado...).

3.2. El índice de susceptibilidad ISTV.

El Índice de Susceptibilidad de Inestabilidad de Taludes en terrenos Volcánicos (ISTV) es una herramienta que permite realizar una evaluación preliminar de los taludes con el fin de

clasificarlos en función de su susceptibilidad a generar desprendimientos y así poder priorizar el estudio de aquellos que presenten mayor grado de susceptibilidad. Es aplicable a rocas volcánicas excluyendo materiales muy meteorizados o alterados y depósitos de suelos, derrubios de ladera o coluviales.

La susceptibilidad no indica una probabilidad de ocurrencia sino que trata de describir la posibilidad de que se produzca una inestabilidad bajo la influencia de determinadas condiciones que no se consideran en el análisis. Es decir, que a pesar de que un talud pueda presentar menor susceptibilidad que otro, puede tener mayor probabilidad de generar una inestabilidad si sus condiciones de contorno son más propicias para su desarrollo.

De la aplicación de este índice se obtienen dos valores: el denominado ISTV básico, y el ISTV corregido, que multiplica el ISTV básico por un factor que se determina en función del número de indicadores que se identifiquen en el terreno o infraestructuras y construcciones que puedan estar afectadas por el talud.

En primer lugar el ISTV define tres tipologías de macizos a través de las cuales se trata de tomar en consideración, en cada caso, las características particulares que determinan el comportamiento de los taludes volcánicos frente a la inestabilidad:

- Macizos tipo A: contempla los taludes formados únicamente por niveles o paquetes de rocas duras (>20 MPa) como son las que se forman a partir del enfriamiento de coladas basálticas y sálicas y de los depósitos piroclásticos compactos, como pueden ser tobas o ignimbritas soldadas.



Figura 3.1. Ejemplo de Macizo tipo A formado por una colada fonolítica. (Isla de Tenerife, Canarias).

- Macizos tipo B: Abarca los taludes formados por materiales piroclásticos de caída, de naturaleza basáltica y sálica, en los que sus partículas están poco o nada soldadas y que presentan características de roca blanda o suelo duro.



Figura 3.2. Ejemplo de Macizo tipo B formado por piroclastos basálticos. (Isla de San Miguel, Azores).

- Macizos tipo C: Son aquellos en los que se produce una alternancia de materiales de distinta competencia (duro, blando) o erosión diferencial entre capas de materiales similares.



Figura 3.3. Ejemplo de Macizo tipo C formado por alternancias de coladas y escorias de coladas basálticas, donde se puede apreciar la erosión diferencial entre ambos tipos de material. (Isla de Tenerife, Canarias).

Para cada tipo de macizo se indican aquellos factores específicos vinculados a su estabilidad que habrá que estudiar en cada caso: en los macizos tipo A se estudia su

fracturación y la posición de los bloques, en los del tipo B su grado de compactación y en los del tipo C el grado de erosión diferencial.

El indicador básico del ISTV se calcula incorporando dos factores más que son comunes para cualquier tipo de talud como son su pendiente y la cercanía al mar.

Finalmente, para realizar el cálculo del ISTV corregido, si se observa la presencia de alguno de los indicadores expuestos en el *apartado 2.3 del Anejo II*, se deberá multiplicar el ISTV básico por el *índice i* obtenido a partir del número de indicadores presentes.

El resultado del ISTV, ya sea básico o corregido, alcanzará una valoración entre 0 y 100 puntos que permitirá clasificar los taludes según el grado de susceptibilidad a las inestabilidades en: bajo, moderado, alto o muy alto según se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.1. Valores del ISTV.

Grado	Puntuación ISTV	Susceptibilidad
1	< 35	Baja
2	≥35 < 60	Moderada
3	≥ 60 < 80	Alta
4	> 80	Muy Alta

El resultado obtenido mediante el cálculo del índice de susceptibilidad de un talud permitirá valorar su estado de una manera previa y ofrecerá información sobre la conveniencia de realizar otros estudios adicionales de mayor intensidad y detalle.

También permitirá establecer una relación ordenada de una serie de taludes que se encuentren dentro de un ámbito de actuación administrativa o geográfico con la que poder priorizar la realización en el tiempo de los estudios posteriores pormenorizados a aquellos taludes que se estimen más necesarios.

Por lo tanto, un resultado de susceptibilidad muy alta no implica necesariamente que el talud vaya a sufrir una inestabilidad de manera inminente sino que debe realizarse urgentemente un estudio más detallado por parte de técnicos expertos que valoren su importancia y alcance para, en su caso, establecer las medidas de estabilización y control correspondientes.

Por otro lado, debe considerarse que el resultado obtenido por un talud o ladera tampoco es permanente. Ya que son elementos dinámicos que están en constante cambio, por lo que la clasificación que se obtenga deberá ser actualizada cada cierto tiempo.

3.3. Evaluación rápida de las condiciones de estabilidad en suelos

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo, tierra o roca que deslizan sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estos planos. Uno de los primeros signos visibles en el suelo es la presencia de grietas transversales en la parte superior del talud o ladera. La masa desplazada durante el movimiento tiene grados de deformación muy variables según el tipo de deslizamiento, 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).

Este tipo de movimiento está sujeto a criterios de clasificación como, por ejemplo, tipo de ruptura tangencial, entre otros. De esta manera, los deslizamientos se dividen en rotacionales y traslacionales con fracturas compuestas y planas. Generalmente, los deslizamientos traslacionales son más rápidos que los rotacionales, dadas las características cinemáticas de sus mecanismos de rotura.



