



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

PROYECTO

ACTUALIZACIÓN DEL MAPA NACIONAL DE SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DE LADERAS COMO INSTRUMENTO PREVENTIVO EN EL MARCO DE LA GIRD

Dirección de Investigación

Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales

Leobardo Domínguez Morales

Alberto Enrique González Huesca

Michelle Muníve García

Antulio Zaragoza Álvarez

Marzo 2020



RESUMEN

El presente proyecto es el resultado de la **actualización cartográfica**, por parte de instituciones diferentes al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), de algunos de los insumos que han sido utilizados para la elaboración del Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas, así como del análisis de un mayor número de **casos documentados**, a nivel nacional, por la subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales, de la Dirección de Investigación del CENAPRED, que derivó en la determinación de **nuevos pesos específicos relativos** de las variables utilizadas para la elaboración del mapa y la inclusión de una nueva (geología estructural), la cual, al menos para el caso de caídos y derrumbes, se ha visto que juega un papel relevante, aunque, para el caso de deslizamientos y flujos se comprobó que su uso no es significativo.

Los análisis realizados y su integración mediante los Sistemas de Información Geográficas (SIG´s) se han realizado siguiendo los criterios establecidos por la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica, la cual es la mayor autoridad reconocida a nivel internacional en este tópico (IUGS, 1997), así como los lineamientos de las Guías Básicas para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos del CENAPRED y del Atlas Nacional de Riesgos, mismas que están referidas en la primera versión del Mapa de 2015.



CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
FACTOR DE SEGURIDAD Y ESTIMACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DE LADERAS.....	3
FACTORES CONDICIONANTES BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD.....	5
EL PROBLEMA DE LAS ESCALAS: REGIONAL Y LOCAL.....	5
ANTECEDENTES DE MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DE LADERAS.....	8
DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS RELATIVOS SEGÚN CASOS DOCUMENTADOS POR EL CENAPRED.....	11
Análisis de variables y ponderación de los valores de susceptibilidad relativa.....	12
MAPAS TEMÁTICOS DE SUSCEPTIBILIDAD SEGÚN LOS PESOS ESPECÍFICOS RELATIVOS DETERMINADOS.....	14
Sistemas de Información Geográfica (SIG)	14
Elaboración del mapa de pendientes y asignación de pesos específicos relativos	16
Elaboración de los mapas de litología y de fallas y fracturas con base en los pesos específicos relativos.....	20
Elaboración del mapa de uso de suelo y vegetación	27
ELABORACIÓN DEL MAPA FINAL DE SUSCEPTIBILIDAD.....	30
CONCLUSIONES.....	36
TRABAJO FUTURO.....	37
AGRADECIMIENTOS.....	37
REFERENCIAS.....	38



INTRODUCCIÓN

El Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas desarrollado por el CENAPRED, en 2014 y 2015, ha sido una herramienta muy valiosa para fines de Protección Civil y es ampliamente utilizado por autoridades estatales y municipales de esta disciplina, así como por otras dependencias del gobierno federal, como la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), por citar a las más frecuentes.

También ha sido de gran interés académico para estudiantes, profesores e investigadores de diversas universidades del país, quienes han solicitado mediante oficios, correos y a través de la Plataforma Nacional de Transparencia del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI), la metodología para su elaboración y los archivos *vectoriales* de este mapa.

Como se sabe, el Mapa representa las zonas del país en las cuales, de acuerdo con las características geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y de uso de suelo y vegetación en cada región, se tiene desde Muy Baja a Muy Alta propensión a presentar fenómenos de inestabilidad de laderas.

Como en la primera versión, esta actualización fue elaborada con insumos cartográficos como el Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0, 2013), con resolución de 15 metros, el mapa nacional de geología, escala 1: 250 000, ambos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (2009-2014), escala 1:250 000, de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), así como las zonas urbanas y agrícolas de la República Mexicana, escala 1:250,000, también del INEGI, integrados con un Sistema de Información Geográfica con los pesos específicos relativos determinados a partir del análisis de 222 casos documentados por la subdirección de Dinámica de Suelos, del CENAPRED, de 1999 a 2017.

Si bien el mapa tiene limitaciones debidas a las escalas utilizadas para su elaboración a nivel nacional, no se debe perder de vista que su principal ventaja es que permite identificar aquellos sitios en los que se deberían implementar estudios más específicos, según el grado de susceptibilidad y la importancia de la infraestructura o la cantidad de población expuesta, a fin de determinar las medidas de prevención y/o de mitigación que se consideren necesarias; o bien, identificar los estados y municipios en los que se podrían implementar acciones de capacitación, concientización y preparación de la población, con la finalidad de reducir las condiciones de peligro y riesgo.

Cabe comentar que para esta actualización, la metodología se aplicó con los insumos cartográficos procesados a nivel nacional. En la versión anterior, el procesamiento se realizó con mapas a nivel estatal, por lo que existían ligeras



inexactitudes de acoplamiento en los límites territoriales, las cuales fueron eliminadas en este nuevo producto.

FACTOR DE SEGURIDAD Y ESTIMACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DE LADERAS

La estimación de la susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas indica que tan favorables o desfavorables son las condiciones del terreno para que pueda ocurrir inestabilidad, y se refiere únicamente a factores intrínsecos (condicionantes) de los materiales naturales de la ladera, sin considerar factores desencadenantes, como la precipitación o la sismicidad (Almaguer, 2005; González de Vallejo, 2002; IUGS, 1997; Leroi, 1997; Suárez, 1998).

El cálculo riguroso de la susceptibilidad o de la propensión a la inestabilidad de laderas se realiza a través de lo que en ingeniería se conoce como Factor de Seguridad (FS). Para ello, se requiere conocer las propiedades mecánicas de los suelos y/o de las rocas que conforman la ladera o talud, su distribución estratigráfica, la topografía del terreno y el contenido de agua existente en los poros de la masa del suelo o de las rocas (presión de poro).

Conocidos éstos se aplican modelos físico-matemáticos que representan las condiciones naturales del terreno, con hipótesis que permiten simplificar el problema para un tiempo y espacio determinado, y se determina el valor del FS, el cual indica que tan cercano o lejano se encuentra el terreno de un estado de falla; o lo que es lo mismo, el grado de estabilidad del terreno.

El **FS** es un valor adimensional que se define como el **cociente** entre las fuerzas resistentes (**F_R**) que se oponen a la falla de la ladera o talud y las actuantes (**F_A**) que tienden a producirla (Fellenius, 1922), y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{F_R}{F_A}$$

Cuando una ladera o un talud es estable, el **FS** es mayor a la unidad (**FS > 1**); es decir:

$$F_R > F_A$$

Entonces, cuando las **F_R** disminuyen o las **F_A** aumentan, el **FS** disminuye y tiende a un valor cercano a la unidad (**FS ~ 1**). En el momento en que esto sucede, se dice que el terreno entra en un estado de falla incipiente, por lo que comenzará a deslizarse. De aquí la importancia de este concepto. El cálculo de las **F_R**, se realiza a partir de la resistencia mecánica de los suelos y/o de las rocas que componen las laderas, en tanto que las **F_A** dependen del peso de los materiales y de las características geométricas y volumétricas del terreno. Ambos factores pueden ser modificados por la presencia o ausencia del agua contenida en los poros del subsuelo.

Para determinar estos valores se requieren estudios puntuales de mecánica de suelos y pruebas geotécnicas de campo con extracción de muestras de suelo;



así como del levantamiento topográfico del terreno y de la medición de la presión de poro en el sitio determinado.

Tal procedimiento es viable para casos puntuales, pero no en estudios con alcance municipal, regional o nacional. Para éstos, se utilizan métodos indirectos o cualitativos que hacen uso de herramientas cartográficas como mapas de geología, topografía y de uso de suelo y vegetación, los cuales se interrelacionan con criterios ingenieriles y pueden ser procesados mediante software especializado como los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Con base en el razonamiento anterior, los análisis de susceptibilidad en un área o región, se realizan a partir de la cuantificación relativa de cada uno de los factores intrínsecos o condicionantes representados, en este caso, mediante mapas temáticos de las variables que influyen en la inestabilidad de laderas y se procesan mediante SIG.

Uno de los aspectos fundamentales de la construcción de los mapas de susceptibilidad son los criterios a seguir para la ponderación de los factores condicionantes (asignación de los pesos específicos relativos a los mapas temáticos), para lo cual no existe un procedimiento estándar. Para el presente trabajo, la interoperabilidad de los mapas se realiza mediante una suma algebraica de las distintas capas temáticas con su respectiva ponderación, determinada a partir de casos documentados.

Para determinar dicha ponderación y los pesos específicos relativos de cada una de las capas temáticas consideradas, se siguió la metodología desarrollada en la primera versión del Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas, ajustada en este caso con el análisis de 222 casos documentados.

Con la suma de los pesos relativos de cada uno de los factores considerados se obtienen diferentes valores de susceptibilidad en una determinada área. Estos valores de susceptibilidad se clasifican generalmente en categorías genéricas como susceptibilidad muy alta, alta, moderada, baja y muy baja. Estos rangos presentan la clasificación de la estabilidad relativa o la propensión a la inestabilidad de un área en diferentes categorías, a las que se les asigna una escala de color.

Siguiendo los criterios habituales para los análisis de peligros y riesgos (rojos y naranjas para las categorías de susceptibilidad alta y amarillos y verdes para los rangos de susceptibilidad media y baja), los mapas de susceptibilidad resultantes muestran donde hay o no, condiciones para que pueda ocurrir inestabilidad de laderas.

Cabe comentar que no existe un procedimiento estandarizado para la elaboración de mapas de susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Lo más común, sin embargo, es que se realice una combinación de las cartografías de los factores condicionantes (pendientes, litología, estructuras, hidrología, etc.), asignando un peso relativo a cada factor, según su nivel de contribución a la inestabilidad, la cual puede ser determinada por un experto, o bien, mediante un inventario de casos como se verá más adelante. La utilización de Sistemas de



Información Geográfica (SIG) en estos procesos, permite el tratamiento automático de la información y la realización de numerosos análisis con diferentes combinaciones.

FACTORES CONDICIONANTES BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Tomando como referencia los trabajos de Suárez (1998) y Ambalagan (1992), para la elaboración de un mapa de susceptibilidad deben tenerse en cuenta como mínimo tres factores condicionantes principales:

- La pendiente de la ladera
- Las características geológicas
- La combinación de la cobertura vegetal y del uso de suelo

Cada uno de estos factores se clasifica en categorías, que tendrán diferente influencia (peso) sobre la estabilidad del terreno y, por tanto, en el grado de susceptibilidad a la inestabilidad.

De acuerdo con Suárez (1998), otro aspecto relevante a considerar en el análisis de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas, es la ocurrencia previa de estos fenómenos en el área de estudio. La compilación de un inventario de procesos de inestabilidad, lo más detallado posible, es importante para considerar la componente histórica o de antecedentes de inestabilidad en un territorio determinado.

El inventario permite, por un lado, fundamentar el proceso de ponderación (elección de los pesos para cada uno de los factores condicionantes) y, por otro, ajustar y validar la categorización de los valores de susceptibilidad en los mapas resultantes.

EL PROBLEMA DE LAS ESCALAS: REGIONAL Y LOCAL

Según la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica (IUGS, 1997, Suárez, 1998), la escala regional se define como aquella menor o igual a 1:100 000. A esta escala es posible construir mapas de estados pequeños como el Distrito Federal o Colima. Las escalas entre 1:2 000 y 1:15 000, de detalle y grande (Suárez, 1998), son más adecuadas para los estudios y análisis en el nivel local. A estas escalas es posible cartografiar con mayor detalle diferentes aspectos a nivel municipal.

La diversidad de factores que inciden en la ocurrencia de los procesos de inestabilidad de laderas, así como el hecho de que las dimensiones de las inestabilidades suelen no ser superiores a 1 km en ancho y longitud, son las principales razones por las que los estudios de caracterización de inestabilidades y de construcción de mapas de susceptibilidad y/o peligrosidad pueden ser abordadas con mayor detalle y precisión desde una perspectiva y escala local.



Para estos estudios se desarrollaron herramientas como el Formato de Estimación de la amenaza por deslizamiento de laderas (Tabla 1), integrada en la *Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos* (CENAPRED, 2006), donde se especifican las categorías consideradas para cada uno de los factores condicionantes de la inestabilidad:

- i) Factores topográficos e históricos (pendientes, altura, antecedentes);
- ii) Factores geotécnicos (litología y discontinuidades) y
- iii) Factores geomorfológicos y ambientales (cobertura vegetal, uso de suelo, así como aspectos relacionados con el historial de ocurrencia de inestabilidades en el pasado en la misma área).

Tabla 1. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas, CENAPRED, (2006)

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN SUBDIRECCIÓN DE DINÁMICA DE SUELOS Y PROCESOS GRAVITACIONALES FORMATO DE ESTIMACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE LADERAS						
Sitio:						
Ubicación:						
Fecha:						
Realizó:						
Revisó:						
Coordenadas GPS		Longitud (E) X: a:	b:	c:		
		Latitud (N) Y:				
		Z (msnm):				
FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS.						
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación		
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	a)	b)	c)
	35° a 45°	1.8				
	25° a 35°	1.4				
	15° a 25°	1.0				
	Menos de 15°	0.5				
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.			
	50 a 100 m	1.2				
	100 a 200 m	1.6				
	Más de 200 m	2.0				
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.			
	Algunos someros	0.4				
	Sí, incluso con fechas	0.6				
FACTORES GEOTÉCNICOS						
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.		
	Rocas metamórficas (pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.2 a 2.0			
	Suelos arcillosos consistentes o arenos limosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.		
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobos competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.		
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.		
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.		
		5 a 10 m	1.0			
10 a 15 m		1.4				
	15 a 20 m	1.8				



Continuación Tabla 1

Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.			
		25 a 35°	0.6				
		Más de 45°	0.9				
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver figura 5.9.	Más de 10°	0.3			
			0° a 10°	0.5			
			0°	0.7			
			0° a -10°	0.8			
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	Más de 30°	0.2			
			10° a 20°	0.3			
			Menos de 5°	0.5			
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES							
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).			
	Volúmenes moderados		0.5				
	Grandes volúmenes faltantes		1.0				
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.			
	Cultivos anuales		1.5				
	Vegetación intensa		0.0				
	Vegetación moderada		0.8				
	Rocas con raíces en sus fracturas		2.0				
Régimen del agua en la ladera	Área deforestada		2.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.			
	Nivel freático superficial		1.0				
	Nivel freático inexistente		0.0				
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0				
SUMATORIA							
Estimación del grado de la amenaza de deslizamiento							
Grado	Descripción		Suma de las calificaciones				
5	Susceptibilidad muy alta		Más de 10				
4	Susceptibilidad alta		8.5 a 10				
3	Susceptibilidad moderada		7 a 8.5				
2	Susceptibilidad baja		5 a 7				
1	Susceptibilidad muy baja		Menos de 5				

Cada uno de los factores cuenta con diferentes categorías, diferenciadas con un elevado nivel de detalle, para las cuales se propone la asignación de pesos específicos según las experiencias que se tenían en casos documentados por el CENAPRED, así como las consideraciones sugeridas por Suárez (1998).

Como se puede observar, el formato de la Tabla 1 es de aplicación local, por lo que se presenta el problema de definir qué áreas de una región o estado son las que presentan mayor probabilidad de desarrollar procesos de inestabilidad de laderas, para priorizar la realización de estudios de detalle y la implementación de acciones de prevención y mitigación, como ya se mencionó.

En este sentido es que se hace necesario contar con un análisis de susceptibilidad a escala regional, para delimitar las zonas con una mayor propensión a la inestabilidad.

Para tal efecto, se simplifica el análisis de factores condicionantes considerando, como mínimo, los aspectos básicos o principales citados anteriormente: la **inclinación del terreno**, como parte del conjunto de factores topográficos; la



litología, como parte de los factores geotécnicos y la **cobertura vegetal-uso de suelo**, como parte del conjunto de factores ambientales.

Las cartografías de estos atributos (litología y cobertura vegetal) a escala regional pueden ser obtenidas de los recursos que diversas instancias nacionales tienen a disposición, como información pública y gratuita, en sus páginas de internet o mediante solicitudes formales. En los siguientes apartados se detallan los pasos a seguir para la obtención y tratamiento de estas cartografías, hasta la obtención del mapa de susceptibilidad, el cual es clave para el análisis del peligro.

