

## **CAPÍTULO 4. Estudio geológico y geotécnico.**

A partir de las conclusiones del diagnóstico previo se deberá decidir en qué casos es necesario llevar a cabo un estudio más detallado por personal cualificado y su prioridad. Este estudio tendrá como objetivo ofrecer un diagnóstico sobre la estabilidad del talud o ladera y, en caso de que se estimara conveniente, realizar un análisis de riesgos e incluso llegar a proponer las soluciones más adecuadas para resolver el problema.

En los casos más evidentes y en aquellos en los que el encargado de gestionar el riesgo de estas inestabilidades disponga de la suficiente experiencia, puede no ser necesario realizar un diagnóstico previo y el proceso que se describe en la presente Guía puede comenzar en esta fase de estudio detallado que, en todo caso, requerirá la redacción de un estudio geológico y geotécnico que servirá de fundamento para analizar la estabilidad de la ladera y, en su caso, podrá servir para realizar el correspondiente análisis de riesgos así como el diseño de las soluciones oportunas.

Para abordar este estudio con las suficientes garantías se debe recabar la información previa relevante sobre el talud de la que se pueda disponer, realizar una serie de visitas de campo que tendrán como objeto conocer el comportamiento del macizo así como las condiciones de contorno que pueden afectar a su estabilidad. Toda la información recabada deberá plasmarse en un informe geológico y geotécnico en el que se valorará la estabilidad del talud o ladera.

Es habitual que este diagnóstico de la estabilidad, y también el posible análisis de riesgos posterior, se sustenten en la aplicación de alguna clasificación geomecánica. La experiencia en la Macaronesia nos indica que en los terrenos volcánicos tienen difícil encaje este tipo de herramientas por no tener en cuenta las singularidades que presentan estos territorios. En esta Guía se propone la utilización alternativa de varias herramientas: la VSR (Clasificación Geomecánica para Taludes en Rocas Volcánicas) para analizar la estabilidad del talud y, posteriormente, la VRHRS (Volcanic Rockfall Hazard Rating System) que se recomienda utilizar para evaluar el riesgo cuando el elemento a proteger está en movimiento y atraviesa la zona de riesgo durante unos instantes (vehículos y peatones), cuya metodología se expone en los Anejos III y V respectivamente del documento y el IRTV (Índice de Riesgo de Taludes en materiales Volcánicos), para zonas

en las que el elemento a proteger no se mueve o permanece en ellas durante periodos prolongados de tiempo, cuya metodología se dedica el Anejo IV de esta Guía.

#### 4.1. Información previa y antecedentes:

Se trata de recopilar la información documental que permita realizar un primer acercamiento a la comprensión del problema considerando las circunstancias que puedan estar afectando al comportamiento del talud o ladera y preparar las herramientas que permitan realizar una toma de datos ordenada y eficiente que facilite el trabajo que deberá realizarse a continuación. Esta información previa consistirá, al menos, en la siguiente:

- a) Recopilación y análisis de los estudios existentes de la zona que sean de interés en el ámbito del estudio.
- b) Historial de eventos relativo a inestabilidades acaecidas en la zona de estudio. Se deberá registrar la fecha de cada siniestro y una descripción del mismo categorizando de alguna manera el tamaño del material movilizado por la inestabilidad.
- c) Recopilación y/o elaboración de herramientas cartográficas que representen adecuadamente el elemento a estudiar, que permitan tomar notas y representar gráficamente lo observado in situ por el técnico especialista. Deberá ofrecer el detalle adecuado para el trabajo que se va a desarrollar, que en todo caso, para desprendimientos de rocas deberá tener una escala mínima 1:1000 y para taludes de desmonte 1:500.

También deberá disponerse de los mapas geológicos-geotécnicos existentes de los que se obtendrá información sobre las unidades geotécnicas presentes en el ámbito y las propiedades mecánicas de los materiales presentes.

- d) Utilización de herramientas de apoyo. En función del tipo de inestabilidad y de las circunstancias de los elementos a proteger deberá dotarse de las fichas de campo y otras herramientas que faciliten la recopilación sistemática de toda la información relevante para el posterior desarrollo del trabajo.
- e) Identificación de factores desencadenantes. Deberán identificarse y evaluarse aquellos factores desencadenantes de inestabilidades con mayor probabilidad de

ocurrencia en el caso estudiado. Estos factores se indican en el *apartado 1.2.* de la primera parte de esta Guía.

- f) Programación de la campaña. Deben organizarse las actividades que se desarrollarán sobre el terreno teniendo en cuenta aquellas que, sin ser necesario llevar a cabo a corto plazo en el diagnóstico de la estabilidad, puedan ser necesarias para las fases de análisis de riesgos o diseño de soluciones de manera que se disponga de la información necesaria en el momento en que se precise para redactar el correspondiente estudio.