Figura 3.4 Deslizamientos traslacionales superficiales en taludes de depósitos piroclásticos pomíticos.

Los deslizamientos más frecuentes suelen ser traslacionales superficiales con ruptura plana. Generalmente ocurren en laderas con pendientes superiores a 35° , normalmente constituidas por depósitos piroclásticos pomíticos, con diferentes dimensiones granulométricas y evolución pedogenética. Usualmente, la profundidad de los planos de falla es menor de 2 m (Fig. 3.4),

indicando claramente que el esfuerzo cortante efectivo es reducido y que los parámetros de resistencia al corte están esencialmente controlados por el componente de fricción de los materiales.

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 o también pueden ocasionar avalanchas rocosas.

Los flujos son los mecanismos de movimiento de laderas con mayor potencial destructivo. Se caracteriza por un movimiento continuo 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.

Por lo tanto están estrechamente relacionadas con períodos de lluvia intensa. Bajo condiciones hidrológicas y topográficas específicas evolucionan de una manera devastadora como los que ocurrieron en Azores en la localidad de Ribeira Quente, donde 29 personas perdieron la vida, y en la parroquia de Faial da Terra, donde se produjeron 3 víctimas mortales (Fig.3.5)



Figura 3.5 A la izquierda colada producida en Ribeira Quente y a la derecha en Faial da Terra.

Para minimizar los riesgos resultantes de las inestabilidades geomorfológicas, es esencial analizar la estabilidad de las pendientes y / o terraplenes a largo plazo, para prevenir futuros accidentes y mitigar los efectos negativos asociados con este tipo de fenómeno.

Los métodos de equilibrio limite se utilizan en ingeniería, que dividen la superficie deslizante potencial en rodajas, para evaluar la estabilidad de las pendientes naturales, excavaciones y

terraplenes. Algunos de los métodos de corte satisfacen algunas o todas las condiciones de equilibrio (fuerzas y momentos).

El enfoque global para obtener una indicación de la estabilidad de una ladera se realiza verificando la posibilidad de desarrollar una superficie de ruptura potencial, determinada por el factor de seguridad mínimo, que corresponde a la superficie de deslizamiento crítica. Para el análisis de la estabilidad mediante métodos de equilibrio límite es necesario conocer la geometría del terreno, las características geológicas (estratigrafía) y los parámetros físicos y mecánicos, así como las condiciones del agua existente.

Este tipo de inestabilidad tiene especial relevancia debido a su gran magnitud que puede causar daños graves no solo a infraestructuras y propiedades, sino que entre sus efectos también suelen contabilizarse pérdidas de vidas humanas.

Desde que comienza a observarse un proceso de inestabilidad que puede afectar a infraestructuras, edificios o áreas urbanas, se requiere la intervención de técnicos de las administraciones que se hayan visto afectadas para evaluar la estabilidad del elemento de que se trate.

Desde el punto de vista mecánico, los movimientos de ladera ocurren como resultado de un desequilibrio entre las fuerzas que inducen a la inestabilidad y las que favorecen su estabilidad. Esta interacción entre fuerzas se puede representar mediante un parámetro denominado Factor de Seguridad (FS) que se define por la relación entre la resistencia al corte (fuerzas estabilizadoras) y la tensión tangencial (fuerzas que promueven la inestabilidad), a lo largo de una superficie de ruptura real o potencial.

$$FS = \frac{\text{Resistencia al Corte}}{\text{Tensión Tangencial}}$$

De esta manera, una ladera o un talud puede considerarse inestable si ocurre que $FS \leq 1$, debido a una reducción de la resistencia al corte o a un aumento de la tensión tangencial. Si el factor de seguridad se encuentra entre 1 y 1.5, la ladera se considera marginalmente estable y si $FS \geq 1.5$, se considera estable (Abramson et al., 2002).

En las situaciones de urgencia, el análisis se realiza de forma cualitativa, en base a la experiencia de los técnicos involucrados, ya que la duración de los estudios detallados de

caracterización geotécnica, con sus correspondientes ensayos de laboratorio, son incompatibles con el corto período de tiempo disponible para la evaluación de la estabilidad de la ladera o el talud. Por lo tanto no es posible aplicar métodos de equilibrio límite o técnicas de análisis de esfuerzo – deformación. Por ello, uno de los objetivos del proyecto Macastab ha sido el desarrollo de un método rápido que permita evaluar sobre el terreno la estabilidad de un talud o una ladera compuestos por suelos e identificar las áreas que podrían verse afectadas por la propagación y retirada de material de una manera sencilla y rápida.

3.4. Ficha de campo para análisis rápido de estabilidad en suelos.

Este formulario de campo proporciona una herramienta de evaluación rápida, sobre el terreno, a los profesionales que se ocupan de evaluar los procesos de inestabilidad, para diagnosticar de manera preliminar las condiciones de la estabilidad de laderas y taludes compuestos de depósitos piroclásticos pomíticos con dimensiones granulométricas que pueden ir desde limos hasta grava.

En el Anejo III de este documento se explica más detalladamente el procedimiento a seguir y se recoge el formato de una ficha de campo fácil de completar utilizando únicamente datos de observación directa con el que es posible estimar de una manera inicial y rápida si una ladera puede desarrollar una inestabilidad de manera inminente.

