

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 o también medidas cautelares de restricción de acceso y cierre temporal de la zona afectada.

En los casos más evidentes y en aquellos en los que el responsable de gestionar el riesgo de estas posibles inestabilidades disponga de la suficiente experiencia, puede no ser necesario realizar un diagnóstico previo y el proceso podrá comenzar directamente en una fase de estudio más detallado del análisis de la estabilidad de la ladera o talud que deberá responder al contenido que se indica en este capítulo. Si dispone de la información necesaria, este estudio geológico y geotécnico también podrá servir, en su caso, para la elaboración del 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 estado y comportamiento del macizo así como las condiciones de contorno que pueden afectar a su estabilidad.

Es habitual que el 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 Clasificación VSR (Clasificación Geomecánica para Taludes en Rocas Volcánicas) para analizar la estabilidad del talud y, posteriormente, la Clasificación 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. Esta metodología se expone en los Anejos IV y VI respectivamente del documento.

- Y la Clasificación 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, a cuya metodología se dedica el Anejo V 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, 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 (o incluso menor en función de sus dimensiones)

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) 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.

- 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 de reconocimiento y análisis del terreno, utilizando las herramientas cartográficas, con los siguientes objetivos:

- Caracterización geológica-geotécnica de los materiales que conforman el talud o la ladera.
- Identificación y análisis de discontinuidades que puedan originar inestabilidades o roturas parciales, ayudados en su caso mediante el uso de la proyección estereográfica (rumbo y buzamiento de las diaclasas)
- Identificación, localización y delimitación cartográfica tanto de las áreas fuente como de las cuencas vertientes.
- Evaluación de los tamaños de bloques o el 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) Estaciones geomecánicas con toda la información necesaria para aplicar, en los sectores definidos, las herramientas de diagnóstico de la estabilidad del talud o ladera que se recogen en esta Guía y, en su caso, la posterior evaluación o 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.

Y, en su caso, también deberán obtenerse los parámetros geotécnicos que condicionan el comportamiento mecánico de la superficie durante los impactos y resultan necesarios para el adecuado cálculo y diseño de soluciones.

d) Hidrología y drenaje del talud o ladera: se deberán identificar y localizar los cauces o barrancos que discurran en el ámbito de estudio así como aquellas zonas erosionadas por la circulación o acumulación de las escorrentías superficiales durante los episodios de lluvia. Así mismo, se deberán detectar las zonas con acumulación de acarreo y detritos o 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 protección 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 o laderas 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) **Características geológicas y geotécnicas de los materiales:** se identificarán las distintas unidades geológicas, definiendo su litología, disposición, geometría, potencia y estructuras geológicas asociadas. Se describirán los aspectos geomorfológicos e hidrogeológicos de la ladera que puedan condicionar la estabilidad de la misma. 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.

d) **Localización y caracterización de las inestabilidades y áreas fuente:** mediante un análisis de los condicionantes geológicos, geotécnicos e hidrológicos del área de estudio, se realizará una evaluación del terreno estableciendo el tamaño y volumen aproximado de materiales susceptibles de sufrir movimientos, su origen y posibles mecanismos de rotura.

En el caso de preverse que la inestabilidad se desarrolle mediante desprendimientos de rocas, se identificarán, delimitarán cartográficamente y se caracterizarán tanto la cuenca vertiente como las distintas áreas fuente potenciales de desprendimientos. Esta información se podrá incorporar a un plano clinométrico que permitirá alcanzar un mejor conocimiento de la situación y facilitará la toma de decisiones sobre una posible sectorización de la zona de estudio.

Para cada uno de los sectores finalmente definidos deberá detectarse el bloque pésimo o de mayor tamaño con potencial riesgo de caída o inestable, así como aquellos de menor tamaño que de forma recurrente o periódica tienden a desprenderse y caer.

e) **Sectorización y diagnóstico de la estabilidad:** 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 área de estudio en función de que en los sectores definidos se presente o se pueda prever un riesgo similar y/o unas soluciones comunes.

Deberá realizarse un diagnóstico individualizado de la estabilidad de cada sector, para lo que se recomienda la utilización de la clasificación VSR, específica para terrenos volcánicos que se detalla en el Anejo IV de esta Guía.

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

En función del objeto del estudio podrá ser necesario realizar un análisis del nivel de riesgo de cada sector así como plantear soluciones de distinta tipología en función de las circunstancias particulares de cada uno de acuerdo con los distintos niveles de riesgo que hayan podido ser estimados.

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 VRHRS para la primera (Anejo VI del documento) y el IRTV para la segunda (Anejo V).

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

-Zonas de permanencia: constituidas por perímetros que delimitan superficies en las que individuos o grupos de personas permanecen durante ciertos períodos de tiempo. Incluyen zonas 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.

g) **Modelización de trayectorias**: si resulta procedente, se realizará una primera modelización de trayectorias mediante herramientas informáticas que permitan conocer el grado de afección o 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
- Columnas litológicas de sondeos
- Resultados de ensayos in situ y de laboratorio
- Perfiles principales por área fuente para la modelización de trayectorias de caída de rocas
- Registros climatológicos, sísmicos, etc.