#### **4.2. Trabajos de campo:**

Para conocer la situación en que se encuentra el talud o ladera se realizarán tantas visitas de campo y campañas de reconocimiento como sean necesarias para recopilar la información suficiente para redactar un Informe Geológico y Geotécnico que recoja convenientemente los contenidos mínimos que se indican en el apartado 4.3 de este documento. Esta campaña de campo incluirá la toma, registro y desarrollo sobre el terreno de los siguientes aspectos:

- a) Trabajos en detalle sobre el terreno utilizando las herramientas cartográficas con los siguientes objetivos:
- Llevar a cabo la caracterización geológica-geotécnica de los materiales.
  - Proceder a la identificación y análisis de discontinuidades que puedan originar inestabilidades o roturas parciales mediante proyección estereográfica.
  - La identificación, localización y delimitación cartográfica de las áreas fuente.
  - Evaluación del volumen de materiales susceptibles de caer.
  - Descripción de los posibles mecanismos de rotura y del área que podría ser afectada.
  - Si fuera necesario, se realizarán levantamientos topográficos y taquimétricos con el detalle preciso para estudiar correctamente el problema los cuales

deberán permitir elaborar, en su caso, los perfiles geotécnicos que se utilizarán para realizar simulaciones informáticas.

b) Sectorización: en aquellos tramos en los que pueda considerarse un comportamiento homogéneo en base a sus características geotécnicas, geometría, volúmenes potencialmente inestables, mecanismos de rotura y áreas de afección, deberá recabarse la información necesaria para poder valorar la conveniencia de hacer una sectorización del ámbito de estudio.

c) Ensayos in situ: será suficiente con la elaboración de estaciones geomecánicas en el ámbito de estudio de las que se deberá obtener, al menos, la información necesaria para aplicar, en cada uno de los sectores definidos anteriormente, las herramientas de diagnóstico de la estabilidad del talud que se recogen en esta Guía y, en su caso, el posterior análisis de riesgo que corresponda. Para ello se podrán utilizar las fichas de toma de datos sobre el terreno que tiene asociada cada una de estas herramientas.

En su caso, también deberán obtenerse los parámetros geotécnicos de la superficie del talud necesarios para llevar a cabo un correcto cálculo y diseño de soluciones.

d) En cuanto a la hidrología y el drenaje del talud o ladera, se deberán localizar las zonas preferentes de escorrentía de agua así como la acumulación de acarreos y detritos o las zonas con encharcamientos visibles que indiquen saturación del terreno o surgencias de agua.

e) Si fuera preciso, también se planificará una campaña de prospecciones y ensayos en laboratorio para lo que se tomarán las muestras necesarias.

#### **4.3. Contenido del informe geológico y geotécnico:**

El alcance de este informe será el necesario y suficiente para valorar y parametrizar las condiciones geológicas y geotécnicas relevantes del caso que se estudia de cara a obtener un adecuado diagnóstico y, en su caso, a su posterior utilización en el diseño de las soluciones y medidas de estabilización y control que sean precisas.

El informe geológico y geotécnico deberá utilizar como fundamento la información indicada anteriormente para desarrollar el siguiente contenido mínimo:

a) **Objeto:** debe identificarse la zona de estudio y definirse claramente el objeto del informe que podrá consistir en ofrecer un diagnóstico sobre la estabilidad de los taludes o laderas localizados en la zona de estudio, llevar a cabo el correspondiente análisis de riesgos o incluso proponer las soluciones más adecuadas para resolver el problema generado por la inestabilidad.

b) **Antecedentes:** En este apartado se recogerá la información disponible sobre el historial de movimientos ocurridos en el área de estudio a lo largo del tiempo. Se prestará especial atención a la información que se estime relevante sobre las circunstancias en las que se hubieran desarrollado inestabilidades así como el alcance y distribución de los elementos caídos y, en todo caso, se incorporarán las conclusiones obtenidas de estudios existentes.