Para la elaboración del formulario se realizaron numerosos análisis de estabilidad considerando diferentes escenarios morfológicos, geotécnicos e hidrológicos utilizando el método de cortes de Morgenstern-Price para obtener las superficies deslizantes más críticas, que corresponden al valor mínimo del factor de seguridad. Las ecuaciones matemáticas involucradas en el proceso de cálculo pueden consultarse, por ejemplo, en Abranson et al. (2002). Debido a la gran cantidad de posibles superficies deslizantes, se utilizó el software Slide (versión 6) para calcular la superficie deslizante más crítica en cada escenario recomendado.

El Factor de Seguridad se obtiene introduciendo los datos obtenidos en campo en una matriz que permite estimarlo en base a una batería de análisis de estabilidad sobre diferentes modelos en los que se consideraron diferentes escenarios de condiciones morfológicas (altura y pendiente), parámetros de resistencia al corte y condiciones del agua en el suelo. Se llevaron

a cabo aproximadamente 2.500 análisis de estabilidad para encontrar las superficies de ruptura crítica con las que se prepararon los ábacos. Para el diseño de estos ábacos, se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

a) No se consideraron los valores de cohesión, debido a la naturaleza granular de la mayoría de los materiales volcánicos en el archipiélago de las Azores. Sin embargo, para fines de cálculo y para no inducir superficies de ruptura muy poco profundas, se asignó una cohesión residual de 1 kPa.

b) Las laderas o taludes considerados estaban compuestas exclusivamente de suelos granulares.

c) La densidad se mantuvo constante, con un valor de diseño de 16 kN / m³, que corresponde al valor promedio de los pesos de densidad saturada para depósitos pomíticos (Amaral, 2010);

d) El análisis se lleva a cabo en términos de tensiones efectivas para evaluar el factor de seguridad a largo plazo y que se produce una ruptura en condiciones de drenaje, dada la permeabilidad moderada a alta de los depósitos pomíticos.

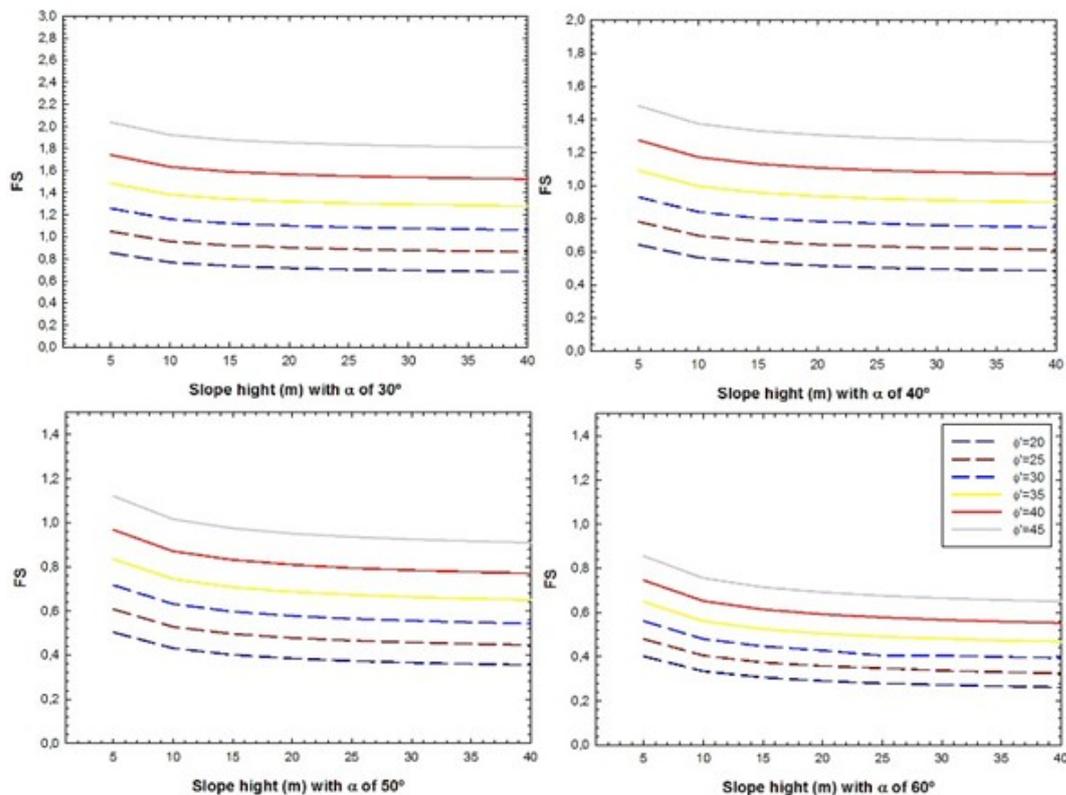


Figura 3.6 Ejemplo de los ábacos obtenidos. Variación FS en relación a diferentes escenarios geomorfológicos.

La Figura 3.6 muestra ejemplos de ábacos obtenidos, donde se observa la variación del FS en función de las diversas combinaciones de parámetros relacionadas con la inclinación, la altura y los ángulos de fricción interna.

Para obtener el FS de una manera más intuitiva y rápida, se establecieron 5 posibles niveles freáticos en el interior del talud y para cada uno de ellos se elaboró una tabla de estimación del índice FS (Fig. 3.7) en función de sus características geométricas y mecánicas.