Como se mencionó, es relevante considerar la integración de un inventario de casos de inestabilidad, con la cobertura de las zonas de mayor propensión ya sea para una región en específico, o bien, una cobertura mayor, considerando como mínimo de la última década.

ANTECEDENTES DE MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DE LADERAS

Uno de los primeros esfuerzos en México para elaborar un mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de laderas, fue el realizado a principios de la década pasada por el ingeniero Alonso Echavarría Luna, entonces investigador de la Subdirección de Riesgos Geológicos del CENAPRED, el cual fue publicado en el libro *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México* (CENAPRED, 2001).

Su trabajo consistió, según se indica en el libro, en sobreponer mapas temáticos de geología, geomorfología, hidrología, edafología, provincias fisiográficas y climatología, entre otros. Sin que se especificara el grado de importancia de las capas utilizadas, ni la forma en que se combinaron. Como resultado de dicha aplicación se obtuvo el primer mapa de susceptibilidad por inestabilidad de laderas de la República Mexicana (Fig. 1). Si bien se trata de un mapa que tiene limitaciones técnicas, ha sido una herramienta útil para ilustrar el problema de los deslizamientos, y es un punto de partida para estudios más detallados.

Posteriormente, entre 2001 y 2002, el Geól. Sergio Raúl Herrera Castañeda, profesor de geología de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), presentó el trabajo denominado *Regionalización de los deslizamientos*, como parte de su ingreso a la Academia de Ingeniería (Herrera, 2002). En su trabajo presenta una amplia descripción y análisis de los principales factores que producen deslizamientos, concluyendo que la propensión a dicho fenómeno depende de la interacción de factores antecedentes como la geología, la topografía, el clima y las actividades humanas, aunque no especifica el grado de importancia de cada uno ni la forma en que los combinó. También menciona que los sismos y las lluvias son los principales factores iniciadores o detonadores.

Con esta información, agrupada en mapas o cartas temáticas, se sobrepone una tras una para obtener un mapa al que lo denominó como *Carta de Regionalización de los Deslizamientos (Fig. 2)*.

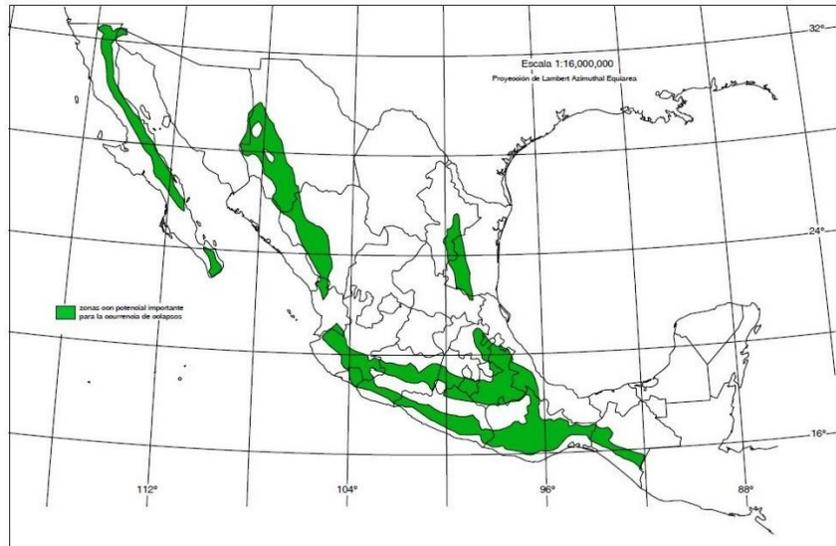


Fig. 1 Mapa de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas (CENAPRED, 2001). Los polígonos de color verde indican las zonas con potencial importante para la ocurrencia de colapsos

Al igual que el mapa preparado por Echavarría, el propuesto por Herrera (Fig. 2), también tiene limitaciones técnicas respecto a la interacción de factores y la forma en que los combinó, ya que hizo interactuar a los factores condicionantes (características intrínsecas del terreno como geología y topografía) con los detonantes (sismos y lluvias); asignando un peso relativo a cada factor en virtud de su experiencia y de casos documentados, sin hacer la distinción de que los segundos (sismos y/o precipitación), pueden estar asociados a periodos de retorno.

Posteriormente, Jaimes y coautores (2008) presentaron el trabajo *Peligro por deslizamientos en el país ante sismo y lluvia intensa integrado en un sistema de información geográfica*, publicado en las memorias de la Reunión Anual 2008 de la Unión Geofísica Mexicana. En este documento se menciona que son varios los factores que controlan los deslizamientos, pero que se pueden dividir en dos grandes grupos; los condicionantes y los desencadenantes.

Con base en el método del *Talud Infinito*, determinan las zonas más susceptibles de presentar deslizamientos traslacionales, los cuales pueden derivar en flujos de detritos, mismos que representan un proceso asociado a la sismicidad y a las lluvias intensas. En su análisis utilizan el mapa topográfico para generar un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y, con base en éste, generar el mapa de pendientes a nivel nacional.

Finalmente, a partir de datos de las propiedades mecánicas de diferentes tipos de suelos y rocas, así como de información existente en la literatura técnica, obtuvieron valores de cohesión, ángulo de fricción y peso volumétrico,



representativos de los distintos materiales que conforman la República Mexicana. La interacción de cada uno de los mapas temáticos la realizaron en un SIG, utilizando la fórmula del Talud Infinito.

En la Figura 3 se muestran los mapas temáticos utilizados en su análisis, sin que hayan mostrado el mapa final resultante, el cual tendría que haberse mostrado en términos del Factor de Seguridad, según el método utilizado.

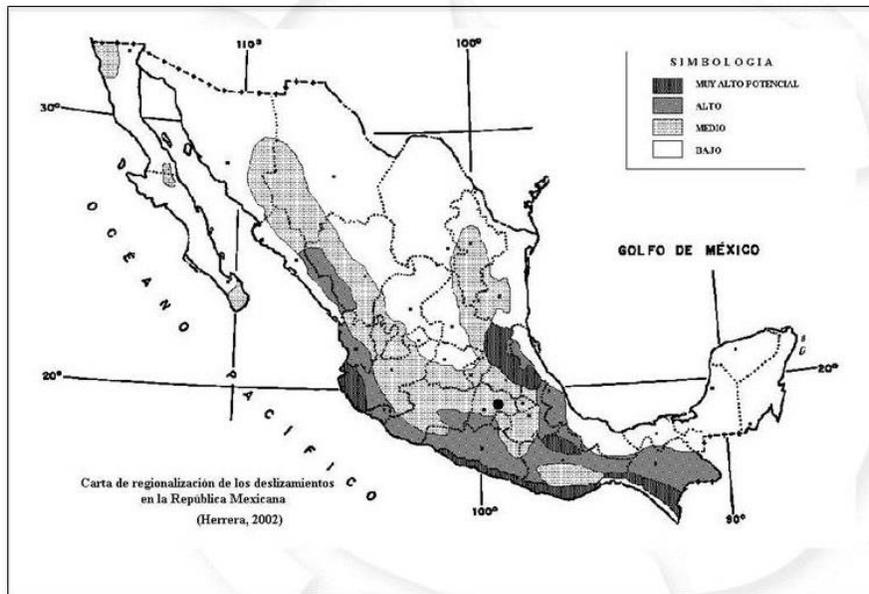


Fig. 2 Carta de regionalización de los deslizamientos en la República Mexicana (Herrera, 2002)

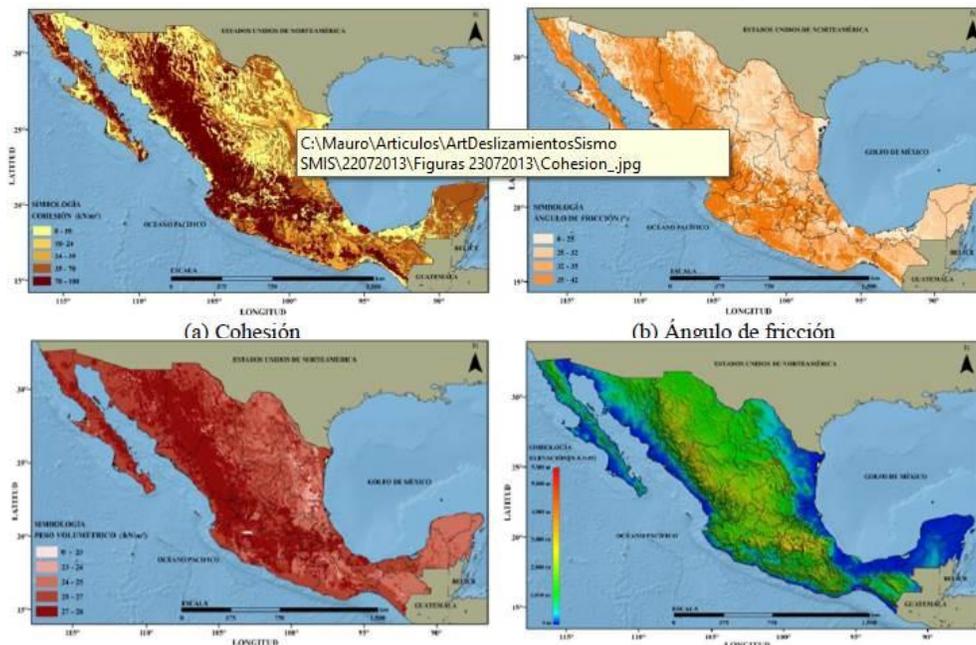


Fig. 3 Mapas nacionales de a) Cohesión, b) Ángulo de Fricción, c) Peso Volumétrico y d) Topografía (Jaimes et. al, 2008)



Además de los casos mencionados, se tiene conocimiento de que instituciones como el INEGI, el Servicio Geológico Mexicano y empresas particulares también han trabajado en el tema, sin embargo, se carece de un conocimiento detallado de las metodologías empleadas, para establecer criterios unificados de evaluación de susceptibilidad, en vistas de aportar al Atlas Nacional de Riesgo.

DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS RELATIVOS SEGÚN CASOS DOCUMENTADOS POR EL CENAPRED

A raíz del deslizamiento y flujo de suelos sucedido en la colonia La Aurora, municipio de Teziutlán, Puebla, el 5 de octubre de 1999, donde perdieron la vida 110 personas (Mendoza y Noriega, 199), el CENAPRED inició un procedimiento de acopio de información y de estudio de casos de deslizamientos causantes de desastres, así como de solicitudes de apoyo del Sistema Nacional de Protección Civil, en las que se realizan trabajos de campo para el análisis de fenómenos de inestabilidad de laderas, y de respuestas a solicitudes de declaratoria de emergencia y/o de desastre de las entidades federativas generando, desde entonces, un registro de casos documentados para integrar un Inventario de Inestabilidad de Laderas.

Para dicho propósito, como parte del Programa Anual de Trabajo de 2012 (PAT 2012) de esta Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales, desarrolló el “Formato con Macros para la Captura y Ordenamiento de Información Georeferenciada”, el cual ha sido utilizado para integrar información clave de las causas detonantes de los deslizamientos, del impacto en la población y de las características geológicas, geotécnicas, climáticas y geomorfológicas de cada caso.

Con esta información se ha dado inicio a la integración del Inventario Nacional de Inestabilidad de Laderas, el cual reúne, hasta 2017, alrededor de **222** registros. Cabe aclarar que la información se limita a los casos de mayor trascendencia que requieren de la asistencia técnica de especialistas, así como de la transferencia de recursos para las declaratorias mencionadas (Domínguez M. y coautores, 2013), por lo que otros fenómenos, de igual o menor importancia, podrían no verse reflejados en el inventario, ya que en ocasiones la información queda registrada únicamente en archivos estatales o municipales.

El inventario permite, por un lado, fundamentar el proceso de ponderación (elección de los pesos para cada uno de los factores condicionantes) y, por otro, ajustar y validar la categorización de los valores de susceptibilidad en los mapas resultantes. Para este propósito, la información del inventario se vació al formato de la Tabla 1. Como ya se mencionó, en el formato se especifican las categorías consideradas para cada uno de los factores condicionantes de la inestabilidad: factores **topográficos e históricos** (inclinación, altura, antecedentes); factores **geotécnicos** (litología y discontinuidades) y factores **geomorfológicos y ambientales** (cobertura vegetal, uso de suelo y régimen de agua en la ladera).



Entre estos últimos, la densidad forestal es de gran importancia ya que, por un lado, la ausencia de vegetación aumenta significativamente la ocurrencia de deslizamientos y, por el otro, el crecimiento de raíces en las grietas o fracturas de las rocas, desencadena caídos y desprendimientos, por lo que es una variable fundamental en la generación del Mapa Nacional de Susceptibilidad.

Análisis de variables y ponderación de los valores de susceptibilidad relativa

Una vez que se dispone de información georreferenciada con los datos de cada una de las variables que contribuyen, en este caso, a la inestabilidad de laderas, se realiza un análisis estadístico de su grado de influencia, según la aplicación del formato de Evaluación de la Susceptibilidad mostrado en la Tabla 1, lo cual permitirá cuantificar el grado de influencia de cada factor en una zona o área específica. A este proceso de cuantificación del grado de influencia o de importancia en la propensión a deslizamientos, se le denomina ponderación o determinación de pesos específicos relativos.

Si partimos del hecho de que las variables a considerar para el análisis de susceptibilidad son tres (inclinación del terreno, litología y cobertura vegetal- uso de suelo), se puede asignar a cada factor un peso igual del 33%, pero se corre el riesgo de subestimar la importancia de alguno de ellos. Para cada región o área de estudio se recomienda sustentar el proceso de ponderación con los casos registrados en el inventario.

Para el caso de los 222 casos documentados del inventario de inestabilidad de laderas se aplicó el formato la Tabla 1, asignando los valores de susceptibilidad relativa a cada una de las categorías de los factores topográficos e históricos, geotécnicos y ambientales, cuyo resumen en términos del valor medio de la variable analizada y el porcentaje que representan se muestra en Tabla 2. Dado que el número de casos capturados es muy elevado, al final de este informe se incluye un Anexo con una muestra representativa de los casos analizados.

Una vez obtenidos los valores medios y sus porcentajes relativos para cada atributo, se suman para obtener el **porcentaje global** de la variable que se considerará en los mapas temáticos de susceptibilidad (última columna de la Tabla 2).

Así por ejemplo, para el caso de los factores geotécnicos, se obtuvo un valor del 24% para las categorías relacionadas con los tipos de suelos y rocas (litología) y 16% para los aspectos estructurales y de discontinuidades (geología estructural). Lo que representa un total de 40% de susceptibilidad relativa para el conjunto de factores geotécnicos.

El mismo proceso se realizó para el conjunto de factores topográficos y para los factores geomorfológicos y ambientales, obteniéndose valores del 30% para cada uno. Cabe comentar que si bien los factores históricos tienen relevancia en la estimación de la susceptibilidad, como lo sugiere Suárez (1998), en la suma final se considera dicho factor, ya que contribuye a la suma del atributo de factores geomorfológicos y ambientales.



Tabla 2. Resumen del Formato de evaluación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas aplicado a los 222 casos del Inventario Nacional de Inestabilidad de Laderas

FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS						
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	PROM.	% FACTOR	% POR GRUPO
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.46	14.25	30.37
	35° a 45°	1.8				
	25° a 35°	1.4				
	15° a 25°	1.0				
	Menos de 15°	0.5				
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.23	12	
	50 a 100 m	1.2				
	100 a 200 m	1.6				
	Más de 200 m	2.0				
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.41	4	
	Algunos someros	0.4				
	Sí, incluso con fechas	0.6				
FACTORES GEOTÉCNICOS						
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	1.50	15
	esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.2 a 2.0			
	Suelos arcillosos consistentes o arena limosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.		
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.		
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.		
Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.	0.95	9	
	5 a 10 m	1.0				
	10 a 15 m	1.4				
	15 a 20 m	1.8				
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.73	15.68
		25 a 35°	0.6			
		Más de 45°	0.9			
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.52	
		0° a 10°	0.5			
		0°	0.7			
		0° a -10°	0.8			
		Más de -10°	1.0			
Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.40		
	10° a 20°	0.3				
	Menos de 5°	0.5				
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES						
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.38	4	
	Volúmenes moderados	0.5				
	Grandes volúmenes faltantes	1.0				
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	1.89	19	
	Cultivos anuales	1.5				
	Vegetación intensa	0.0				
	Vegetación moderada	0.8				
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0				
	Área deforestada	2.0				
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	0.80	8	
	Nivel freático inexistente	0.0				
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0				
SUMATORIA				10.27	100.0	100.0



En resumen, los valores de **susceptibilidad relativa** a cada uno de los factores condicionantes principales que se consideran en el análisis de susceptibilidad a nivel nacional son **30%** en peso relativo para la información contenida en el **mapa de pendientes** (factor topográfico), **24%** para la información **litológica** (factor geológico), **16%** para la **geología estructural** (fallas y fracturas) y **30%** para la información de **cobertura vegetal y uso de suelo** (factor ambiental). Estos porcentajes de peso son los máximos para cada factor y son los que se utilizarán en la suma algebraica con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG´s), a fin de obtener el mapa actualizado del Mapa Nacional de Susceptibilidad.

