

Figura 10-2

**CONSIDERACIONES DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE TIERRA
EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE PLANIFICACION**

Etapas de Planificación	La necesidad de identificar los peligros	Nivel de inventario de deslizamientos	Escalas adecuadas para mapas de peligro
Misión Preliminar	Identificar aspectos de los peligros	Como fuera disponible	Como fuera disponible
Fase I Diagnóstico del desarrollo	Grado de peligros de todo tipo de deslizamiento	Simple	1:250.000 a 1:62.500
Fase II Plan de acción y formulación de proyecto	Grado de peligro de todo tipo de deslizamiento complementado por el peligro de algunos tipos específicos	Intermedio	1:62.500 a 1:10.000
Implementación de proyectos	Peligro específico en base a modelos geotécnicos	Detallado	1:12.500 a 1:500

luego, puede bien ocurrir que esta mayor susceptibilidad no sea aparente de manera inmediata.

La zonificación del peligro de deslizamiento se puede representar como un factor individual, que limita la capacidad de la tierra o puede ser combinado con la zonificación de peligro, como uno adicional, agregado a otros peligros naturales. Existen por lo menos 10 diferentes métodos usados para generar mapas de capacidad de tierras (Hopkins, 1977). El capítulo 3 discute la capacidad de tierras con más detalle. La evaluación del peligro de deslizamiento presentada en este capítulo conlleva la producción de un mapa. Por lo tanto, puede ser considerado en la aplicación de métodos para la capacidad del uso de la tierra.

Hay dos aplicaciones principales de la evaluación del peligro de deslizamiento a la capacidad del uso de la tierra, que incluyen estudios relativos. Primero, en la planificación en conjunto del desarrollo para dar énfasis a la naturaleza subjetiva de asignar una capacidad de uso de la tierra. Por ejemplo, en la etapa de diagnóstico del desarrollo, la clasificación relativa de "más alta" capacidad puede ser evaluada en relación con las restricciones que representa el posible mayor peligro de deslizamiento para las actividades de desarrollo propuestas. Segundo, se puede mostrar dónde el desarrollo existente puede tropezar con algún riesgo previamente no identificado. Esto permite la priorización de actividades de mitigación a ser asignadas a diferentes actividades del desarrollo.

c. Fase II - Estrategia de desarrollo y formulación de proyectos

Se define un plan de acción con el propósito de facilitar el desarrollo de áreas objetivo identificadas en la Fase I. Los proyectos de desarrollo considerados para el área objetivo son formulados en esta etapa. También en este momento, se afina la evaluación del peligro de deslizamiento en el área de estudio. La evaluación general del peligro de deslizamiento debe ser complementada con un inventario intermedio para mostrar el grado del peligro de tipos específicos de deslizamientos que pueden impactar las actividades de desarrollo propuestas. Por ejemplo, la introducción de actividades agrícolas de envergadura en un ambiente forestal, requiere mayor conocimiento del peligro de deslizamiento superficial que de deslizamiento sobre rocas profundas.

Debe seleccionarse medidas de mitigación en las áreas de desarrollo que presentan peligro de deslizamiento, si ellas no son ya parte de la información de identificación de proyectos. Es posible reducir el impacto probable de actividades naturales de deslizamientos y restringirlos deslizamientos que ocurren como resultado de la actividad humana (Kockelman, 1985). Se cuenta con dos opciones básicas: primero, evitar las áreas susceptibles a deslizamiento y, segundo, diseñar medidas para compensar las acciones que inducen deslizamientos (ver el recuadro a continuación). Por ejemplo, la toma de decisiones sobre ubicación, a fin

ACCIONES DESENCADENANTES DE DESLIZAMIENTOS, METODOS DE MITIGACION, Y VARIABLES DEL DESARROLLO

- **Acciones desencadenantes de deslizamientos:**
 - De otros peligros:
 - Terremotos
 - Inundaciones
 - Incendios (como resultado de pérdida de vegetación)
 - Volcanes
 - Las relacionadas con el desarrollo:
 - Cambios en la cobertura de vegetación
 - Presas de tierra
 - Excavación y minería
 - Irrigación
 - Infraestructura y construcción de estructuras
 - Disposición de líquidos (sanitarios, alcantarillados, letrinas, etc.)
 - Apilamientos
 - Depósitos de suelos
- **Métodos de mitigación**
 - Evitar
 - Seguros e impuestos
 - Zonificación de uso de tierras
 - Estabilización
 - Diseño estructural
- **Variables del desarrollo**
 - Información disponible
 - Aspectos económicos, sociales y políticos
 - Desarrollo existente
 - Desarrollo propuesto

