

# INESTABILIDAD DE LADERAS

---

28 DE ABRIL 2023



**SEGURIDAD**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES



2023  
AÑO DE  
**Francisco  
VILLA**

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

# FORMATOS DE EVALUACIÓN Y MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD A INESTABILIDAD DE LADERAS

---

ALBERTO ENRIQUE GONZÁLEZ HUESCA



**SEGURIDAD**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

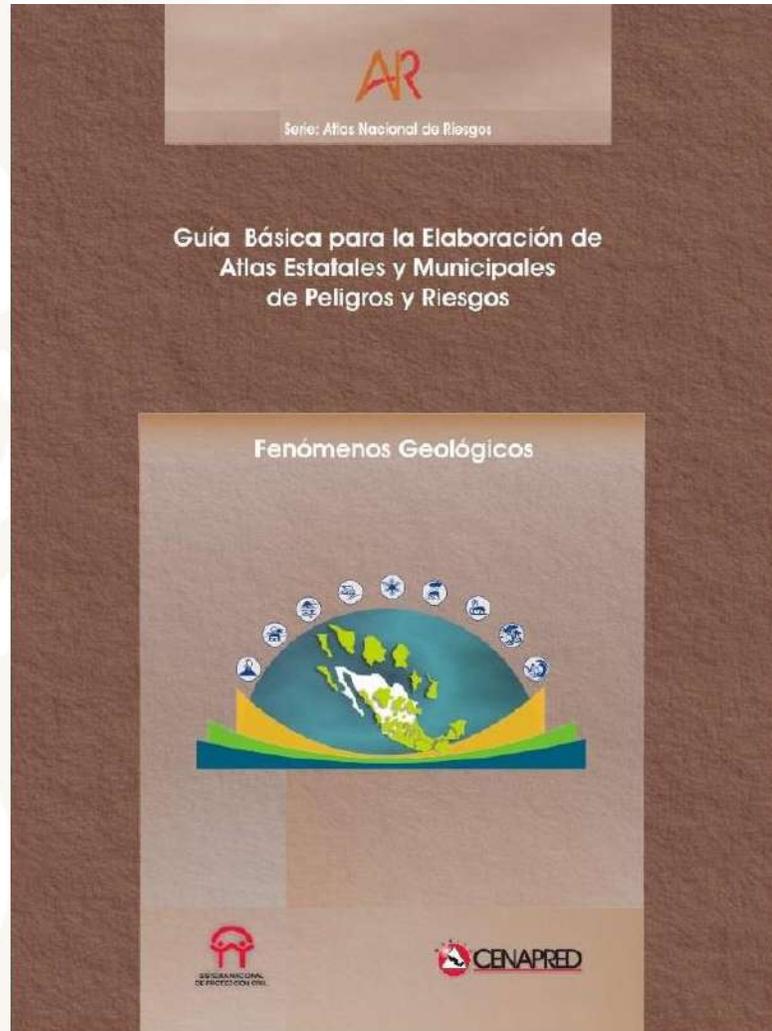


2023  
AÑO DE  
**Francisco  
VILLA**

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



# Guía Básica CENAPRED (2006)



En la “**Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos**”, en la sección de inestabilidad de laderas, se incluye un formato para la **evaluación de la susceptibilidad** a la inestabilidad de laderas

# Formato para la evaluación de susceptibilidad

FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS						
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación		
				A	B	C
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.			
	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. Úsense nivelaciones, planos o cartas topográficas. GPS, niveles dudosos.			
	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				

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





# Establecimiento del ángulo de inclinación

- Para el establecimiento del ángulo puede utilizarse el Distanciómetro, que también nos brinda la distancia a un punto determinado.
- El distanciómetro también nos puede dar información desagregada de la altura y la longitud a dicho punto.





# Establecimiento del ángulo de inclinación

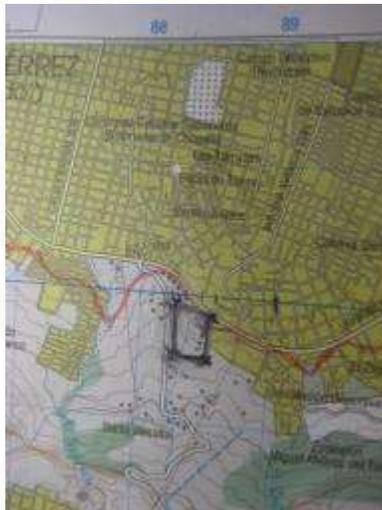
- Por medio del Clinómetro, establecimos el ángulo de inclinación de la pendiente.
- Este también se puede sacar con ayuda de una brújula.



## Establecimiento de la altura

Además de utilizar el Distanciómetro, la altura se puede obtener de 2 formas:

- Por medio de la resta de los msnm en la corona de la ladera, menos los msnm en el valle.



» Conteo de Curvas de Nivel, entre los puntos georeferenciados en la carta topográfica.