MAPAS TEMÁTICOS DE SUSCEPTIBILIDAD SEGÚN LOS PESOS ESPECÍFICOS RELATIVOS DETERMINADOS

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son sistemas que permiten integrar y analizar información geográfica, a través de una representación cartográfica (mapa) en la que se visualizan los datos de interés para un análisis espacial en un territorio o región (Bosque, 1992; Bracken & Webster, 1990; Carrara et. al, 1995; Luzi et. al, 1996 y Wu et. al, 2000).

La manera en la que los SIG integran la información es a través de capas de atributos, o coberturas de datos, que se van superponiendo o sumando unas a otras, según la información que se requiera (Fig. 4). Con la integración por superposición (suma) de las capas de información se obtiene un mapa temático, es decir, la representación gráfica de un tema específico (p.ej. mapas de densidad de población, de flujos migratorios, de distribución de escuelas, etc.).

En la actualidad, los SIG se han convertido en una herramienta muy utilizada en una gran variedad de aplicaciones, debido a que permite elaborar cartografía temática sobre cualquier aspecto ambiental, socioeconómico o poblacional de la superficie terrestre. Lo que diferencia a un SIG de otros sistemas de información, es que se dispone de información tanto espacial como temática, y se trabaja con cartografía y una base de datos al mismo tiempo, configurando de esta manera una base de datos geográfica.

Las principales ventajas de los SIG son:

- Capacidad de almacenamiento
- Almacenamiento y presentación de los datos de manera independiente
- Visualización gráfica y georeferenciada en mapas
- Posibilidad de manejo de la información de forma sencilla, ya sea para la elaboración de las investigaciones o en su defecto para la actualización de la información

Los programas más utilizados son: ArcGIS, IDRISI, ILWIS, GRASS, INTERGRAPH y ERDAS (Carrara et. al, 1995; Wu et. al, 2000 y Almaguer, 2005). Para el caso de la presente metodología se utilizó el ArcGIS con las versiones 10.0 y 10.2.

Los datos de un SIG se pueden almacenar en dos tipos de formatos (Vicente y Behm, 2008):

- Formato **Vectorial**: utiliza coordenadas para representar las características geográficas en forma de puntos, líneas y polígonos (Fig. 5a).
- Formato **Raster**: trabaja con celdas (pixeles) de igual tamaño que poseen un valor determinado (Fig. 5b).

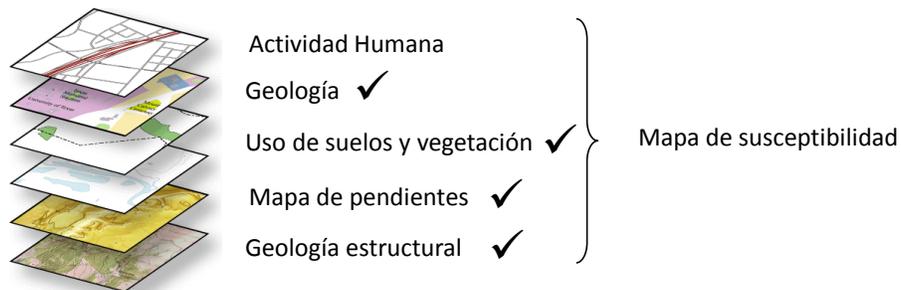


Fig. 4 Representación esquemática de superposición o interacción de capas de información en un Sistema de Información Geográfica. Elaboración propia

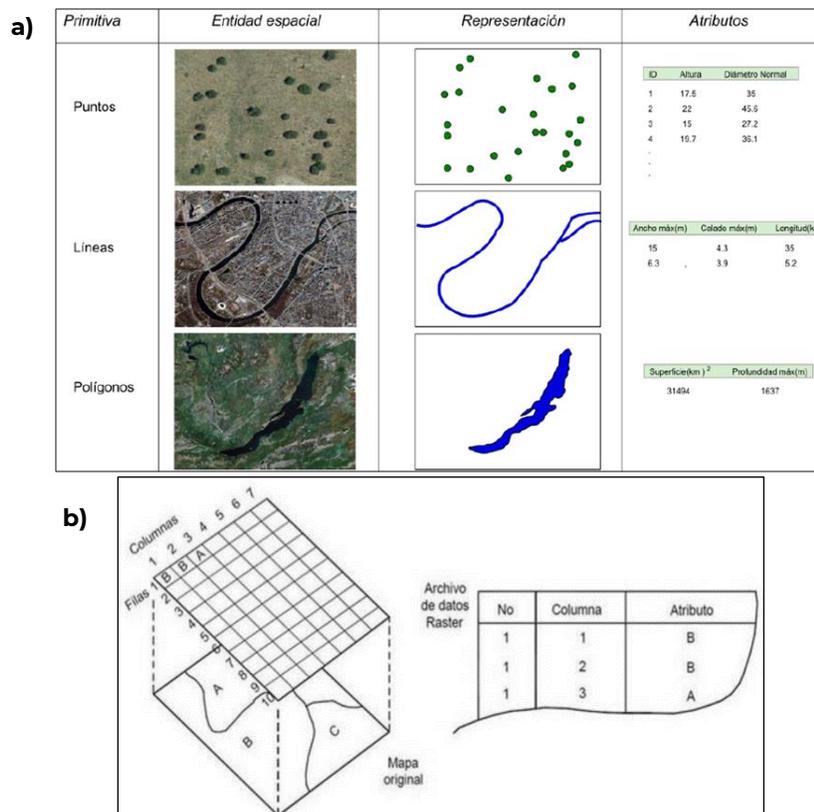


Fig. 5 Ejemplos de una representación gráfica en a) formato vectorial y b) en formato raster obtenido a partir de un formato vectorial



Elaboración del mapa de pendientes y asignación de pesos específicos relativos

Para su elaboración se requiere de un Modelo Digital de Elevación (MDE), el cual representa el relieve topográfico (elevaciones) del terreno mediante valores numéricos (Bosque, 1992). Generalmente es una representación simplificada de la morfología superficial del terreno, basada en la interpolación de los datos de curvas de nivel. Consiste en una serie de puntos con coordenadas conocidas referenciadas a un sistema de coordenadas bidimensionales a las que se les asocia un valor de elevación.

En otras palabras, un MDE es un grupo de valores que representa puntos sobre la superficie del terreno cuya ubicación geográfica está definida por coordenadas “X” y “Y” a las que se les agrega el valor “Z”, que corresponde a la elevación propiamente dicha. Las elevaciones se representan con puntos que deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo a un patrón que corresponde a una cuadrícula o malla (Fig. 5).

La representación de un MDE a través de una cuadrícula “raster”, debe contener “celdas” cuyos valores de alturas se representan y diferencian por gamas de colores. La presentación gráfica puede ser en dos o tres dimensiones.

La resolución espacial se define como el tamaño de la unidad mínima de información y define al píxel, el cual es la representación gráfica mínima en la pantalla de una computadora (CENAPRED, 2006b). El MDE es la capa de información base que permite generar el mapa de inclinaciones (pendientes) del terreno, sobre el cual se sobrepondrán las otras capas de información disponibles para el análisis de susceptibilidad.

Para el caso de este proyecto, el MDE utilizado corresponde al Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0) obtenido de la página electrónica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), disponible en la siguiente liga:

<https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/index.jsp>

Para descargar, seleccione por cobertura geográfica y posteriormente el área geográfica que se requiera a la resolución que se necesite en metros (Fig. 6). Al descargar se obtiene un archivo “.ZIP” el cual contiene varios archivos con diferentes extensiones.

Del conjunto de archivos descomprimidos debe seleccionarse el que tiene la extensión “.BIL” para abrirlo en ArcMap, con la función “Añadir Datos”. Es importante hacer clic con el botón derecho en la capa correspondiente, a fin de abrir el menú en el que se selecciona la opción “Datos” y “Exportar Datos”, para ponerlo en formato “.GRID” (Cuadrícula).

Para ello, se deberá verificar que el sistema de proyección de coordenadas del *grid* que se ha generado esté en la proyección CCL (Conforme Cónica de Lambert) con el datum ITRF 92. El “datum” es el modelo matemático cuya función es representar la forma de la Tierra en una región determinada. El



“datum” define el origen y la orientación de las líneas de latitud y longitud (Vicente y Behm, 2008). El mapa proyectado que se obtiene es el que se muestra en la Figura 7.



Fig. 6 Captura de pantalla donde se muestra la opción de descarga de Modelos Digitales de Elevación (MDE) provistos por INEGI. Fecha de captura: octubre 25 de 2019

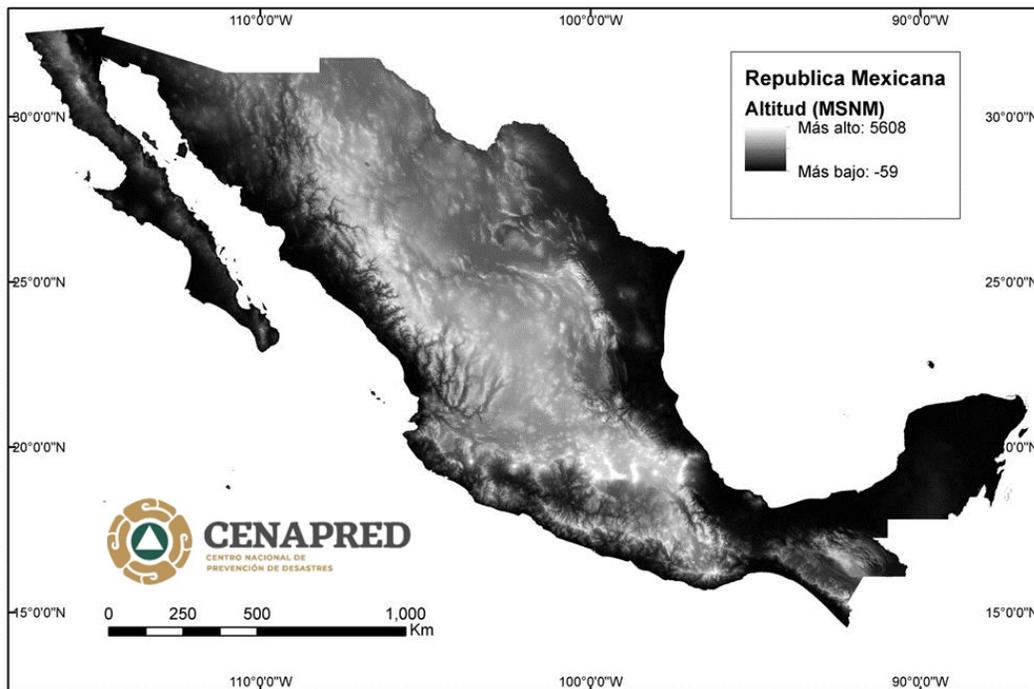


Fig. 7 Modelo Digital de Elevación (MDE) de la República Mexicana

La inclinación del terreno (pendiente) se define como la relación que existe entre el desnivel y la distancia horizontal entre un punto y otro. Se expresa en porcentaje o en grados (Valencia, 1987). El mapa de pendientes se representa por medio de una gama de colores, que representan los diferentes rangos de inclinación del terreno en una zona determinada.

La elaboración del mapa de pendientes se basa en la búsqueda de valores medios de inclinación, a base de contar las intersecciones de las curvas de nivel con líneas rectas de longitud conocida, por ejemplo, los lados de un cuadrado.

Es muy importante considerar la resolución del MDE que se utiliza para la obtención del mapa de pendientes. Resoluciones muy bajas (>90 m) pueden dar como resultado una subestimación de las pendientes de un terreno y por tanto modificar el resultado final del análisis de susceptibilidad. Para el caso de la actualización del Mapa de Susceptibilidad se elaboró el mapa de pendientes de la Figura 8, generado a partir del MDE del CEM 3.0 del INEGI, con resolución de 15 por 15 m, es decir, que cada pixel representa una celda cuadrada de 15 m de lado.

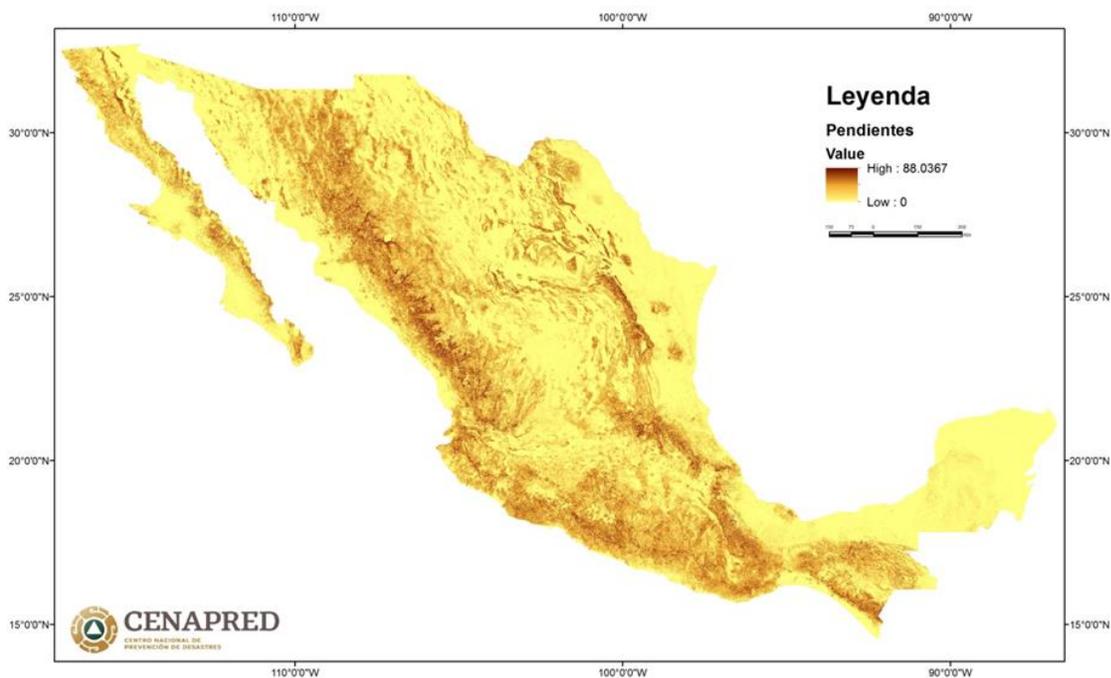


Fig. 8 Mapa global de pendientes a nivel nacional, generado a partir del MDE

Una vez que se ha generado el **mapa global de pendientes a nivel nacional**, se procede a determinar los intervalos de inclinación (pendientes) y su correspondiente peso específico relativo con el que contribuyen a la inestabilidad de laderas. En general, **inclinaciones más fuertes** tendrán una **mayor influencia** a generar propensión a la inestabilidad, por lo tanto las zonas de mayor inclinación tendrán el valor máximo de susceptibilidad relativa, en tanto que pendientes más suaves o menos abruptas, tendrán los valores más bajos de susceptibilidad (Tabla 2).

Siguiendo el procedimiento de la primera versión del Mapa Nacional de Susceptibilidad de 2015, el mapa global de pendientes de la Fig. 8 se subdividió en los intervalos que se muestran en la Fig. 9, sugeridos en los *Criterios para la elaboración de mapas de pendientes* (primera columna de la Tabla 2) de las *Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo* (SEDATU, 2014), para evaluar procesos geomorfológicos.