de colocar construcciones tales como viviendas e infraestructura crítica fuera de las áreas con alta probabilidad de ocurrencia natural de deslizamientos. En algunos casos, los efectos potenciales de un deslizamiento pueden ser mitigados. Se puede reducir el peligro de deslizamiento, como resultado del desarrollo, diseñando cambios para contrarrestar el impacto que el desarrollo puede tener sobre la integridad de la pendiente. Una forma será permitir que sólo se construyan almacenes o depósitos en las áreas de mayor peligro, para reducir la vulnerabilidad de la población ante un posible deslizamiento.

En la formulación de proyectos de inversión se necesita un mapa de zonificación de peligros más detallado. Se necesita un inventario intermedio de deslizamientos que proporcione mayores detalles para poder distinguir entre los diferentes tipos de deslizamientos. Estos datos se pueden usar para un nuevo análisis del análisis combinado de factores, que produce un mejor mapa de peligro de deslizamiento. Si el factor hidrológico no fuera parte del anterior análisis de peligro de deslizamiento, su inclusión en esta etapa mejorará enormemente el mapa de peligro resultante.

En esta etapa, el valor de un mapa del peligro de

deslizamiento para los planificadores, puede ser realizado presentando áreas donde predominan ciertos tipos de deslizamientos. Esto se logra con un mapa isopleta como se mencionó en la Fase I. La preparación, sin embargo, debe ser modificada para satisfacer las necesidades específicas de esta etapa de planificación. Se describe en detalle la modificación del mapa isopleta en la Sección C: "Compensación por la insuficiencia de datos: el Mapa Isopleta". El mapa producido presenta la intensidad de ocurrencia de anteriores deslizamientos en una forma que se asemeja a un mapa topográfico. Las líneas isopletas son similares a las curvas de nivel que indican elevaciones. El mapa isopleta final es usado como transparencia sobre el mapa del peligro de deslizamiento.

Se debe tomar nota que un mapa isopleta no cambia las zonas básicas de peligro que fueron determinadas previamente. Todavía es un mapa analítico que, en este caso, muestra el predominio variable de un tipo específico de deslizamiento en una determinada área. Proporciona un criterio adicional para que el planificador decida cual área puede ser la mejor o más adecuada para determinadas actividades de desarrollo. Esto es especialmente útil en la evaluación de zonas de peligros moderados

FASE II: FORMULACION DE PROYECTOS Y DEFINICION DEL PLAN DE ACCION

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Se proporciona información suficiente en el análisis inicial combinado de factores para el mapa del peligro de deslizamiento, como para proceder con la formulación de proyectos de inversión?
- ¿Si no se ha incluido ya, hay algún factor hidrológico que debería ser añadido para mayor detalle sobre las zonas de peligro?
- ¿Se deberá añadir una transparencia isopleta al mapa de zonificación de peligros?
- ¿Hay ciertos usos de tierras propuestos, para los cuales las recomendaciones de mitigaciones se debe incluir en la formulación de proyectos de inversión?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Quién ejecutará la evaluación intermedia del peligro de deslizamiento?
- ¿Qué áreas deberán incluirse en la evaluación adicional?
- ¿Quién será responsable de incorporar información adicional en las actividades de formulación de proyectos de inversión?

Cuando el uso de tierras propuesto es reconocido como susceptible a un cierto tipo de deslizamiento, la actividad debe ser ubicada en una zona de poco o moderado peligro, con la menor frecuencia de ocurrencias, es decir, con un menor valor isopleta para este tipo de deslizamiento. El mapa mejorado del peligro de deslizamiento, y la transparencia de la isopleta, requerirán la preparación de un inventario intermedio de deslizamientos en este nivel de la planificación. El mapa de peligro de deslizamiento, adecuado para formular proyectos de desarrollo, debe ser a escala de 1:62.500 a 1:12.500 (ver Figura 10.2).