# Uso de Sistemas de Información Geográfica



SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

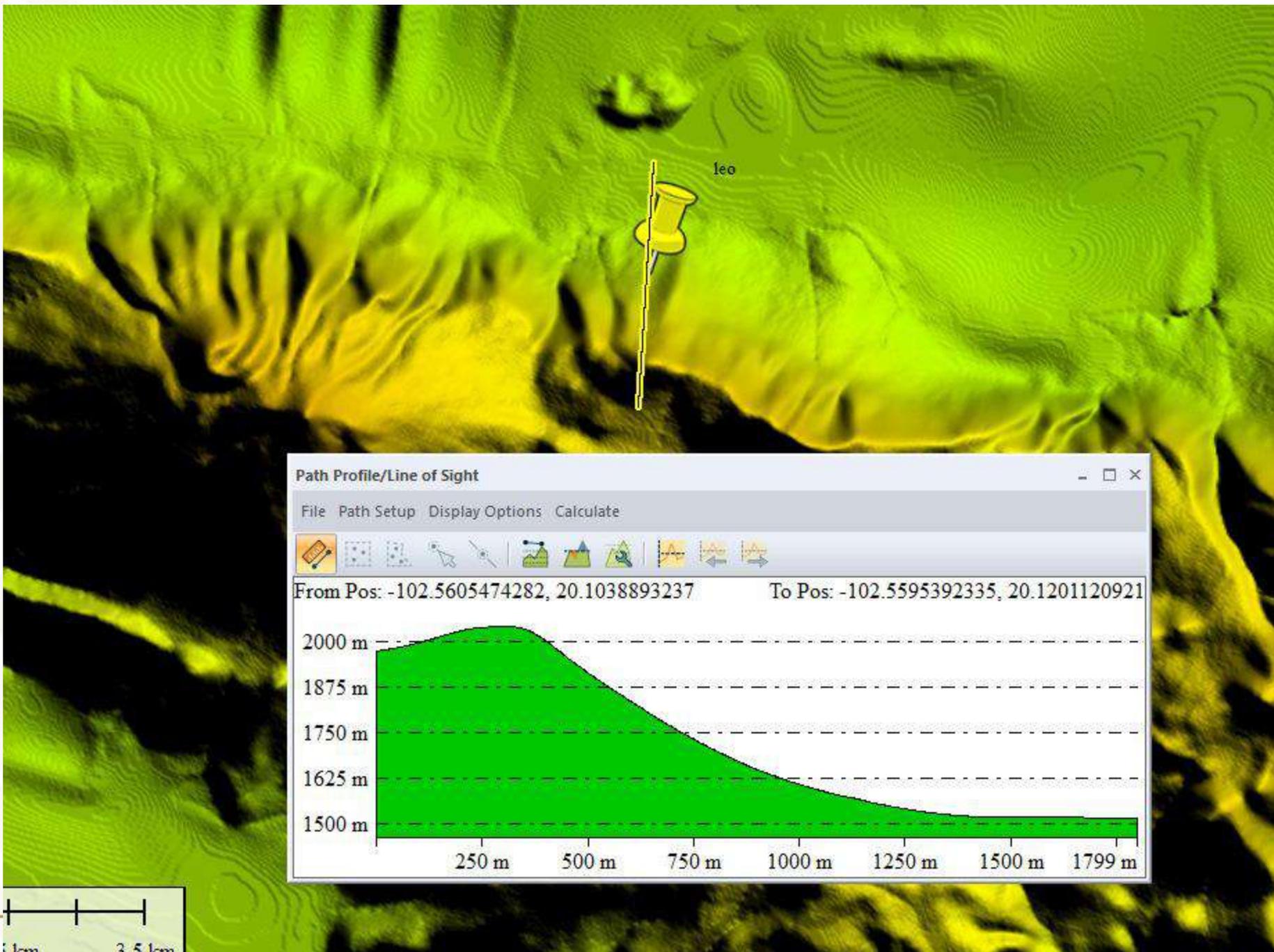


CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES



2023  
AÑO DE  
**Francisco**  
**VILLA**

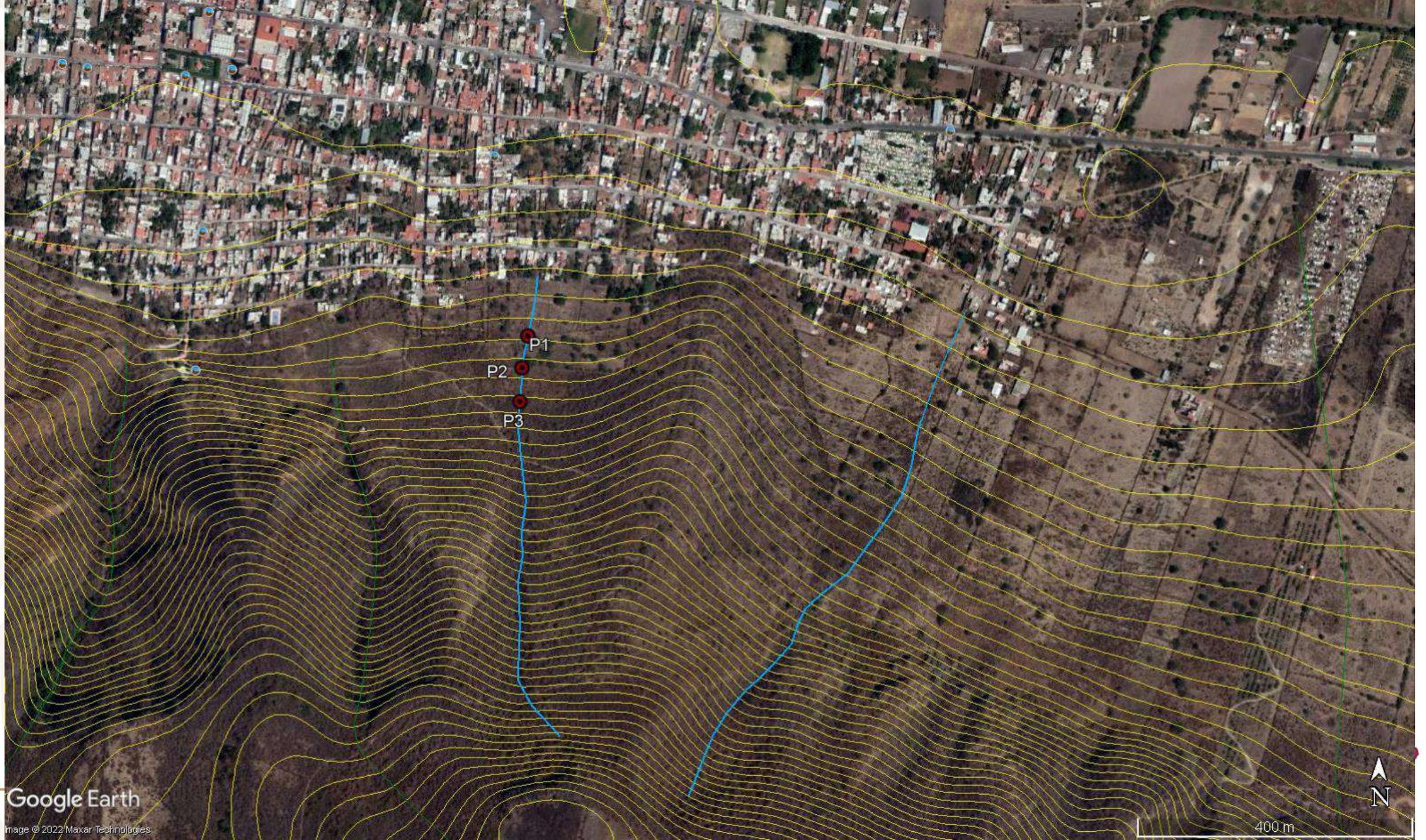
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



## Ubicación en carta topográfica

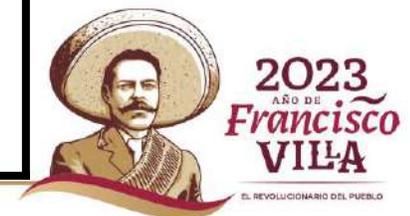
- Se puede ubicar la posición inicial, así como los diferentes puntos del polígono de interés en la carta topográfica con ayuda de GPS







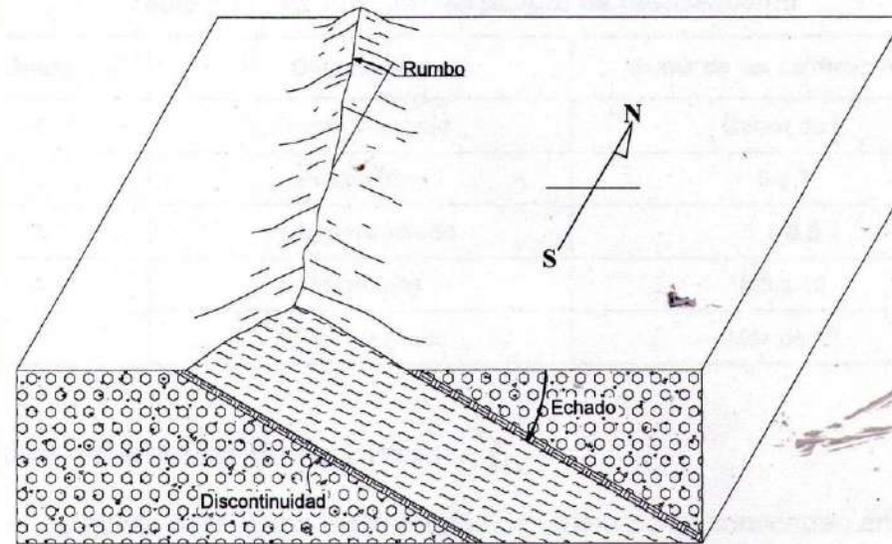
FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS				Calificación		
				A	B	C
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares mediana-mente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.	1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.			
	Rocas metamórficas (pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas.	1.2 a 2.0				
	Suelos arcillosos consistentes o areno limosos compactos.	0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.			
	Rocas sedimentarias (lutitas, calizas, areniscas, conglomerados, etc.)	0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.			
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, tobas, 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			
5 a 10 m		1.0				
10 a 15 m		1.4				
15 a 20 m		1.8				