Tabla 3. Intervalos o categorías de pendiente y sus correspondientes valores de susceptibilidad relativos

Intervalos de inclinación del terreno en grados	Valor relativo (columna 3 de la Tabla 2)	Susceptibilidad relativa (por ciento)	Clasificación de susceptibilidad
> 45°	2.00	30	Muy Alta
30° a 45°	1.80	27	Alta
15° a 30°	1.33	20	Media
6° a 15°	0.66	10	Baja
3° a 6°	0.26	4	Muy Baja
0° a 3°	0.13	2	Muy Baja



Fig. 9 Subdivisión en Intervalos de inclinación del mapa global de pendientes

Cada intervalo de inclinación se relacionó con los valores relativos de susceptibilidad de la columna tres de la Tabla 1, del “Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas” del Capítulo V de la *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos* del CENAPRED (2006), adaptándolo a los intervalos de SEDATU (2014), normalizados al 30% de susceptibilidad determinado a partir de los casos documentados de la Tabla 2. Dicha normalización o reclasificación se determinó mediante una *regla de tres simple*, obteniendo los pesos específicos relativos (en porcentaje) para cada intervalo de susceptibilidad de la Tabla 3.

Con estos valores se elaboró el **mapa global de pendientes reclasificado** en valores de porcentaje, a nivel nacional (Fig. 10), el cual será integrado a la suma aritmética que se realizará con los mapas temáticos de geología y de uso de suelo y vegetación, según se explicó en el capítulo anterior, cuya elaboración se detalla a continuación.



Fig. 10 Mapa global de pendientes reclasificado en valores de porcentaje

Elaboración de los mapas de litología y de fallas y fracturas con base en los pesos específicos relativos

Para el análisis de susceptibilidad por inestabilidad de laderas es muy importante la evaluación del comportamiento relativo de cada formación geológica (litología) y su grado de alteración (propiedades físicas y de resistencia), así como su disposición estratigráfica, estructuras geológicas y discontinuidades presentes (Suárez, 1998 y González de Vallejo, 2002).



Como ya se describió en la primera versión del Mapa de Susceptibilidad, el análisis de la información geológica se basa primeramente en una revisión bibliográfica de las principales formaciones y estructuras presentes en la área de estudio (Alaniz-Alvarez S., y Nieto-Samaniego A. F., 2005; Fries, C., 1960; Morán, D., 1984; Morán, D., et. al, 2005 y González, V. M., et. al, 2009) y por otro lado, en la revisión de las cartas geológicas como por ejemplo el Continuo Nacional de Geología del INEGI, o bien las cartas geológicas del Servicio Geológico Mexicano (SGM).

Cabe señalar que para la República Mexicana existe una cobertura completa a escala 1:250 000 y de manera parcial a escala 1:50 000. Para poder profundizar, también se pueden consultar artículos científicos especializados en geología. En la Fig. 11 se presenta el Mapa Nacional de Geología del INEGI, escala 1:250 000, y en la Fig. 11 el de fallas y fracturas, también 1:25 000, los cuales serán reclasificados con los pesos específicos determinados en la Tabla 2, siguiendo el procedimiento que se describe a continuación.

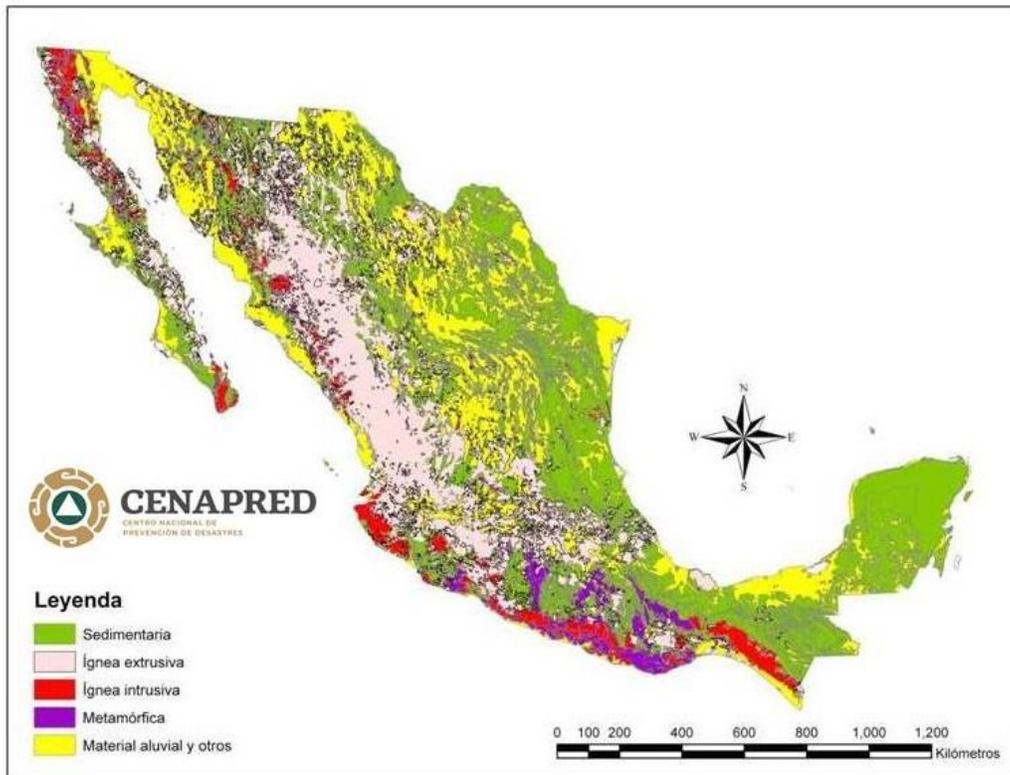


Fig. 11 Continuo nacional de geología, a escala 1:250 000, Modificado de INEGI (2010)

Como se sabe, la geología de México está conformada por una gran diversidad de tipos de roca (formaciones geológicas), con presencia de prácticamente todos los tipos y subtipos de litologías: ígneas (intrusivas y extrusivas), sedimentarias y metamórficas, las cuales, dependiendo de la zona o región en la que se encuentren, están sujetas a diferentes procesos de alteración física y/o química (intemperismo) haciéndolas más o menos propensas a deslizamientos.



Aunado a esto, existe un gran número de discontinuidades como fallas y fracturas que hacen que la resistencia de los materiales se reduzca considerablemente. Por ejemplo, en muchas regiones existen rocas como lutitas, areniscas, esquistos, etc. que, por diversas razones relacionadas con su estructura (estratificación) o capacidad de almacenamiento de agua, son mayormente propensas deslizarse, siendo los contactos entre capas, potenciales superficies de deslizamiento.

En razón de lo anterior, determinar el grado de susceptibilidad o de propensión de cada formación, en el ámbito nacional, es un proceso prácticamente imposible de realizar, motivo por el cual se recurre a criterios simplificados, en los cuales, por ejemplo, los pesos específicos relativos de susceptibilidad de cada litología se determinan en función de valores medios de resistencia a la compresión simple, propiedad que da idea del grado de estabilidad de un material determinado. Es por ello que, para un análisis local, el procedimiento que aquí se describe debe afinarse con trabajo de campo y determinaciones puntuales del grado de calidad de los diferentes depósitos de suelos y/o rocas.

Así pues, a mayor resistencia a la compresión simple, menor propensión a la inestabilidad y, por tanto, una menor susceptibilidad. Para cada tipo de litología particular se buscaron los rangos de valores de resistencia a la compresión simple (Tabla 4) en kilopounds sobre centímetro cuadrado (kp/cm²), tomados del libro de *Ingeniería Geológica* de González de Vallejo (2002).

Para el caso de la variable de fallas y fracturas se ha considerado el criterio sugerido por el CENAPRED para el mapa de caídos y derrumbes, del estado de Guanajuato. En este caso, el grado de influencia de esta variable se determina a partir de un concepto al que se le ha denominado como densidad de fallas y fracturas (D_{FF}), y se define como la cantidad o longitud de fallas o fracturas en un área de un kilómetro cuadrado, el cual se puede determinar a partir del mapa nacional de geología estructural, mediante la siguiente expresión.

$$D_{FF} = \frac{\sum I_{FF}}{1 \text{ km}^2}$$

Entonces, para el caso de la susceptibilidad geológica, el valor relativo de 40% determinado en la Tabla 2, se dividió en 24% para la litología y 16% para la geología estructural (fallas y fracturas).

Con base en el párrafo anterior, los pesos relativos de susceptibilidad para los distintos tipos de litología se relacionaron con los valores **mínimos** de resistencia a la compresión simple de la Tabla 4. Como se indicó, estos valores representan las condiciones de fuerte intemperización para cada una de las litologías debido a que, para el análisis de susceptibilidad, es importante tomar en cuenta el grado de alteración de las rocas. A partir de estos valores (transformados a porcentaje) se determinaron los pesos específicos de susceptibilidad relativa para cada tipo de litología. En este caso en particular, dadas las características de las rocas, se tomó en cuenta la **relación inversa** que



existe con la susceptibilidad. Es decir, a mayor resistencia menor susceptibilidad y viceversa.

Los valores de susceptibilidad relativa para cada litología se normalizaron al máximo de 24%, que es el valor determinado para el factor litológico (Tabla 2). En las Tablas 4 y 5 se presenta un resumen representativo de los valores de susceptibilidad relativa para cada tipo de litología particular, asociado al valor medio de la resistencia a la compresión simple (según se explicó en el párrafo anterior) y la relación inversa que existe con la susceptibilidad normalizados al 24%.

Tabla 4. Correlación de la resistencia a la compresión simple, expresadas en kp/cm^2 y en porcentajes de resistencia tomados del cuadrado 3.6 del libro “Ingeniería Geológica” de González Vallejo (2002), con el porcentaje de susceptibilidad relativo ajustado al 24%

Litología	Resistencia a la compresión simple (kp/cm^2)	Porcentaje de Resistencia a la compresión simple	Porcentaje de susceptibilidad	Porcentaje de susceptibilidad ajustado al 24% del análisis
Andesita	2200	68.75%	31.25%	7.50%
Anfibolita	2800	87.50 %	12.50%	3.00%
Anhidrita	900	28.12%	71.87%	17.25%
Arenisca	700	21.87%	78.12%	18.75%
Basalto	1000	31.25%	68.75%	16.50%
Caliza	800	25.00%	75.00%	18.00%
Cuarcita	2200	68.75%	31.25%	7.50%
Diabasa	2600	81.25%	18.75%	4.50%
Diorita	1900	59.37%	40.62%	9.75%
Dolerita	2100	65.62%	34.37%	8.25%
Dolomía	800	25.00%	75.00%	18.00%
Esquisto	300	9.37%	90.62%	21.75%
Gabro	2200	68.75%	31.25%	7.50%
Gneiss	700	21.87%	78.12%	18.75%
Granito	900	28.12%	71.87%	17.25%
Grauvaca	1100	34.37%	65.62%	15.75%
Limolita	500	15.62%	84.37%	20.25%
Lutita	200	6.25%	93.75%	22.50%
Marga	300	9.37%	90.62%	21.75%
Mármol	1400	43.75%	56. 52%	13.50%
Pizarra	500	15.62%	84.37%	20.25%
Sal	120	3.75%	96.25%	23.10%
Toba	150	4.68%	95.31%	22.88%
Yeso	150	4.68%	95.31%	22.88%

Tabla 5. Resistencia a la compresión simple en kp/cm^2 y en porcentajes de susceptibilidad relativo ajustado al 24%. Modificados de González Vallejo (2002)

Litología general	Litología particular	Valores máximos de susceptibilidad ajustados al 24 % del análisis	Litología general	Litología particular	Valores máximos de susceptibilidad ajustados al 24 % del análisis
Rocas ígneas extrusivas	Andesita	7.47%	Rocas sedimentarias	Arenisca	18.67%
	Andesita - Brecha volcánica intermedia	17.07%		Arenisca - Conglomerado	18.13%
	Andesita - Toba intermedia	20.27%		Arenisca - Yeso	21.33%
	Arenisca - Toba intermedia	21.87%		Brecha sedimentaria	18.13%
	Basalto	16.53%		Caliche	19.73%
	Brecha volcánica	18.13%		Caliza	18.13%
	Dacita	16.00%		Caliza - Lutita	20.80%
	Dacita - Toba ácida	19.73%		Caliza - Lutita - Arenisca	20.27%
	Riolita	17.07%		Caliza - Yeso	21.33%
	Riolita - Toba ácida	18.67%		Conglomerado	18.13%
	Toba ácida	19.20%		Limolita - Arenisca	19.20%
	Toba intermedia	19.73%		Lutita - Arenisca	21.33%
	Toba intermedia - Brecha volcánica	19.73%		Lutita - Arenisca - Conglomerado	20.80%
	Volcanoclástico	21.33%		Travertino	18.67%
Rocas ígneas intrusivas	Diorita	9.60%	Yeso	22.93%	
	Gabro	7.47%	Complejo Ultrabásico	17.60%	
	Granito	17.07%	Esquisto	21.87%	
	Granito - Granodiorita	17.07%	Esquisto - Gneiss	20.80%	
	Granodiorita	17.07%	Gneiss	18.67%	
	Monzonita	17.60%	Mármol	13.33%	
	Pórfido andesítico y traquítico	12.80%	Metasedimentaria	20.27%	
	Sienita	18.67%	Metavolcánica	20.27%	
	Tonalita	17.07%	Skarn	18.13%	
Otros			Aluvial	19.73%	
			Lacustre	0.00%	
			Litoral	0.00%	
			N/A	0.00%	

Una vez obtenidos los valores relativos de susceptibilidad ajustados al 24% para cada unidad litológica, se procedió a asignar dichos valores para cada tipo de roca del Continuo Nacional de Geología, obteniendo el mapa que se muestra en la Figura 12, el cual representa a la variable de geología normalizada al 24%.

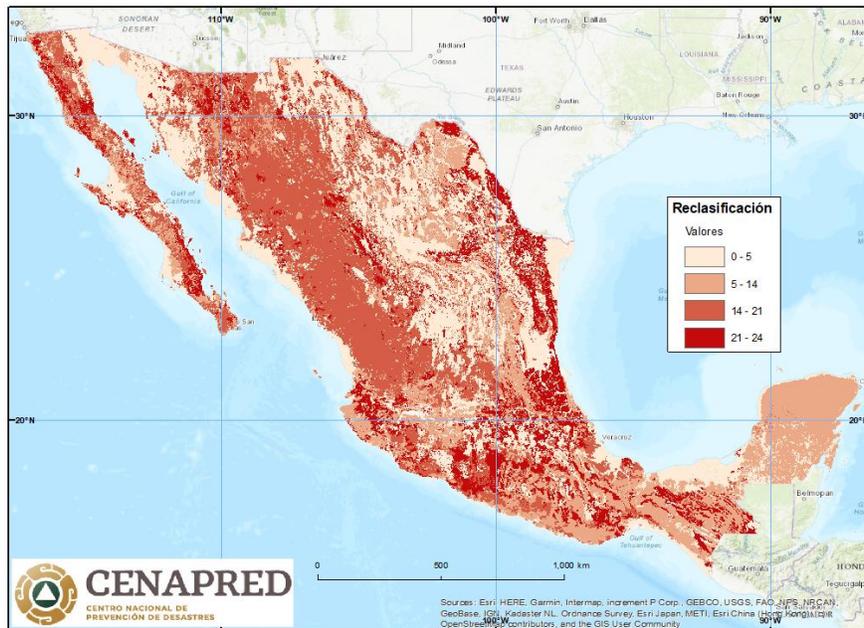


Fig. 12 Reclasificación del Continuo Nacional de Geología en función de valores de susceptibilidad relativos al 24%

Para elaborar el mapa temático de geología estructural (fallas y fracturas) fue necesario generar una malla (retícula) de $1 \times 1 \text{ km}^2$ que cubriera todo el territorio nacional, con la herramienta “Create Fishnet” de ArcMap. El mapa resultante se sobrepuso al de fallas y fracturas de la República Mexicana (Fig. 13), en formato shape, escala 1: 1, 000,000 (<https://www.inegi.org.mx/temas/geologia/>), obtenido de la página del INEGI, aplicando la herramienta “Intersect” con la cual se obtiene la longitud de cada falla o fractura en cada uno de los cuadros de la retícula, obteniendo así la **densidad de fallas y fracturas, D_{FF}** , (Fig. 14).