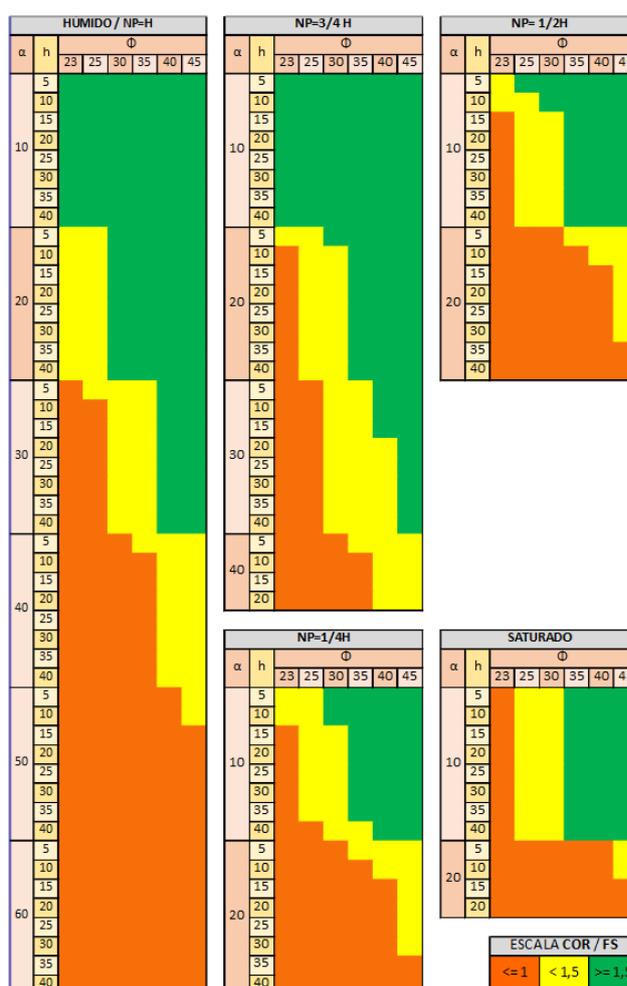


Figura 3.7 Tablas de estimación del FS de acuerdo con las características físicas de la ladera o talud.

Para utilizar las fichas es necesario conocer los parámetros de resistencia al corte del material. Este parámetro debe determinarse mediante pruebas de campo, ensayos de laboratorio (pruebas triaxiales, pruebas de corte directo, etc.) o mediante su estimación empírica. En el siguiente apartado se expone un procedimiento que permite estimarlo empíricamente.

3.5. Valores característicos de cohesión y fricción interna en suelos volcánicos

Los suelos volcánicos tienen un comportamiento geotécnico particular ya que generalmente, los materiales tienen baja densidad de partículas sólidas y baja densidad seca. En cambio, muestran un alto índice de porosidad. La densidad de las partículas sólidas varía entre 2.26 y 2.90, y la densidad seca varía de 5 a 13 kN / m³. La porosidad varía entre 50 y 80%, y el índice de vacío varía de 1.02 a 3.87 (Amaral, 2010). El componente fino generalmente no muestra plasticidad o es poco plástico y la mayoría de los depósitos tienen un bajo contenido de arcilla (<12%).

Amaral (2010) realizó varias pruebas de corte directo del tipo consolidado y drenado. Los resultados obtenidos mostraron dos familias distintas de condiciones de ruptura, con ángulos de fricción interna efectivos (ϕ') entre 30°-35° para suelos limosos arenosos y 35°-43° para suelos arenosos. La cohesión efectiva (c') varía de 0 kPa a 9 kPa.

Como parte de este proyecto, se caracterizaron los valores de resistencia al corte de depósitos piroclásticos pomíticos e ignimbritas no soldadas obtenidos mediante ensayos de compresión triaxiales. Los valores para los ángulos de fricción interna variaron entre 33° y 42° y los valores de cohesión efectiva variaron entre 0 y 24 kPa. Los valores más altos encontrados para los parámetros de resistencia al corte se refieren a piezas de ignición soldadas altamente alteradas.

El cuadro 3.2 presenta el rango de valores de los parámetros de resistencia al corte para diferentes productos volcánicos encontrados en el archipiélago de Azores.

Litología	c' (kN/m ²)	ϕ' (°)
CP	0 - 6	30 - 37
Lap/PP	0 - 2	36 - 43
DV	0 - 9	25 - 39
INS	16-24	35-37

Cuadro 3.2 Valores de c' y ϕ' para diferentes materiales volcánicos de las Azores. CP - cenizas pomíticas; Lap / PP - arena y gravilla pomíticas; DV - depósitos; INS - ignimbritas no soldadas.

En la literatura técnico-científica (p. Ej., Lupini et al., 1981) se presenta una gran cantidad de correlaciones entre la resistencia al corte y las propiedades del suelo (tamaño de grano, límites de Atterberg), densidad, presión de confinamiento, SPT y CPT. .

Teniendo en cuenta las caracterizaciones físicas y mecánicas obtenidas por Amaral (2010) y las obtenidas en este proyecto a través de ensayos de compresión triaxial, se establecieron correlaciones entre diferentes parámetros básicos del suelo (por ejemplo, la distribución granulométrica).