CONTINUACIÓN FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTECNICOS					Calificación		
					A	B	C
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.	Más de 10	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver figura 5.9.			
		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.			
		10° a 20°	0.3				
		Menos de 5°	0.5				

**Rumbo:** “Angulo horizontal entre una línea y una dirección de coordenadas específica, por lo general el norte o el sur real”

**Echado:** “Inclinación de la línea de máxima pendiente de un plano inclinado. Se mide perpendicularmente al rumbo”.



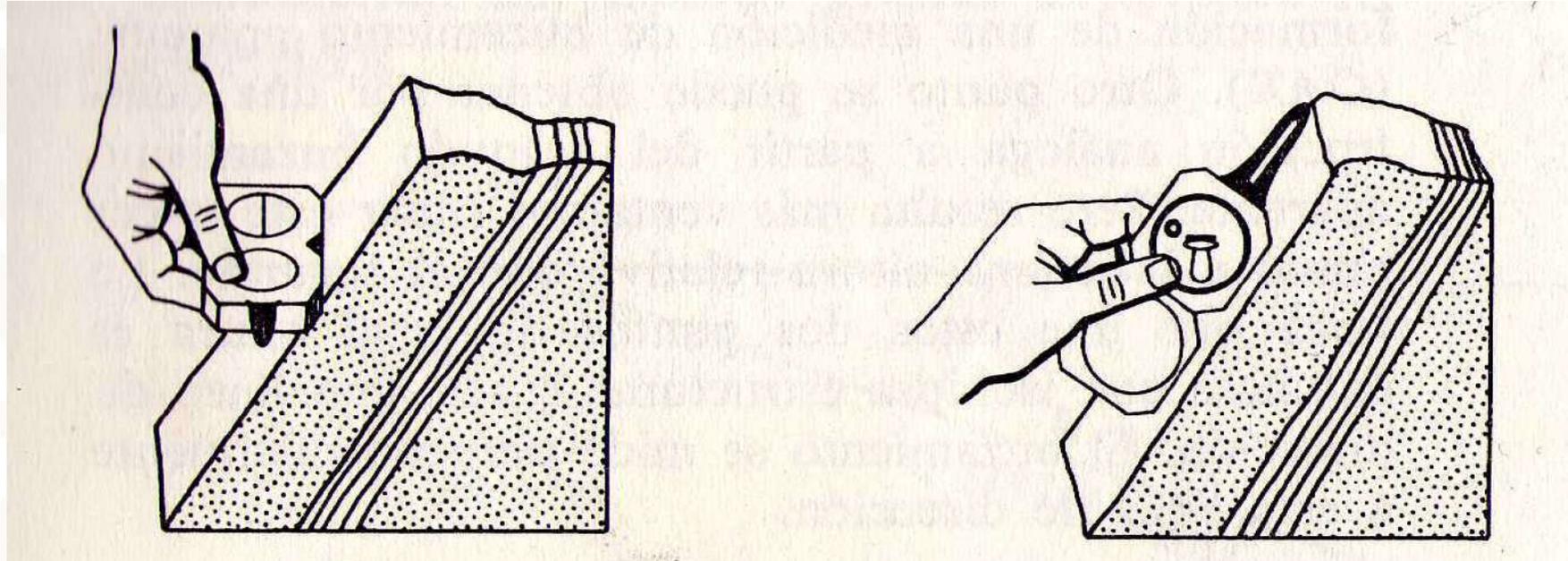
Donal M. Ragan (1980), “Geología Estructural”

## Brújula Brunton

Es un equipo diseñado para obtener orientaciones gracias al campo magnético terrestre, patentado en 1894 por el geólogo canadiense: David W. Brunton

