



Movimientos de masa y estabilidad de pendientes

PRM

Los términos de inestabilidad de ladera, remoción en masa, procesos gravitacionales, deslizamientos, derrumbes o deslaves, quedan englobados con el título de procesos de remoción en masa (PRM)

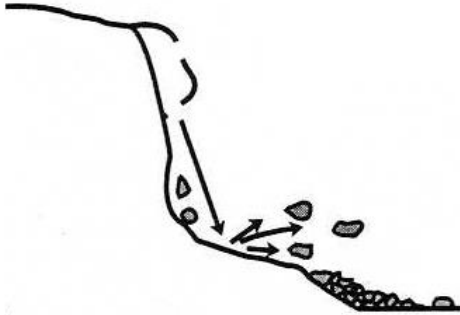
Los PRM se definen como el desplazamiento ladera debajo de un cuerpo compuesto por roca, detritos, suelos, o materiales artificiales; limitada o no por superficies de deslizamiento; esto en respuesta a un tipo de ajuste que los materiales presentes en un talud o ladera hacen en relación con su ambiente físico, en donde la fuerza de gravedad los motiva, y la precipitación, sismicidad y actividades antropogénicas (excavaciones, sobrecargas y vibraciones del terreno) constituyen factores detonantes principalmente.

Mecanismo de Movimiento	Tipo de Material Involucrado		
	Roca(Rock)	Derrbios (debris)	Suelo(Soil)
Desprendimientos o caídos (fall)	Caída o desprendimiento derocas (rockfall)	Caída o desprendimiento de derrubios (debris fall)	Caída o desprendimiento de suelos (soil fall)
Vuelco o desplome (topple)	Vuelco o desplome de rocas (rock topple)	Vuelco o desplome de derrubios (debris topple)	Vuelco o desplome de suelos (soil topple)
Deslizamiento rotacional (rotational slide)	Individual (simple) Múltiple (multiple) Sucesivo (succesive)	Individual (simple) Múltiple (multiple) Sucesivo (succesive)	Individual (simple) Múltiple (multiple) Sucesivo (succesive)
Deslizamiento traslacional o no rotacional (translational slide, non-rotational)	Deslizamiento de rocas en bloque (block slide)	Deslizamiento de derrubios en bloque (block slide)	Deslizamiento traslacional de suelos (slab slide)
Deslizamiento planar (planar)	Deslizamiento de rocas (rock slide)	Deslizamiento de derrubios (debris slide)	Coladas de barro (mudslide)
Flujos (flow)	Flujo de rocas (rock flow)	Corrientes de derrubios (debris flow)	Flujos de tierra. arena o suelo (soil flow)
Expansión lateral (lateral spreading)	Expansiones laterales en rocas (rock spreading)	Expansiones laterales en derrubios (debris spread)	Expansiones laterales en suelos (soil spreading)
Complejo (complex)	Ejemplo: Alud de rocas (rock avalanche)	Ejemplo: Flujo deslizante (flow slide)	Ejemplo: Rotación con flujo de tierras (slumpearthflow)

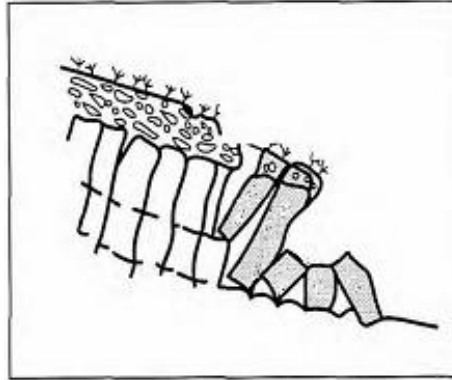
Clasificación de los movimientos en masa

Fuente: EPOCH (1993) a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988)