d. Implementación de proyectos

El mapa de peligro de deslizamiento puede contribuir a la planificación de la implementación de un proyecto. Hay dos situaciones en las que este mapa puede resultar ser beneficioso, ambas relacionadas con la mitigación de los efectos potenciales de los deslizamientos. En un caso, si las áreas identificadas con peligro moderado de deslizamientos también son identificadas para el desarrollo, se necesitarán mayores detalles sobre ellas para asegurar que el diseño del proyecto compensa el mayor potencial del peligro. Por ejemplo, las áreas con peligro moderado o mayor, pueden no ser totalmente evitables cuando se trata de una carretera propuesta. La investigación detallada puede proporcionar información sobre las condiciones de aguas subterráneas, así como de las características de estabilidad del suelo y la roca para lograr un diseño estable (Morgenstern y Sangrey, 1978).

En otro caso, la infraestructura existente, o las comunidades, pueden estar ubicadas en zonas no identificadas previamente como de alto peligro. A estas

áreas se les debe dar prioridad para introducir algunas medidas de mitigación. Por ejemplo, el efecto de deslizamiento que invade una zona habitada y que baja por las quebradas de las montañas, podría ser mitigado construyendo cuencas de derrubio para atrapar la mayor parte del material. Cuando tal mitigación no es posible y se identifica el riesgo como extremadamente alto, se puede considerar la reubicación hacia áreas más seguras.

En esta etapa de diseño del proyecto, es necesario un mapa detallado de peligros para un lugar específico. La preparación de un inventario detallado de deslizamientos también es ahora necesario. Los rasgos a gran escala que se presentan en los deslizamientos cartografiados en este inventario detallado, son valiosos para la perforación exploratoria de un lugar y para otras actividades de muestreo en los trabajos de diseño de ingeniería. Los inventarios detallados de los deslizamientos y la respectiva interpretación de los resultados de las pruebas requieren mapas a escalas de 1:12.500 a 1:500 (ver Figura 10-2).

La siguiente sección ofrece una discusión detallada de los tipos y la naturaleza de los deslizamientos, la base para la evaluación del peligro de deslizamiento, y los factores asociados con la actividad de deslizamientos.

B. Deslizamientos de tierra, evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, y áreas a ser consideradas

1. DESLIZAMIENTOS DE TIERRA Y SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos son causados cuando la fuerza de la gravedad moviliza la roca, el derrubio o los suelos

IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Qué tipo de problemas de deslizamientos existen?
- ¿Qué condiciones específicas del lugar deben ser conocidas para el diseño final de un proyecto de inversión con una vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Quién ejecutará la evaluación detallada del peligro de deslizamiento?
- ¿Qué medidas de mitigación deben ser consideradas para reducir el riesgo a nivel aceptable?
- ¿Quién será responsable de incorporar la información adicional en las actividades de implementación del proyecto?

por la pendiente. Son una de las formas de erosión que se llama desgaste de masas y que es definido, de manera general, como la erosión que involucra como agente causante del movimiento a la gravedad. Dado que la gravedad actúa permanentemente sobre una pendiente, los deslizamientos sólo ocurren cuando la fuerza de la gravedad excede la resistencia del material. Esto es distinto a algunas otras formas de erosión como las causadas por una corriente de agua, cuando cae una precipitación sobre una pendiente o el canal de un río. La Figura 10-3 presenta una lista y un diagrama con la terminología usada más frecuentemente para describir a los deslizamientos.

El movimiento de los deslizamientos es perceptible y puede tomar la forma de caídas, realces, deslizamientos, o flujos. Puede consistir en material de libre caída de los acantilados, o en masas fragmentadas o íntegras que se deslizan por los cerros y montañas, o en flujos fluidos. Los materiales pueden trasladarse a velocidades hasta de 200 kilómetros por hora o más y los deslizamientos pueden durar unos pocos segundos o minutos, o pueden ser movimientos graduales más lentos durante varias horas o aún días. En consecuencia, los deslizamientos son reconocidos en función del tipo de su movimiento.

El esquema de clasificación que se usa más generalmente divide a los deslizamientos en diferentes tipos de acuerdo con el material que es trasladado y al tipo de movimiento (Varnes, 1978). La velocidad del movimiento y la cantidad de agua mezclada con el material son parámetros secundarios que definen algunos tipos de deslizamientos. Reconocer el tipo de deslizamiento presente en determinada área, ayuda a explicar cómo y dónde han contribuido los factores a la inestabilidad de la pendiente natural en el pasado.