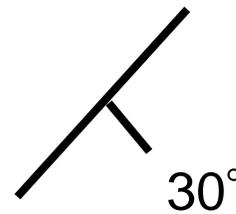


# Brújula Brunton



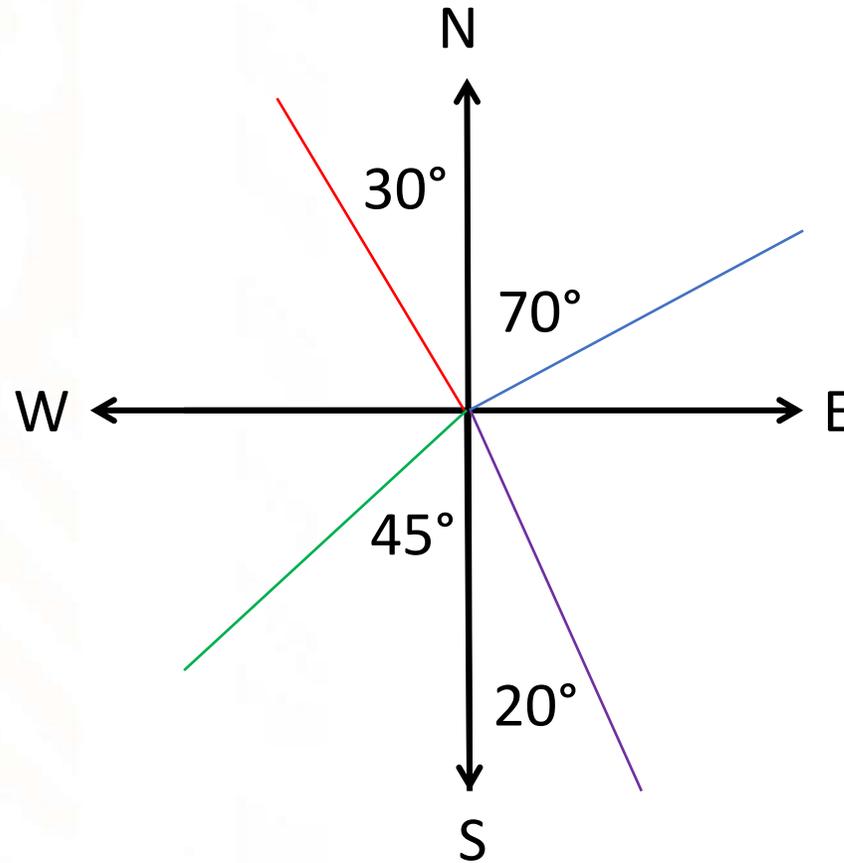
Rumbo

Echado





# Nomenclatura de lecturas con brújula



NW 30°

NE 70°

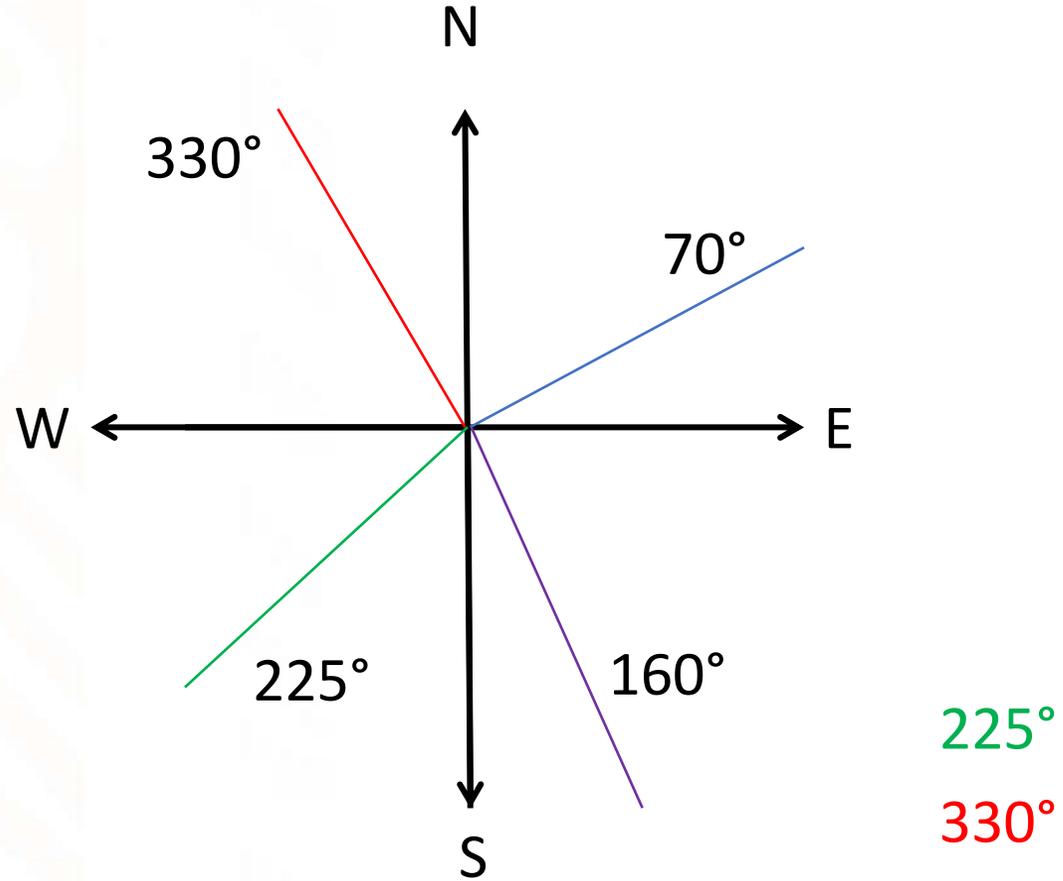
SW 45°

SE 20°

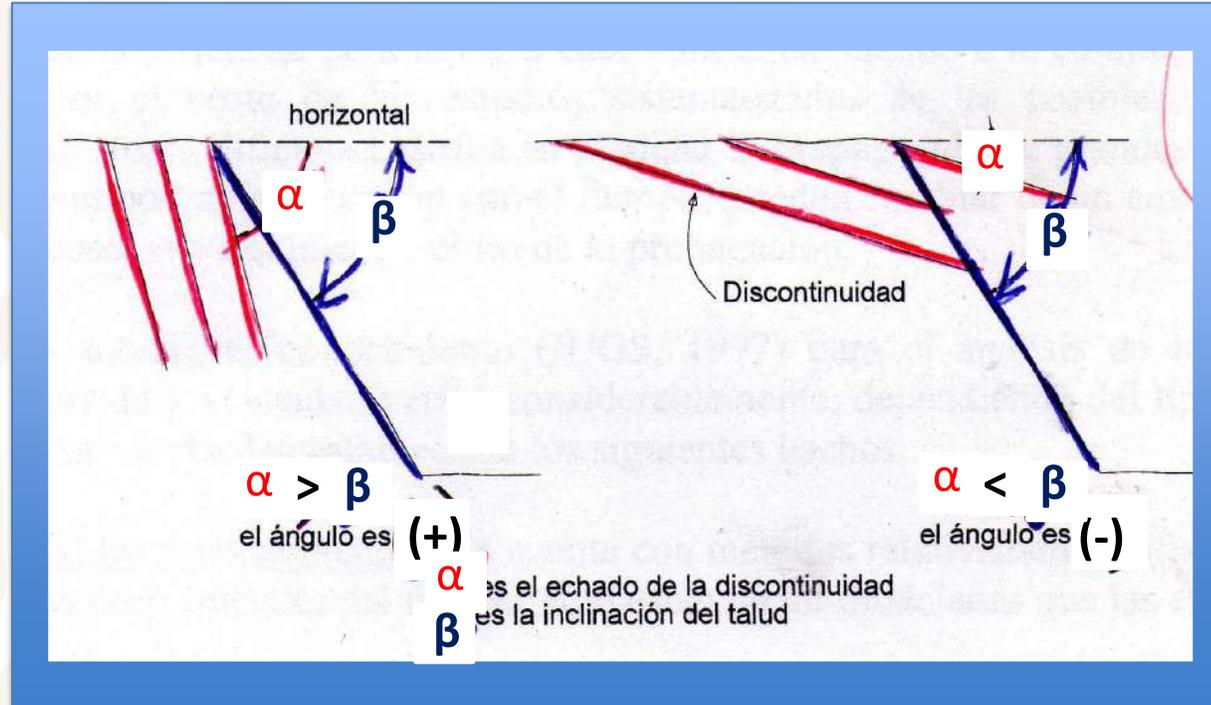




# Grados Azimutales



## Relaciones entre ángulos de la ladera y de la discontinuidad



El objetivo es cuantificar la diferencia en orientación e inclinación entre la ladera y la discontinuidad.



## Aspectos estructurales



## Aspectos estructurales



Estratos



Fracturas



## Aspectos estructurales



Estratos

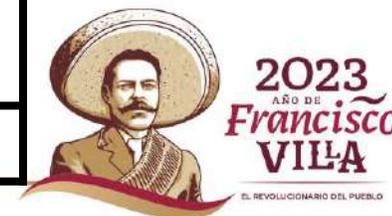


Fallas geológicas

# Conclusiones



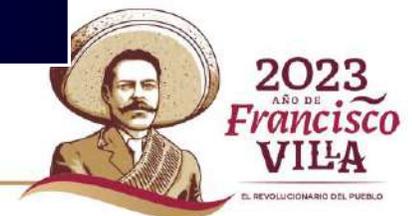
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES						
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación		
				A	B	C
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).			
	Volúmenes moderados	0.5				
	Grandes volúmenes faltantes	1.0				
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérese no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.			
	Cultivos anuales	1.5				
	Vegetación intensa	0.0				
	Rocas con raíces de arbustos en fracturas	2.0				
	Vegetación moderada	0.8				
	Área deforestada	2.0				
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.			
	Nivel freático inexistente	0.0				
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0				
			<b>SUMATORIA</b>			