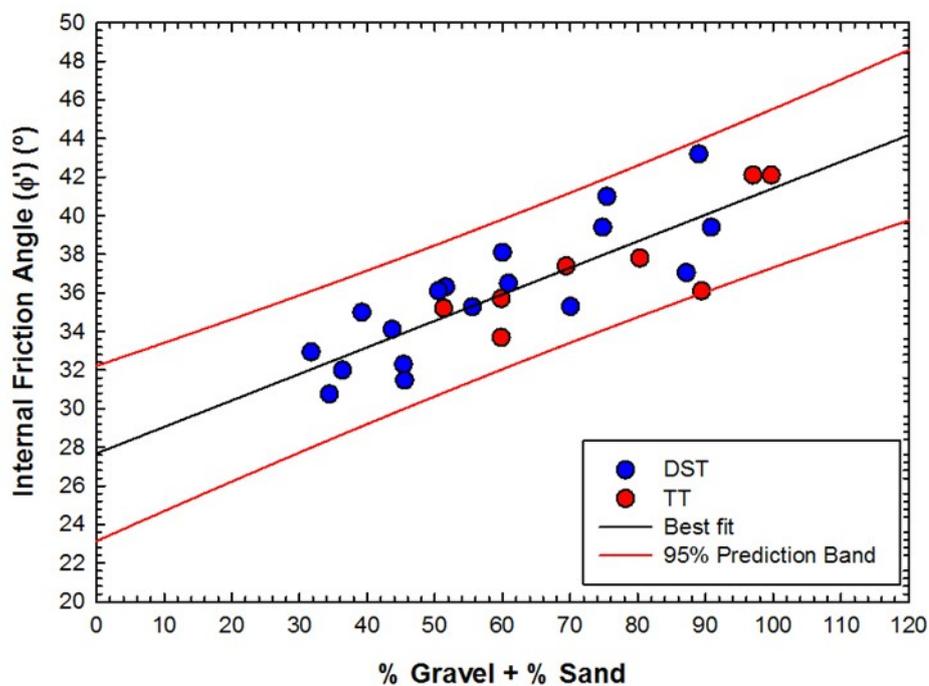


Figura 3.8 Variación del ángulo de fricción con la suma de los porcentajes de grava y arena. STD (prueba de corte directo) - TT (prueba triaxial).

La Figura 3.8 muestra la correlación obtenida entre el ángulo efectivo de fricción interna y la suma del porcentaje de arena y grava, que se expresa mediante la expresión (1), con un coeficiente de correlación del 71%.

$$\phi' = 0,138 (\% \text{ grava} + \% \text{ arena}) + 27,7 \quad (\text{eq.1})$$

donde ϕ' es el ángulo de fricción interna.

La expresión (1) permite obtener el ángulo de fricción interna a partir de un análisis granulométrico simple, que puede realizarse fácilmente en el laboratorio o incluso en el campo. Por lo tanto, los resultados obtenidos pueden usarse para analizar la estabilidad de una ladera de manera simple y rápida.

3.6. Franjas de afección en coronación y a pie de talud

La aparición de fenómenos de inestabilidad geomorfológica en laderas, taludes o acantilados provoca el movimiento de materiales, por efecto de la gravedad hacia su base. Dependiendo de la situación de la zona de iniciación y de su evolución ascendente, en la zona de deflacción puede producirse una ruptura en el terreno que genere una retirada del material en la coronación del talud que provoque su descabezamiento.



Figura 3.9 Ejemplo de un deslizamiento. A la izquierda, la ladera inestable, en el centro la retirada del material en coronación y a la derecha la propagación, en el pie de los materiales movilizados.

Para este trabajo, se realizó un análisis estadístico de varios casos de inestabilidades, en los que fue posible obtener información sobre el retroceso sufrido en la parte superior de la ladera y la distancia horizontal recorrida por los materiales después del deslizamiento. Esta información obtenida y su comparación con las características morfométricas de las laderas permitieron verificar la existencia de relaciones entre la altura y la distancia de retroceso y propagación de la inestabilidad.

La delimitación de zonas de riesgo determinadas a través del conocimiento de las características morfológicas de los taludes pueden servir como base para la definición de franjas de afección cuya delimitación puede ser extremadamente importante en la gestión del riesgo y la planificación territorial, particularmente en una región como las Azores.

Por lo tanto, la franja de riesgo en coronación representa la zona de ruptura probable, es decir, la distancia de potencial retroceso de la parte superior de la ladera en caso de inestabilidad. La franja de riesgo en pie de talud representa la zona de potencial propagación de los materiales después de producirse la inestabilidad.

a) FRANJAS SUPERIORES DE RIESGO Y PROTECCIÓN (FRT y FPT)

Tras un proceso de recopilación y análisis de los efectos causados en la coronación de una serie amplia de laderas, se concluyó que existe una relación entre la altura del elemento y el descabezamiento observado. En el gráfico de la figura 3.10 se puede observar los datos estudiados con los cuales se estableció una línea de tendencia, en rojo en el gráfico, definida por la expresión que define el rango de riesgo de FRT, dada por la expresión (2).