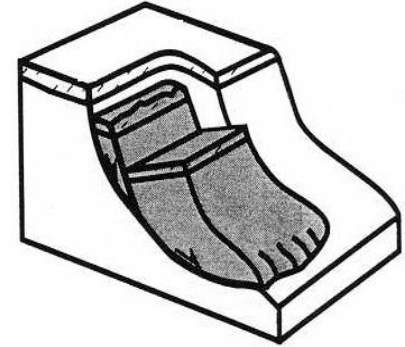
Proceso de Remoción en Masa



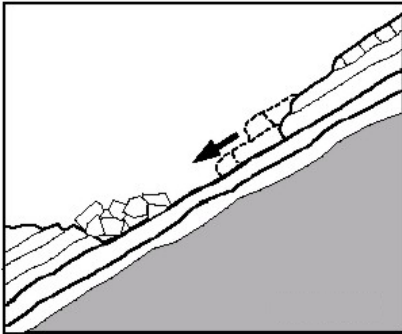
Desprendimiento o caída



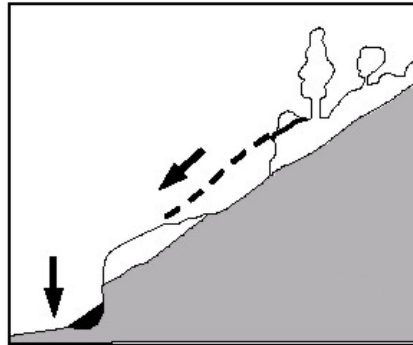
Vuelco o desplome



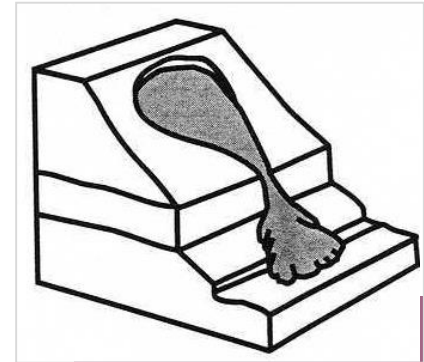
Deslizamiento rotacional múltiple



Deslizamiento traslacional de rocas



Deslizamiento rotacional simple



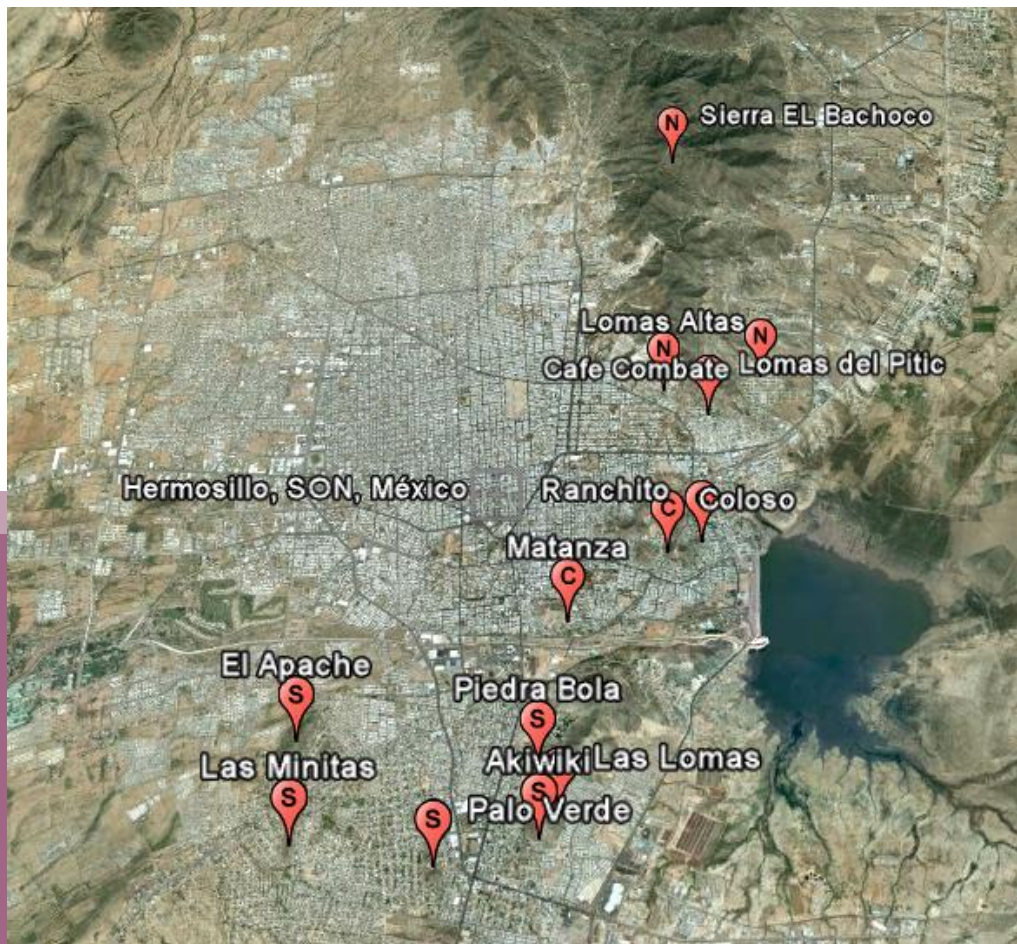
Flujo de suelos

En México se conocen varios ejemplos de los procesos de remoción en masa, durante octubre de 1999 como resultado de un sistema de baja presión que originó la depresión tropical no 11 en las costas de Veracruz, y del frente frío 5, ocurrieron precipitaciones extraordinarias afectando a los estados de Hidalgo, Oaxaca y Puebla. Las consecuencias fueron inundaciones y ciertos procesos de remoción en masas, la magnitud de dicho evento fue tal que se calificó como el desastre de la década en México.

En junio del 2000 se presentó un problema de inestabilidad de ladera en El Tortguero, Municipio de Macuspan Tabasco, donde al caer bloques de roca caliza fallecieron 6 personas en las casas donde dormían. En este caso el factor detonante fue un error humano donde no se tomó en cuenta que las capas de roca caliza presentan el sentido de la pendiente natural.

Particularmente en la Sierra Norte Puebla ocurrieron cuantiosos daños económicos y numerosas pérdidas humanas en el municipio de Teziutlán, en la colonia Aurora (05 de Octubre, 1999), donde un movimiento de ladera debido a la saturación del suelo provocó la muerte de 120 personas.

En la ciudad de Hermosillo se presentan sitios con Peligros de Remoción en Masa y también se han presentado algunos eventos de caídos o vuelcos en rocas graníticas.

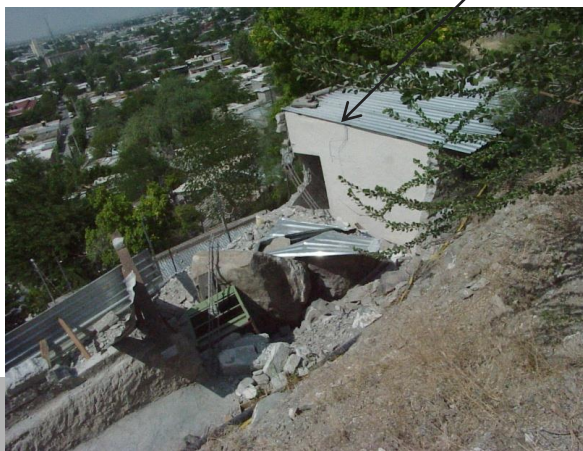


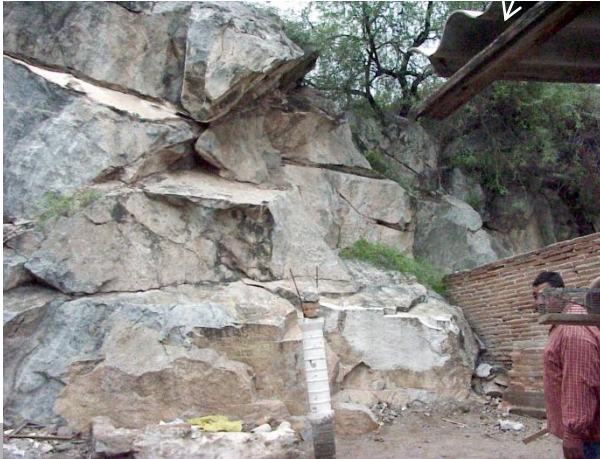
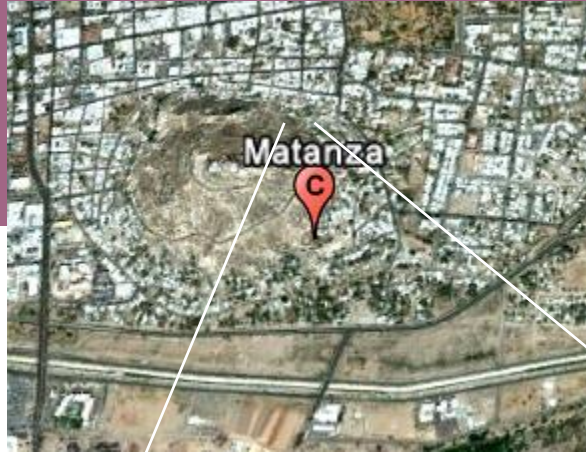
ZONAS DE RIESGO	COLONIAS AFECTADAS
Cerro de la Campana	La Matanza, San Juan
Sierra de La Cementera	Pedregal de la Villa, Tiro al Blanco
Cerro de las Minitas	Sectores de las Minitas
Cerro Tecoripita	Sectores del Palo Verde, tramos de la carretera no 26
Cerro el Apache	Sectores de El Apache
Sierra del Bachoco	Sectores del Cuartel, Pitic-Lomas Altas, Café Combate
Cerros El Coloso y El Mariachi	El Coloso, EL Mariachi, Country Club, El Ranchito

Fuente: Tesis Peña Coronado, 2000.