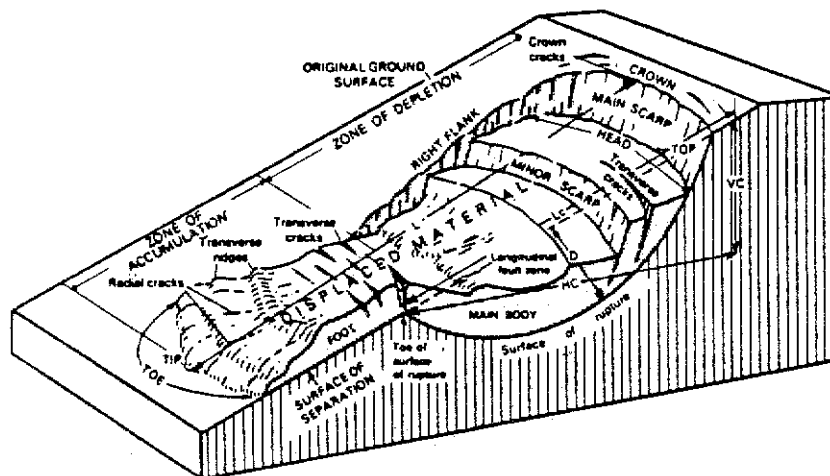
Los factores que influyen donde han de ocurrir los deslizamientos se pueden dividir en dos tipos:

permanentes y variables (Sharpe, 1938). Los factores permanentes son las características de un terreno que permanecen sin cambio, o que varían muy poco desde el punto de vista de la perspectiva humana. La calidad de pendiente o el tipo de roca, por ejemplo, presentan cambios sólo después de períodos de tiempo muy largos. Los factores permanentes tales como tipo de roca y calidad de pendiente se pueden reconocer e identificar para algunos deslizamientos específicos mucho después de su ocurrencia (DeGraff, 1978). Del examen de deslizamientos existentes en un área, es posible reconocer los factores permanentes que contribuyeron a la falla de pendientes. La identificación de las condiciones y los procesos que propiciaron la inestabilidad, hace posible considerar esos mismos factores para estimar deslizamientos futuros (Varnes, 1985).

Los factores variables son las características del terreno que cambian rápidamente como resultado de algún evento gatillo. Son ejemplos de factores variables la vibración del suelo debido a los terremotos, una rápida elevación de nivel de aguas subterráneas y mayor cantidad de humedad en el suelo debido a intensas precipitaciones. Frecuentemente, para evaluar estos factores, es necesario estar presente en el momento que ocurre un deslizamiento, o poco después. Los factores permanentes son los que permiten estimar el peligro de deslizamiento si faltan datos históricos suficientes sobre la relación de los deslizamientos con los terremotos, tormentas o demás factores que los inician. En consecuencia, la identificación de áreas de deslizamientos no es una ciencia exacta y conduce, en general, a describir las áreas propensas al peligro en base a estimaciones. En el mejor de los casos, las áreas de deslizamientos o susceptibles a deslizamientos, se pueden identificar junto con los eventos desencadenantes esperados. En el peor de los casos algunas áreas pueden ser no detectadas del todo.

Figura 10-3

DEFINICION DE TERMINOS BASICOS DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA



NOMENCLATURA

Escarpa principal: Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferie del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.

Escarpa secundaria: Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.

Cabeza: La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.

Cima: El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.

Pie de la superficie de ruptura: La intersección (a veces enterrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

Punta del pie: El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.

Puntera: El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento.

Pie: La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.

Cuerpo principal: Aquella parte del material desplazado suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.

Flanco: El costado de un deslizamiento de tierras.

Corona: El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.

Superficie original del terreno: La pendiente que existía antes que ocurra el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado.

Izquierda y derecha: Las direcciones con una brújula son preferibles para describir las pendientes pero si se usa "derecha o izquierda" se refiere al deslizamiento visto desde la corona.

Superficie de separación: Es la superficie que separa el material desplazado del material estable pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.

Material desplazado: El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme.

Zona de agotamiento: El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno.

Zona de acumulación: El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno.

Fuente: Adaptado de Varnes, D. "Slope Movement and Processes" en *Landslides: Analysis and Control*, Special Report 176, Chapter 2 (Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1978).