$$FRT = 0,65 \cdot h \quad (\text{eq. 2})$$

Para determinar el rango de protección FPT se aseguró un intervalo de confianza del 95% obteniendo la línea de tendencia verde en el gráfico y definido por la expresión (3)

$$FPT = 1,3 \cdot h \quad (\text{eq. 3})$$

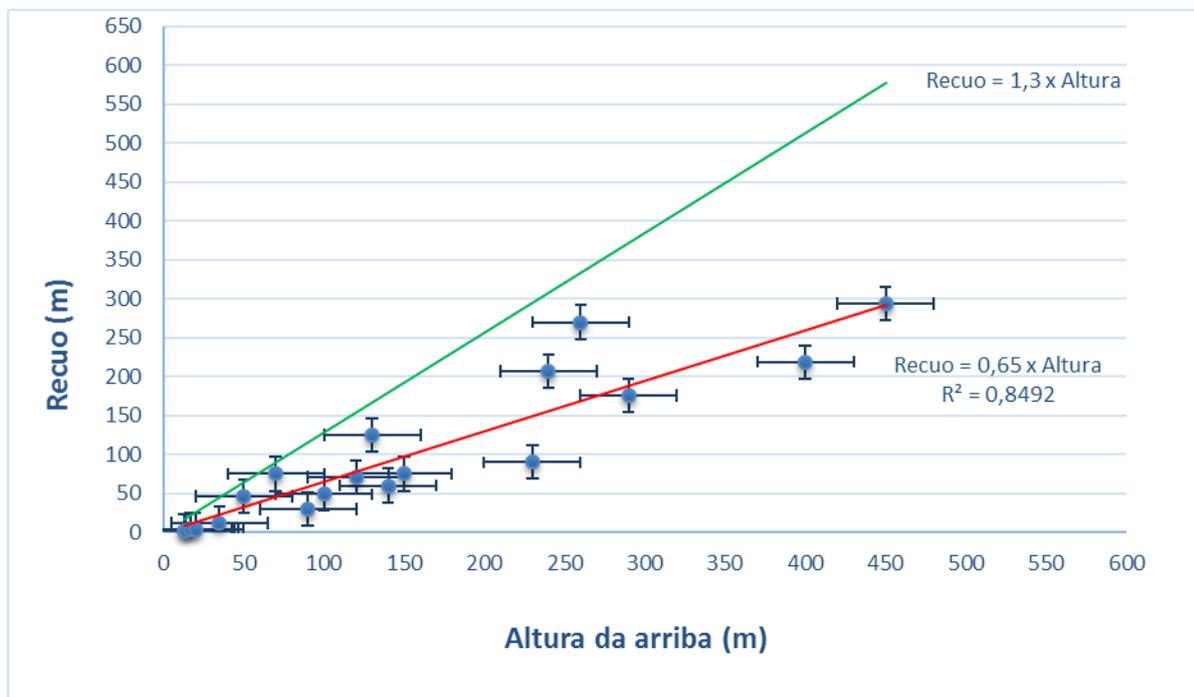


Figura 3.10 Gráfico de la relación entre la altura de la ladera y la distancia de retroceso en coronación.



b) FRANJAS DE RIESGO Y PROTECCIÓN EN EL PIE (FRB y FPB)

De manera similar se realizó el mismo proceso para las bandas de riesgo y protección en la base de los taludes y laderas estudiados. Y se observó que también es posible establecer una relación entre la altura de la ladera y la distancia horizontal recorrida por los materiales movilizados, tanto por procesos de deslizamiento como de escorrentía.

Sin embargo, se observaron importantes diferencias entre las distancias cubiertas para los terraplenes en función de que su altura fuese superior o inferior a 100 m de altura, lo que se traduce en un efecto de escala motivado por la tipología de la inestabilidad. Por lo que se ha observado, hay un rebote de 100 m hacia arriba, en la transición de deslizamientos de tierra a flujos detríticos.

En el gráfico de la figura 3.11 se puede ver que hasta una altura de 100 m la relación entre la altura y la distancia horizontal cubierta es aproximadamente 1:1, llegando a ser aproximadamente 1: 1,5 después de esta altura.