Áreas con Peligro de Remoción en Masa Hermosillo

Zonas con Peligro de Remoción en Masa











Zonas con Peligro de Remoción en Masa



Mapeo de Deslizamientos

El mapeo para inventario de deslizamientos utiliza:

- Fotos aéreas
- Interpretación de imágenes de satélite
- Inspección del terreno
- Una base de datos de ocurrencia histórica de deslizamientos

Evaluación de peligro de deslizamiento

Objetivos

- Cartografiar la ocurrencia (Inventario de deslizamientos).
- Evaluar el potencial de futuros deslizamientos(susceptibilidad).
- Determinar la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos (peligro de deslizamiento).

Mapa de inventario

Objetivos

- Mapear la ubicación, extensión, tipos y características de deslizamientos antiguos o activos
- Mapear densidad de deslizamientos

Metodos

- Levantamiento de campo
- Fotografías aéreas
- Imágenes de satélite

Provee de historia de deslizamientos

La densidad de deslizamientos permite distinguir zonas de peligro.

Zonificación de deslizamientos

Divide el terreno en zonas de respuesta uniforme al peligro

Metodología

- Ubica deslizamientos presentes y pasados
- Busca definir comportamiento del fenómeno
- Asume que comportamiento previo puede predecir deslizamientos futuros

Análisis de factores

Correlaciona ubicación de deslizamientos con la ocurrencia de factores críticos.

Factores:

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| • Geología | Tipo de roca, tipo de suelo |
| • Geomorfología | Forma y ángulo de pendiente |
| • Hidrología | Lluvia |

La correlación de factores se usa para determinar peligro.

Capas de datos para la zonificación de amenaza por la inestabilidad de laderas

Geomorfología:

1. Unidad de mapeo del terreno
2. Subunidades geomorfológicas
3. Deslizamientos (periodos antiguos)
4. Deslizamientos (recientes)

Topografía:

5. Modelo Digital de Terreno
6. Mapa de pendientes
7. Mapa de dirección de pendiente
8. Longitud de la pendiente

Geología:

9. Litología
10. Estructural
11. Aceleraciones sísmicas

Uso del suelo:

Hidrología:

Formatos de campo

Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro Indicar valor	
	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.	
	50 a 100 m	1.2		
	100 a 200m	1.6		
	Más de 200 m	2.0		
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, area o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de los lugareños	
	Algunos someros	0.4		
	Sí, incluso con fechas	0.6		

FACTORES GEOMORFOLOGICOS Y AMBIENTALES

Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujo)	
	Volúmenes moderados	0.5		
	Grandes volúmenes daltantes	1.0		
Vegetación y uso de tierra	Zona Urbana	2.0	Cosidérese no sólo la ladera, sino tambien la plataforma en la cima	
	Cultivos anuales	1.5		
	Vegetación intensa	0.0		
	Vegetación moderada	0.8		
	Área deforestada	2.0		
Regimen 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 plataforma	1.0		

FACTORES GEOTECNICOS

Fracturamiento		
Fracturamiento 1		Fracturamiento 4
Fracturamiento 2		Fracturamiento 5
Fracturamiento 3		Fracturamiento 6

Caída Roca		
Vol de roca1 (m3)	Masa	0ton
ρ Roca (gr/cm3)	Forma de roca	
Vol de roca2 (m3)	Masa	0ton
ρ Roca (gr/cm3)	Forma de roca	
Vol de roca3 (m3)	Masa	0ton
ρ Roca (gr/cm3)	Forma de roca	

Factor	Intervalos o categorías		Atributo relativo	Observaciones	Calificación
Tipos de suelos o rocas	suelos granulados medianamente compactados a sueltos. Suelos que se remblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas		1.5 a 2.5	Vulnerable a la erosión; o sulos de consistencia blanda	
	Rocas metamórficas (lutitas, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas		1.2 a 2		
	Suelos arcillososo consisten o areno limosos compactos		0.5 a 1	Multiplicar por 1.3 si esta agrietado	
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc) y tobas competentes		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización	
	Rocas igneas sanas (granito, basalto, riolita,etc.)		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según grado de meteorización	
	Espesor de la capa de suelo	Menos de 5 m	0.5	Reviense 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		

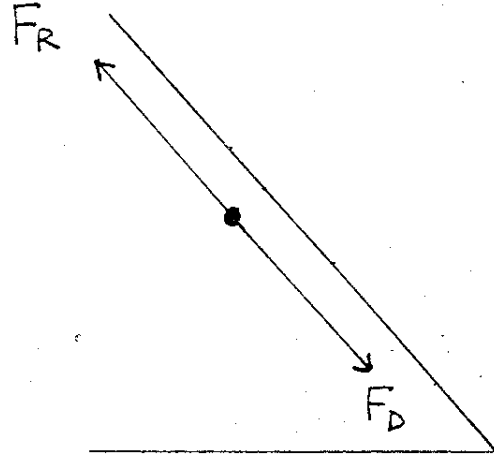
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad	Menos de 15°	0.2	Considerese planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad	
		25° a 35°	0.4		
		Más de 45°	0.6		
	Angulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinacion del talud.	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación de talud.	
		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 direccion 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		

GRADO	DRESCRIPCION	SUMA DE LAS CALIFICACIONES
1	Muy Bajo	Menos de 5
2	Bajo	5 a 7
3	Moderado	7 a 8.5
4	Alto	8.5 a 10
5	Muy Alto	Más de 10

SUMATORIA 0.0

Observaciones:

Análisis geomecánico: El Factor de Seguridad



F_d = Fuerza generadora
= $F(\text{pendiente, angulo, peso})$

F_r = Fuerza de resistencia
= $F(\text{resistencia a la cizalla})$

La pendiente falla cuando $F_d > F_r$

Fuerzas Resistentes e Inestabilizantes

- La Gravedad.
- Resistencia intrínseca de los materiales que conforman el talud.
- Efecto del agua presente en los materiales que conforman el talud.