Se describirán también las condiciones climáticas e hidrológicas concretas de la ladera y toda la información recabada sobre los factores que pudieran resultar desencadenantes:

- Régimen de precipitaciones medias anuales de la zona.
- Régimen de vientos, detectando la presencia de determinadas condiciones geomorfológicas que puedan provocar la concentración de corrientes que deban hacer considerar una mayor predominancia de la influencia de este factor en el desenlace de una inestabilidad.
- Hidrología y drenaje, se estudiará la posible influencia de cauces y barrancos y sus cuencas vertientes en la zona a estudiar. Se deberá recopilar la información disponible sobre los caudales de avenida para distintos periodos de retorno.
- Consideraciones debidas a sismos, sobre taludes que requieran alta seguridad ante caída de rocas, se recomienda realizar un análisis de estabilidad del mismo de acuerdo con los datos sísmicos que sea más recomendable aplicar en esa localización.

c) **Identificación y valoración de las posibles inestabilidades:** mediante un análisis de los condicionantes geológicos, geotécnicos e hidrológicos del área de estudio, se realizará, por sectores, si los hubiera, una valoración del terreno siguiendo la metodología establecida en el capítulo 2 de la Guía así como el volumen aproximado de materiales susceptibles de sufrir movimientos, su origen y los posibles mecanismos de rotura. Se

indicarán y definirán las unidades geotécnicas involucradas asignando a cada una de ellas los parámetros geomecánicos correspondientes, necesarios para el cálculo geotécnico y el diseño de las soluciones, obtenidos a partir de los resultados de los trabajos de campo y de laboratorio, así como de las estaciones geomecánicas realizadas en la ladera o talud.

d) **Definición de los elementos a proteger:** se identificarán los elementos a proteger que podrían ser afectados por los efectos de los movimientos de masas de suelo y/o roca que puedan producirse.

En esta Guía se distinguen dos tipos de zonas en función de que los elementos a proteger se encuentren en movimiento o permanezcan en la zona de riesgo durante cierto tiempo y para cada una se propone una metodología de análisis de riesgo diferente: el VRHS para la primera (Anejo III del documento) y el IRTV para la segunda (Anejo IV).

-Zonas de tránsito: Se trata de elementos de carácter lineal constituidos por vías para tráfico rodado de diferente geometría por las que circulan vehículos con diferentes velocidades y densidad, así como vías de comunicación peatonales.

-Zonas de permanencia: Están constituidas por perímetros que delimitan superficies en las que individuos o grupos de personas permanecen durante ciertos períodos de tiempo. En este grupo se incluyen zonas de permanencia cerradas como edificios e instalaciones industriales localizadas en el interior de naves y zonas de permanencia abiertas, que se encuentran al aire libre como puede ser el caso de áreas de recreo, playas e instalaciones industriales a cielo abierto.

e) **Localización y caracterización de las inestabilidades y áreas fuente:** en el caso de preverse que la inestabilidad se desarrolle mediante desprendimientos de rocas, se identificarán, delimitarán cartográficamente y se caracterizarán tanto la cuenca de vertiente como las áreas fuente de desprendimientos. En cada una de estas últimas deberá detectarse el elemento pésimo o de mayor tamaño con riesgo de caída o desestabilización así como aquellos de menor tamaño que de forma recurrente o periódica tienden a desprenderse y caer talud abajo.

f) **Sectorización:** en base a la localización de las áreas fuente y demás características geotécnicas y geométricas estudiadas sobre el terreno se analizará la conveniencia de realizar una sectorización del ámbito de estudio en función de que en los sectores definidos se presente un similar riesgo y una similar solución.

En función del objeto del estudio, se realizará un diagnóstico individualizado de la estabilidad de cada sector así como, en su caso, un análisis del nivel de riesgo y, en el caso de que fuera conveniente, se podrán plantear soluciones de distinto carácter en función de las circunstancias particulares de cada uno de acuerdo con los distintos niveles de riesgo que hayan podido ser estimados.

g) **Modelización de trayectorias:** si resulta procedente, se realizará una primera modelización de trayectorias mediante herramientas informáticas que permitan conocer el grado de exposición de los elementos a proteger.

h) **Conclusiones y recomendaciones:** se realizará un análisis de todos los resultados e información anterior a partir del cual se redactará un documento de conclusiones y recomendaciones que satisfaga el objeto que se haya establecido para el informe.

i) **Anexos:** el informe llevará adjunta la documentación que se estime necesaria para complementar la información que contiene el documento, entre la que se podría mencionar:

- Documentación gráfica de soporte como reportajes fotográficos
- Mapa geológico general a escala mínima 1:25000
- Mapa clinométrico con áreas fuente y delimitación de cuencas vertientes a escala mínima 1:1000
- Mapa y perfiles geológicos de detalle, cartografía a escala mínima 1:1000
- Mapa geotécnico de detalle, escala mínima 1:1000
- Registros de estaciones geomecánicas
- Testificación de sondeos
- Resultados de ensayos in situ y de laboratorio
- Perfiles de la modelización de trayectorias de caída de rocas
- Registros climatológicos y sísmicos, etc.