Fig. 13 Mapa de fallas y fracturas de la República Mexicana, escala 1: 1, 000,000

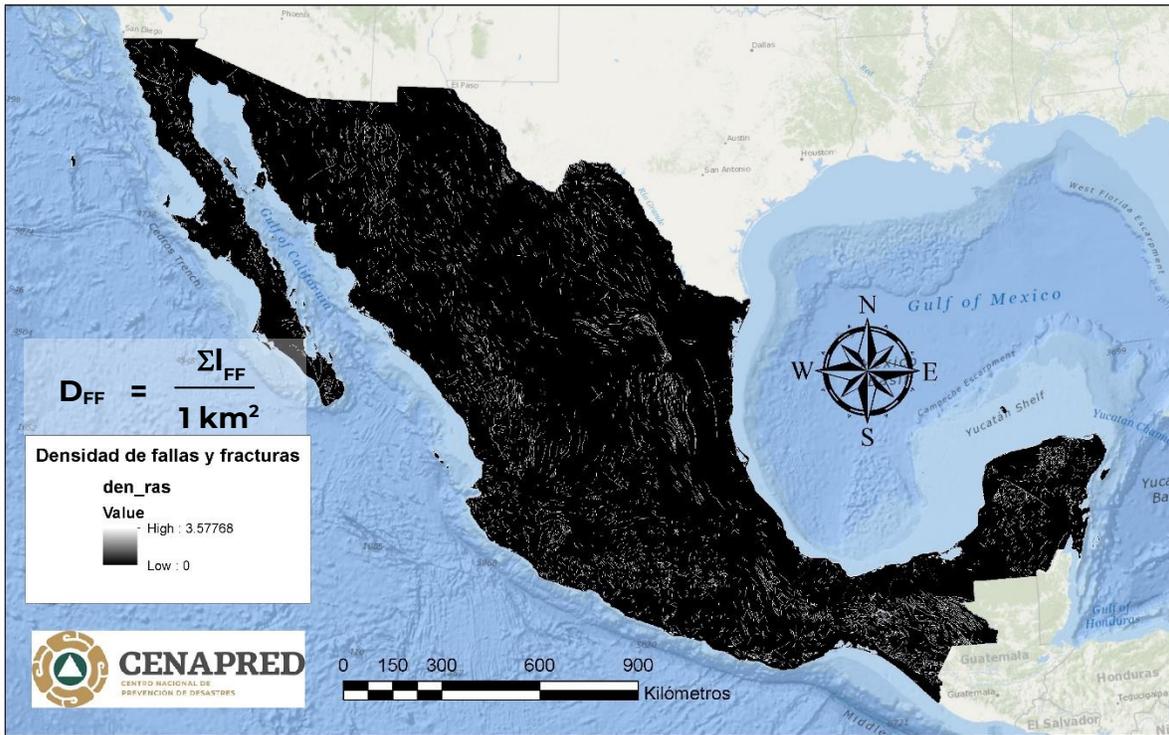


Fig. 14 Mapa de densidad de fallas y fracturas (D_{FF}) de la República Mexicana

Una vez aplicado este procedimiento se determinó el valor máximo de longitud de fallas y/o fracturas en 1 km², el cual fue $D_{FFmax} = 3.58 \text{ km/km}^2$.

Para generar el mapa normalizado de densidad de fallas y fracturas, al 16% de susceptibilidad relativa, se aplicó la siguiente ecuación:

$$[D_{FF}]_{NORM} = \frac{(D_i) \times 16\%}{D_{FFmax}}$$

donde: $[D_{FF}]_{NORM}$ es la densidad de fallas y fracturas normalizada al 16%

D_i es la densidad de fallas y fracturas en cada celda, o cuadro, de la malla (retícula) generada a nivel nacional

D_{FFmax} es el valor máximo de la densidad de fallas y fracturas en 1km²

Aplicando la fórmula anterior al mapa de la Figura 14, mediante la aplicación de operaciones matemáticas “raster calculator”, se obtiene el mapa final de densidad de fallas y fracturas, normalizado al 16%. Para ello, será necesario convertir el mapa resultante de densidad de fallas y fracturas a un formato *raster*, ya que es la única forma de programar la ecuación anterior en ArcMap. El mapa resultante es el que se muestra en la Figura 15.

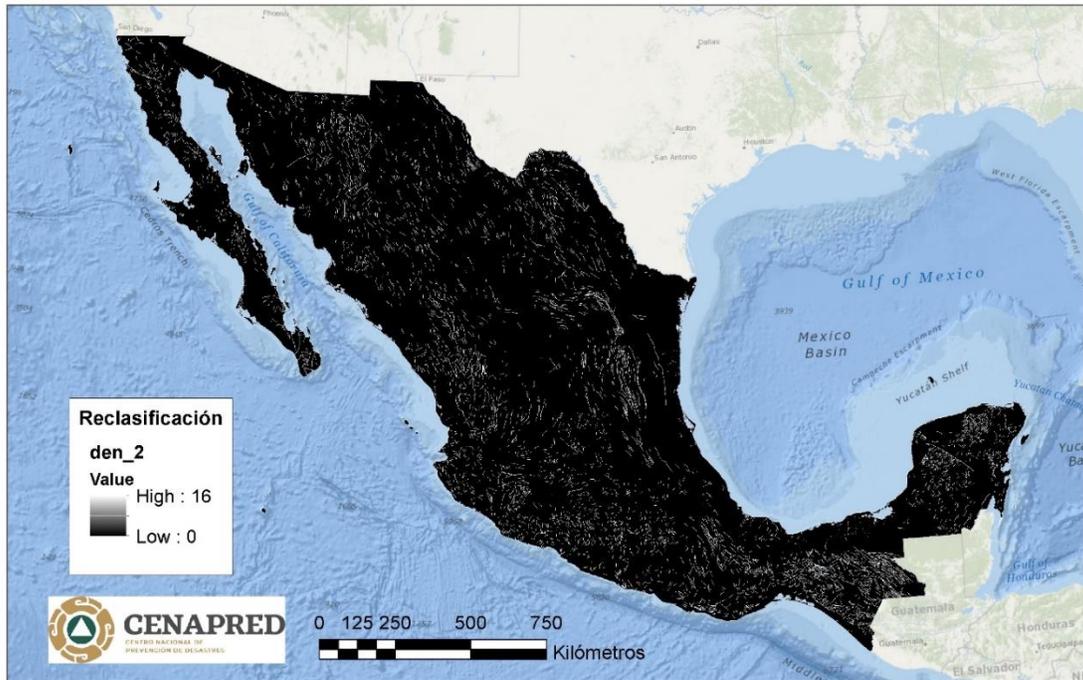


Fig. 15 Mapa de densidad de fallas y fracturas de la República Mexicana, normalizado al 16%, es decir, que cada cuadro de la malla posee un valor en porcentaje, en lugar de km/km^2

Una falla o fractura es una superficie de ruptura de una roca a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial, por lo tanto, a mayor densidad de fallas y fracturas por km^2 , mayor propensión o susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.

Elaboración del mapa de uso de suelo y vegetación

La cobertura vegetal en una ladera es considerada, por lo general, como un elemento de estabilidad, ya que la presencia de arbustos y árboles contribuyen a la resistencia del terreno y reducen el impacto de los procesos erosivos debidos a los escurrimientos generados por lluvias intensas. Por otra parte, los asentamientos humanos y la acción antropogénica generan una profunda transformación del paisaje y del medio, por lo que se han convertido en un factor clave en la inestabilidad de laderas, no sólo en México, sino en el mundo.

La construcción de infraestructura, viviendas, caminos y la transformación de zonas forestales en zonas agrícolas también contribuyen a la inestabilidad de laderas. La reducción y eliminación de la cobertura vegetal, ya sea por deforestación, incendios, construcción de vivienda o infraestructura, favorecen la propensión del terreno a la inestabilidad de laderas, ya que se altera el equilibrio natural de éstas.

Como se hizo en la primera versión del mapa de susceptibilidad, para incluir las componentes: ambiental y antrópica, en el análisis de susceptibilidad, se recurrió a los mapas de densidad forestal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y de uso de suelo del INEGI.

El mapa de densidad forestal se obtuvo mediante una solicitud oficial dirigida a la CONAFOR, misma que proporcionó al CENAPRED un modelo cartográfico de la distribución de la **densidad del arbolado por hectárea**, escala 1:250 000, elaborado a partir de datos de campo para el segundo ciclo de muestreo del *Inventario Nacional Forestal y de Suelos (2009-2014)*, en formato *shape*. Para tomar en cuenta la variable antrópica se recurrió al mapa de Uso de Suelo, que delimita las zonas urbanas y agrícolas de la República Mexicana, descargado de la página del INEGI (<https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>), también en formato *shape*, escala 1:250,000.

Con el propósito de generar un solo mapa de susceptibilidad relativa correspondiente a la variable **uso de suelo-vegetación**, se unieron los mapas de densidad forestal de la CONAFOR y de zonas urbanas y agrícolas del INEGI (Fig. 16). Para ello, el criterio que se estableció para diferenciar las áreas con cobertura vegetal intensa, moderada o deforestada fue el que se indica en la Tabla 6.

Tabla 6 Clasificación de la vegetación dependiendo de la densidad de arbolado

Densidad de arbolado por hectárea	Clasificación de la vegetación
5 a 25	Deforestada
25 a 570	Moderada
570 a 1421	Vegetación intensa

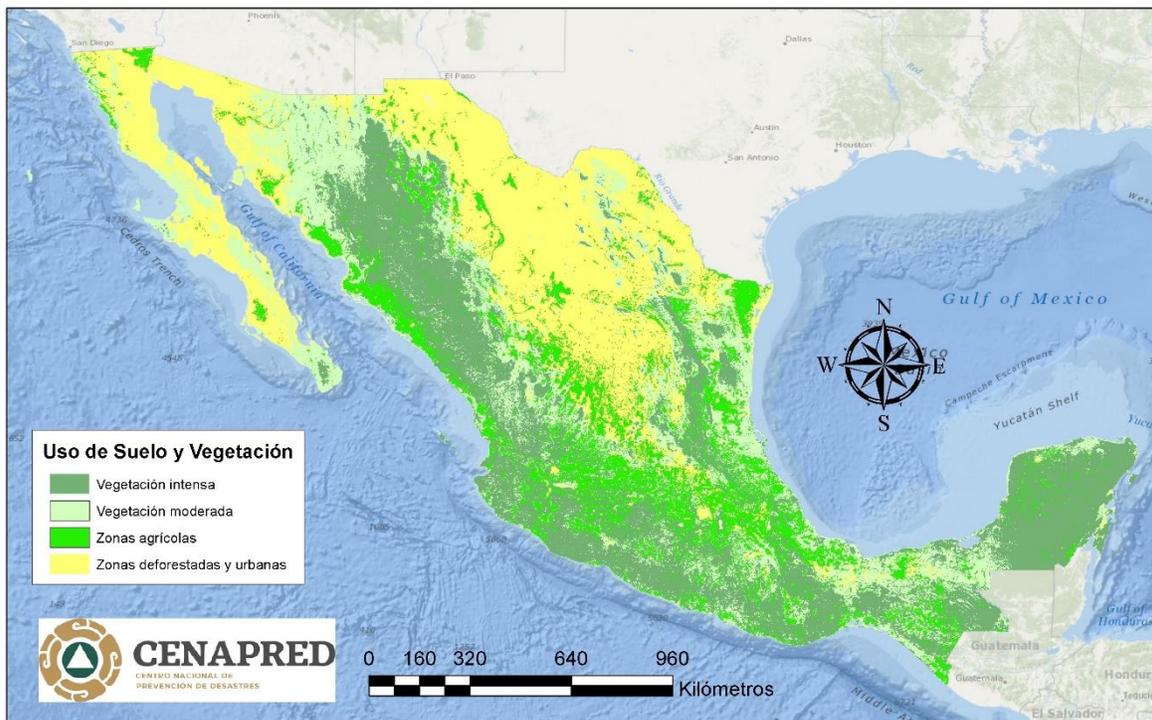


Fig. 16 Mapa unificado de uso de suelo-vegetación

Una vez que se obtuvo el mapa unificado de uso de suelo-vegetación, la reclasificación de valores de susceptibilidad relativa se realizó en función de la clasificación que se indica en la Tabla 7 y los atributos relativos de la Tabla 1, normalizados al 30%. El mapa resultante con este criterio es el que se muestra en la Fig. 17. Como se observa, a mayor cantidad de árboles, la susceptibilidad disminuye y viceversa.

Tabla 7 Ponderación de las variables de uso de suelo y vegetación, normalizadas al 30% de susceptibilidad según los atributos relativos de la Tabla 1

Variables de uso de suelo-vegetación	Atributo relativo	Pesos específicos relativos, normalizados al 30%
Zona urbana	2.0	30%
Cultivos anuales	1.5	23%
Vegetación intensa	0.0	0%
Vegetación moderada	0.8	12%
Rocas con raíces en sus fracturas	2.0	30%
Área deforestada	2.0	30%



Fig. 17 Mapa unificado de uso de suelo-vegetación, normalizado al 30%



ELABORACIÓN DEL MAPA FINAL DE SUSCEPTIBILIDAD

El proceso de reclasificación de atributos en las cartografías de los factores condicionantes (pendiente, geología y uso de suelo-vegetación) consistió en asignar, a través del SIG, los valores de susceptibilidad relativa para cada variable o factor, según los porcentajes de susceptibilidad obtenidos a partir del análisis de los 222 casos documentados por el CENAPRED, integrados al *Formato de Estimación de la amenaza por deslizamiento de laderas* (Tabla 1), mediante los cuales se determinaron los pesos específicos relativos máximos de la **inclinación del terreno**, como parte del conjunto de factores topográficos (30%); la **litología** (24%) y **geología estructural** (16%), como parte de los factores geotécnicos que representan un total de 40%, y el **uso de suelo-vegetación**, como parte del conjunto de factores ambientales (30%).

Estos porcentajes fueron los pesos específicos máximos que permitieron generar los mapas normalizados (reclasificados) para cada factor condicionante, los cuales, mediante una *suma algebraica simple*: Mapa normalizado de Pendientes + Mapa normalizado de Litología + Mapa normalizado de Densidad de Fallas y Fracturas + Mapa normalizado de uso de suelo-vegetación, en ArcMap, con porcentajes máximos de 31% + 28% + 16% + 25%, respectivamente, permitieron obtener el Mapa Nacional de Susceptibilidad actualizado que se muestra en la Figura 18, dividido en cinco intervalos de susceptibilidad.

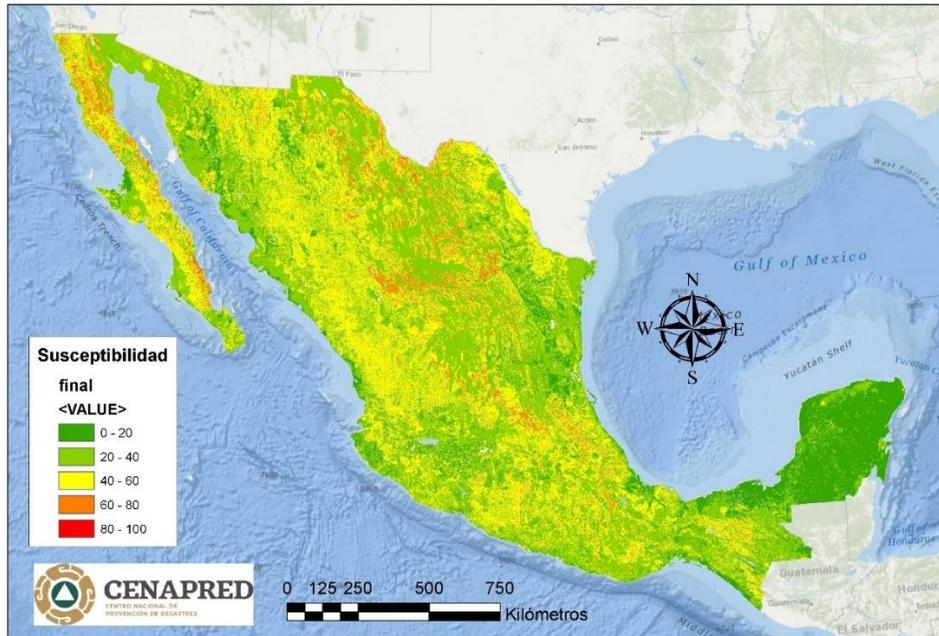


Fig. 17 Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas resultante

Como se puede apreciar, el mapa resultante tiene una buena correlación de susceptibilidad Media y Alta en las principales sierras, especialmente en el norte, el altiplano y el oriente de México. Sin embargo, al compararlo con el



actual mapa de susceptibilidad, se pudo observar que las zonas de Alta y Muy Alta propensión se redujeron notablemente. Por tal motivo, se hizo una revisión de las variables consideradas, a partir de las cuales se pudo determinar que la división de la geología en las variables de litología y fallas y fracturas, generó dicha discrepancia. Para eliminarla se decidió retomar el procedimiento de la primera versión de mapa, en la que el peso total de la variable geológica se asigna directamente a la litología. Es decir, que en lugar del valor de 24% se le asigne un peso relativo de 40%.