Comunidad Buena Vista



El Método de la Pendiente Infinita

Factor de la Seguridad, = razón entre las fuerzas que hacen que la pendiente falle y esas que previenen que la pendiente falle. Valores de F más grande que 1 indican las condiciones estables, y valores de F más pequeño que 1 inestable. En $F = 1$ la pendiente está en el punto de falla.

$$F = \frac{c' + (Y - MY_w)Z \cos^2 B \tan \phi' / YZ \sin B \cos B}{}$$

en que:

c' = la cohesión efectiva ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$).

Y = el peso de la unidad de tierra (N/m^3).

$M = z_w/z$ (sin dimensiones).

Y_w = el peso de la unidad de agua (N/m^3).

Z = la profundidad de superficie de fallo debajo de la superficie (m).

Z_w = la altura del nivel freático encima de superficie (m) de fallo.

B = la inclinación de superficie ($^\circ$).

ϕ' = el ángulo efectivo de cortar la resistencia ($^\circ$).



Plano Topográfico de la Comunidad Buenavista



Construcciones



Curvas de Nivel



Calles

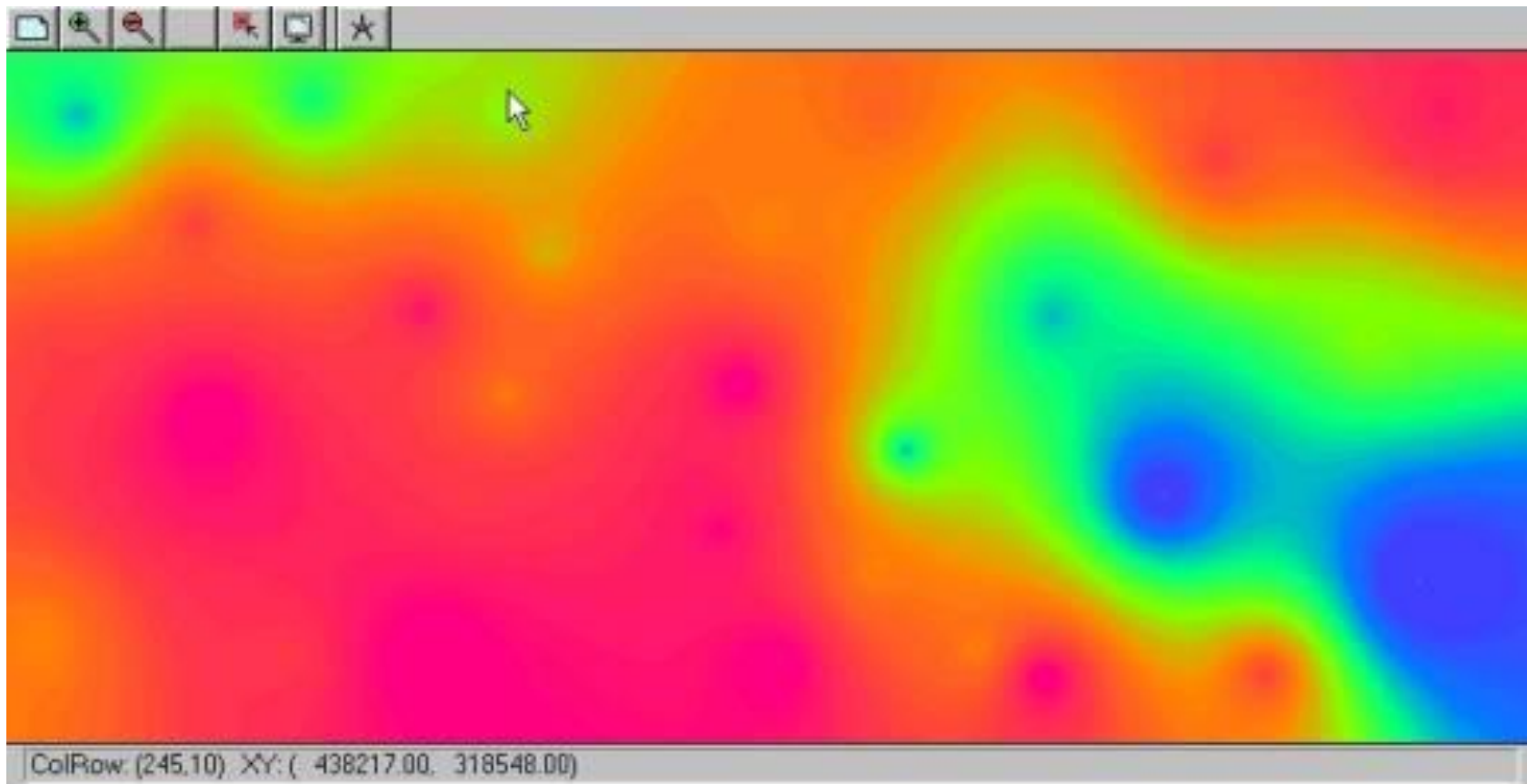




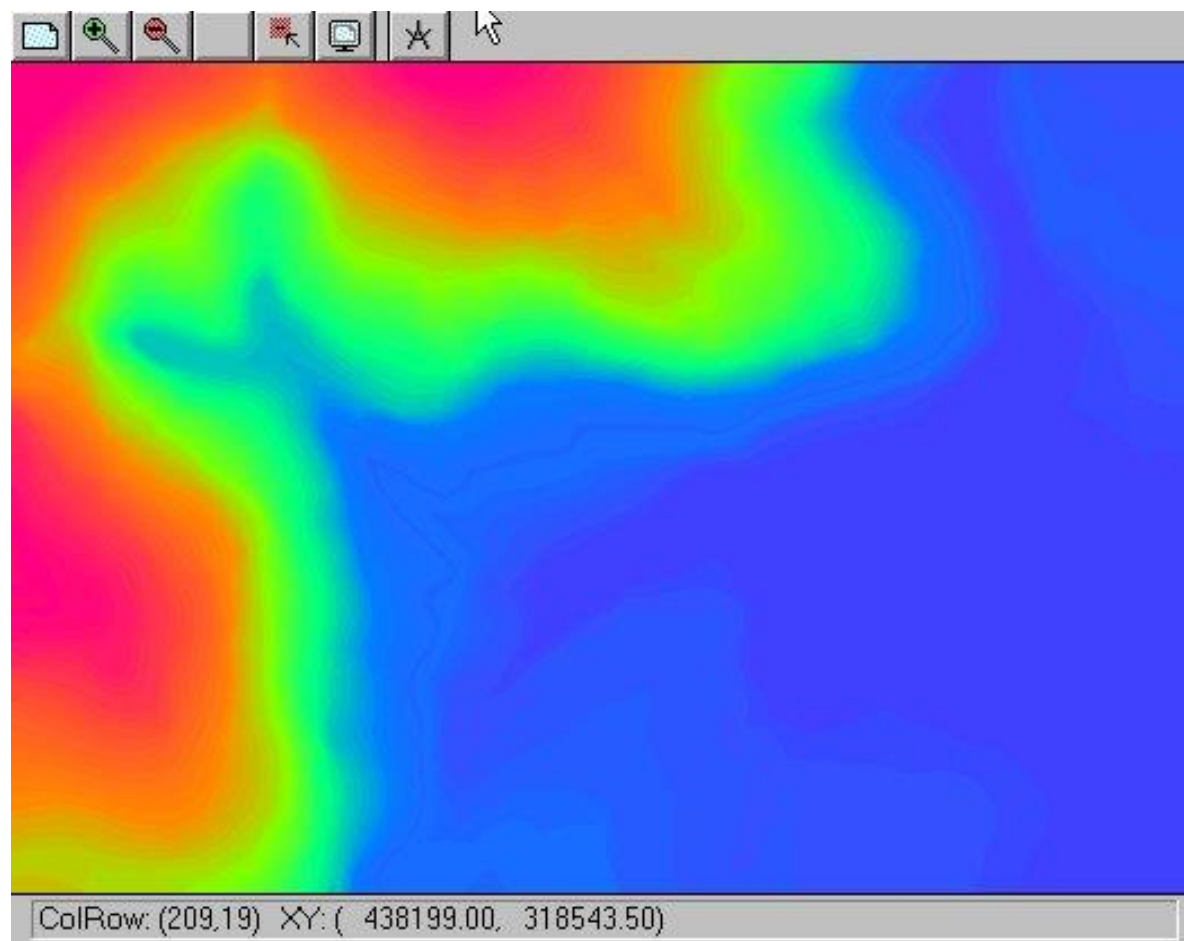
Ubicación de puntos de Observación
de Terreno en la Comunidad Buenavista