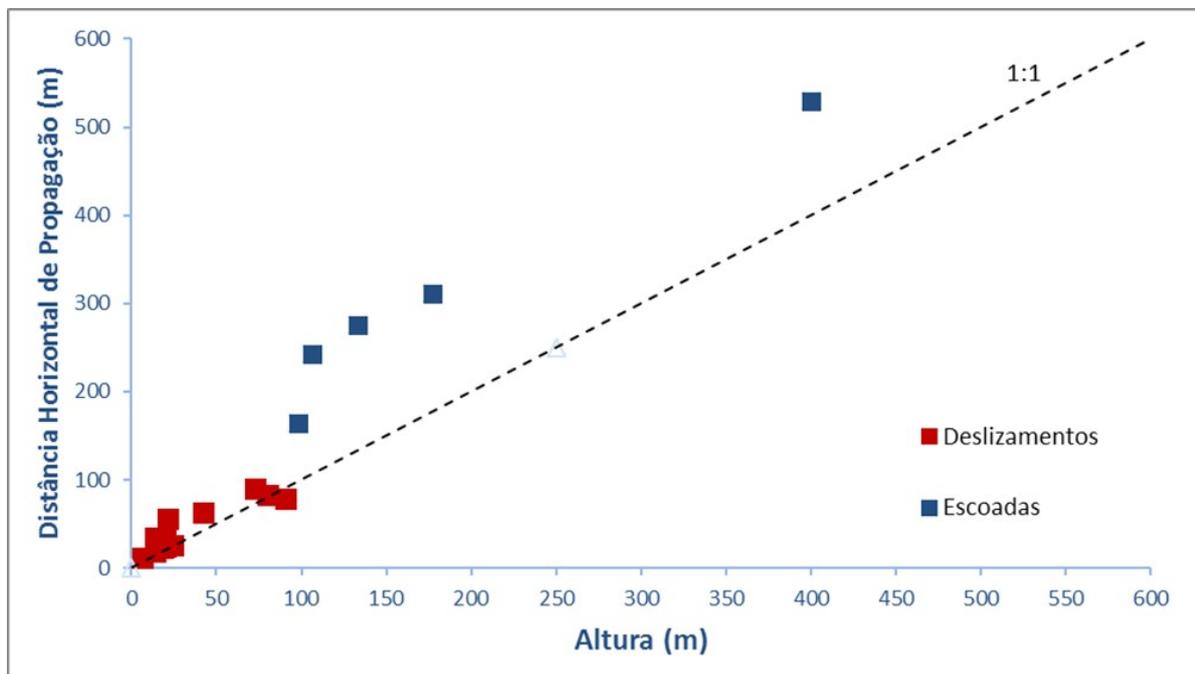


Figura 3.11 Relación entre la altura y la distancia horizontal de propagación en la base, con diferenciación de deslizamientos de tierra y flujos detríticos. La línea discontinua define una relación 1: 1.

Por lo tanto, se decidió definir dos bandas de riesgo y protección en la base, FRB y FPB, dependiendo de que la altura de la ladera superara o no los 100m. Estas bandas de riesgo y protección se obtuvieron de la misma manera que para la coronación.

En la figura 3.12 se pueden observar las rectas obtenidas para cada franja y las expresiones (4) y (5) definen, respectivamente, las bandas de riesgo y protección de la base en una ladera con una altura inferior a 100 m.

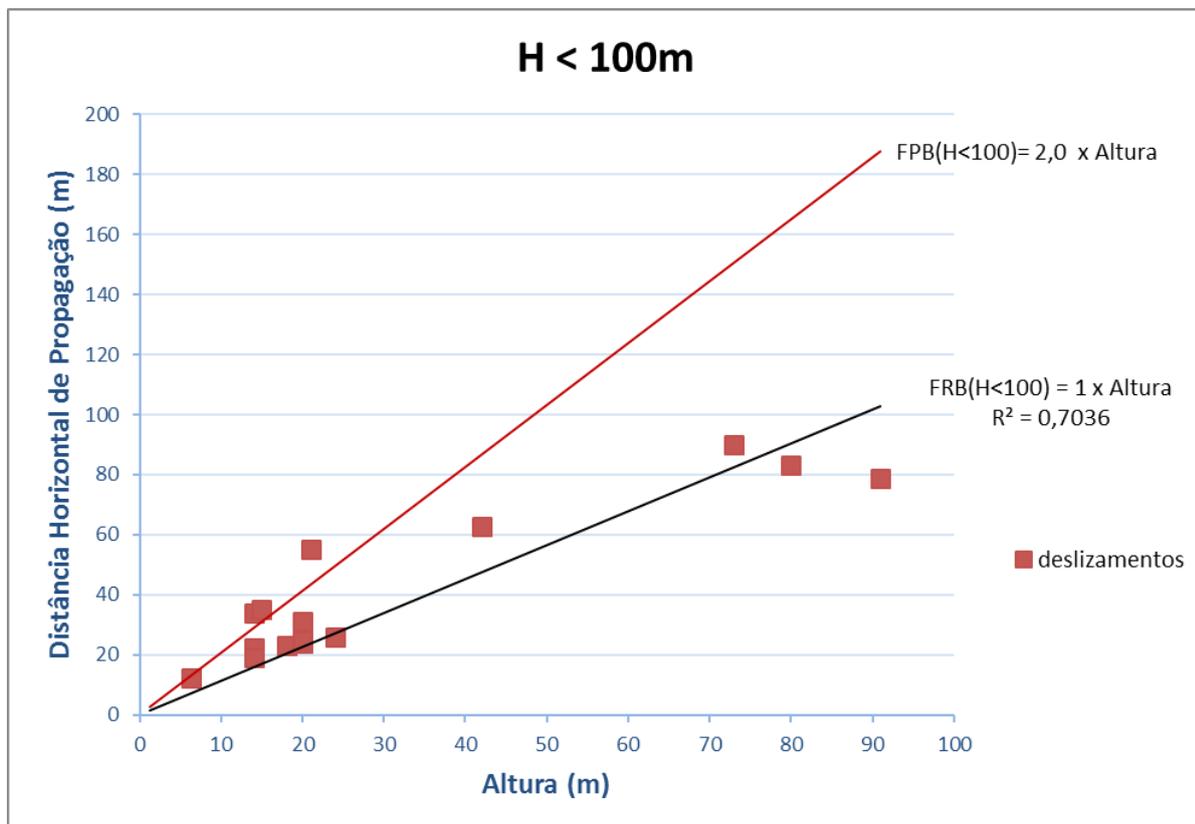


Figura 3.12 Gráfico de la relación entre la altura inferior a 100 m y la distancia horizontal cubierta.

$$\text{FRB} = 1 \cdot h$$

Para taludes o laderas con $h < 100$

(eq. 4)

$$\text{FPB} = 1,5 \cdot h$$

Para taludes o laderas con $h < 100$

(eq. 5)

En la figura 3.13 se pueden observar las rectas obtenidas para laderas con una altura superior a 100 m y las expresiones (6) y (7) definen las franjas de riesgo y protección del pie de laderas con una altura superior a 100 m.