Con esta simplificación se obtuvieron los nuevos valores de susceptibilidad litológica normalizados, mismos que se resumen en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Correlación de la resistencia a la compresión simple, expresadas en kp/cm^2 , con los porcentajes de susceptibilidad normalizados al 40%, modificada de González Vallejo (2002)

Litología	Resistencia a la compresión simple (kp/cm^2)	Porcentaje de Resistencia a la compresión simple	Porcentaje de susceptibilidad	Porcentaje de susceptibilidad ajustado al 24% del análisis
Andesita	2200	68.75%	31.25%	12.50%
Anfibolita	2800	87.50 %	12.50%	5.00%
Anhidrita	900	28.12%	71.87%	28.75%
Arenisca	700	21.87%	78.12%	31.25%
Basalto	1000	31.25%	68.75%	27.50%
Caliza	800	25.00%	75.00%	30.00%
Cuarcita	2200	68.75%	31.25%	12.50%
Diabasa	2600	81.25%	18.75%	7.50%
Diorita	1900	59.37%	40.62%	16.25%
Dolerita	2100	65.62%	34.37%	13.75%
Dolomía	800	25.00%	75.00%	30.00%
Esquisto	300	9.37%	90.62%	36.25%
Gabro	2200	68.75%	31.25%	12.50%
Gneiss	700	21.87%	78.12%	31.25%
Granito	900	28.12%	71.87%	28.75%
Grauvaca	1100	34.37%	65.62%	26.25%
Limolita	500	15.62%	84.37%	33.75%
Lutita	200	6.25%	93.75%	37.50%
Marga	300	9.37%	90.62%	36.25%
Mármol	1400	43.75%	56. 52%	22.50%
Pizarra	500	15.62%	84.37%	33.75%
Sal	120	3.75%	96.25%	38.50%
Toba	150	4.68%	95.31%	38.13%
Yeso	150	4.68%	95.31%	38.13%

Tabla 9. Porcentajes de susceptibilidad relativa normalizados al 40%, en función de la resistencia a la compresión simple. Modificada de González Vallejo (2002)

Litología general	Litología particular	Valores máximos de susceptibilidad ajustados al 24 % del análisis	Litología general	Litología particular	Valores máximos de susceptibilidad ajustados al 24 % del análisis
Rocas ígneas extrusivas	Andesita	12.44%	Rocas sedimentarias	Arenisca	31.11%
	Andesita - Brecha volcánica intermedia	28.44%		Arenisca - Conglomerado	30.22%
	Andesita - Toba intermedia	33.78%		Arenisca - Yeso	35.56%
	Arenisca - Toba intermedia	36.44%		Brecha sedimentaria	30.22%
	Basalto	27.56%		Caliche	32.89%
	Brecha volcánica	30.22%		Caliza	30.22%
	Dacita	26.67%		Caliza - Lutita	34.67%
	Dacita - Toba ácida	32.89%		Caliza - Lutita - Arenisca	33.78%
	Riolita	28.44%		Caliza - Yeso	35.56%
	Riolita - Toba ácida	31.11%		Conglomerado	30.22%
	Toba ácida	32.00%		Limolita - Arenisca	32.00%
	Toba intermedia	32.89%		Lutita - Arenisca	35.56%
	Toba intermedia - Brecha volcánica	32.89%		Lutita - Arenisca - Conglomerado	34.67%
	Volcanoclástico	35.56%		Travertino	31.11%
Rocas ígneas intrusivas	Diorita	16.00%	Yeso	38.22%	
	Gabro	12.44%	Complejo Ultrabásico	29.33%	
	Granito	28.44%	Esquisto	36.44%	
	Granito - Granodiorita	28.44%	Esquisto - Gneiss	34.67%	
	Granodiorita	28.44%	Gneiss	31.11%	
	Monzonita	29.33%	Mármol	22.22%	
	Pórfido andesítico y traquítico	21.33%	Metasedimentaria	33.78%	
	Sienita	31.11%	Metavolcánica	33.78%	
	Tonalita	28.44%	Skarn	30.22%	
Otros			Aluvial	19.73%	
			Lacustre	0.00%	
			Litoral	0.00%	
			N/A	0.00%	

Aplicando estos nuevos valores de susceptibilidad relativa a la capa de litología se obtuvo el mapa de la Figura 18. Con este nuevo mapa se volvió a realizar la suma con los mapas de pendientes y de uso de suelo-vegetación, obteniendo como resultado el mapa de susceptibilidad final que se muestra en la Figura 19.

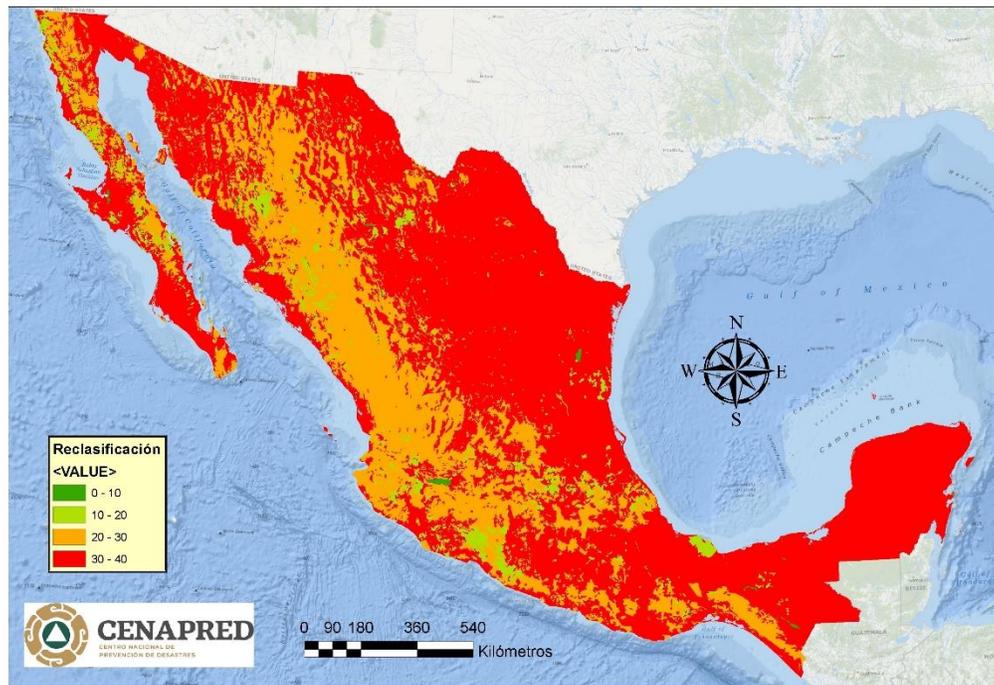


Fig. 18 Reclasificación del Continuo Nacional de Geología en función de valores de susceptibilidad relativa normalizados al 40%

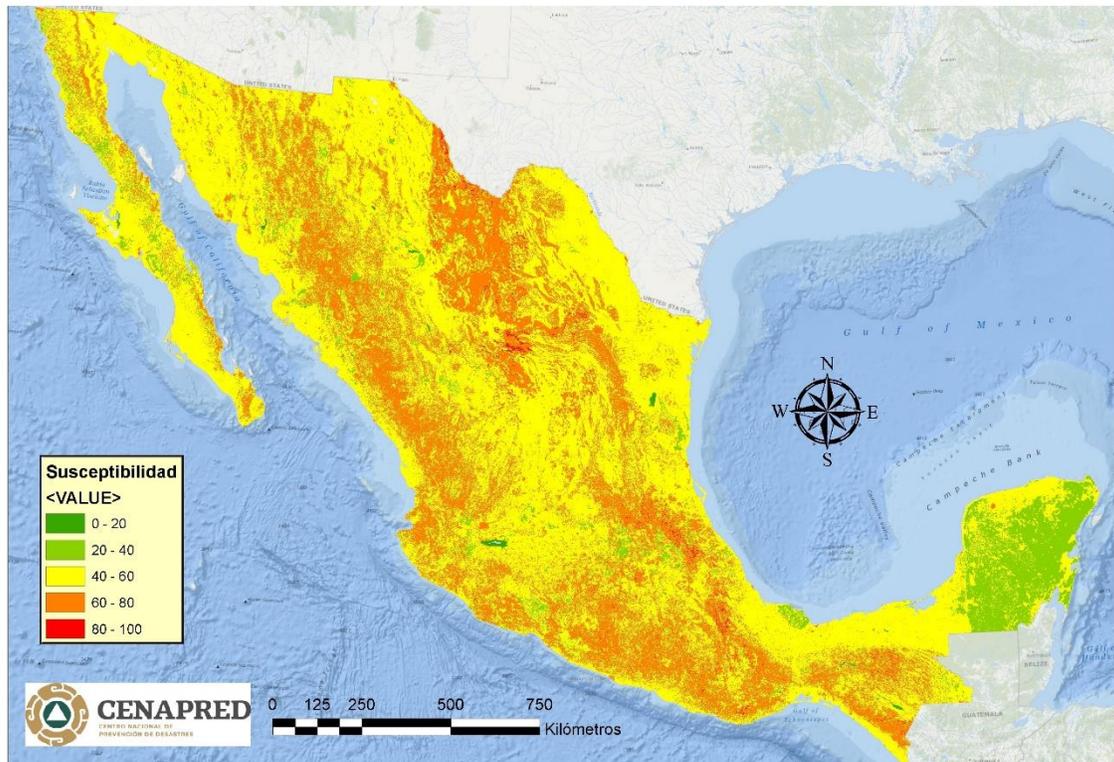


Fig. 19 Mapa final de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas, obtenido con las variables de litología (40%), pendientes (30%) y uso de suelo-vegetación (30%)



En esta ocasión, el mapa resultante guarda una mejor correlación con la primera versión del mapa de susceptibilidad para las zonas de Alta y Muy Alta propensión, aunque se observan un gran número de zonas planas con susceptibilidad Media.

Tal situación se debe a las características propias del método, ya que en la suma algebraica de los mapas no se aplicó un algoritmo para excluir de susceptibilidad a las zonas planas donde pueden prevalecer suelos blandos, como arcillas o depósitos aluviales que, por su naturaleza, son altamente propensos a la inestabilidad; además de que en las zonas planas es común la existencia de asentamientos humanos y tierras de cultivo, las cuales incrementan la propensión. Es decir, aunque la inclinación de terreno sea baja, el nivel de susceptibilidad se magnifica por la intensidad de las variables de geología y de uso de suelo.

Con la finalidad de eliminar esta situación en el mapa final de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas, se sobrepuso una “mascara” para que todas las zonas donde el terreno tenga una inclinación de 0 a 6 grados, su propensión sea Muy Baja. Una vez aplicada esta condición, el mapa resultante es el que se muestra en la Figura 20, el cual tiene muy buena relación con la primera versión del Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas de 2015 (Fig. 21).

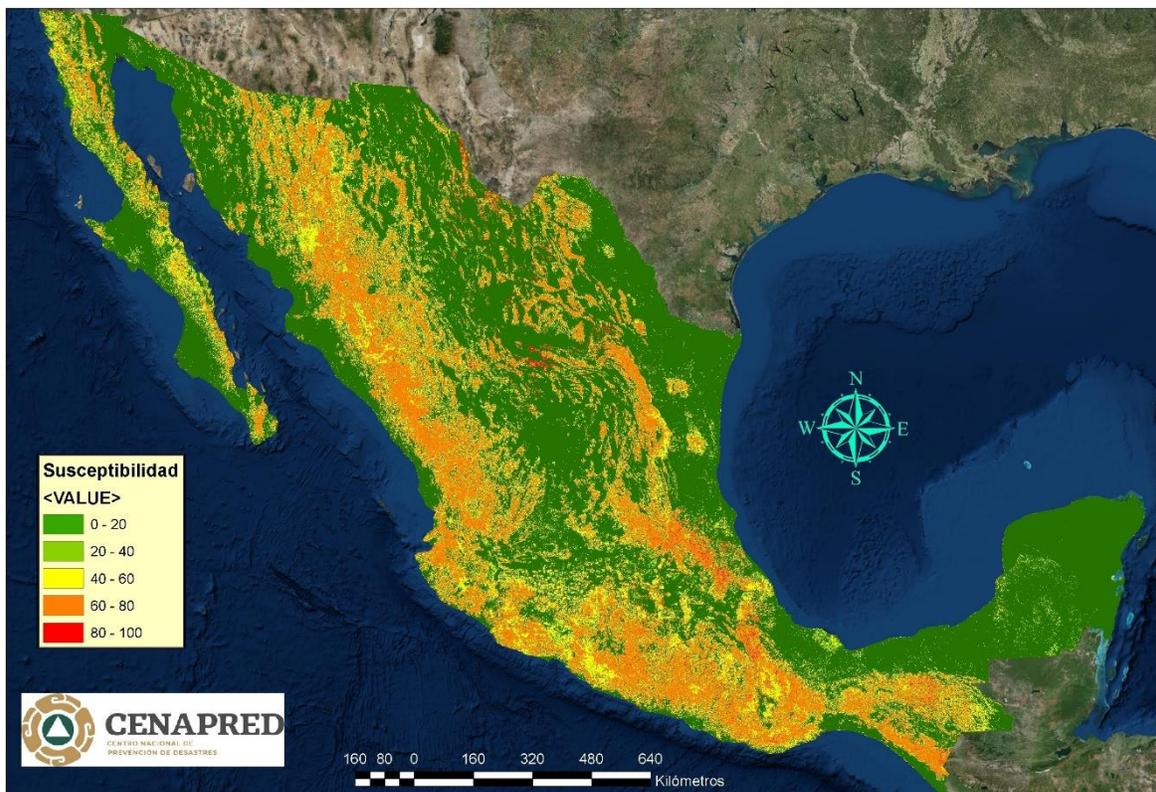


Fig. 20 Mapa final de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas en el que se han eliminado de susceptibilidad las zonas donde la inclinación del terreno es de 0 a 6 grados



Fig. 21 Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas, primera versión

Como se puede observar, ambas mapas guardan una muy buena correlación con los porcentajes más altos susceptibilidad hacia las sierras más importantes de México. Así mismo, tiene muy buena correlación con la ubicación de los 222 casos documentados por el CENAPRED, los cuales se han sobrepuesto a la nueva versión del Mapa de Susceptibilidad (Fig. 22).