- | | |
|--|---|
|  Localidad de Observación |  Curvas de Nivel |
|  Construcciones |  Calles |

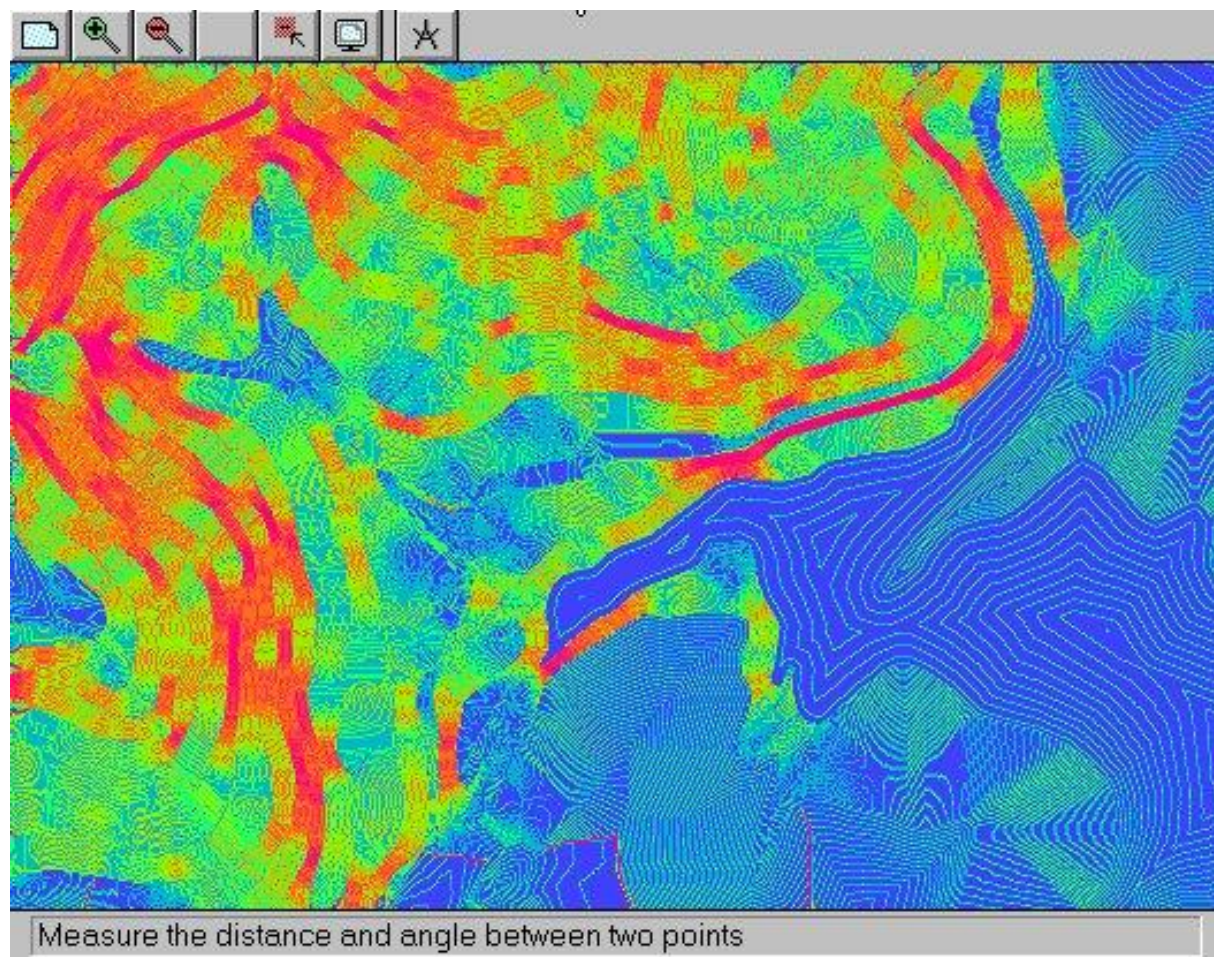




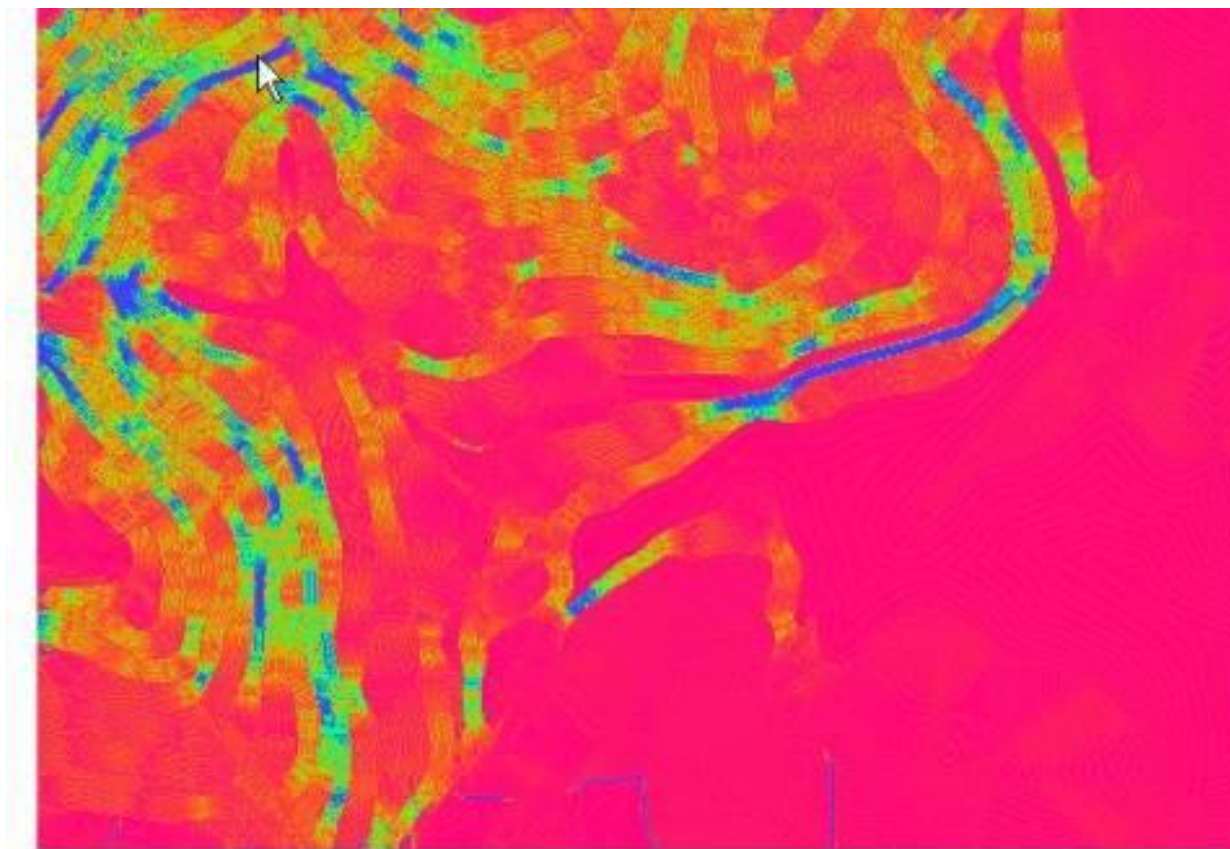
Mapa de Espesores de Suelo



Modelo Digital de Terreno

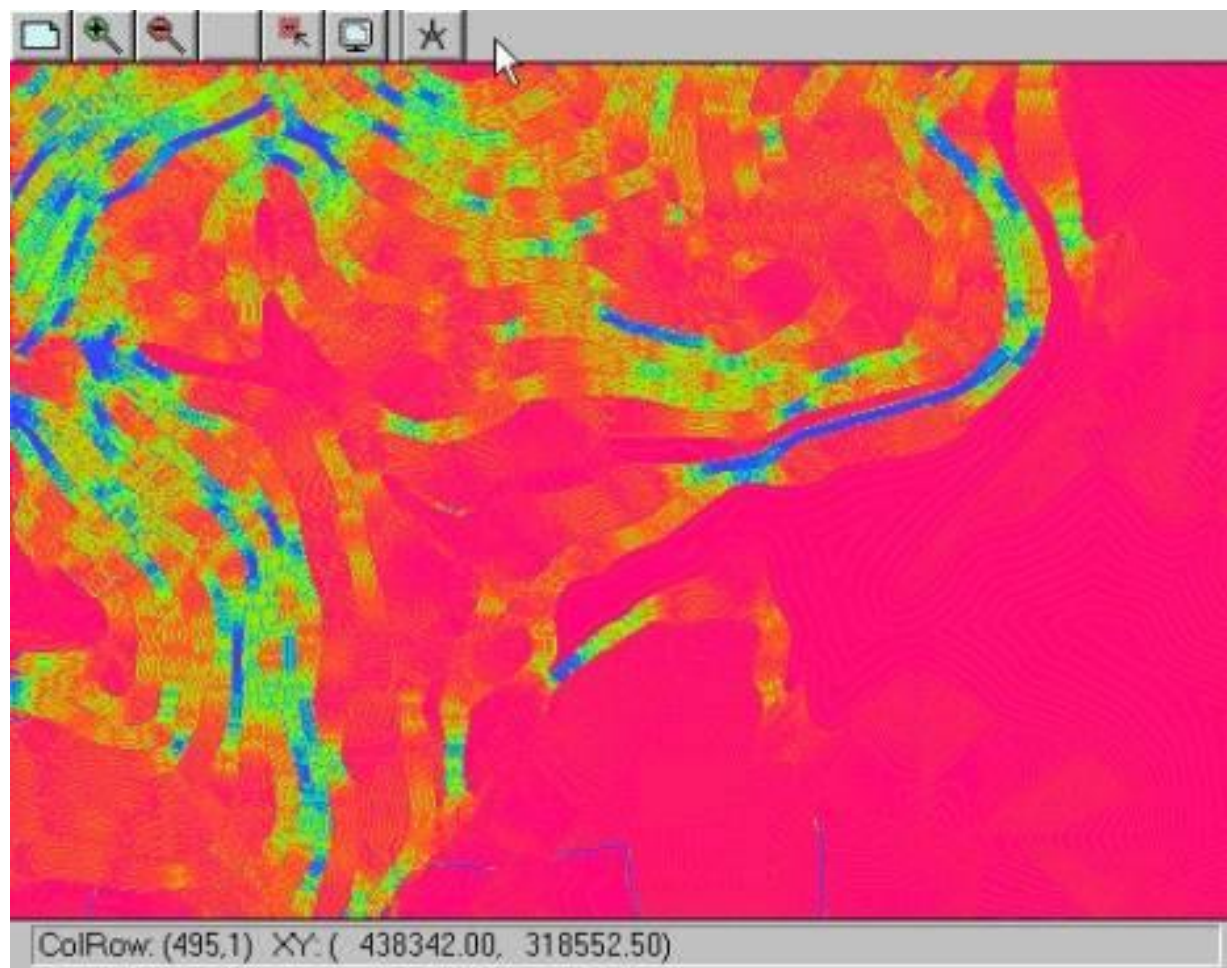


Mapa de Pendientes

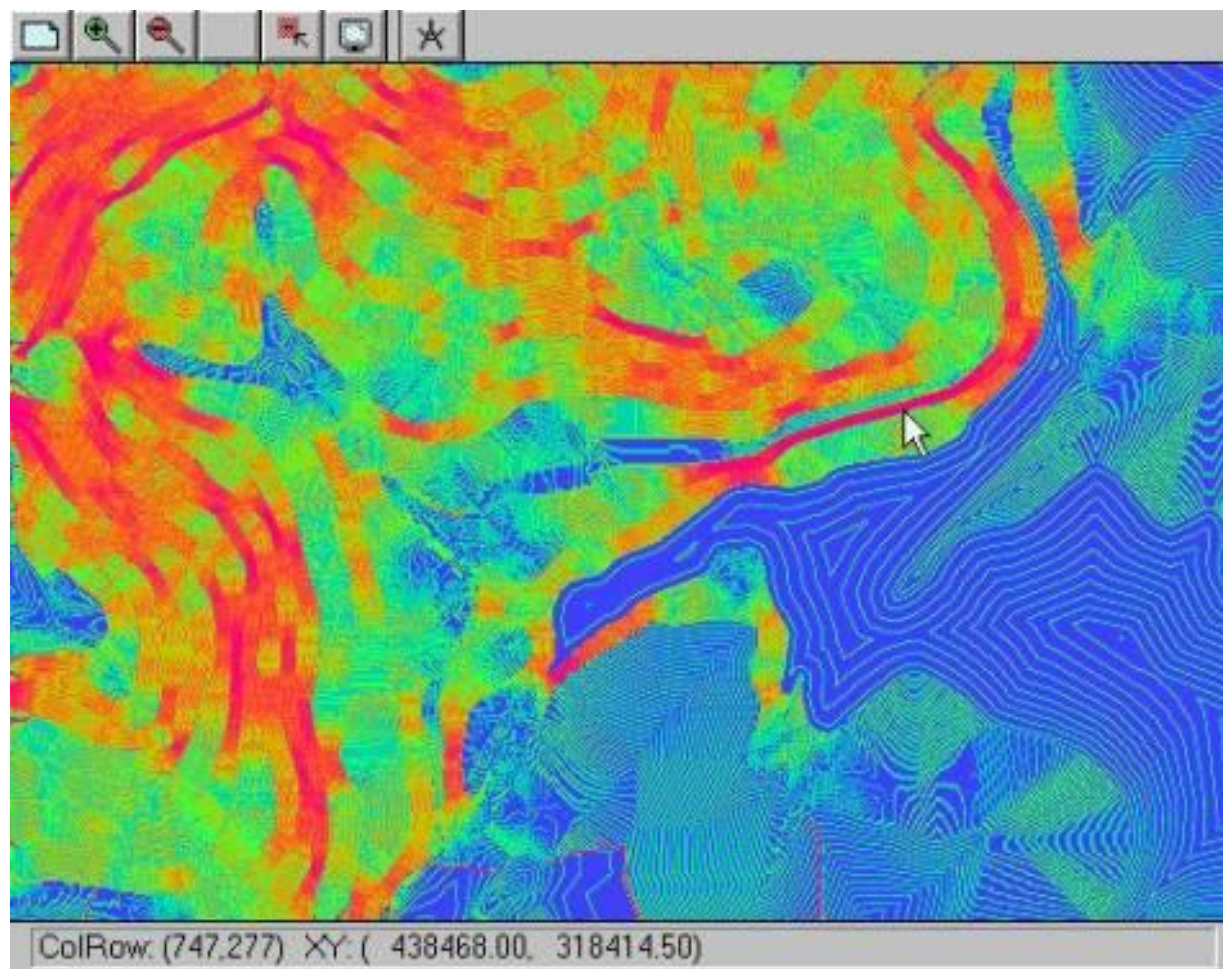


ColRow: (172,23) XY: (438180.50, 318541.50)

Coseno del mapa MDT



Coseno cuadrado del mapa MDT



Seno del mapa MDT

1. En el Sistema de Información Geográfica ILWIS fué calculada la función de pendiente infinita considerando los siguientes datos :