TIPOS DE DESLIZAMIENTOS

- **Caídas:** Una masa que se desprende de una pendiente fuerte o de un acantilado y desciende por caída libre, a saltos o rodando.
- **Realces:** Una masa se da vuelta o rota hacia adelante como una unidad.
- **Deslizamientos:** Una masa se desplaza sobre una o más superficies reconocibles, que pueden ser curvas o planas.
- **Flujos:** Una masa se desplaza pendiente abajo con un movimiento fluido. Una cantidad significativa de agua puede o no ser parte de la masa.

2. EVALUACION DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE TIERRA

Usualmente los deslizamientos no están sujetos a una evaluación del peligro pues no hay una base para determinar la probabilidad de su ocurrencia en determinado período de tiempo. La evaluación de peligro es posible y se puede hacer en vez de la evaluación del riesgo. Las evaluaciones de peligro son estimaciones de la susceptibilidad de una área a los deslizamientos en base a unos pocos factores importantes. Cada uno de estos factores se puede cartografiar y permiten que diferentes áreas sean evaluadas respecto a su relativa susceptibilidad a deslizamientos.

Tres principios orientan la evaluación del peligro de deslizamiento. Primero, los deslizamientos futuros probablemente ocurrirán bajo las mismas condiciones geomórficas, geológicas y topográficas en que se han producido en el pasado y en la actualidad. Segundo, las condiciones y procesos subyacentes que causan los deslizamientos son comprendidos. Tercero, la importancia relativa de las condiciones y procesos que contribuyen a la ocurrencia de los deslizamientos puede ser determinada y se puede asignar a cada cual alguna medida que refleje su contribución (Varnes, 1985). El número de condiciones presentes en un área puede ser tratado como un conjunto de factores para establecer el grado de peligro potencial presente.

El peligro de deslizamiento ha sido determinado con un alto grado de confiabilidad sólo para unos pocos lugares. Estos han requerido de estudios cuidadosos y detallados sobre la interacción de condiciones pertinentes, permanentes y variables, en el área objetivo. Esto puede ser un proceso muy costoso y que requiera mucho tiempo, que no sería justificado para los propósitos de la planificación para el desarrollo a gran escala. La zonificación del peligro de deslizamiento es una técnica que se puede usar en las primeras etapas de un estudio de planificación.

La mayoría de los procedimientos de evaluación para la zonificación del peligro de deslizamiento, emplean unos pocos factores físicos importantes o significativos para estimar el peligro relativo. El método aquí descrito requiere un mínimo de tres factores que ya fueron

mencionados: la distribución de deslizamientos anteriores, el tipo de roca firme, y la calidad de la pendiente, y se puede añadir un cuarto, el factor hidrológico, para reflejar el importante rol que frecuentemente tienen las aguas subterráneas en la ocurrencia de deslizamientos (Varnes, 1985, y USGS, 1982).

Cada factor está representado de manera cuantitativa o semi-cuantitativa para facilitar la identificación de diferentes grados de peligro de deslizamiento en un área. Dado que todos estos son características permanentes, usualmente es posible cartografiar cada factor. Las combinaciones específicas de estos factores pueden ser asociadas con diferentes grados de peligro de deslizamiento. Ampliando estas combinaciones a toda el área, se produce un mapa de peligro de deslizamiento.

3. FACTORES ASOCIADOS CON LA ACTIVIDAD DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

La distribución de deslizamientos anteriores dentro del área, el tipo de roca firme y la calidad de la pendiente representan, respectivamente, los factores geomórficos, geológicos y topográficos (Varnes, 1985, y USG, 1982). Cada uno de estos factores se describe en mayor detalle más adelante, para dar al planificador un mayor conocimiento de su contribución a los deslizamientos. La sección final, "C. Cartografía de factores físicos y preparación de un mapa de peligro de deslizamiento", proporciona información sobre la cartografía.

a. Deslizamientos del pasado y su distribución

A fin de interpretar la probabilidad de futuros deslizamientos se requiere comprender las condiciones y procesos que controlaron los deslizamientos anteriores en el área de interés. Esto se puede lograr examinando y cartografiando los anteriores deslizamientos. Las circunstancias geológicas, topográficas, e hidrológicas asociadas con anteriores deslizamientos indican cuales circunstancias naturales, o artificialmente creadas, son las más probables a producir deslizamientos en el futuro.