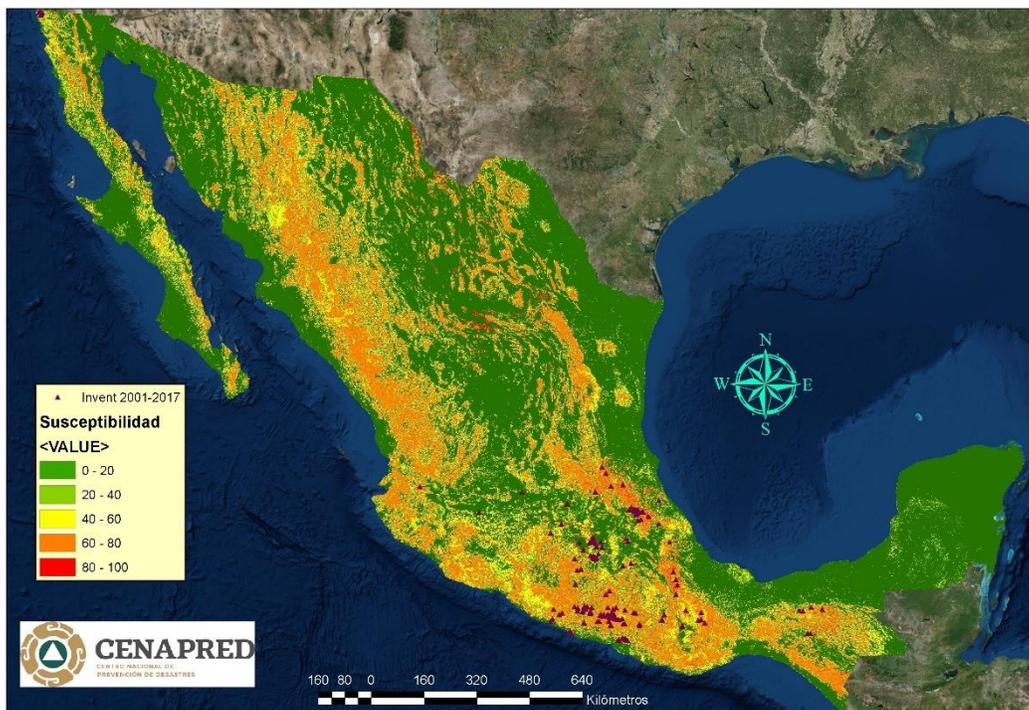


Fig. 22 Ubicación de los casos documentados sobre la nueva versión del Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

CONCLUSIONES

La presente actualización del Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas se realizó siguiendo la metodología establecida en la primera versión, la cual, como quedó demostrado en esta actualización, sigue los principios físicos del método determinista para el cálculo del Factor de Seguridad (FS), el cual tiene como principales variables a las características de resistencia de los materiales que componen las laderas y la topografía del terreno. En este caso, aun cuando se trata de un método cualitativo y estadístico, se utilizaron las mismas variables geológicas y geomorfológicas de los métodos deterministas, además de incluir la variable uso de suelo-vegetación.

Si bien el método determinista utiliza el concepto de presión de poro que toma en cuenta el rol del agua en los procesos de inestabilidad de laderas, en esta metodología se ha considerado al agua como un factor desencadenante, el cual se puede sobreponer al Mapa de Susceptibilidad, con base en los polígonos de lluvia que se emiten en los pronósticos de lluvia del Servicio Meteorológico Nacional. En otras palabras, el mapa de susceptibilidad refleja la propensión (mayor o menor) del terreno a presentar inestabilidad, en función de las características geológicas del terreno, geomorfológicas (topografía) y el uso de suelo-vegetación. No involucra a la lluvia porque, desde el punto de vista del riesgo, ésta se considera como factor detonante y puede sobreponerse a través de mapas de lluvia registrada o pronosticada que puedan desencadenar los deslizamientos, en el momento en que se rebasen ciertos valores de umbrales de lluvia (Domínguez, 2011 y Domínguez y coautores, 2017).

Las primeras fueron determinadas a partir de valores típicos de resistencia a la compresión simple de los suelos y rocas, determinadas con base en datos estadísticos para los diferentes tipos de roca y su correlación con los porcentajes de susceptibilidad determinados a partir de los 222 casos documentados por el CENAPRED de 1999 a 2017, integrados a las capas de litología del Continuo Nacional de Geología, escala 1:250 000 del INEGI. La segunda fue determinada a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 del INEGI, escala 1:250 000, con resolución de 15x15 m, correlacionada con los niveles de inclinación del terreno sugeridos en el *Formato de Estimación de la amenaza por deslizamiento de laderas*, del Capítulo V de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos del CENAPRED (2006), así como las *Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo* (SEDATU, 2014).

La tercera fue determinada a partir del *Inventario Nacional Forestal y de Suelos* (2009-2014), escala 1:250 000, de la CONAFOR y las zonas urbanas y agrícolas de la República Mexicana, escala 1:250,000, del INEGI, también correlacionadas con los resultados del inventario de casos documentados y el Formato antes mencionado.



Es importante resaltar que en un análisis a esta escala, se puede perder, subestimar o despreciar mucha información que es posible obtener en la escala local. Por tanto, se recomienda el uso del mapa de susceptibilidad nacional sólo para fines estimativos y para la elaboración de escenarios que permitan orientar la toma de decisiones.

No se omite mencionar que existen casos en los que las laderas sufren alteraciones y modificaciones antrópicas que hacen que su susceptibilidad sea mayor a la representada en el mapa. Es común que muchos casos de inestabilidad sean detonados por cortes mal ejecutados, sobrecargas, vibraciones, etc., las cuales no es posible considerar en la elaboración de mapas de susceptibilidad. Por lo tanto, debe considerarse que los mapas son dinámicos y cambiantes en el tiempo, por lo que deben ser actualizados en función de la mejora o actualización de las capas base de información que se utilicen y del mapa inventario disponible.

TRABAJO FUTURO

En esta actualización ha quedado clara la necesidad de seguir trabajando en la actualización del mapa, en la medida que los insumos para su elaboración sean actualizados. Para dicho propósito, también se deberá seguir trabajando en la actualización del inventario de casos documentados, ya que dan certidumbre a los pesos específicos relativos de las variables utilizadas. Por otra parte, es importante que se fortalezcan vínculos con otras instituciones como el INEGI y el Servicio Geológico Mexicano, con la finalidad de unificar criterios e intercambiar información, así como compartir experiencias en torno a esta problemática.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo aquí presentado no hubiera sido posible concluirlo sin la valiosa colaboración los estudiantes de servicio social. Especialmente se reconoce y agradece la colaboración del estudiante Humberto Ortiz Pérez, quien, aún con el inicio de la Estrategia Nacional de Sana Distancia por la presencia de la pandemia generada por el virus Sars Cov2, ayudó en el proceso digital de los mapas realizados, los primeros días de esta contingencia.

Se agradece también la participación de los estudiantes Lucía Ramírez Hernández, Julio César Chávez Soto, Emily Rivera Mondragón y Ana Caren Solís Vázquez.



REFERENCIAS

Alaniz-Alvarez, S. A. y Nieto-Samaniego, A. F., (2005), "El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende y la Faja Volcánica Transmexicana, dos fronteras tectónicas del Centro de México activas durante el Cenozoico", Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario, Tomo LVII, Núm. 1, p. 65-82.

Almaguer, Y., (2005), "Evaluación de la susceptibilidad del terreno a la rotura por desarrollo de deslizamientos en el yacimiento Punta Gorda", Tesis doctoral, Editorial Digital Universitaria Moa, 108 p.

Ambalagan R. (1992), "Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain". Proceedings of the sixth International Symposium on Landslides, Christchurch, pp. 861-871.

Bosque Sendra, J., (1990), "Sistemas de información geográfica". Madrid, Ediciones Rialp, 451 p. 1992.

Bracken, y Webster., "Information technology in Geography and planning. Including principles of G.I.S.". London: Routledge. 444 p.

Carrara A., Cardinali, M., Guzzeti, F., Reichenbach, P., (1995). "GIS technology in mapping landslide hazard". In: Carrara, A., Guzzeti, F. (Eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp 135-175.

Castellanos E. y Van Westen C., (2009), "Descripción y uso del mapa nacional de índice de riesgo por deslizamientos de terreno", VI Congreso Internacional GEOMÁTICA, pp 1-5.

Cruden D.M., Varnes D. J. (1996) - Landslide types and processes. In: Turner A.K.; Shuster R.L. (eds) Landslides: Investigation and Mitigation. Transp Res Board, Spec Rep 247, pp 36-75.

"Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México", (2001), Secretaría de Gobernación. CENAPRED, México, 225 p.



Domínguez L., (2008), "El deslizamiento del 4 de noviembre de 2007 en la comunidad Juan de Grijalva, municipio de Ostucán, Chiapas, y su relación con el Frente Frío No. 4", Sistema Nacional de Protección Civil, CENAPRED, México, 23 p.

Domínguez L., Martínez A., Albino C., Cafaggi F., Arceo F. y Moreno J., (2010), "Deslizamiento y flujo de suelos y rocas en la comunidad de Santa María Tlahuitoltepec, Oaxaca, ocurrido el 28 de Septiembre de 2010", CENAPRED-SGM, México, 15 p.

Domínguez L., (2011), "Mapa preliminar de peligros por deslizamientos de laderas", Secretaría de Gobernación, CENAPRED, México, 6 p.

Domínguez L., Castañeda A., González A. y Espinasa R., (2014), "Informe sobre la inestabilidad de laderas ocasionada por el huracán Ingrid y la tormenta tropical Manuel en Guerrero, Veracruz y Oaxaca en 2013", CENAPRED, México, 51 p.

Domínguez L., González A. y Nava G., (2017), "Análisis de umbrales de lluvia que detonan deslizamientos en México y sus posibles aplicaciones a un Sistema de Alerta Temprana por Inestabilidad de Laderas: SIAT-LADERAS", Resumen y Cartel de la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, 22 al 27 de octubre, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

Fries, C., (1960), "Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México", Boletín del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 60, 236 p.

González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, (2002), "Ingeniería Geológica", Prentice Hall, 664 p.

González A., Ferrés D. y Nieto A. (2013), "Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad de laderas a nivel regional", Secretaría de Gobernación, CENAPRED, México, 68 p.

González A., Domínguez L. y Castañeda A. (2015), "Generación de insumos para el Atlas Nacional de Riesgos Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas", Secretaría de Gobernación, CENAPRED, México, 73 p.



González, V. M., Hernández, Z. S., Carlo, R. U., Martínez, F. E., Sotelo, L. J. F., López, A. A., (2009), "Identificación geotécnica de laderas potencialmente inestables en las cabeceras municipales de Chilpancingo, Tlapa, Zihuatanejo, Taxco y Acapulco", Acuerdo FOPREDEN para el Estado de Guerrero CE/1, Chilpancingo, Gro, 127 p.

"Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", (2006), Fenómenos Geológicos, CENAPRED, México. 280 p.

"Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", (2006), Conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representación geográfica, CENAPRED, México. 87 p.

"Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", (2006), Fenómenos Hidrometeorológicos, CENAPRED, México. 485 p.

Herrera, S., (2002), "Regionalización de los Deslizamientos", Revista de la Academia de Ingeniería.

IUGS Working Group on Landslides, Committee on Risk Assessment (1997) "Quantitative risk assessment for slopes and landslides – The state of the art". Proceedings of the International Workshop on landslide risk assessment, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 3-12.

Jaimes, T.M., Niño, L.M., Reinoso, A.E y Carlos, V.V., (2008), "Peligro por deslizamientos en el país ante sismo y lluvia intensa integrado en un sistema de información geográfica", Geos, Vol. 28, No. 2, p. 261.

Leroi, E., (1997), "Landslide risk mapping: problems, limitations and developments". En: Cruden & Fell (ed.), Landslide risk assessment, Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment. A.A. Balkema. 239-250 p.

Luzi, L. y Pergalani, F., (1996), "Applications of statistical and GIS techniques to slope instability zonation (1:50.000 Fabriano geological map sheet)". Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 15, 83-94 p.



Morán, Z. D., (1984), "Geología de la República Mexicana", INEGI, UNAM, México, 88 p.

Morán, Z. D., Cerca, M., Keppie, D. J., (2005), "La evolución tectónica y magmática cenozoica del suroeste de México: avances y problemas de interpretación", Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario, Tomo LVII, núm. 3, p. 319-341.

Moreano, V. R. J., (2008), "Sistema de información para la interpolación espacial y temporal de datos sobre el tiempo atmosférico y el clima del Ecuador", Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería, 134 p.

Nagarajan, R., Anupam, M. y Khire, M., (1998), "Temporal remote sensing data and GIS application in landslide hazard zonation of part of Western ghat, India", International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, No. 4, pp 573-585.

Sarkar, S., Kanungo, D.P., (2004), "An integrated approach for landslide susceptibility mapping using remote sensing and GIS", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70: pp. 617-625.

Suárez, J., (1998), "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales", Instituto de Investigaciones sobre erosión y deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda., Bucaramanga Colombia, 548 p.

Suárez, J., (1998), "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales", Instituto de Investigaciones sobre erosión y deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda., Bucaramanga Colombia, 548 p.

Valencia, F., (1987), "Introducción a la Geografía Física", Ed. Herrero, 13ª edición, México, 302 p.

Varnes D. J. (1978), Slope movement types and processes. In: Schuster R. L. & Krizek R. J. Ed., Landslides, analysis and control. Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, Nat. Acad. of Sciences, pp. 11-33 p.

Vicente, G. y Behm, V. (2008), "Consulta, edición y análisis espacial con ArcGIS 9.2", Junta de Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente, 105 p.



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Wu, Y.; Yin, K. y Liu, Y., (2000), "Information Análisis System for Landslide hazard Zonation". En: A.E. Bromeard, N. Dixon and M.L. Ibsen (Eds): Landslides in research, theory and practice. Tomas Telford. London. 3, 1593-1598 p.



ANEXO

Aplicación del Formato de Estimación de la amenaza por deslizamiento de laderas, del Capítulo V de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos del CENAPRED (2006), para casos documentados por la subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales de la Dirección de Investigación, del CENAPRED.



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Tuxpan, Mich. FI		Tuxpan, Mich. FD		
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	0.5	5.26	0.5	5.05	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	0.6	6.32	0.6	6.06	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	6.32	0.6	6.06	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2	21.05	2.5	25.25
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arena limosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.6	6.32	0.9	9.09
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.7	7.37	0.3	3.03
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	5.26	0.5	5.05
		10° a 20°	0.3					
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	5.26	0.5	5.05	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	21.05	2	20.20	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	10.53	1	10.10	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				9.5	100.0	9.9	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS												
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones									
				Sn Lorenzo Papalo, Oax		Peña Blanca, Oax						
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1	9.09	1.40	11.57					
	35° a 45°	1.8										
	25° a 35°	1.4										
	15° a 25°	1.0										
	Menos de 15°	0.5										
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.2	10.91	1.20	9.92					
	50 a 100 m	1.2										
	100 a 200 m	1.6										
	Más de 200 m	2.0										
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	5.45	0.60	4.96					
	Algunos someros	0.4										
	Sí, incluso con fechas	0.6										
FACTORES GEOTÉCNICOS												
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.5	22.73	2.5	20.66				
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0						Multiplicar por 1.3 si está agrietado.			
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.								
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.								
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.					0.5	4.55	1	8.26
		5 a 10 m	1.0									
10 a 15 m		1.4										
15 a 20 m		1.8										
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	8.18	0.9	7.44				
		25 a 35°	0.6									
		Más de 45°	0.9									
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.3	2.73	0.5	4.13				
		0° a 10°	0.5									
		0°	0.7									
		0° a -10°	0.8									
		Más de -10°	1.0									
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.55	0.5	4.13				
		10° a 20°	0.3									
Menos de 5°		0.5										
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES												
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	4.55	0.5	4.13				
	Volúmenes moderados		0.5									
	Grandes volúmenes faltantes		1.0									
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	18.18	2	16.53				
	Cultivos anuales		1.5									
	Vegetación intensa		0.0									
	Vegetación moderada		0.8									
	Rocas con raíces en sus fracturas		2.0									
Área deforestada		2.0										
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial		1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	9.09	1	8.26				
	Nivel freático inexistente		0.0									
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0									
SUMATORIA				11.0	100.0	12.1	100.0					