c' = la cohesión efectiva (Pa = N/m²) = 10000 Pa

γ_w = el peso de la unidad de agua (N/m³) = 10000 N/m³

z = la profundidad de superficie de fallo, que se está considerando la profundidad de suelo.

B = la inclinación de superficie (°) = mapa de pendientes

ϕ' = el ángulo efectivo de la resistencia de corte (°) = 30 °

$\tan(\phi'')$ = la tangente de el ángulo efectivo de la resistencia de corte = 0.58

El único parámetro desconocido aún es la profundidad de la tabla de agua. En la fórmula 1 esto se expresa como el valor m , que es la relación entre la profundidad del nivel freático y la profundidad de la superficie de falla.

$$F = (10000 + ((\gamma_w - m \cdot 10000) \cdot \cos^2 B \cdot \tan^2 \phi'')) / (\gamma_w \cdot \cos^2 B \cdot \tan \phi')$$

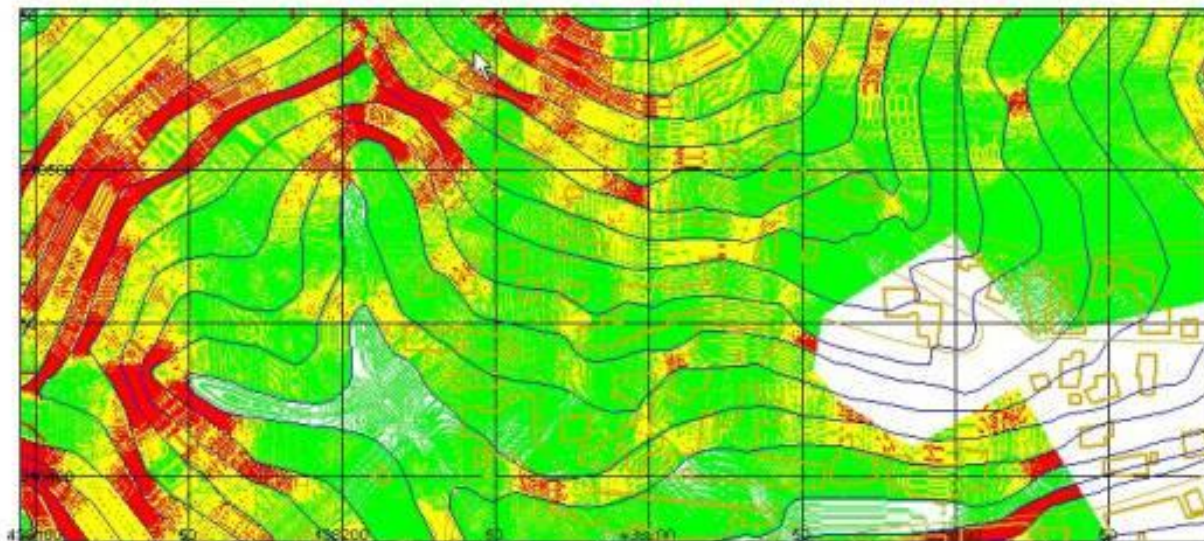
2. Se realizaron los cálculos para dos escenarios
 - a) Escenario seco. En este caso $m = 0$ y $Y=11000$.
 - b) Escenario saturado. De acuerdo a la cantidad de lluvia de Santa Ana , podemos considerar que esto ocurre con períodos de retorno de 25 años. Este caso $m=1$ y $Y=16000$.