Una consideración primaria del planificador es el efecto del uso actual de tierras sobre los deslizamientos. Ciertos tipos de deslizamientos pueden estar asociados con ciertos usos de tierra. Por ejemplo, ciertos

**A FIN DE LLEVAR A CABO LA PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO EN
AREAS EXPUESTAS A DESLIZAMIENTOS, UN PLANIFICADOR NECESITA
SABER:**

- La distribución de deslizamientos en el pasado
- Tipos de roca firme
- Que tan fuerte son las pendientes
- Las medidas indirectas disponibles de las características hidrológicas del área
- Los efectos que las actividades de desarrollo pueden tener sobre la susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

deslizamientos sólo pueden ocurrir en cortes de carreteras o excavaciones. Podría haber una relación crítica de altura con inclinación de taludes, inferior a la cual no ocurrirán deslizamientos. Los estudios de campo pueden dar luces sobre los diferentes factores que han contribuido a las fallas. En algunas investigaciones se han empleado formatos especiales para asegurar la recolección consistente de información complementaria (ver Figura 10-4). Un resumen de las observaciones sobre condiciones de deslizamientos y procesos está incorporado en cada inventario de deslizamientos, p.e., en Pomeroy (1979), y cartografiado.

b. Roca firme

La roca firme tiene influencia sobre la ocurrencia de deslizamientos de varias maneras. Una roca débil, incompetente, probablemente ha de fallar más que roca fuerte y competente. (Ver Figura 10-5 para un ejemplo). En pendientes donde queda expuesta roca débil cubierta por roca fuerte, la diferencia de resistencia también aumenta el potencial de deslizamiento de la roca más fuerte, dado que la roca débil tiende a erosionar y socavar la roca más fuerte.

La resistencia de una masa rocosa depende del tipo de roca y de la presencia y naturaleza de discontinuidades tales como uniones u otras fracturas. Cuanto más discontinuidades se encuentren en la roca firme, mayor será la probabilidad de inestabilidad de la roca. El tipo de roca puede ejercer control sobre deslizamientos por su influencia sobre la resistencia del material de superficie en el área. Por ejemplo, los suelos (en términos de ingeniería, no de la agricultura) derivados de esquistos o pizarras, contendrán mayores porcentajes de arcilla. Estos suelos tendrán características de resistencia diferentes a los suelos de granos gruesos tales como aquellos derivados de roca granítica. Hay muchas formas, entonces, según las cuales el tipo de roca o su estructura contribuyen a la inestabilidad, lo cual puede ser presentado en un mapa.

c. Calidad de pendientes o inclinación

La influencia de la calidad de pendiente sobre la ocurrencia de deslizamientos es el factor más fácil de comprender. Generalmente, las pendientes más pronunciadas tienen mayor probabilidad de

deslizamientos (ver Figura 10-6). Esto no impide que ocurran deslizamientos en pendientes suaves. Otros factores pueden contribuir a que una pendiente suave sea especialmente propensa a fallar y así, en esta situación, se podría determinar que tiene un potencial relativamente alto de peligro. Por ejemplo, en condiciones de aguas subterráneas cercanas a la superficie y suelos arenosos, podría ocurrir licuefacción durante un terremoto. Esto puede causar deslizamientos en pendientes tan pequeñas como del 5% a 10%. A la inversa, las pendientes más pronunciadas pueden no ser siempre las más peligrosas. Las pendientes pronunciadas son menos proclives a acumular una gruesa capa de material en superficie, la cual estaría sujeta a ciertos tipos de deslizamientos. La calidad de la pendiente puede ser cartografiada usando mapas topográficos generalmente disponibles.

d. Factor hidrológico

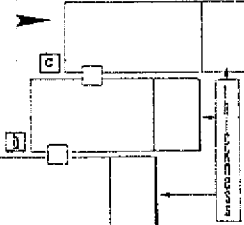
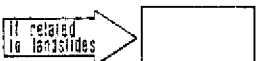
El agua se reconoce como factor importante en la estabilidad de las pendientes - casi tan importante como la gravedad. La información sobre nivel de la napa freática y sus fluctuaciones, raramente se encuentra disponible. Para representar el factor hidrológico en las evaluaciones de peligro de deslizamiento, se pueden usar medidas indirectas que pueden ser cartografiadas para mostrar la influencia de la hidrología del área, tal como la vegetación, la orientación de las pendientes (aspecto), o zonas de precipitación.