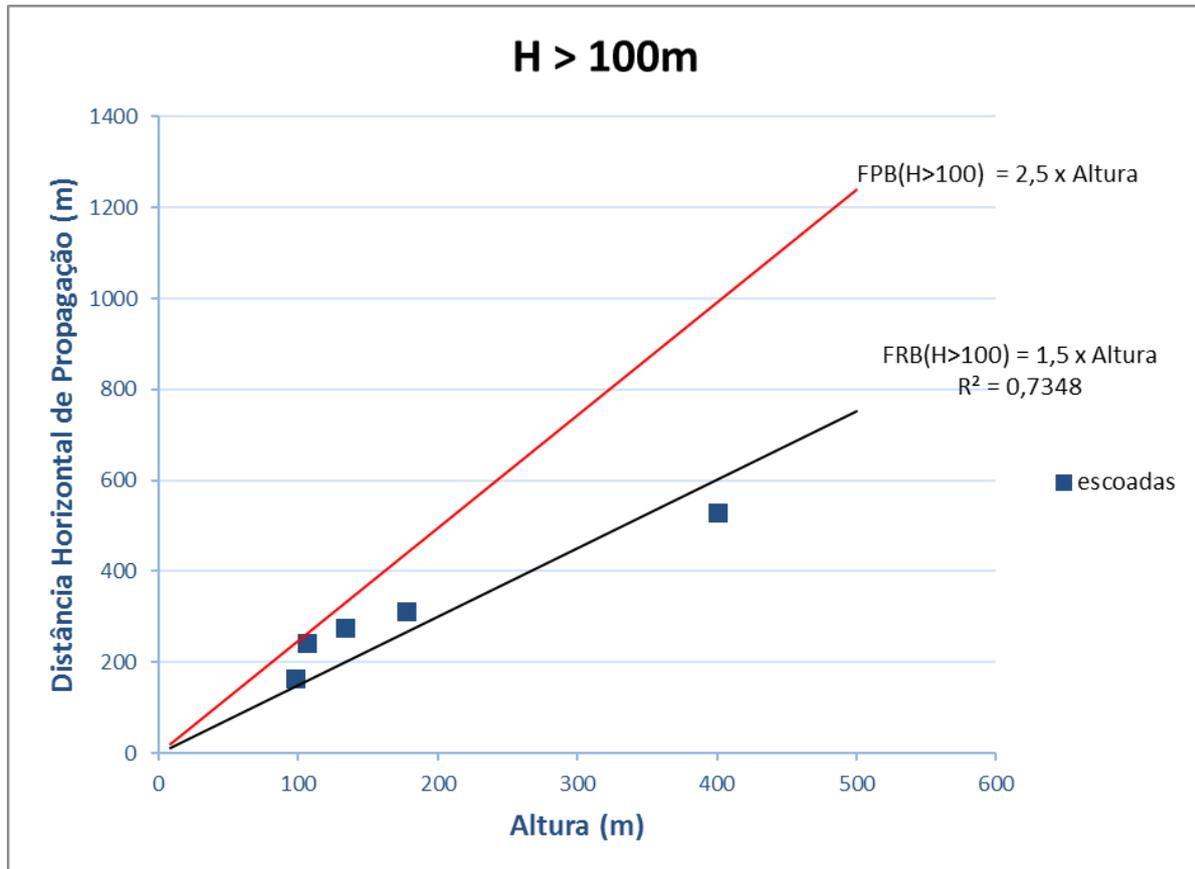


Figura 3.13 Gráfico de la relación entre laderas de altura superior a 100 m y la propagación horizontal cubierta.

$$\text{FRB} = 1,5 \cdot h$$

Para taludes o laderas con $h > 100$

(eq. 6)

$$\text{FPB} = 2,5 \cdot h$$

Para taludes o laderas con $h > 100$

(eq. 7)

3.7. Consideraciones finales

La inestabilidad de las laderas es un problema que afecta a varios lugares del archipiélago de las Azores, lo que resulta en grandes pérdidas tanto en términos de bienes materiales como de vidas humanas.

A menudo se pide a los técnicos e ingenieros que den su opinión sobre la estabilidad de una ladera, con tiempos incompatibles para llevar a cabo estudios detallados sobre las condiciones mecánicas e hidrológicas de los macizos bajo análisis.

La aplicación de técnicas de análisis de estabilidad de taludes es una herramienta importante para evaluar el estado de estabilidad, ya que permite la determinación de áreas potenciales para el comienzo de rupturas del terreno y, por lo tanto, evaluar la necesidad de implementar medidas de estabilización para evitar y / o minimizar problemas para personas y propiedades.

El objetivo de este trabajo fue obtener una herramienta para apoyar la evaluación de la estabilidad de taludes, que sirviera como un análisis preliminar de las condiciones de estabilidad, esenciales en tiempos de crisis geomorfológicas. La evaluación rápida del estado de seguridad permitirá, en una etapa temprana, determinar el factor de estabilidad y, por lo tanto, la definición de las medidas de seguridad que se adoptarán para evitar la pérdida de bienes materiales y humanos.

Las franjas de riesgo y protección determinadas a través del conocimiento de las características morfológicas de los terraplenes pueden servir como base para la definición de bandas de seguridad, que son extremadamente importantes en la gestión y planificación del territorio, particularmente en una región como las Azores.

Se entiende, por lo tanto, que la información obtenida en este trabajo es una contribución significativa para dar una respuesta rápida a las condiciones de estabilidad de un talud o ladera formada por suelos dada. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que es una herramienta rápida y debe diagnosticarse inmediatamente con mayor precisión a través de pruebas de laboratorio para determinar los parámetros de resistencia al corte y con el uso de métodos de análisis de estabilidad, ya sea mediante técnicas de equilibrio límite o mediante Análisis de tensión / deformación.