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Sn Pedro Cajonos, Oax	Villa Hgo Yalalag, Oax			
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.80	16.22	1.40	12.50	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.20	10.81	1.60	14.29	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.60	5.41	0.60	5.36	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy imtemperezadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.4	21.62	2	17.86
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobos competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.6	5.41	0.6	5.36
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.5	4.50	0.5	4.46
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.50	0.5	4.46
10° a 20°		0.3						
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0	0.00	0.5	4.46	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	18.02	2	17.86	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	9.01	1	8.93	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				11.1	100.0	11.2	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Sta Ma Temascalapa, Oax	Sn M Abejones, Oax			
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.4	12.50	1.80	15.13	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.6	14.29	1.60	13.45	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	5.36	0.60	5.04	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblanecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2	17.86	2	16.81
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.6	5.36	0.9	7.56
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.5	4.46	0.5	4.20
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.46	0.5	4.20
10° a 20°		0.3						
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	4.46	0.5	4.20	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	17.86	2	16.81	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
	Área deforestada	2.0						
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	8.93	1	8.40	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				11.2	100.0	11.9	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Sto Domingo Yojovi, Oax		Sta Ma Tavehua, Oax		
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.8	14.29	2	16.81	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.6	12.70	0.6	5.04	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	4.76	0.6	5.04	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.5	19.84	2.5	21.01
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	7.14	0.9	7.56
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.7	5.56	0.7	5.88
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	3.97	0.5	4.20
10° a 20°		0.3						
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	3.97	0.5	4.20	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	15.87	2	16.81	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	7.94	1	8.40	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				12.6	100.0	11.9	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Cuevas Jaguar, Chis	Higo Quemado, Chis			
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1	9.90	1.4	12.84	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	0.6	5.94	0.6	5.50	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	5.94	0.6	5.50	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.1	20.79	2.5	22.94
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.6	5.94	0.6	5.50
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.7	6.93	0.7	6.42
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.95	0.5	4.59
10° a 20°		0.3						
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	4.95	0.5	4.59	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	19.80	2	18.35	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	9.90	1	9.17	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				10.1	100.0	10.9	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS													
Factor	Intervalos o categorías		Atributo relativo	Observaciones									
					La reliquia, Chis	Infonavit Solidaridad, Chis							
Inclinación de los taludes	Más de 45°		2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1	9.09	1.40	12.84					
	35° a 45°		1.8										
	25° a 35°		1.4										
	15° a 25°		1.0										
Altura	Menos de 50 m		0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.2	10.91	0.60	5.50					
	50 a 100 m		1.2										
	100 a 200 m		1.6										
	Más de 200 m		2.0										
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe		0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	5.45	0.60	5.50					
	Algunos someros		0.4										
	Sí, incluso con fechas		0.6										
FACTORES GEOTÉCNICOS													
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.1	19.09	2.5	22.94					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0						Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.									
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.									
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m		0.5					Revisarse cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.	1	9.09	0.5	4.59
		5 a 10 m		1.0									
10 a 15 m		1.4											
15 a 20 m		1.8											
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°		0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.6	5.45	0.6	5.50				
		25 a 35°		0.6									
		Más de 45°		0.9									
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°		0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.5	4.55	0.7	6.42				
		0° a 10°		0.5									
		0°		0.7									
		0° a -10°		0.8									
		Más de -10°		1.0									
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°		0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.55	0.5	4.59				
10° a 20°		0.3											
Menos de 5°		0.5											
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES													
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	4.55	0.5	4.59					
	Volúmenes moderados		0.5										
	Grandes volúmenes faltantes		1.0										
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	18.18	2	18.35					
	Cultivos anuales		1.5										
	Vegetación intensa		0.0										
	Vegetación moderada		0.8										
	Rocas con raíces en sus fracturas		2.0										
Área deforestada		2.0											
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial		1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	9.09	1	9.17					
	Nivel freático inexistente		0.0										
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0										
SUMATORIA					11.0	100.0	10.9	100.0					



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Sta Ma Tlahuit., Oax	mu. Huixtla, Tlaola, Pue			
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.8	14.40	1	10.00	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.2	9.60	0.6	6.00	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	4.80	0.4	4.00	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.5	20.00	2.30	23.00
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	7.20	0.90	9.00
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.5	4.00	0.30	3.00
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.00	0.50	5.00	
	10° a 20°	0.3						
	Menos de 5°	0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	4.00	0.50	5.00	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	16.00	2.00	20.00	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	8.00	1.00	10.00	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				12.5	100.0	10.0	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Sn Miguel Tenango, Pue	Sn M. Tenango D3, Pue			
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	2	15.75	2	15.75	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	2	15.75	2	15.75	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	4.72	0.6	4.72	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.50	19.69	2.50	19.69
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arena limosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	7.09	0.9	7.09
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.7	5.51	0.7	5.51
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	3.94	0.5	3.94
10° a 20°		0.3						
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	3.94	0.5	3.94	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	1	7.87	1	7.87	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	7.87	1	7.87	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				12.7	100.0	12.7	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Coatepec Harinas, Edo Mex / Cerro Sarnoso, Morelos				
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.8	14.75	1.4	13.33	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	2	16.39	1.2	11.43	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	4.92	0.4	3.81	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.00	16.39	1.8	17.14
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.60	4.92	0.90	8.57
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.70	5.74	0.30	2.86
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.50	4.10	0.50	4.76
		10° a 20°	0.3					
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.50	4.10	0.50	4.76	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2.00	16.39	2	19.05	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1.00	8.20	1	9.52	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				12.2	100.0	10.5	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS												
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones									
				Zoquitlán-Atltzac, Gro	Sn Agustín Juntas, Oax							
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.4	11.86	1.8	15.93					
	35° a 45°	1.8										
	25° a 35°	1.4										
	15° a 25°	1.0										
	Menos de 15°	0.5										
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	0.6	5.08	2	17.70					
	50 a 100 m	1.2										
	100 a 200 m	1.6										
	Más de 200 m	2.0										
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	5.08	0.6	5.31					
	Algunos someros	0.4										
	Sí, incluso con fechas	0.6										
FACTORES GEOTÉCNICOS												
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.5	21.19	2	17.70				
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0						Multiplicar por 1.3 si está agrietado.			
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.								
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.								
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisarse cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.					1	8.47	1	8.85
		5 a 10 m	1.0									
10 a 15 m		1.4										
15 a 20 m		1.8										
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	7.63	0.6	5.31				
		25 a 35°	0.6									
		Más de 45°	0.9									
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.3	2.54	0.5	4.42				
		0° a 10°	0.5									
		0°	0.7									
		0° a -10°	0.8									
		Más de -10°	1.0									
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.24	0.5	4.42				
10° a 20°		0.3										
Menos de 5°		0.5										
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES												
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	1	8.47	0.5	4.42					
	Volúmenes moderados	0.5										
	Grandes volúmenes faltantes	1.0										
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	16.95	0.8	7.08					
	Cultivos anuales	1.5										
	Vegetación intensa	0.0										
	Vegetación moderada	0.8										
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0										
Área deforestada	2.0											
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	8.47	1	8.85					
	Nivel freático inexistente	0.0										
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0										
SUMATORIA				11.8	100.0	11.3	100.0					



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS												
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones									
				cap-PNal. P1 Omet, Gr	cap-PNal. P6 Omet, Gr							
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	2	23.26	2.00	25.64					
	35° a 45°	1.8										
	25° a 35°	1.4										
	15° a 25°	1.0										
	Menos de 15°	0.5										
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	0.6	6.98	0.60	7.69					
	50 a 100 m	1.2										
	100 a 200 m	1.6										
	Más de 200 m	2.0										
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.3	3.49	0.40	5.13					
	Algunos someros	0.4										
	Sí, incluso con fechas	0.6										
FACTORES GEOTÉCNICOS												
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy imtemperezadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	1.3	15.12	1.30	16.67				
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0						Multiplicar por 1.3 si está agrietado.			
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.								
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.								
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.					0.5	5.81	0.50	6.41
		5 a 10 m	1.0									
10 a 15 m		1.4										
15 a 20 m		1.8										
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	10.47	0.9	11.54				
		25 a 35°	0.6									
		Más de 45°	0.9									
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.7	8.14	1	12.82				
		0° a 10°	0.5									
		0°	0.7									
		0° a -10°	0.8									
		Más de -10°	1.0									
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.3	3.49	0.3	3.85				
10° a 20°		0.3										
Menos de 5°		0.5										
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES												
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0	0.00	0.00	0.00					
	Volúmenes moderados	0.5										
	Grandes volúmenes faltantes	1.0										
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	23.26	0.80	10.26					
	Cultivos anuales	1.5										
	Vegetación intensa	0.0										
	Vegetación moderada	0.8										
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0										
Área deforestada	2.0											
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	0	0.00	0.00	0.00					
	Nivel freático inexistente	0.0										
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0										
SUMATORIA				8.6	100.0	7.8	100.0					



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Santiago Juxtlahuaca, Oax				
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	2	16.13	1.40	11.67	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.2	9.68	1.20	10.00	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	4.84	0.60	5.00	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2	16.13	2.50	20.83
	esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisarse cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	7.26	0.60	5.00
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.7	5.65	0.70	5.83
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.03	0.50	4.17
		10° a 20°	0.3					
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	4.03	0.50	4.17	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	16.13	2.00	16.67	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	8.06	1.00	8.33	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				12.4	100.0	12.0	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Totolopa, Huauchi, Pue	Nana Luisa, Jal, Oax			
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.8	13.85	1	9.52	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	2	15.38	0.6	5.71	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.6	4.62	0.6	5.71	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2	15.38	2.2	20.95
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.90	6.92	0.6	5.71
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.70	5.38	0.5	4.76
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.50	3.85	0.5	4.76
		10° a 20°	0.3					
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.50	3.85	0.5	4.76
	Volúmenes moderados		0.5					
	Grandes volúmenes faltantes		1.0					
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	15.38	2	19.05
	Cultivos anuales		1.5					
	Vegetación intensa		0.0					
	Vegetación moderada		0.8					
	Rocas con raíces en sus fracturas		2.0					
Área deforestada		2.0						
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial		1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	7.69	1	9.52
	Nivel freático inexistente		0.0					
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0					
SUMATORIA				13.0	100.0	10.5	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Mittlatongo, Oax		Tlacoapa, Gro		
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.80	13.85	2	17.39	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	2.00	15.38	0.6	5.22	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.60	4.62	0.3	2.61	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.00	15.38	2	17.39
	esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.90	6.92	0.9	7.83
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.70	5.38	0.7	6.09
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.50	3.85	0.5	4.35
10° a 20°		0.3						
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.50	3.85	0.5	4.35
	Volúmenes moderados		0.5					
	Grandes volúmenes faltantes		1.0					
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2.00	15.38	2	17.39
	Cultivos anuales		1.5					
	Vegetación intensa		0.0					
	Vegetación moderada		0.8					
	Rocas con raíces en sus fracturas		2.0					
Área deforestada		2.0						
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial		1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1.00	7.69	1	8.70
	Nivel freático inexistente		0.0					
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0					
SUMATORIA				13.0	100.0	11.5	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Malinaltepec, Gro		La Lucerna, Gro		
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	2	17.09	1.80	15.13	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.2	10.26	1.20	10.08	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.5	4.27	0.50	4.20	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	1.6	13.68	2.00	16.81
	esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arena limosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	7.69	0.9	7.56
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.5	4.27	0.5	4.20
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
		Más de -10°	1.0					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.27	0.5	4.20
10° a 20°		0.3						
Menos de 5°		0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	4.27	0.50	4.20	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	17.09	2.00	16.81	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	8.55	1.00	8.40	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				11.7	100.0	11.9	100.0	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS												
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones									
				Moyotepec Jua P1, Gro	Moyotepec Jua PE, Gro							
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.4	11.76	1.40	11.57					
	35° a 45°	1.8										
	25° a 35°	1.4										
	15° a 25°	1.0										
	Menos de 15°	0.5										
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.6	13.45	1.60	13.22					
	50 a 100 m	1.2										
	100 a 200 m	1.6										
	Más de 200 m	2.0										
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.5	4.20	0.50	4.13					
	Algunos someros	0.4										
	Sí, incluso con fechas	0.6										
FACTORES GEOTÉCNICOS												
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblanecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2	16.81	2.00	16.53				
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0						Multiplicar por 1.3 si está agrietado.			
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.								
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.								
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.					1	8.40	1.00	8.26
		5 a 10 m	1.0									
10 a 15 m		1.4										
15 a 20 m		1.8										
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.9	7.56	0.90	7.44				
		25 a 35°	0.6									
		Más de 45°	0.9									
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.5	4.20	0.70	5.79				
		0° a 10°	0.5									
		0°	0.7									
		0° a -10°	0.8									
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de -10°	1.0	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.5	4.20	0.50	4.13				
		Más de 30°	0.2									
		10° a 20°	0.3									
	Menos de 5°	0.5										
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES												
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.5	4.20	0.50	4.13					
	Volúmenes moderados	0.5										
	Grandes volúmenes faltantes	1.0										
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2	16.81	2.00	16.53					
	Cultivos anuales	1.5										
	Vegetación intensa	0.0										
	Vegetación moderada	0.8										
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0										
Área deforestada	2.0											
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1	8.40	1.00	8.26					
	Nivel freático inexistente	0.0										
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0										
SUMATORIA				11.9	100.0	12.1	100.0					



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Col.	Div del Nte, BC	Sanchez Tobaoda, Tij, E		
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	0.50	6	1.00	10	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	0.60	7	1.20	12	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.30	3	0.30	3	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	1.50	17	1.50	15
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.90	10	0.60	6
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	1.00	11	1.00	10
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de -10°	1.0	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.20	2	0.30	3
		Más de 30°	0.2					
10° a 20°		0.3						
	Menos de 5°	0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.00	0	0.0	0
	Volúmenes moderados		0.5					
	Grandes volúmenes faltantes		1.0					
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2.00	22	2.0	20
	Cultivos anuales		1.5					
	Vegetación intensa		0.0					
	Vegetación moderada		0.8					
	Rocas con raíces en sus fracturas		2.0					
Área deforestada		2.0						
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial		1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1.00	11	1.0	10
	Nivel freático inexistente		0.0					
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0					
SUMATORIA				9.0	100	9.9	100	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS								
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones					
				Tamazunchale, SLP		Chiconcuautla, Pue		
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	1.80	20	1.40	12	
	35° a 45°	1.8						
	25° a 35°	1.4						
	15° a 25°	1.0						
	Menos de 15°	0.5						
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	0.60	7	2.00	17	
	50 a 100 m	1.2						
	100 a 200 m	1.6						
	Más de 200 m	2.0						
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.40	4	0.60	5	
	Algunos someros	0.4						
	Sí, incluso con fechas	0.6						
FACTORES GEOTÉCNICOS								
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	0.40	4	2.00	17
			1.2 a 2.0					
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.				
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.				
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.				
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.				
5 a 10 m		1.0						
10 a 15 m		1.4						
15 a 20 m		1.8						
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.90	10	0.60	5
		25 a 35°	0.6					
		Más de 45°	0.9					
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.50	5	0.70	6
		0° a 10°	0.5					
		0°	0.7					
		0° a -10°	0.8					
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de -10°	1.0	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.50	5	0.50	4
		Más de 30°	0.2					
10° a 20°		0.3						
	Menos de 5°	0.5						
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES								
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	1.00	11	0.50	4	
	Volúmenes moderados	0.5						
	Grandes volúmenes faltantes	1.0						
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2.00	22	2.00	17	
	Cultivos anuales	1.5						
	Vegetación intensa	0.0						
	Vegetación moderada	0.8						
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0						
Área deforestada	2.0							
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	0.00	0	1.00	8	
	Nivel freático inexistente	0.0						
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0						
SUMATORIA				9.1	100	11.8	100	



FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS												
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Tepehualtepec, Gro		El Edén, Gro						
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	2.00	18	2.00	21					
	35° a 45°	1.8										
	25° a 35°	1.4										
	15° a 25°	1.0										
	Menos de 15°	0.5										
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsese nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	1.60	14	2.00	21					
	50 a 100 m	1.2										
	100 a 200 m	1.6										
	Más de 200 m	2.0										
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.	0.60	5	0.60	6					
	Algunos someros	0.4										
	Sí, incluso con fechas	0.6										
FACTORES GEOTÉCNICOS												
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas. (esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	2.00	18	0.90	10				
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos.		0.5 a 1.0						Multiplicar por 1.3 si está agrietado.			
	Rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.								
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.								
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revisarse cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.					1.00	9	1.40	15
		5 a 10 m	1.0									
10 a 15 m		1.4										
15 a 20 m		1.8										
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.8.	0.00	0	0.00	0				
		25 a 35°	0.6									
		Más de 45°	0.9									
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver Fig 5.9.	0.00	0	0.00	0				
		0° a 10°	0.5									
		0°	0.7									
		0° a -10°	0.8									
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de -10°	1.0	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	0.00	0	0.00	0				
		Más de 30°	0.2									
10° a 20°		0.3										
	Menos de 5°	0.5										
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES												
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	1.00	9	0.50	5					
	Volúmenes moderados	0.5										
	Grandes volúmenes faltantes	1.0										
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	2.00	18	2.00	21					
	Cultivos anuales	1.5										
	Vegetación intensa	0.0										
	Vegetación moderada	0.8										
	Rocas con raíces en sus fracturas	2.0										
	Área deforestada	2.0										
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	1.00	9	0.00	0					
	Nivel freático inexistente	0.0										
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0										
SUMATORIA				11.2	100	9.4	100					