# Suma final

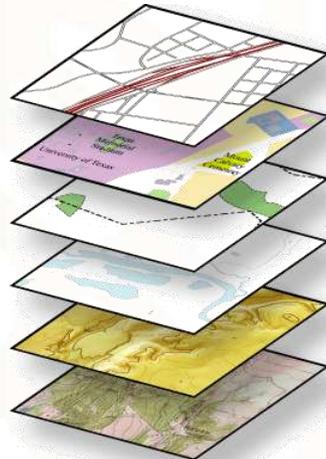
Grado	Descripción	Suma de las calificaciones
1	Susceptibilidad muy alta	Más de 10
2	Susceptibilidad alta	8.5 a 10
3	Susceptibilidad moderada	7 a 8.5
4	Susceptibilidad baja	5 a 7
5	Susceptibilidad muy baja	Menos de 5



# Sobreposición de capas mediante SIG'S

## VARIABLES CONSIDERADAS

Para fines de zonificación, es factible simplificar-representar el fenómeno a partir de la combinación de capas temáticas como geología, topografía, deforestación, estructuras geológicas, etc., a las cuales se les asignan **pesos específicos** con base en casos documentados.



Actividad Humana

Geología ✓

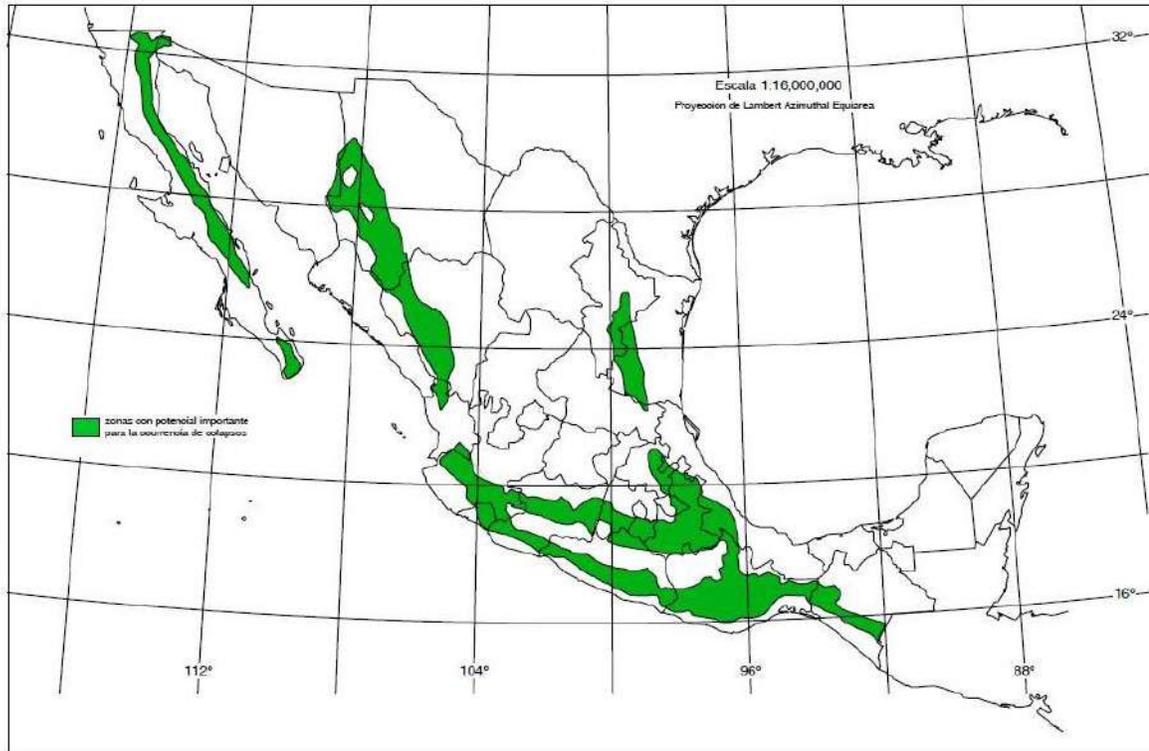
Uso de suelos y vegetación ✓

Mapa de pendientes ✓

Geología estructural

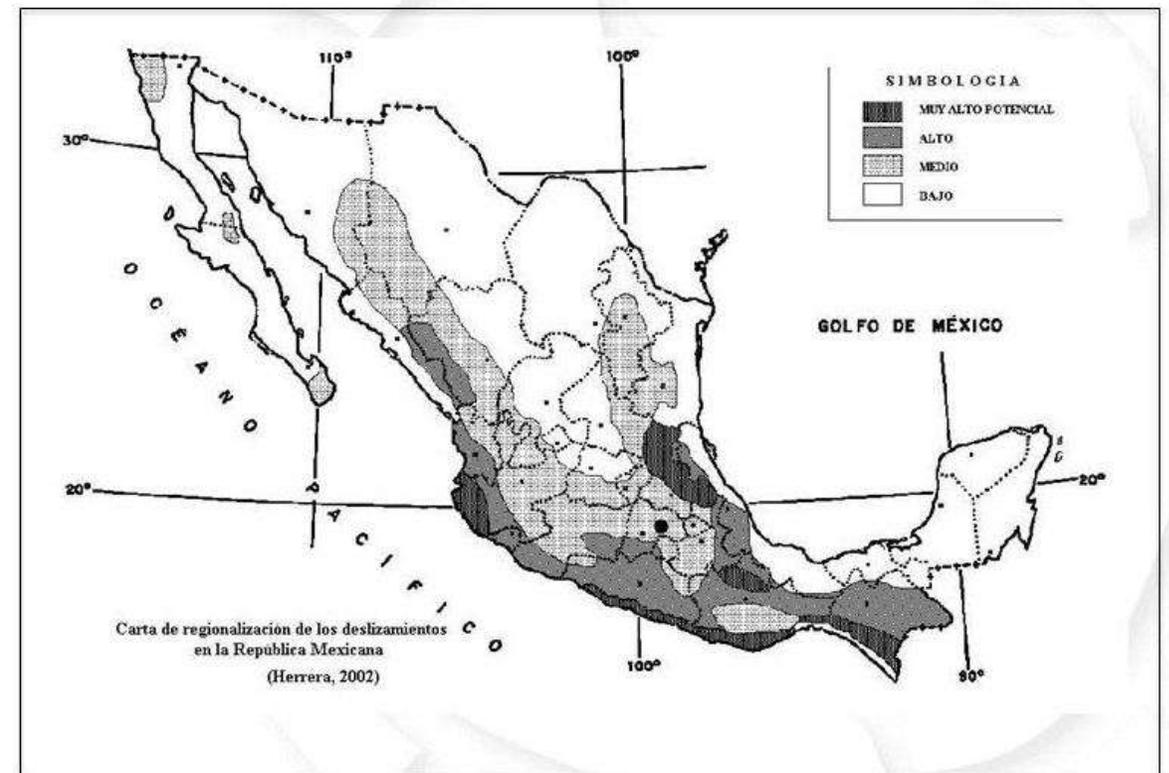
Mapa de susceptibilidad

# Antecedentes del Mapa de Susceptibilidad



Alonso Echavarría  
(CENAPRED, 2001)

Sergio Herrera (AI, 2003)