El tipo y densidad de vegetación frecuentemente reflejarán las variaciones en las aguas subterráneas de un área determinada; ciertas especies buscan el agua (freatofílicas). La presencia de estas especies sugiere una napa freática cerca de la superficie y presencia de manantiales. En las regiones montañosas los diferentes microclimas producen diversas condiciones hidrológicas que, a su vez, producen comunidades de plantas que varían de acuerdo con la cantidad de humedad disponible a la pendiente y su distribución durante el año.

La orientación de las pendientes (aspecto) se refiere a la dirección hacia la cual da cara a la pendiente. Puede ser una medida indirecta de la influencia climática sobre las características hidrológicas del paisaje. Algunas características importantes asociadas con los deslizamientos están relacionadas con factores tales

Figura 10-4

FORMATO PARA EL INVENTARIO Y LA INFORMACION PARA EL ANALISIS ESTADISTICO
DE LOS DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

c.n.r. irpi INVENTORY AND STATISTICAL ANALYSIS OF LANDSLIDES									
Sheet <u>2</u>		Surveyor <u> </u>		Date <u> </u>		LANDSLIDE ☐			
Name <u> </u>		Township <u> </u>		Drainage-Basin <u> </u>		LANDSLIDE ZONE ☐			
						STREAM EROSION ☐			
						EROSIONAL ZONE ☐			
SOIL OR ☐ <u> </u> thickness <u> </u>				MONOLITHOLOGIC a ☐ b ☐ c ☐ solid ☐ ☐ ☐ partly solid ☐ ☐ ☐ loose ☐ ☐ ☐ cohesive		LITHOLOGY ALTERATED S ☐ P ☐ L ☐ C ☐		a ☐ b ☐ c ☐	
DIPPING downstream ☐ upstream ☐ oblique ☐		VERT. ☐ HORIZ. ☐		☐ town, village etc. (houses no.) ☐ country houses () ☐ main roads () ☐ country roads () ☐ railroad ☐ aqueduct ☐ bridge-viaduct ☐ retaining walls and similar structures		☐ barren ☐ occasionally ☐ logging ☐ permanently ☐ fire ☐ other ☐ other		☐ vineyard ☐ trees with sawn ☐ thick ☐ orchard ☐ olivegrove ☐ oakgrove ☐ other ☐ bush ☐ thick ☐ forest ☐ thin ☐ chestnut ☐ beech ☐ pine ☐ other	
LAYERING ☐ JOINTS ☐ FAULTS ☐		ROCK CONDITIONS a ☐ b ☐ c ☐ fresh a ☐ b ☐ c ☐ weathered a ☐ b ☐ c ☐ fractured		EXPOSURE 		☐ sheet-pile erosion ☐ gully erosion ☐ bad lands ☐ erosion niches		☐ circular ☐ parabolic ☐ elongated ☐ other	
UNIFORM SLOPE ☐ slope angle <u> </u> NON UNIFORM SLOPE ☐		rectilin. ☐ concave ☐ convex ☐		terraces ☐ nat. art. hummocky ☐		☐ lateral erosion ☐ incision		☐ from 0 to 5,000 ☐ from 5,000 to 10,000 ☐ from 10,000 to 25,000 ☐ from 25,000 to 50,000 ☐ from 50,000 to 100,000 ☐ over 100,000	
TYPE OF EROSION ☐ EROSIONAL AREA ☐ if related to landslides  ☐ STREAM EROSION		CAUSES ☐ lithology ☐ climate-exposure ☐ morphology ☐ slope		☐ structures ☐ deforestation ☐ cultivation ☐ landslides		☐ groins ☐ dams ☐ drainage ditches		☐ afforestation ☐ trellis-works ☐ walls-terraces	
EVOLUTION ☐ initial ☐ mature ☐ old						CORRECTIVE MEASURES YES NO ☐ groins ☐ dams ☐ drainage ditches		☐ afforestation ☐ trellis-works ☐ walls-terraces	

Fuente: Carrara, A. and Merenda, L. "Landslide Inventory in Northern Calabria, Southern Italy" en Geological Society of American Bulletin, vol 87 (1976), pp. 1153-1162.