Se clasificó el mapa resultante con los siguientes valores

Inestable=factor de seguridad menor a 1, Alto Riesgo

Critico =factor de seguridad entre 1 y 1.5, Mediano Riesgo

Estable =factor de seguridad arriba de 1.5, Bajo Riesgo



PLANO 8

MAPA DE ZONAS DE PELIGRO DE DESLIZAMIENTO
COMUNIDAD BUENAVISTA, SANTANA, EL SALVADOR
(Condicion de suelo no saturado de agua)

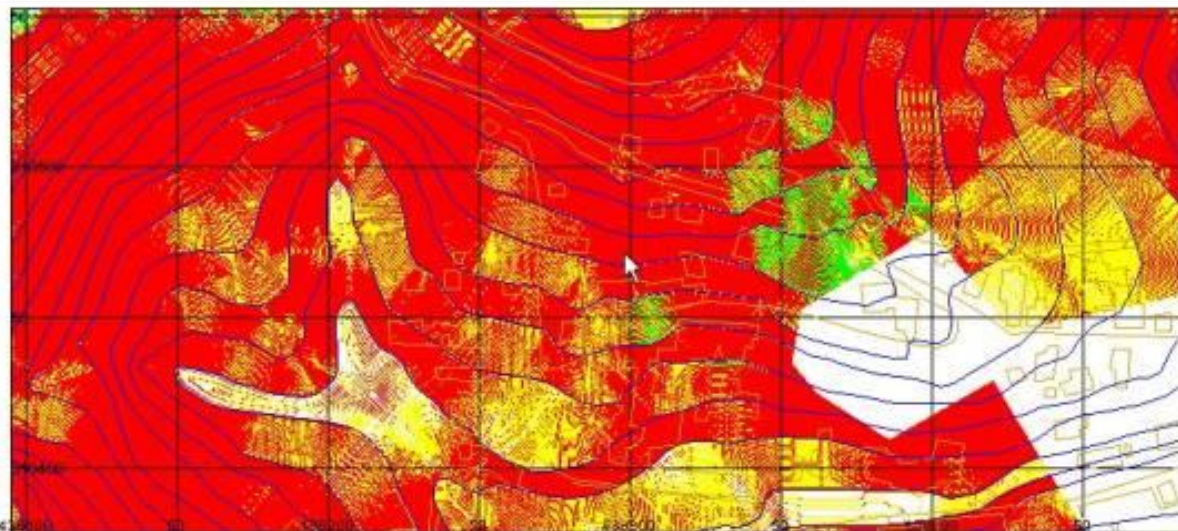
EXPLICACION

- Alto Peligro
- Mediano Peligro
- Bajo Peligro

- Curvas de Nivel
- Calles y Construcciones



INFORME INTERMEDIO
Proyecto: ATN/SF/6710/ES
Development Ideas Inc.
Realizó: Ismael Minjárez



ZONAS DE PELIGRO DE DESLIZAMIENTO
COMUNIDAD BUENAVISTA, SANTANA, EL SALVADOR
(condicion de suelo saturado de agua)

PLANO 9

EXPLICACION

- Alto Peligro
- Mediano Peligro
- Bajo Peligro

- / Curvas de Nivel
- / Calles y Construcciones



INFORME INTERMEDIO
Proyecto ATN/SF/67/0/ES
DEVELOPMENT IDEAS INC.
Realizó: Ismael Minjárez

Caída de rocas



Deslizamientos

SIMBOLOGÍA

-  caída de roca
-  flujo de lodo

Deslizamiento

-  Alto
-  Medio
-  Bajo





Flujo de sedimentos



Fraccionamiento Belisario
Domínguez



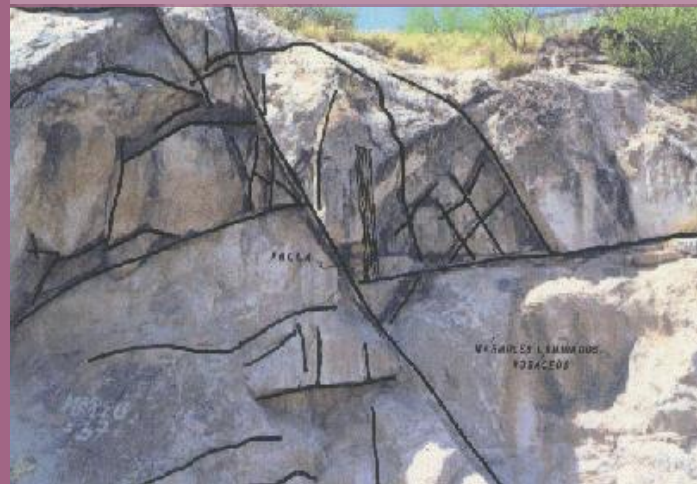
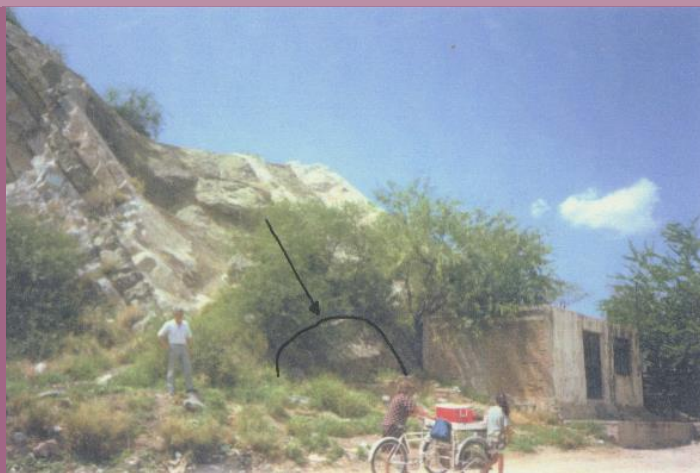
Colonia San Carlos,
Primera Etapa



Colonia Héroes



Lomas de Nogales







PREGUNTAS?