## Formato de evaluación aplicado a 222 casos documentados

FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTORICOS						
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	 <span style="border: 2px dashed red; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;">30.37</span>
	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	 <span style="border: 2px dashed red; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;">30.37</span>
	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	 <span style="border: 2px dashed red; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;">30.37</span>
	Algunos someros	0.4				
	Sí, incluso con fechas	0.6				

# Formato de evaluación aplicado a 222 casos documentados



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	23.96	
	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				Revísense 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	0.73	7		
		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	5	15.68
		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	4	
		10° a 20°	0.3				
Menos de 5°		0.5					



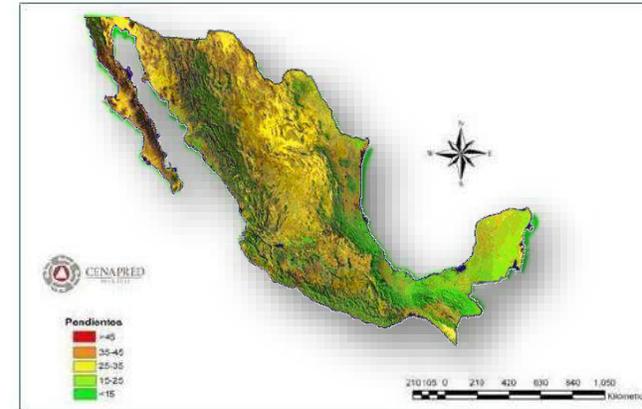
## Formato de evaluación aplicado a 222 casos documentados

FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES						
Evidencias geomorfológicas de “huecos” en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	0.38	4	29.95
	Volúmenes moderados	0.5				
	Grandes volúmenes faltantes	1.0				
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérese 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				
Régimen del agua en la ladera	Área deforestada	2.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	0.80	8	
	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				
<b>SUMATORIA</b>				<b>10.27</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>



## Pesos específicos de las variables consideradas

Factores topográficos	30%	Pendientes
Factores geotécnicos	40%	Geología
Factores ambientales	30%	Uso de suelo y veg.



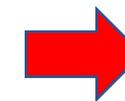
**Pendiente del terreno**



Domínguez et al., 2020, "Actualización del Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas como instrumento preventivo en el marco de la GIRD", CENAPRED, 63 p.

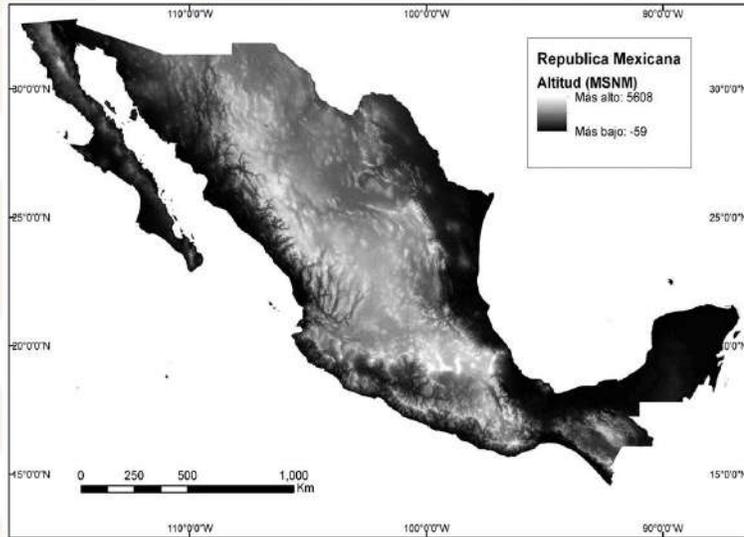


**Geología**



**Uso de suelo y vegetación**

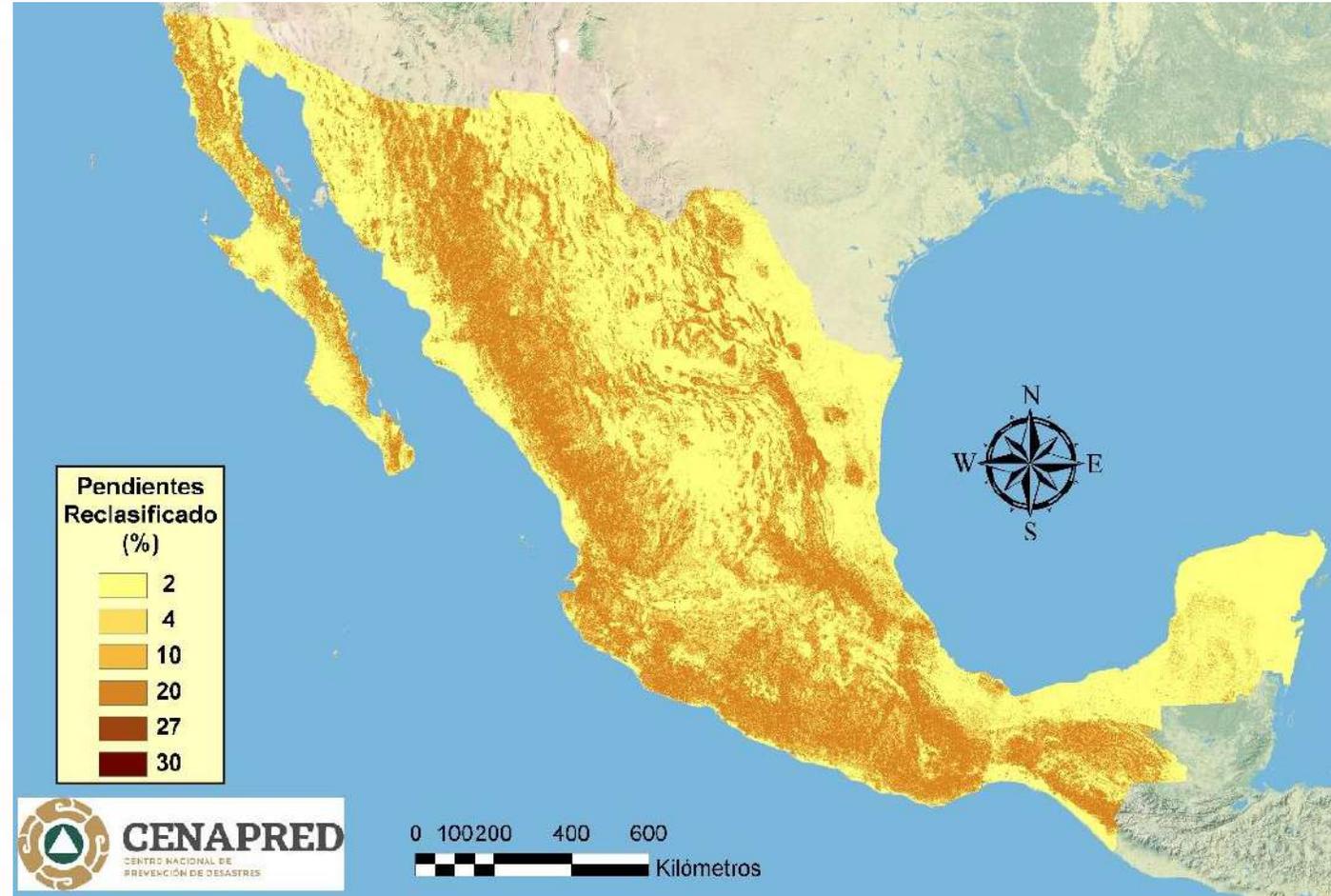
# Pendiente del terreno



Modelo Digital de Elevación (INEGI)



Intervalos de inclinación, SEDATU (2014)



Mapa de pendientes reclasificado al 30 %

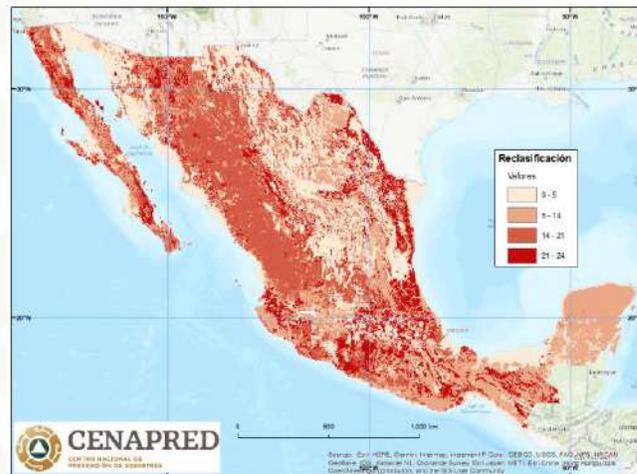




Escala 1:250 000, INEGI (2010)



Mapa de fallas y fracturas, INEGI, escala 1: 1, 000, 000



Litología reclasificada al 24 %



Mapa de densidad de fallas y fracturas reclasificado al 16 %

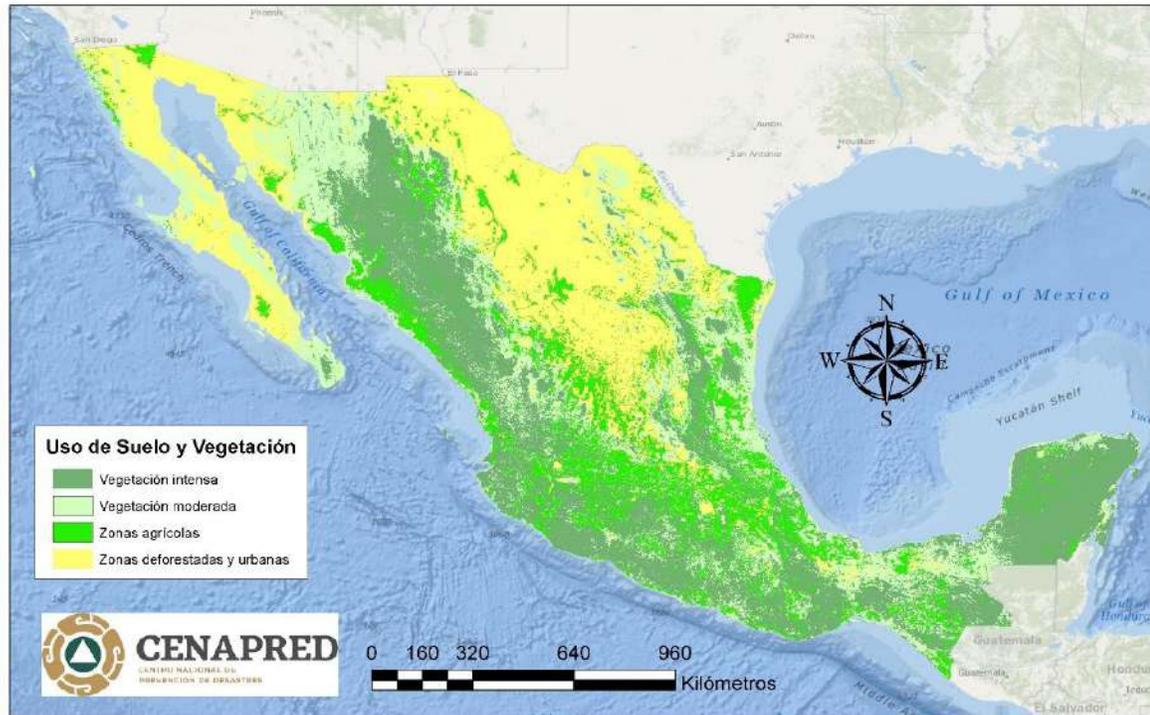
# Uso de suelo y vegetación



SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES



Uso de suelo y vegetación, combinando densidad de arbolado por hectárea, CONAFOR (Inventario 2019-2014) y zonas agrícolas y urbanas del INEGI, ambos a escala 1: 250 000



Mapa de uso de suelo y vegetación reclasificado al 30 %



# Mapa de susceptibilidad resultante



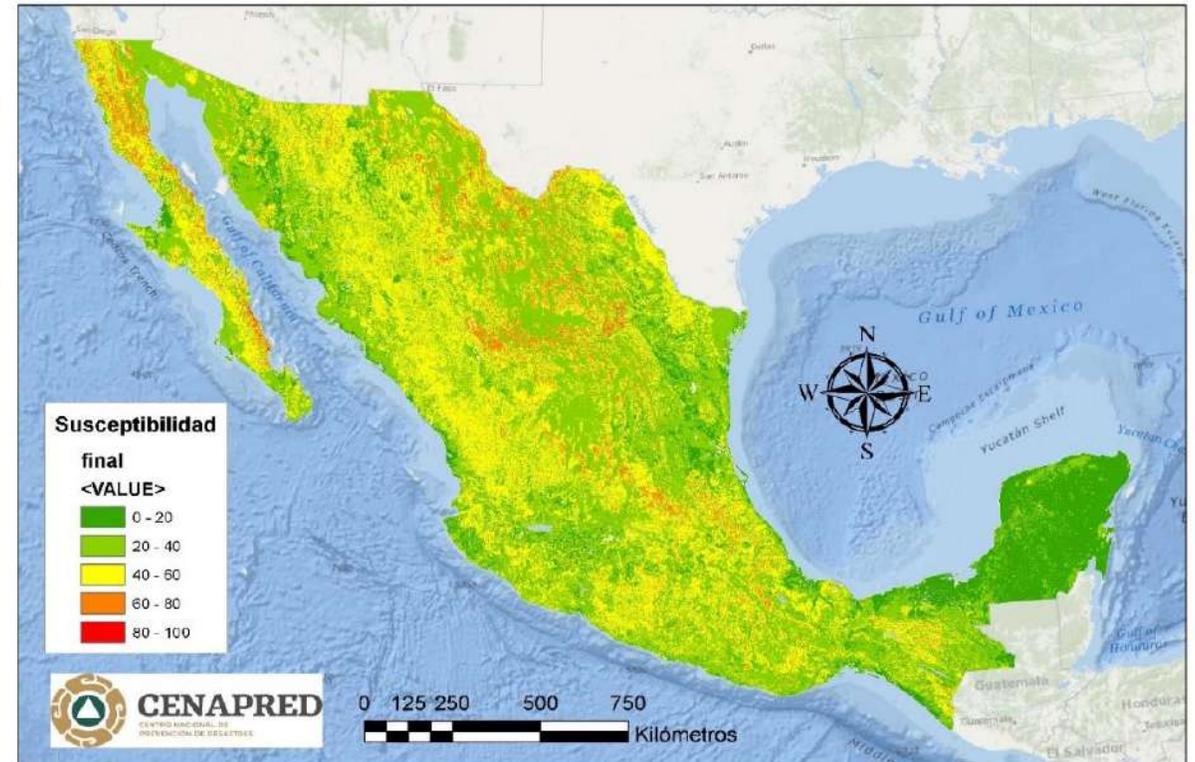
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES



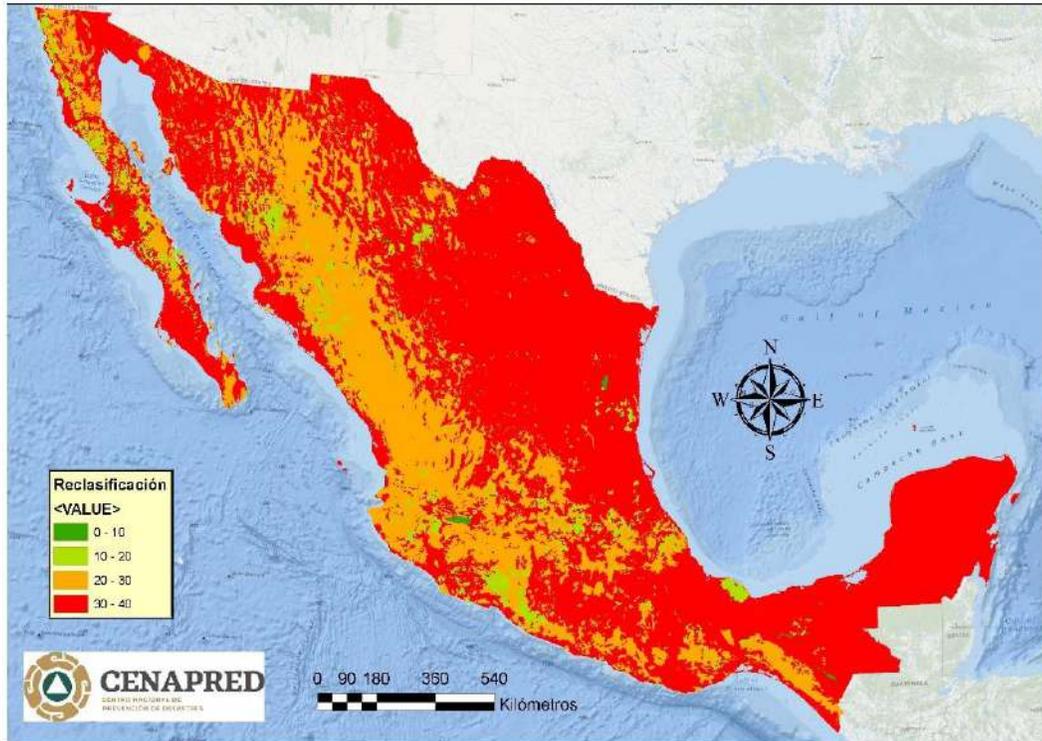
Mapa Nacional de susceptibilidad, versión 2015



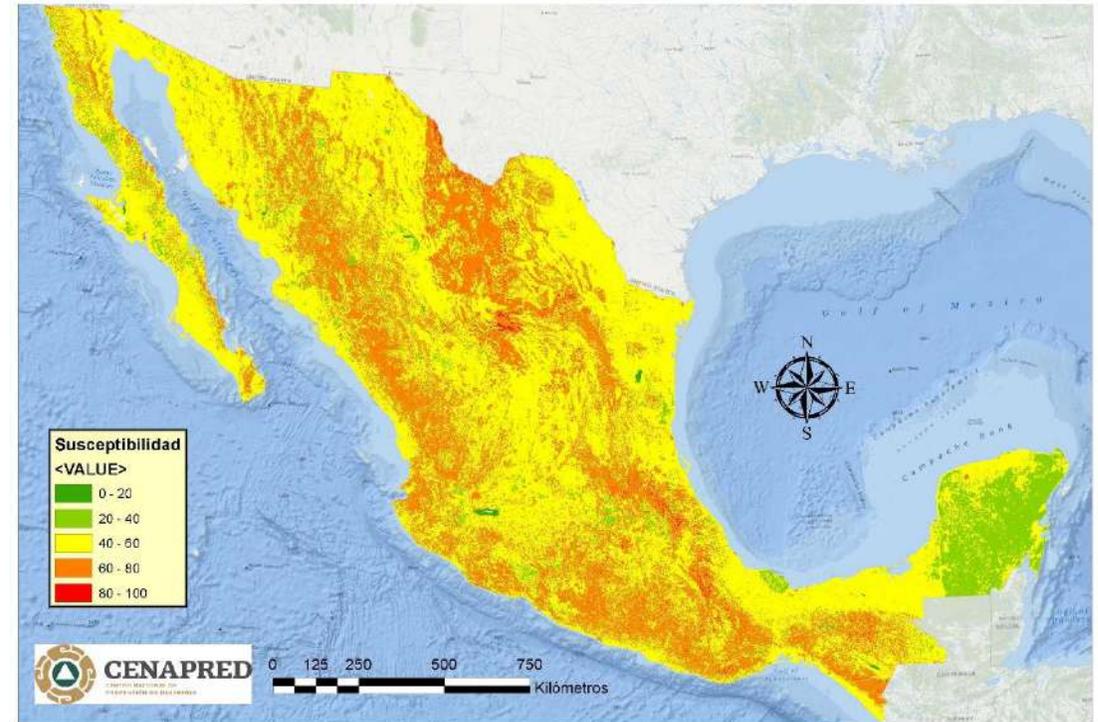
Las zonas de Alta y Muy Alta propensión se redujeron notablemente con respecto a la versión anterior



# Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas



Litología reclasificada al 40 %

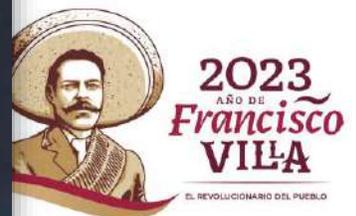


Mapa Nacional de Susceptibilidad, 2020



# Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas

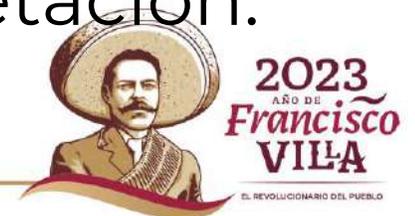
MAPA FINAL CON MÁSCARA DE 0 A 6 GRADOS





## Conclusiones

- ✓ De acuerdo con los casos documentados por el CENAPRED, se determinó que la variable que más influye en los fenómenos de inestabilidad de laderas es la geología, seguida de la inclinación del terreno y el uso de suelo y vegetación.
- ✓ A la fecha, el CENAPRED cuenta con dos versiones del Mapa Nacional de Susceptibilidad (2015 y 2020). Su actualización depende de la actualización de otras capas como la densidad forestal y el uso de suelo y vegetación.





**Dinámica de Suelos**  
@LaderasBusters



**Laderas Busters**

**¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!**

**Alberto Enrique González Huesca**

55 11 03 60 00 ext. 72096

[aehuesca@cenapred.unam.mx](mailto:aehuesca@cenapred.unam.mx)



**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES