



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO

GEOTECNIA II

Marcelo Zeballos
Doctor Ingeniero



ESTABILIDAD DE TALUDES

OBJETIVO:

- Fenómenos de inestabilidad de taludes.
- Definición de métodos de cálculo de la estabilidad de taludes.
- Concepto de Factor de Seguridad.

REFERENCIAS:

- Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta edición. BRAJA M. DAS. Capítulo 13. Estabilidad de Taludes.
- Soil Mechanics in Engineering Practice. 3° Edición. Terzaghi, K.; Peck, R. y Mesri, G. Chapter 8. Slope Stability.

Area de Geotecnia.
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

TEMAS ...

- 1. GENERALIDADES Y DEFINICION.**
- 2. CONCEPTOS Y FORMAS DE INESTABILIDAD.**
- 3. FACTORES DE INFLUENCIA EN LA INESTABILIDAD**
- 4. CALCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES**



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

TEMAS ...

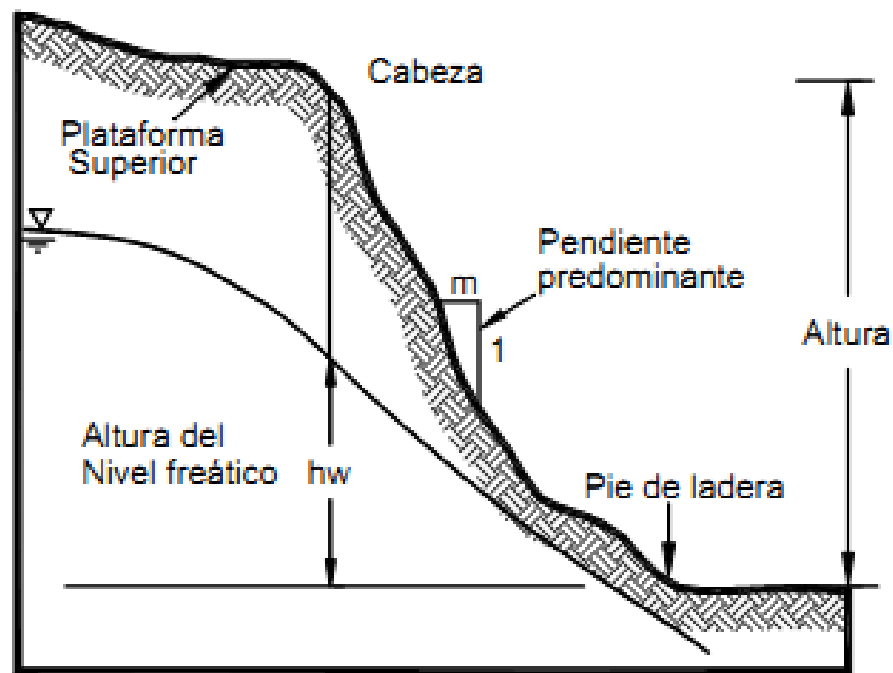
- 1. GENERALIDADES Y DEFINICION.**
2. CONCEPTOS Y FORMAS DE INESTABILIDAD.
3. FACTORES DE INFLUENCIA EN LA INESTABILIDAD
4. CALCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES



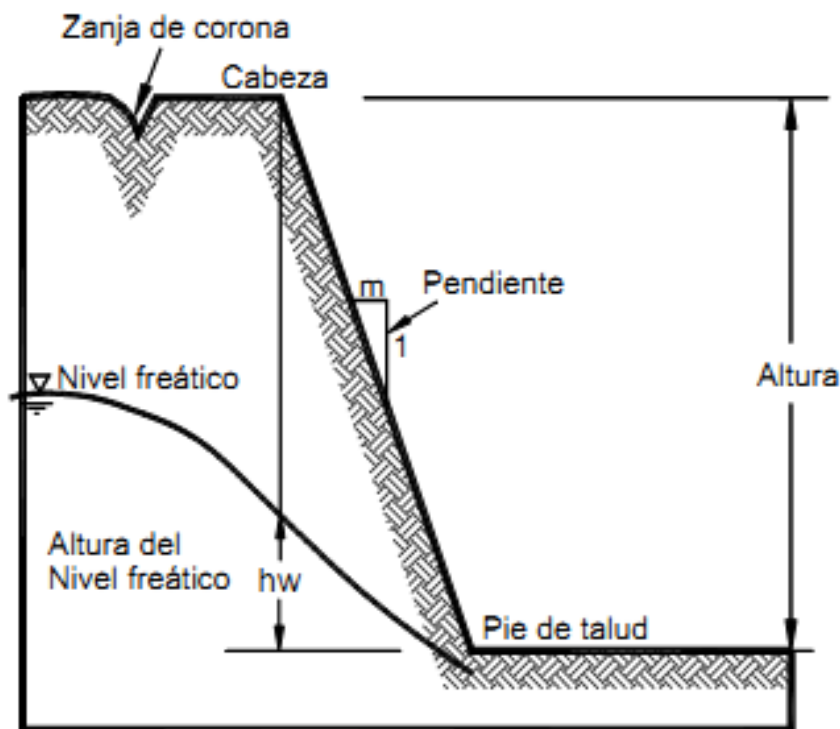
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

NOMENCLATURA TALUD NATURAL



TALUD ARTIFICIAL





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

NOMENCLATURA

TALUD EXCAVADO (CARRETERAS)



Paso Pehuenche. Fuente: M Zeballos

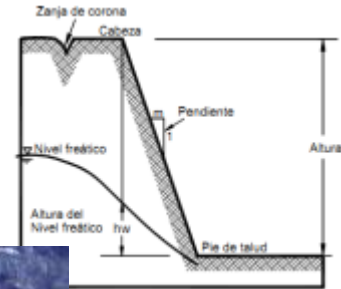


ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

NOMENCLATURA

TALUD EXCAVADO (MINERIA)





ESTABILIDAD DE TALUDES

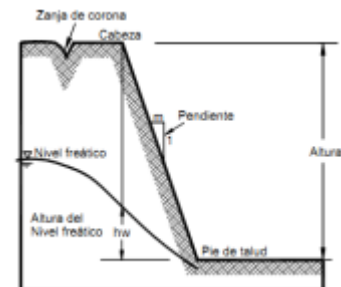
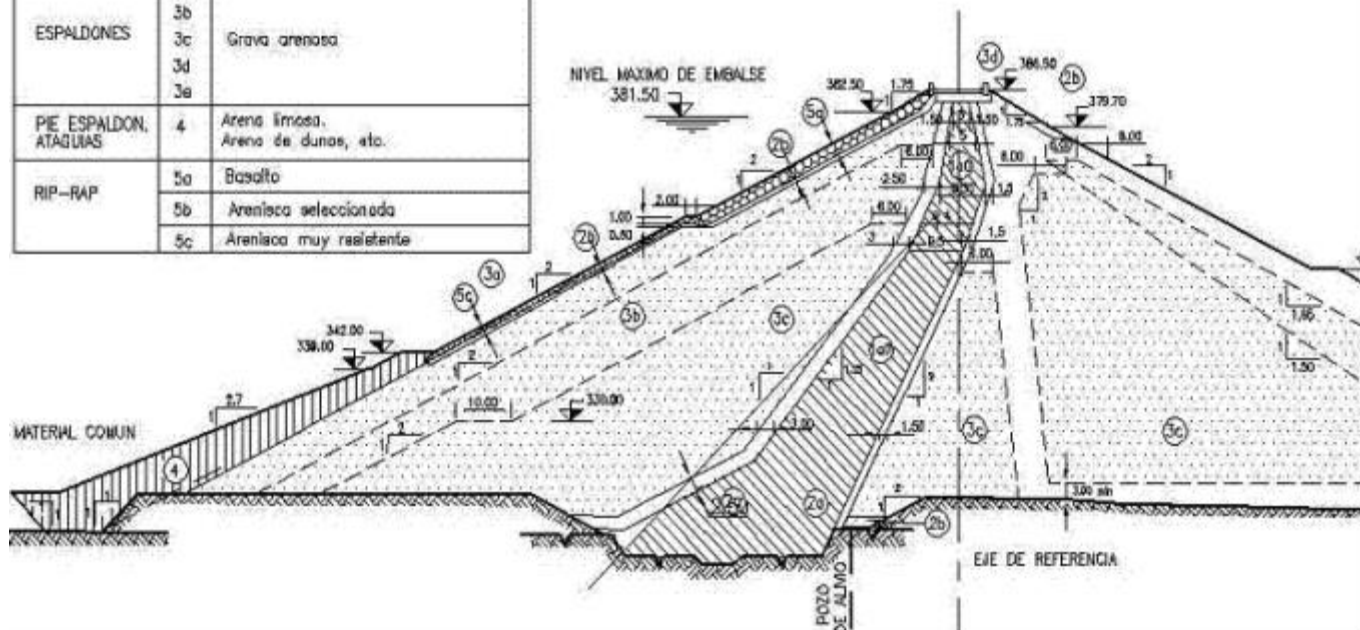
CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

NOMENCLATURA TERRAPLEN (PRESAS)

ESPECIFICACIONES		
SECTOR	ZONA	MATERIAL
NÚCLEO	1a	Arzillo arcilloso limoso o
	1b	Arenosa, arena limosa o
	1c	Arcillosa
FILTROS	2a	Grava arenosa o arena (procesada)
	2b	Grava limpia (procesada)
ESPALDONES	3a	Grava arenosa
	3b	
	3c	
	3d	
	3e	
PIE ESPALDON, ATAGUAS	4	Arena limosa, Arena de dunas, etc.
RIP-RAP	5a	Basalto
	5b	Arenisca seleccionada
	5c	Arenisca muy resistente

NOTA:

Las letras D, O, W indican distintas compactaciones.

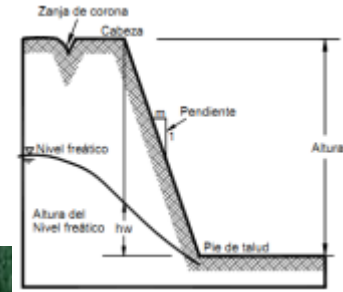




ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

NOMENCLATURA TERRAPLEN (PRESAS)



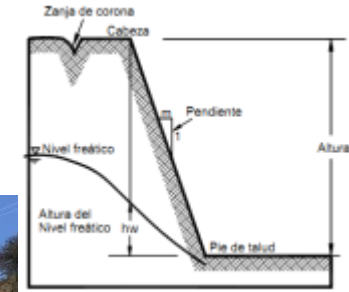
Presa Campos Novo. Brasil



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

NOMENCLATURA TERRAPLEN (viales)





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

TEMAS ...

1. GENERALIDADES Y DEFINICION.
- 2. CONCEPTOS Y FORMAS DE INESTABILIDAD.**
3. FACTORES DE INFLUENCIA EN LA INESTABILIDAD
4. CALCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

MODOS DE INESTABILIDAD

CLASIFICACION SEGÚN EL TIPO DE MOVIMIENTO:

- 1. CAIDA DE BLOQUES**
- 2. VOLTEO O VOLCAMIENTO**
- 3. TRASLACIONAL**
- 4. ROTACIONAL**
- 5. REPTACION – CREEP**
- 6. FLUJO DE MATERIAL (ALUDES – FLUJO DE LODO)**

CLASIFICACION SEGÚN EL MATERIAL

- 1. ROCAS**
- 2. DETRITOS (entre 20 y 80% de partículas superiores a 2 mm)**
- 3. SUELOS**

Fuente: 'World Landslide Inventory'
(WP/WLI 1990, 1993).



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

MODOS DE INESTABILIDAD

CLASIFICACION LA VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO:

Clasif	Descripción	Veloc Mín (mm/seg)	Vel Típica	Efectos
7	Extrem. Rápida	5×10^3	5 m/seg	Catástrofe de gran violencia, destrucción de edificios por impacto de material desplazado, muchos muertos, poca posibilidad de escape
6	Muy Rapida	5×10^1	3 m/min	Algunas pérdidas de vidas, velocidad relativamente alta como para permitir el escape de personas
5	Rápida	5×10^{-1}	1.8 m/hr	Posibles evacuaciones, destrucciones sobre estructuras y equipamientos
4	Moderada	5×10^{-3}	13 m/mes	Algunas estructuras temporarias y poco deformables pueden requerir mantenimientos temporarios
3	Lenta	5×10^{-5}	1,6 m/año	Se pueden tomar acciones de remediación durante el movimiento. Las estructuras más sensibles pueden ser mantenidas, si no se produce movimiento importantes durante un período corto de aceleración
2	Muy Lenta	5×10^{-7}	15 mm/año	Algunas estructuras permanentes no dañadas por el desplazamiento
1	Extrem. Lenta			Imperceptibles sin la utilización de instrumentación. Se pueden localizar construcciones con las adecuadas precauciones



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

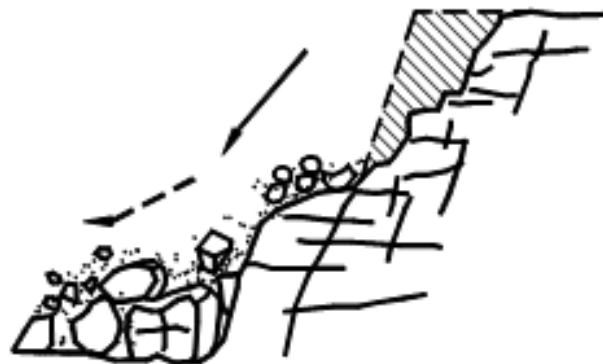
CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

1. CAIDA DE BLOQUES

**MASA O BLOQUE QUE SE
DESPRENDE EN LA PENDIENTE**

FORMA DE CAIDA

- **LIBRE**
- **REBOTES**
- **DESLIZAMIENTO**
- **RODADURA**





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

1. CAIDA DE BLOQUES

**MASA O BLOQUE QUE SE
DESPRENDE EN LA PENDIENTE**

FORMA DE CAIDA

- **LIBRE**
- **REBOTES**
- **DESLIZAMIENTO**
- **RODADURA**





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

1. CAIDA DE BLOQUES

**MASA O BLOQUE QUE SE
DESPRENDE EN LA PENDIENTE**

FORMA DE CAIDA

- **LIBRE**
- **REBOTES**
- **DESLIZAMIENTO**
- **RODADURA**



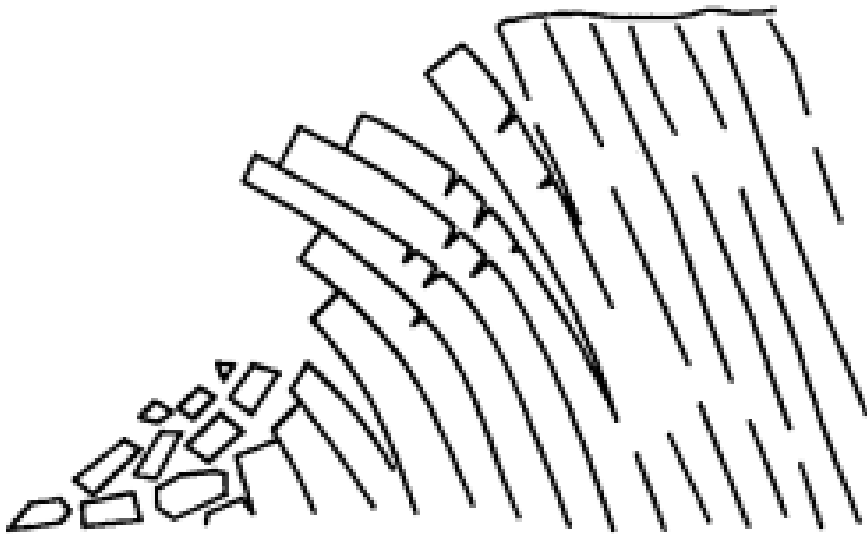


ESTABILIDAD DE TALUDES

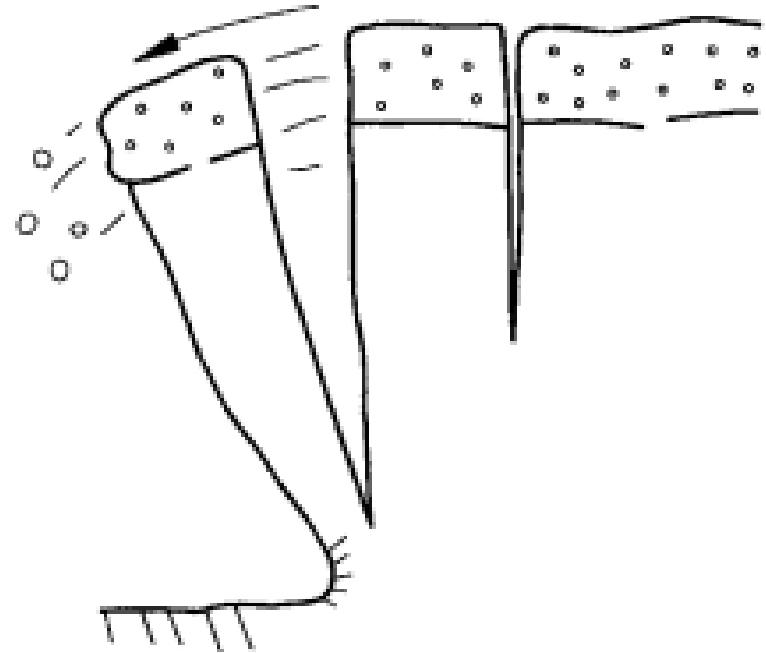
CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

2. VOLCAMIENTO



FLEXIÓN



DESPLOME



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

2. VOLCAMIENTO



Fuente: Zeballos, 2016



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

2. VOLCAMIENTO



CAMINO LA RIOJA – CHILECITO (POR VELASCO)



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

2. VOLCAMIENTO



Ruta Prov 12. San Juan

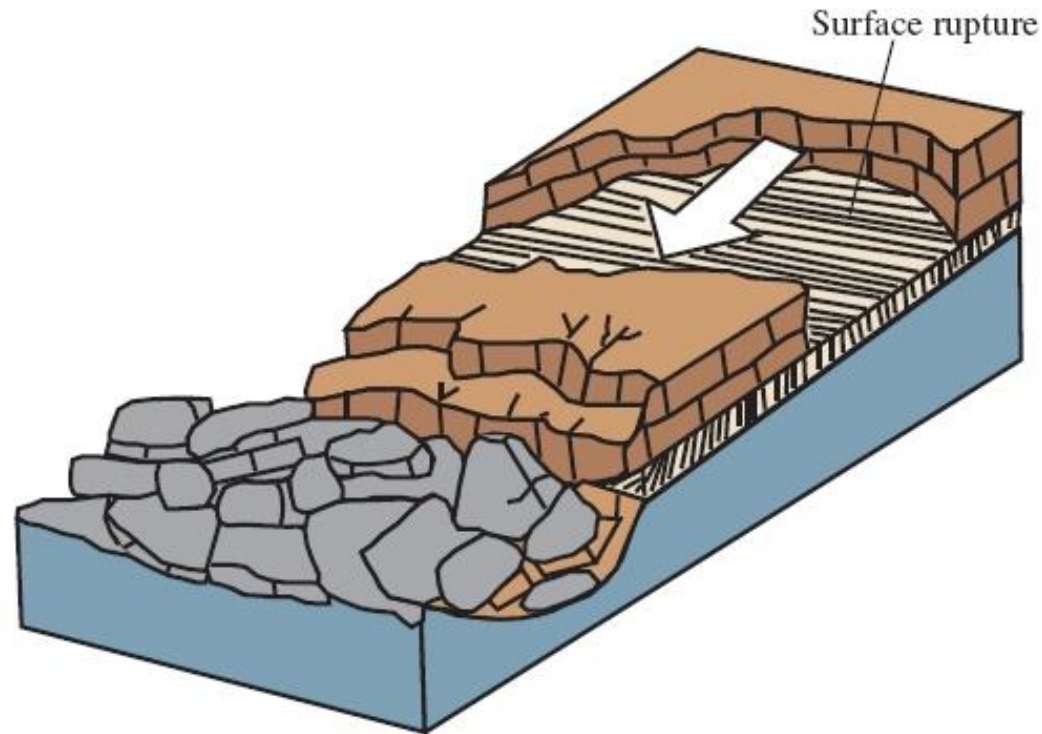
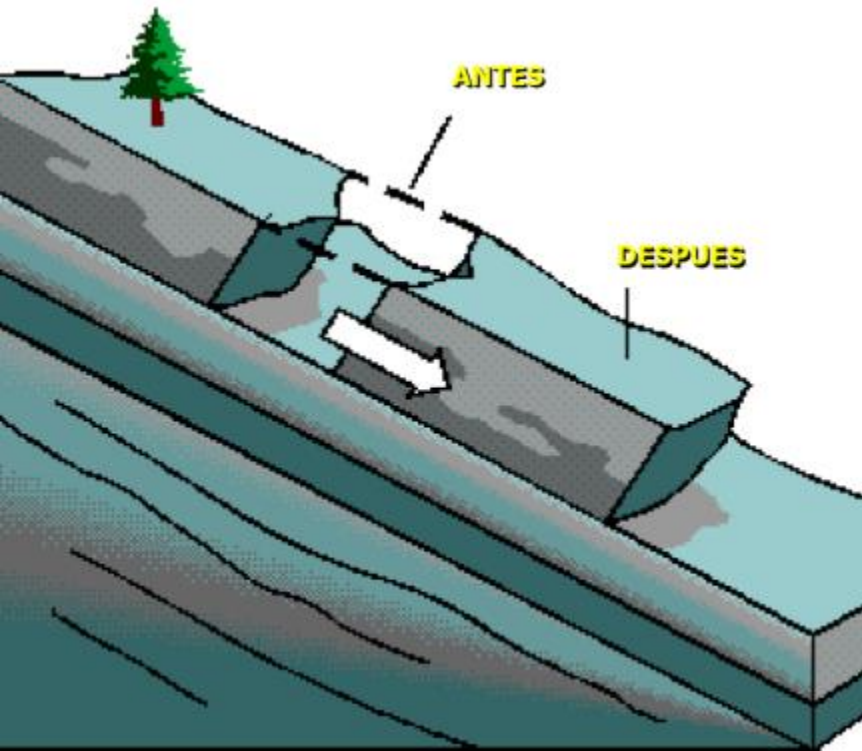


ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

3. TRASLACION



MOVIMIENTO DE CORTE A LO LARGO DE UNA SUPERFICIE “PLANA”

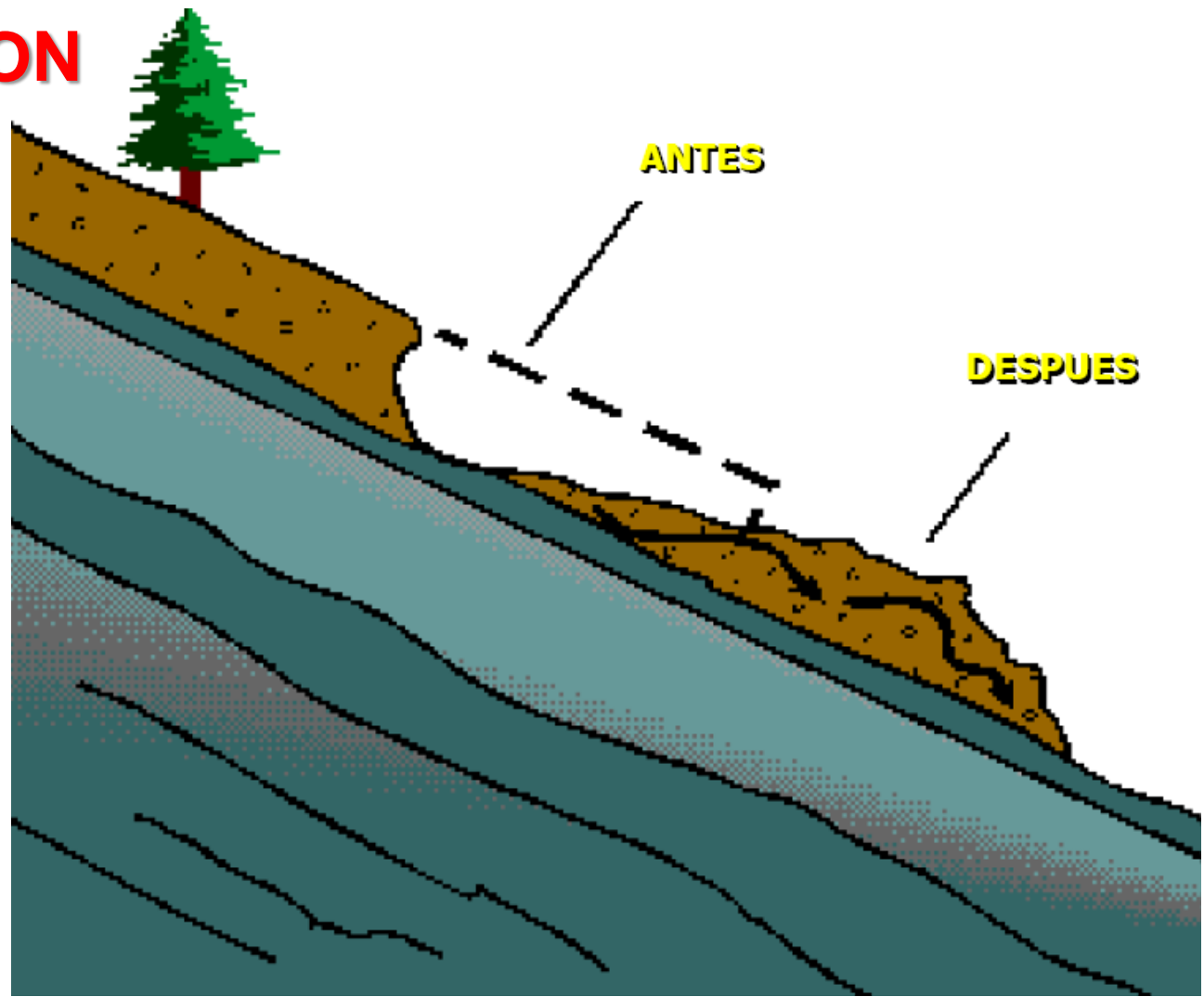


ESTABILIDAD DE TALUDES
CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

3. TRASLACION

**MOVIMIENTO DE
CORTE A LO LARGO
DE UNA SUPERFICIE
APROXIMADAMENTE
RECTA**





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

3. TRASLACION



Costa Azul, Cordoba Fuente: Rocca - Zeballos



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

3. TRASLACION



Costa Azul, Cordoba Fuente: Rocca - Zeballos



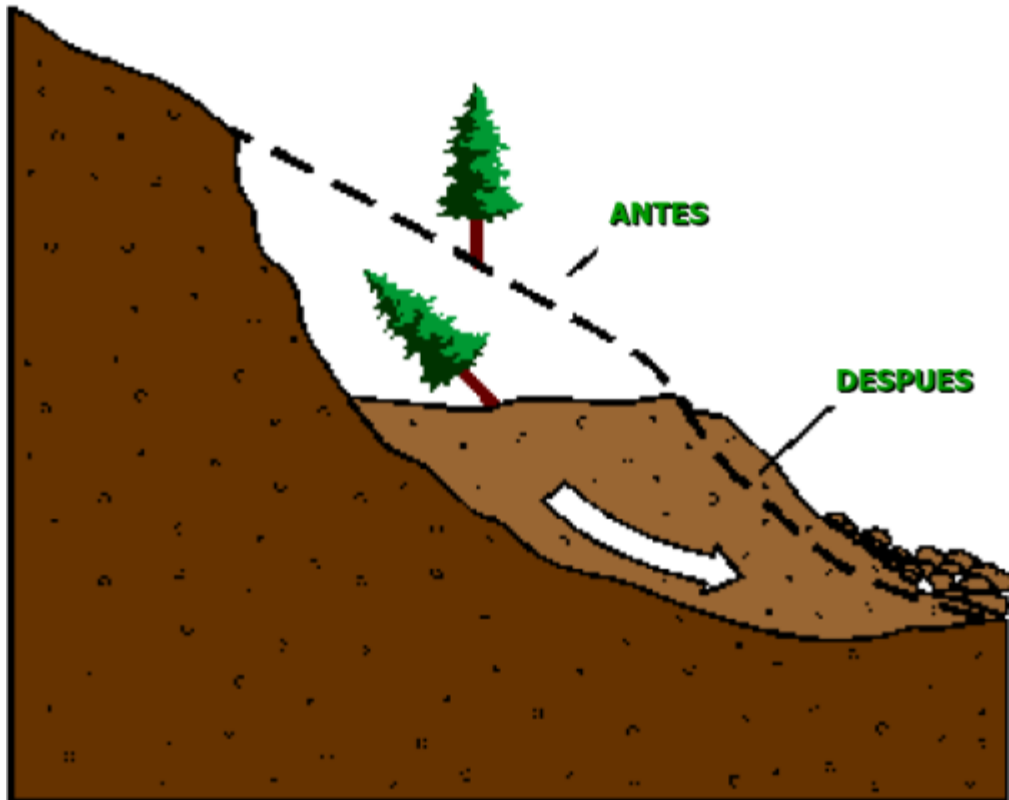
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

4. ROTACIONALES

- La superficie de falla tiene forma “circular”
- Se observa en materiales “homogéneos”.
- Se manifiesta con un escalonamiento en cresta de talud
- El talud puede afectar la base o el pie del talud.

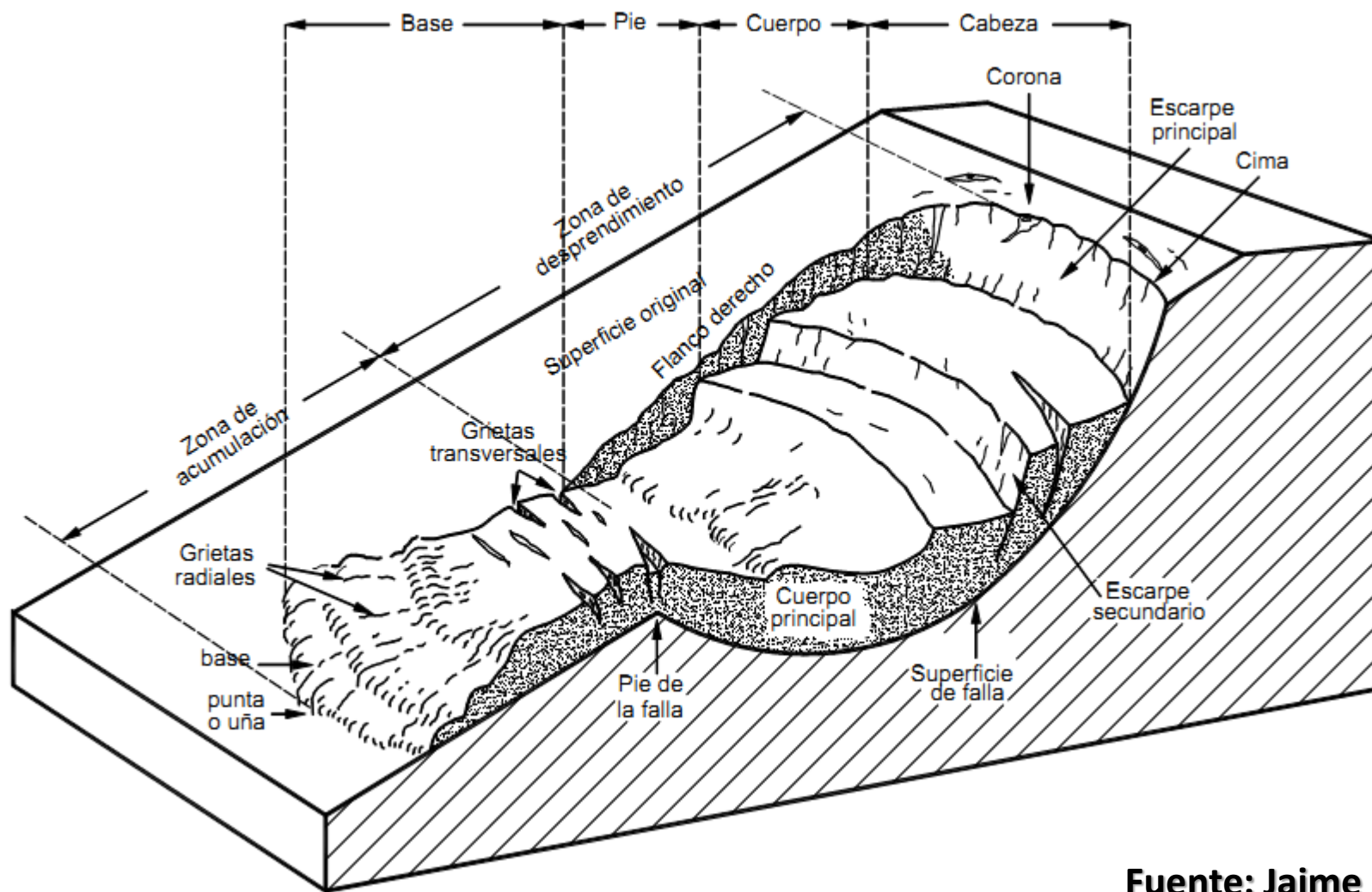




ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

4. ROTACIONALES



Fuente: Jaime Suarez



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

4. ROTACIONALES



The 5 March 2020 landslide that derailed a TGV (high speed train) in France. **Fuente:** landslideblog



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

4. ROTACIONALES

EJEMPLO

Roturas en forma de falla rotacional después del período de lluvias



Pie del Deslizamiento



Deslizamiento en Talud Excavado



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

4. ROTACIONALES

EJEMPLO

Roturas en forma de falla rotacional
después del período de lluvias



Deslizamiento en Terraplen - 2016



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

4. ROTACIONALES

EJEMPLO
Roturas en
forma de falla
rotacional
después del
período de
lluvias



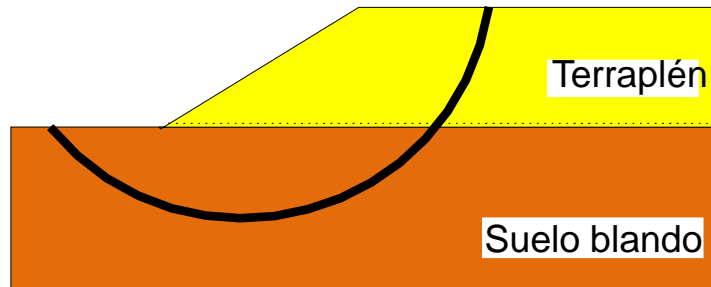
Deslizamiento en Terraplen - 2016



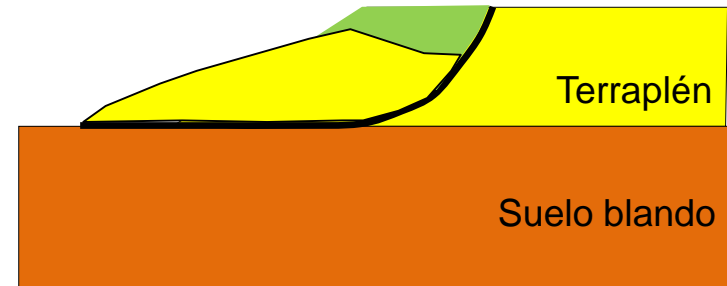
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

4. ROTACIONALES (+traslaciones...)



(a) Estabilidad global rotacional



(b) Estabilidad desplazamiento en contacto



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

4. ROTACIONALES (+ traslación...)



Fisura en Coronamiento



ESTABILIDAD DE TALUDES CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

4. ROTACIONALES (+traslaciones...)



Fisura en Coronamiento

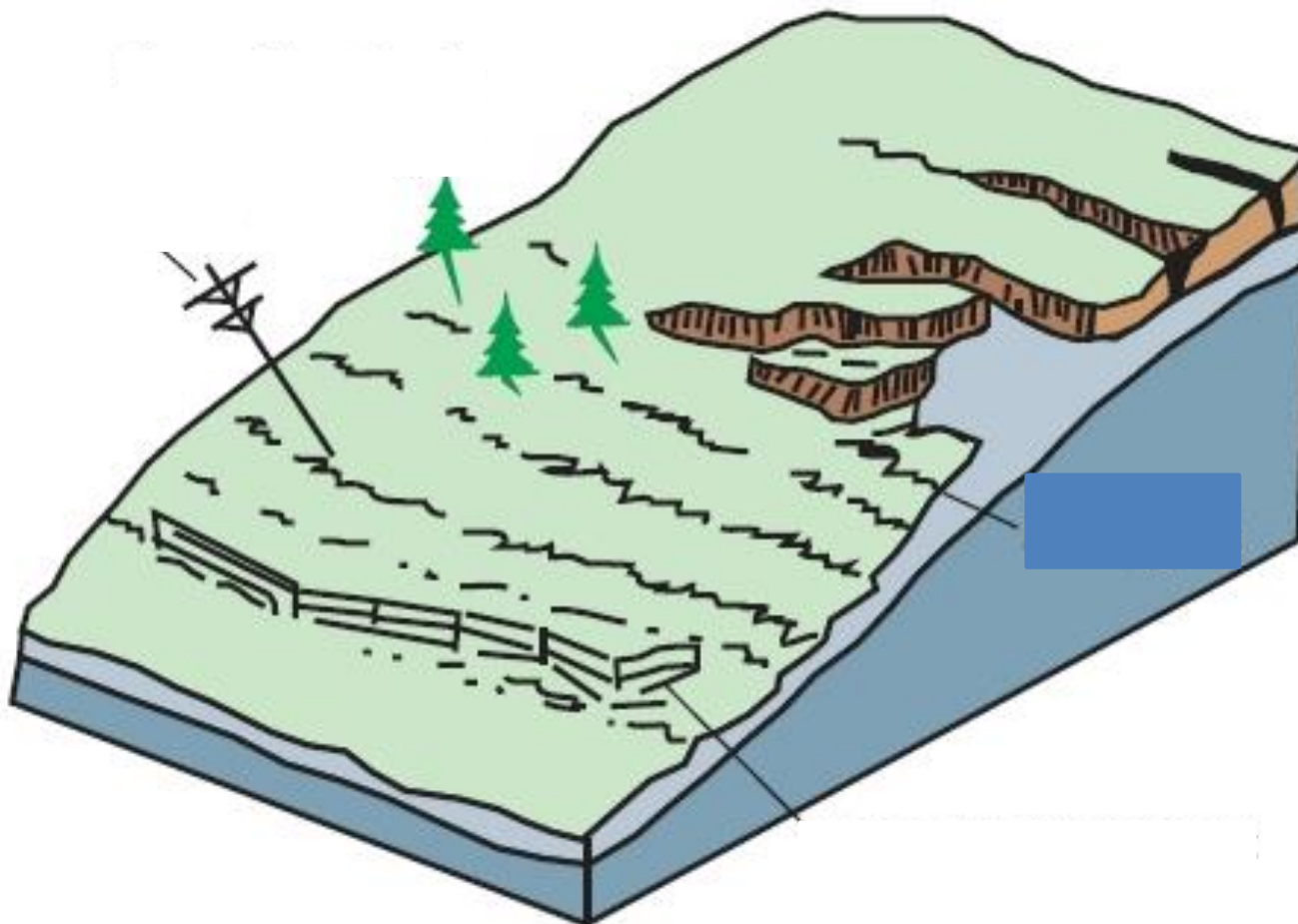


ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

5. REPTACION





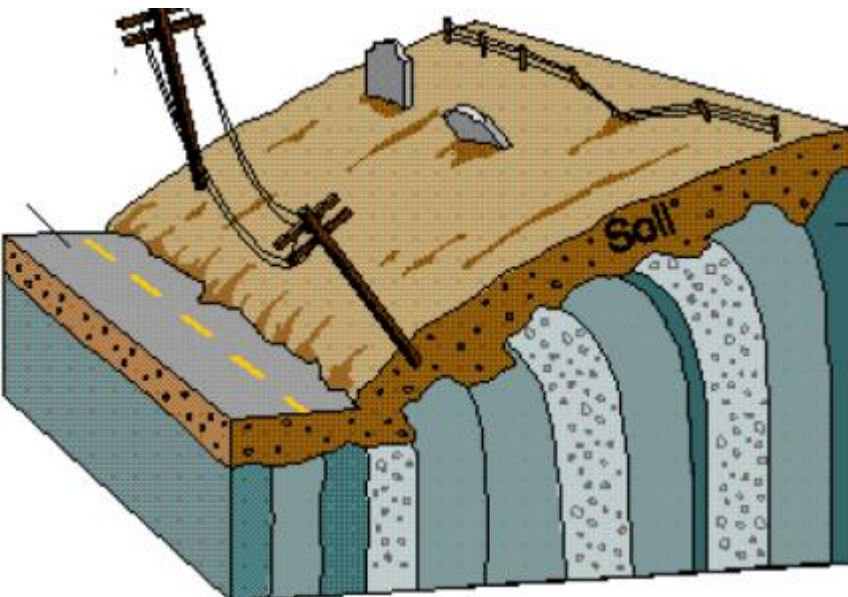
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

5. REPTACION

EJEMPLO





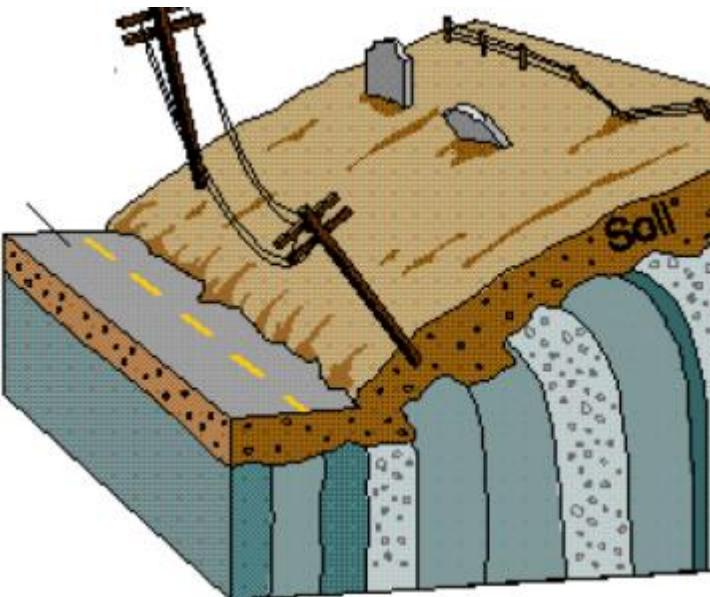
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

5. REPTACION

EJEMPLO





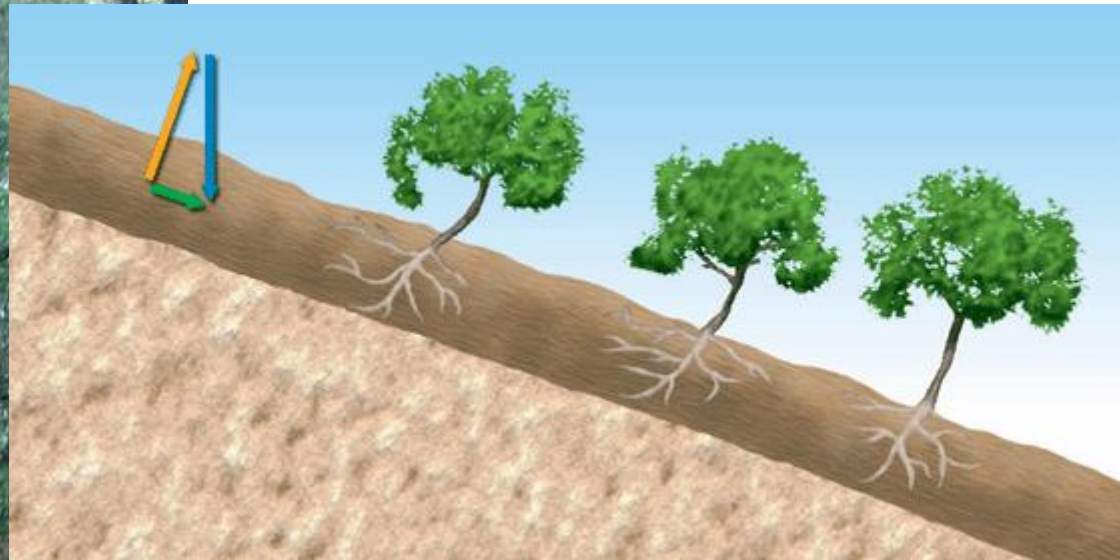
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

5. REPTACION

EJEMPLO - vegetación





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

5. REPTACION





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

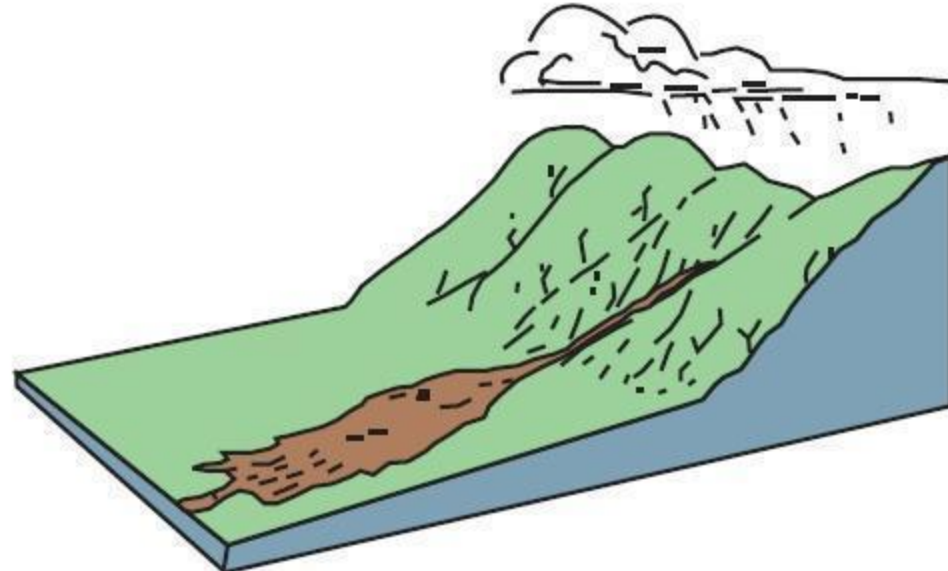
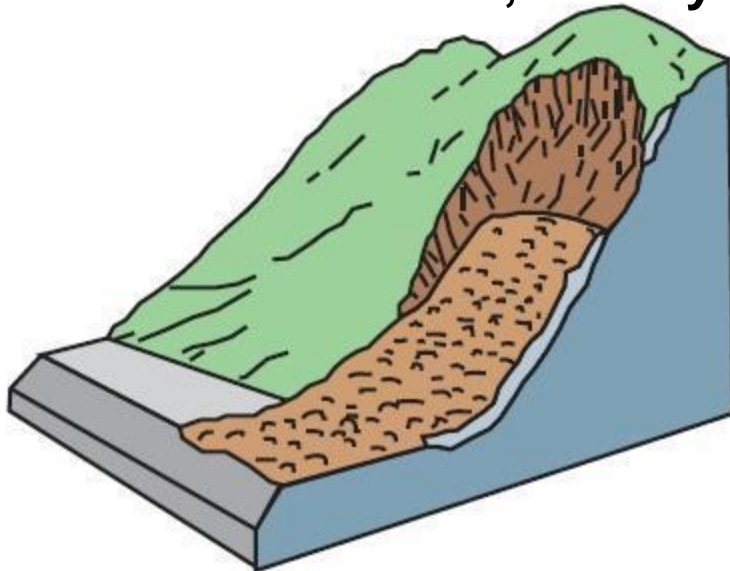
CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

6. FLUJOS

ALUDES (MUDFLOW):

Los planos de falla son superficiales

- Materiales saturados que fluyen hacia abajo
- Saturación superficial de materiales
- Afectación de arenas, limos y arcillas blandas.





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

CLASIFICACION DE LAS INESTABILIDADES - Varnes

6. FLUJOS





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

TEMAS ...

1. GENERALIDADES Y DEFINICION.
2. CONCEPTOS Y FORMAS DE INESTABILIDAD.
- 3. FACTORES DE INFLUENCIA EN LA INESTABILIDAD**
4. CALCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

FACTORES DE GENERACION DE INESTABILIDAD

La falla de un talud puede lograrse de dos vías, o la combinación de ambas:

- **Disminución de la resistencia al corte**
- **Aumento de los esfuerzos de corte**





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

FACTORES DE GENERACION DE INESTABILIDAD

- **Reducción en la Resistencia al Corte:**
 - **Infiltración de agua**
 - (precipitaciones, nieve, irrigación, filtraciones, etc.)
 - **Meteorización**
 - (Congelamiento y humedecimiento, expansión y contracción, etc.)
 - **Cambios físico – químicos**
 - **Fátiga por combinación de solicitaciones estáticas / dinámicas y creep**
 - **Remoción de vegetación**
 - (por erosión, fuego, etc.).



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

FACTORES DE GENERACION DE INESTABILIDAD

- **Incremento en las Solicitaciones de Corte:**
 - **Sobrecarga en el coronamiento del talud (rellenos o sedimentos)**
 - **Sismos**
 - **Modificación de la geometría del talud**
 - **Acumulación de material (rocas o detritos)**



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

TEMAS ...

1. GENERALIDADES Y DEFINICION.
2. CONCEPTOS Y FORMAS DE INESTABILIDAD.
3. FACTORES DE INFLUENCIA EN LA INESTABILIDAD
- 4. CALCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES**



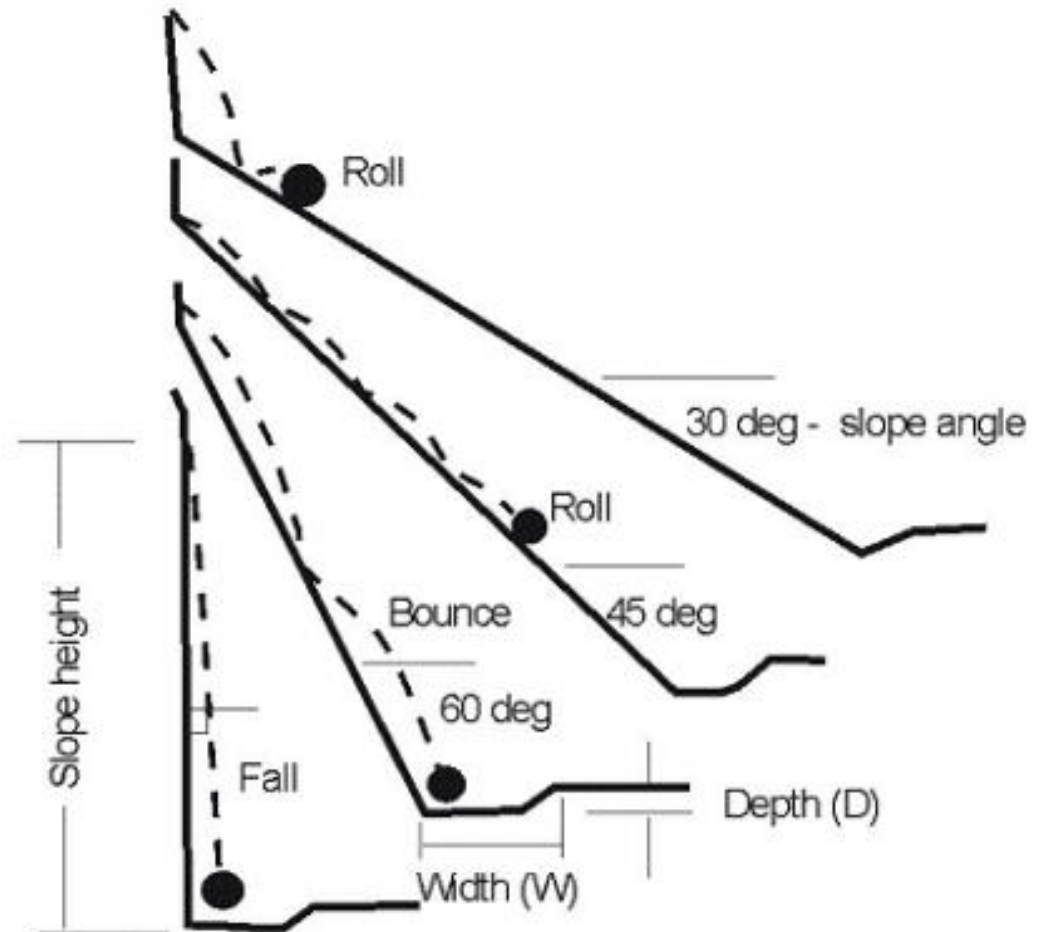
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

CAIDAS

SE ANALIZA LA
CINEMÁTICA DEL
MOVIMIENTO



Rock falls on slopes



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

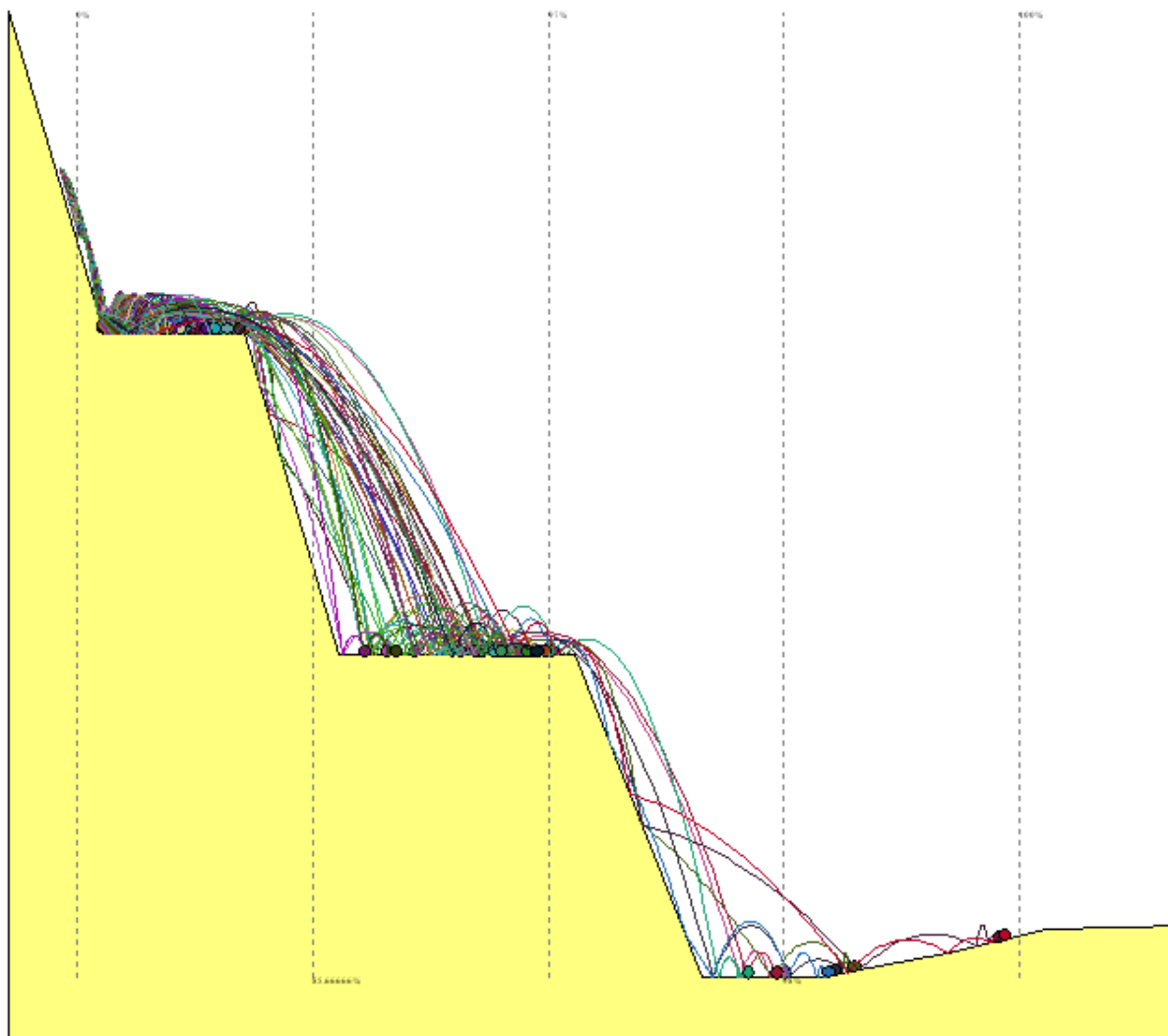
CAIDAS

SE ANALIZA LA
CINEMÁTICA DEL
MOVIMIENTO

Análisis Cinemático Probabilístico
(Montecarlo)

Datos:

- Dimensiones de bloque
- Velocidad inicio de movimiento
- Coeficientes de restitución
- Angulos de fricción



Fuente: Terzariol-Zeballos-Rocca, 2010

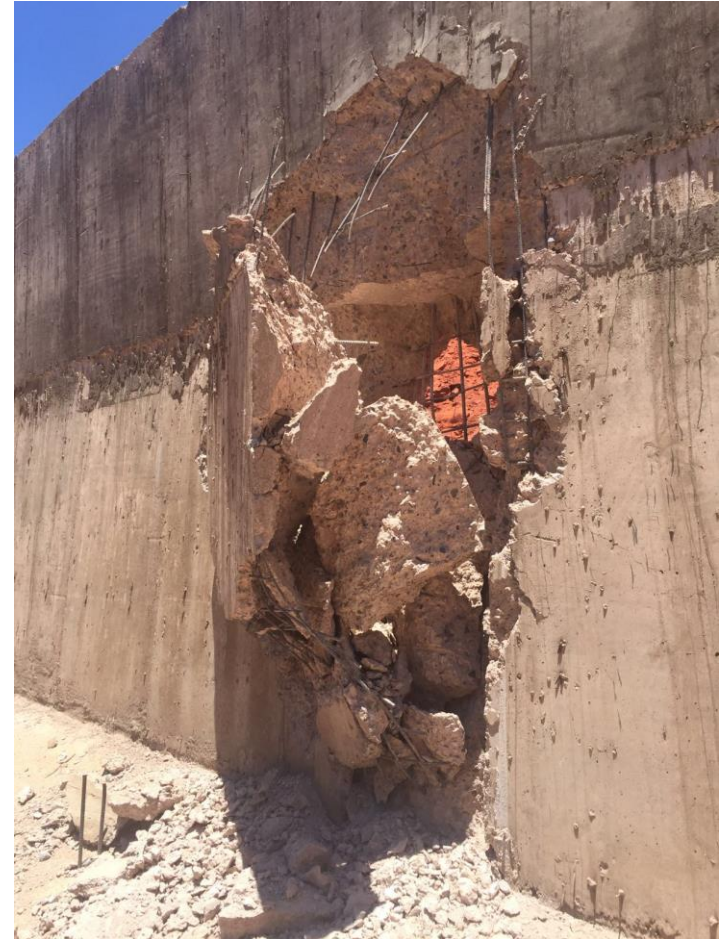


ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

CAIDAS – Sistemas de contención



Fuente: Gerbaudo-Zeballos, 2016



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

CAIDAS – Sistemas de contención



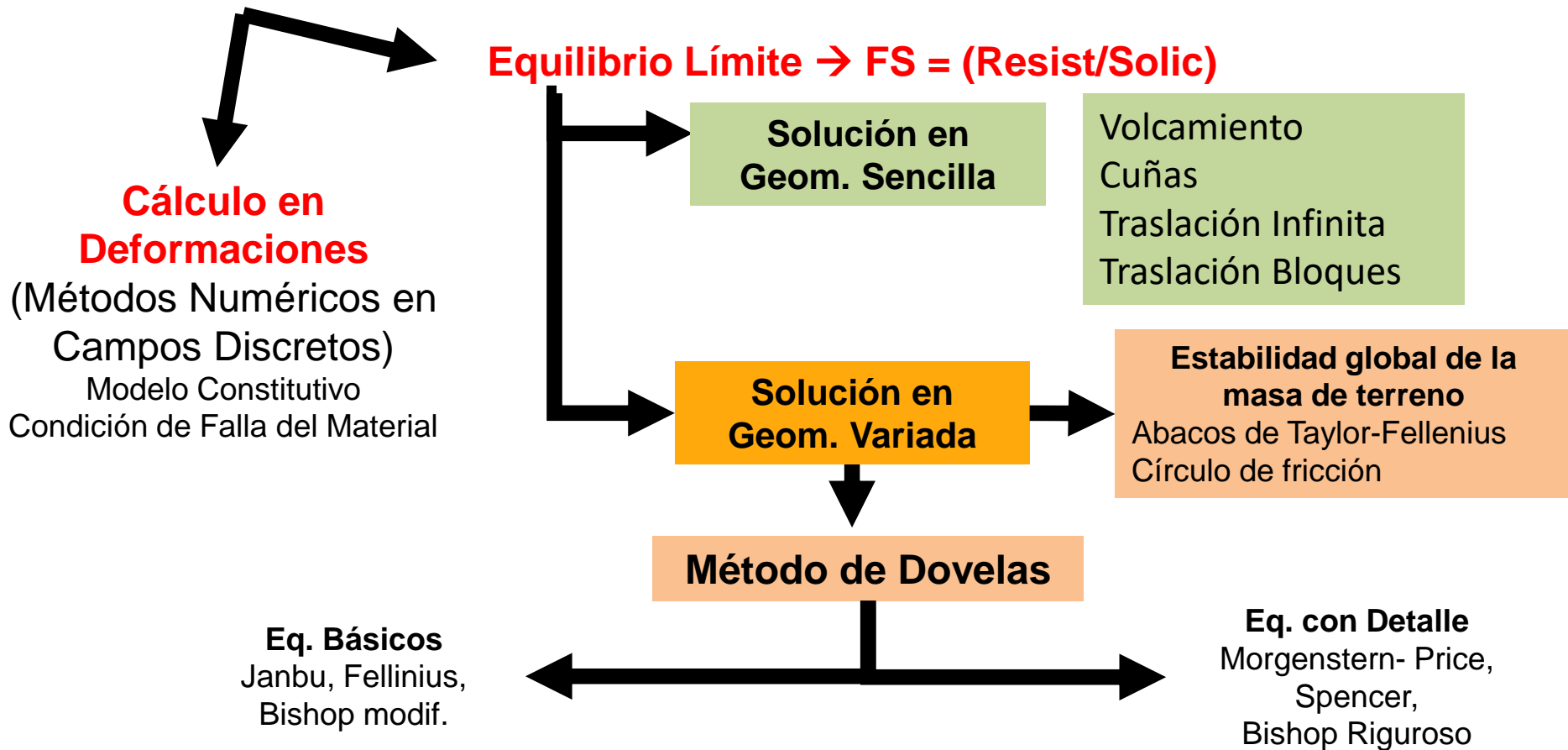


ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO

METODO DE CALCULO

METODOS DE CALCULO

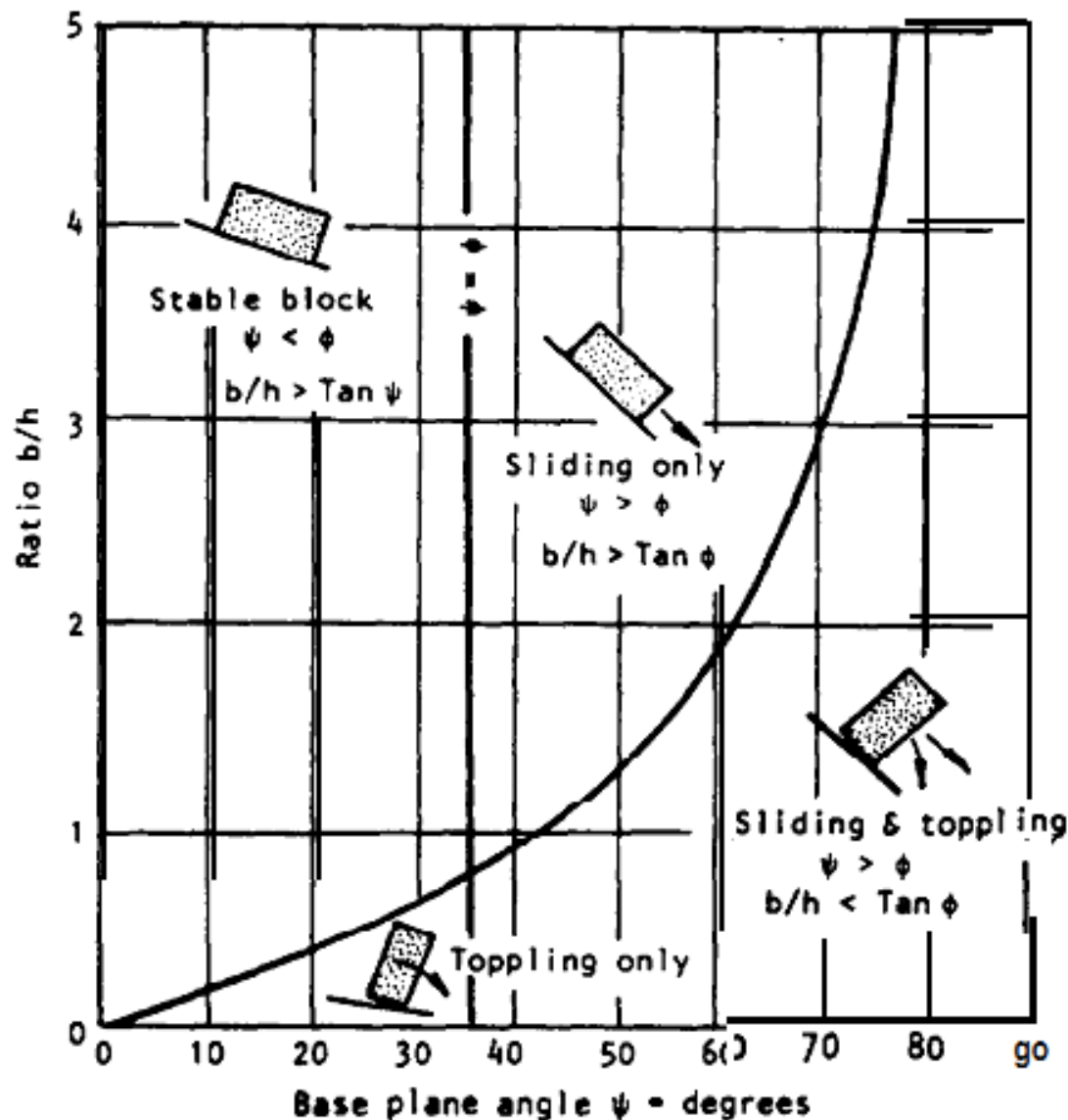




ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO

METODO DE CALCULO



VUELCO DE BLOQUES

Estimación Preliminar
del Comportamiento

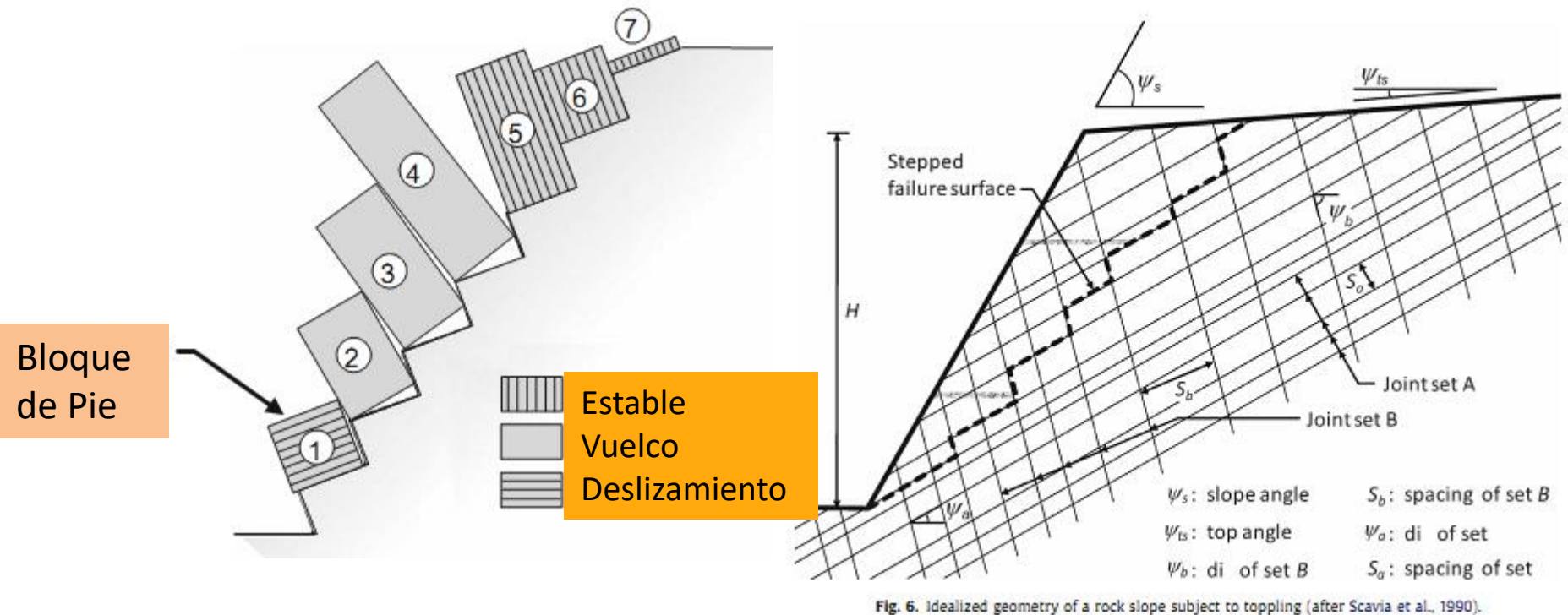


ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

ESQUEMAS DE MOVIMIENTO - VOLCAMIENTO





ESTABILIDAD DE TALUDES

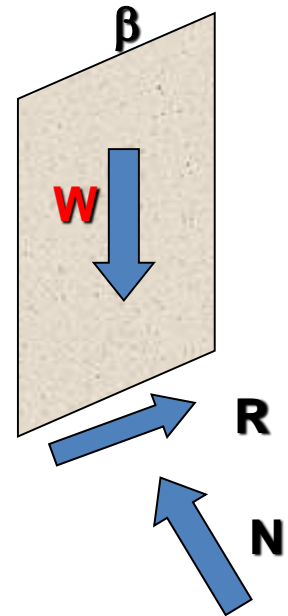
CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

TALUD INFINITO

Expresión General ...

$$FS = \frac{c'}{\gamma \cdot h} \frac{1}{\cos\beta \cdot \sen\beta} + \frac{\text{tag}(\phi')}{\text{tag}(\beta)}$$



Suelo Friccional

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{\sigma^* \text{tg}(\phi^*)}{\tau} = \frac{(\sigma - u) \cdot \text{tg}(\phi^*)}{\tau}$$

Conclusiones ...

- En **suelos friccionales**, el FS es independiente de la profundidad del deslizamiento



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

TALUDES INFINITOS SIN INFILTRACIÓN. EJERCICIO N°1

Datos:

$H = 2,00$ metros

$\gamma = 1,89$ t/m³

$\beta = 20^\circ$

$c = 2,0$ t/m²

$\Phi = 30^\circ$

$$F.S. = \frac{2,0t / m^2}{1,89t / m^3 \cdot 2,0m \cdot \cos^2 20^\circ \cdot tg 20^\circ} + \frac{tg 30^\circ \phi}{tg 20^\circ} = 1.66 + 1,60 =$$

$$F.S. = 3,26$$

$$H_{crit} = \frac{2,0t / m^2}{1,89t / m^3} \cdot \frac{1}{\cos^2 20^\circ (tg 20^\circ - tg 30^\circ)} = 5,52m$$



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

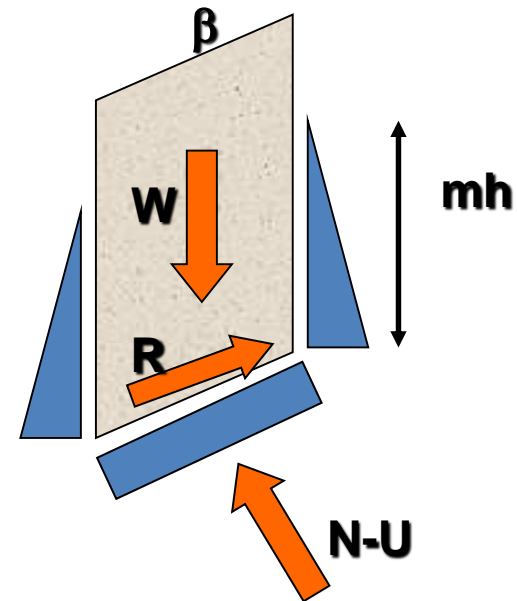
TALUD INFINITO

Expresión Aplicable en Suelos Saturados

$$FS = \frac{\frac{c'}{\gamma' \cdot h \cdot \cos^2 \beta} + \tan(\phi')}{\tan(\beta)}$$

Expresión Aplicable en Suelos Saturados en una altura igual a mh

$$FS = \frac{\frac{c'}{h \cdot \cos^2 \beta} + \tan(\phi') \cdot (\gamma - m\gamma_w)}{\gamma \cdot \tan(\beta)}$$





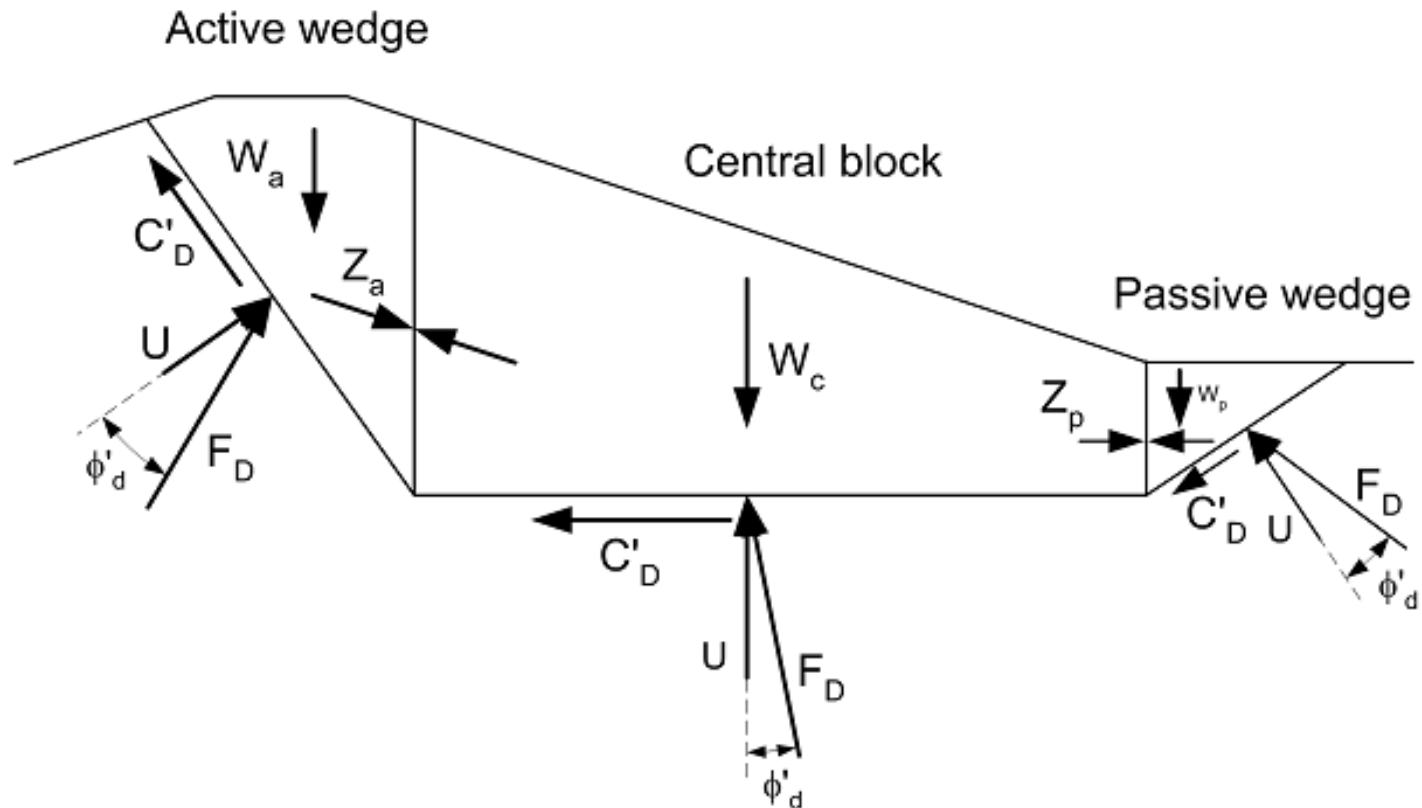
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

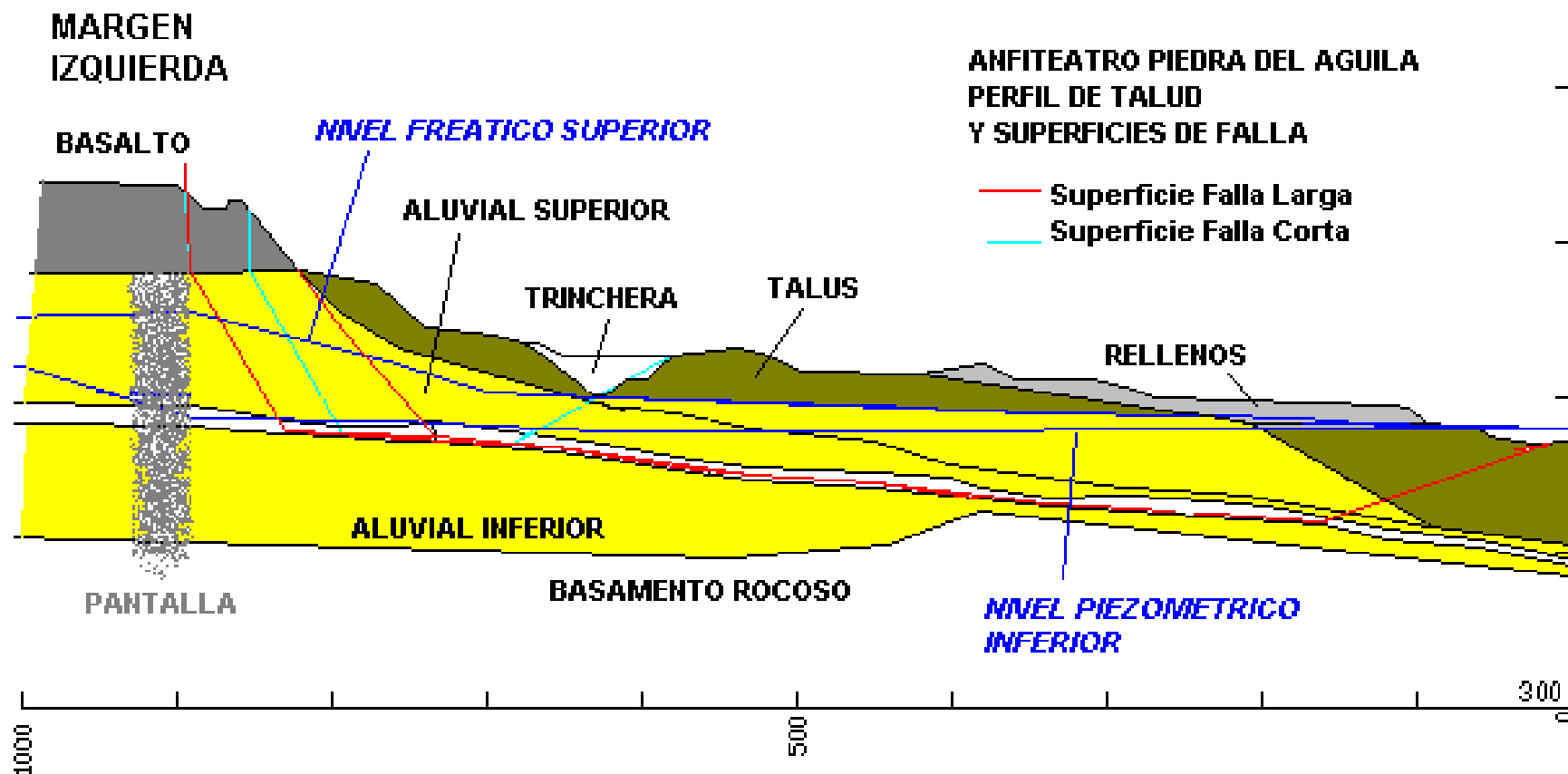
TALUD INFINITO

DESlizAMIENTO SOBRE PLANO DEBIL





DESlizamiento sobre plano debil (P. del Aguila)



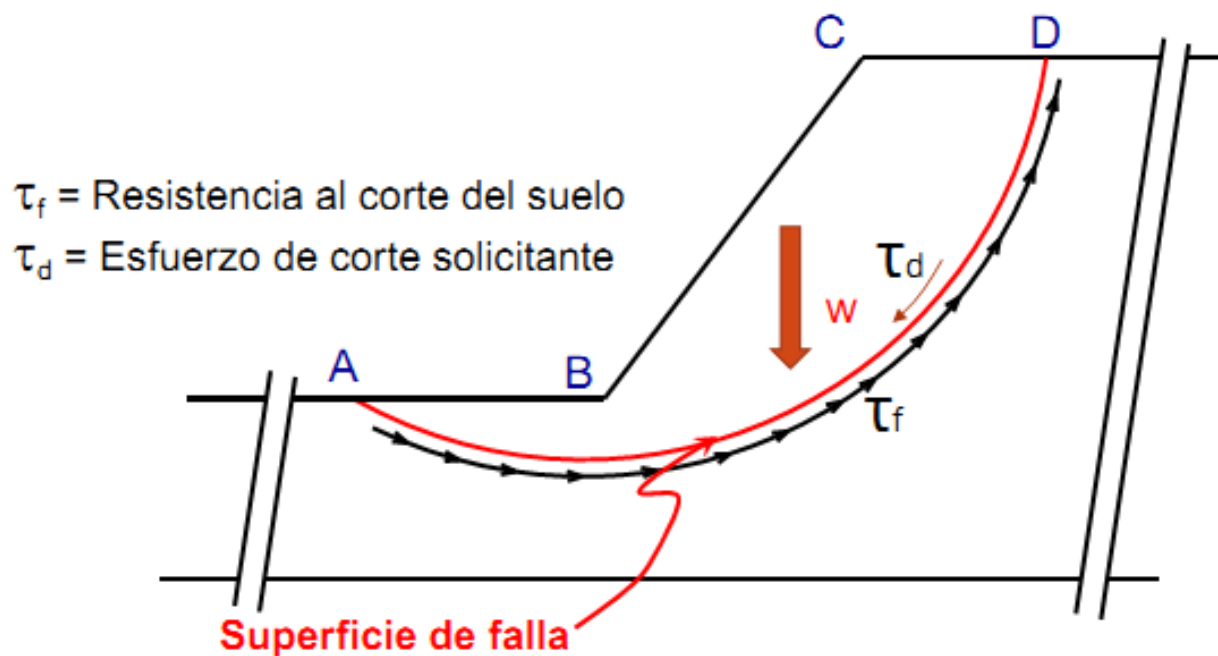


ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

FACTOR DE SEGURIDAD



$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad \rightarrow \quad FS = \frac{c + \sigma' \operatorname{tg}(\phi)}{c_d + \sigma' \operatorname{tg}(\phi_d)}$$

$$FS_c = \frac{c}{c_d} \quad FS_\phi = \frac{\operatorname{tg}(\phi)}{\operatorname{tg}(\phi_d)}$$



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

FALLA ROTACIONAL – MÉTODO SUECO

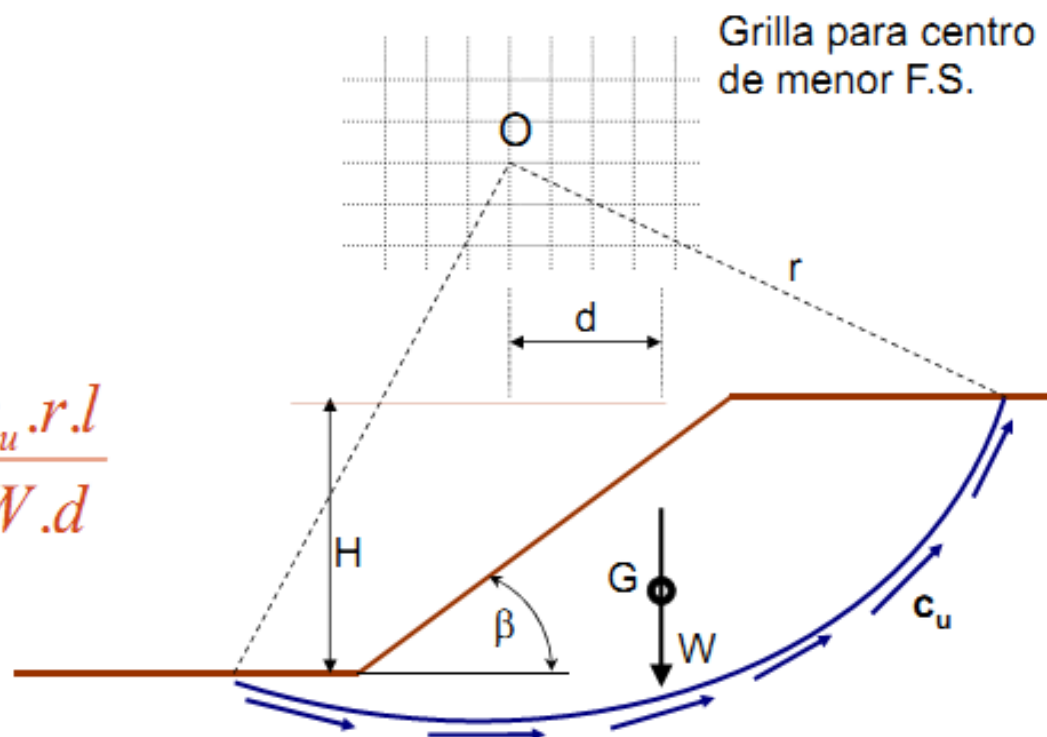
SUELO ARCILLOSO HOMOGENEO – CONDICIÓN NO DRENADA

$$\tau = c_u$$

$$M_m = W \cdot d$$

$$M_r = c_u \cdot r \cdot l$$

$$FS = \frac{M_r}{M_m} = \frac{c_u \cdot r \cdot l}{W \cdot d}$$





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

ROTACIONAL (TAYLOR)

CONCEPTOS BÁSICOS

- Procura establecer los parámetros necesarios para lograr equilibrio a corto plazo.
- El talud es homogéneo, definido por la superficie del terreno y un estrato rígido.
- El suelo es homogéneo e isótropo.
- Interesa conocer: cohesión, ángulo de fricción y peso unitario del suelo.
- Se desprecia la posibilidad de formación de fisura superior de tracción.

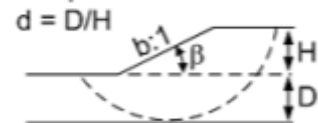
Slope circle



Toe circle



Deep circle





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

FALLA ROTACIONAL – METODO DE TAYLOR

SUELO ARCILLOSO HOMOGENEO – CONDICIÓN NO DRENADA

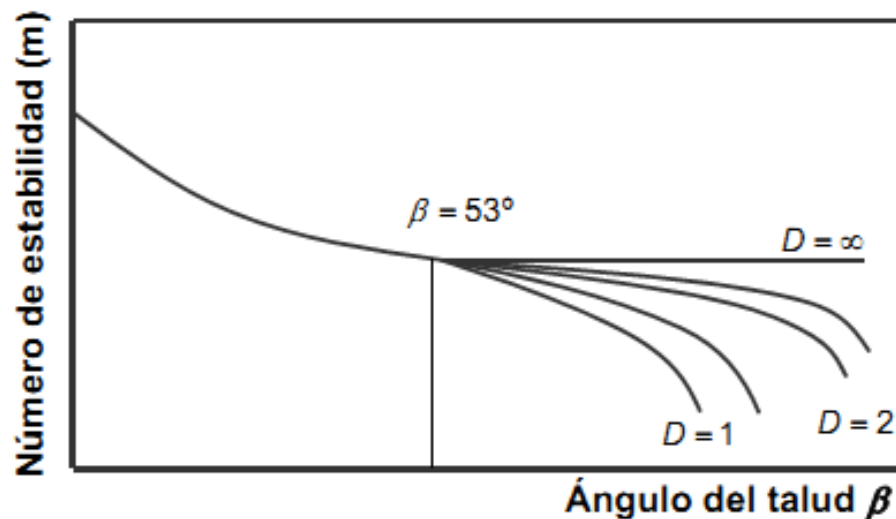
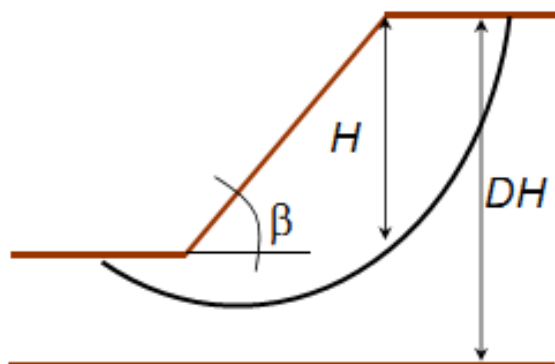
La solución analítica para círculos críticos:

$$c_d = \gamma H m$$

Siendo; m = número de estabilidad

$$m = \frac{c_u}{\gamma \cdot H}$$

Ábaco de diseño, solo
para arcillas saturadas
bajo condición no drenada





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

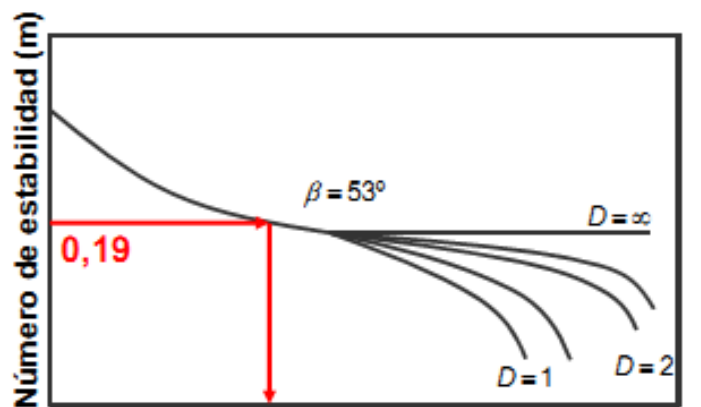
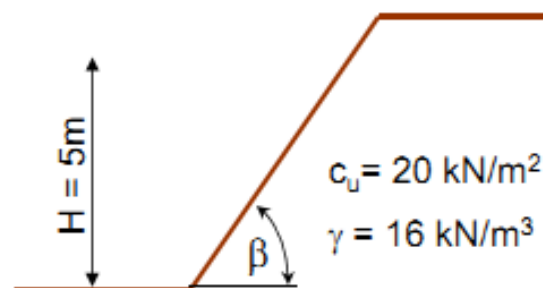
METODO DE CALCULO

EJEMPLO 1

Calcular el talud necesario para cubrir un desnivel de 5 metros. El material tiene un peso unitario de 16 kN/m^3 , y una resistencia al corte no drenada de $c_u = 20 \text{ kN/m}^2$. El proyecto exige un factor de seguridad de $FS = 1,3$. Emplear Taylor .

$$FS = \frac{c_u}{c_d} \rightarrow c_d = \frac{c_u}{FS} = \frac{20}{1,3} = 15,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$H = \frac{c_d}{\gamma m} \rightarrow m = \frac{c_d}{\gamma H} = \frac{15,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} 5\text{m}} = 0,19$$



→ $\beta = 60^\circ$

60° Ángulo del talud β



ESTABILIDAD DE TALUDES

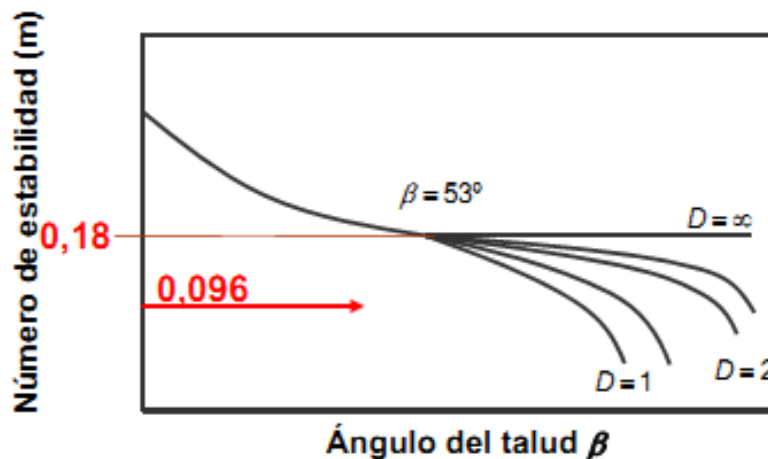
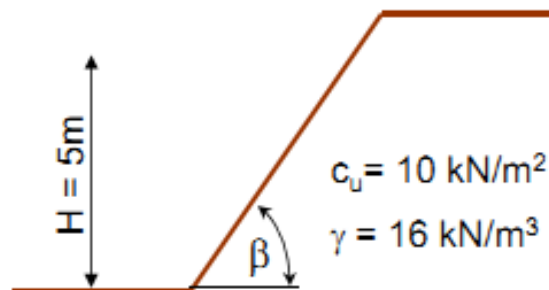
CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

EJEMPLO 2

Calcular el talud necesario para cubrir un desnivel de 5 metros. El material tiene un peso unitario de 16 kN/m^3 , y una resistencia al corte no drenada de $c_u = 10 \text{ kN/m}^2$. El proyecto exige un factor de seguridad de $FS = 1,3$. Emplear Taylor.

$$FS_c = \frac{c_u}{c_d} \quad c_d = \frac{c_u}{FS} = \frac{10,0}{1,3} = 7,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
$$m_d = \frac{c_d}{\gamma \cdot H} = \frac{7,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{16,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 5,0 \text{m}} = 0,096$$





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

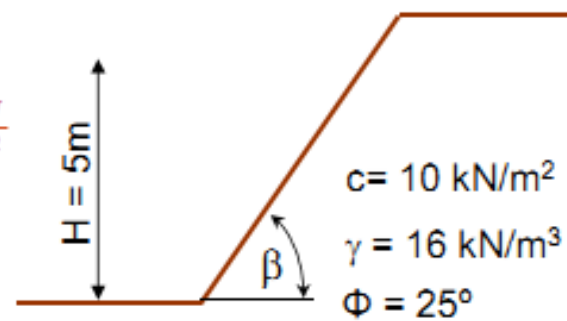
EJEMPLO 3

Calcular el talud necesario para cubrir un desnivel de 5 metros. El material tiene un peso unitario de 16 kN/m^3 , y una resistencia al corte drenada de $c = 20,0 \text{ kN/m}^2$ y un ángulo de fricción interna igual a 25° . El proyecto exige un factor de seguridad de $FS = 1,3$.

$$FS_c = \frac{c}{c_d} \longrightarrow c_d = \frac{c}{FS} = \frac{10,0}{1,3} = 7,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$m_d = \frac{c_d}{\gamma \cdot H} = \frac{7,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{16,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 5,0 \text{m}} = 0,096$$

$$FS_\phi = \frac{\text{tg}\phi}{\text{tg}\phi_d} \longrightarrow \text{tg}\phi_d = \frac{\text{tg}\phi}{FS} = \frac{\text{tg}25^\circ}{1,3} = 0,358 \longrightarrow \phi_d = 19,7^\circ \approx 20^\circ$$



■ $m = 0,097$
■ $\Phi = 20^\circ$

} \longrightarrow Gráfico de Taylor

$\beta = 60^\circ$

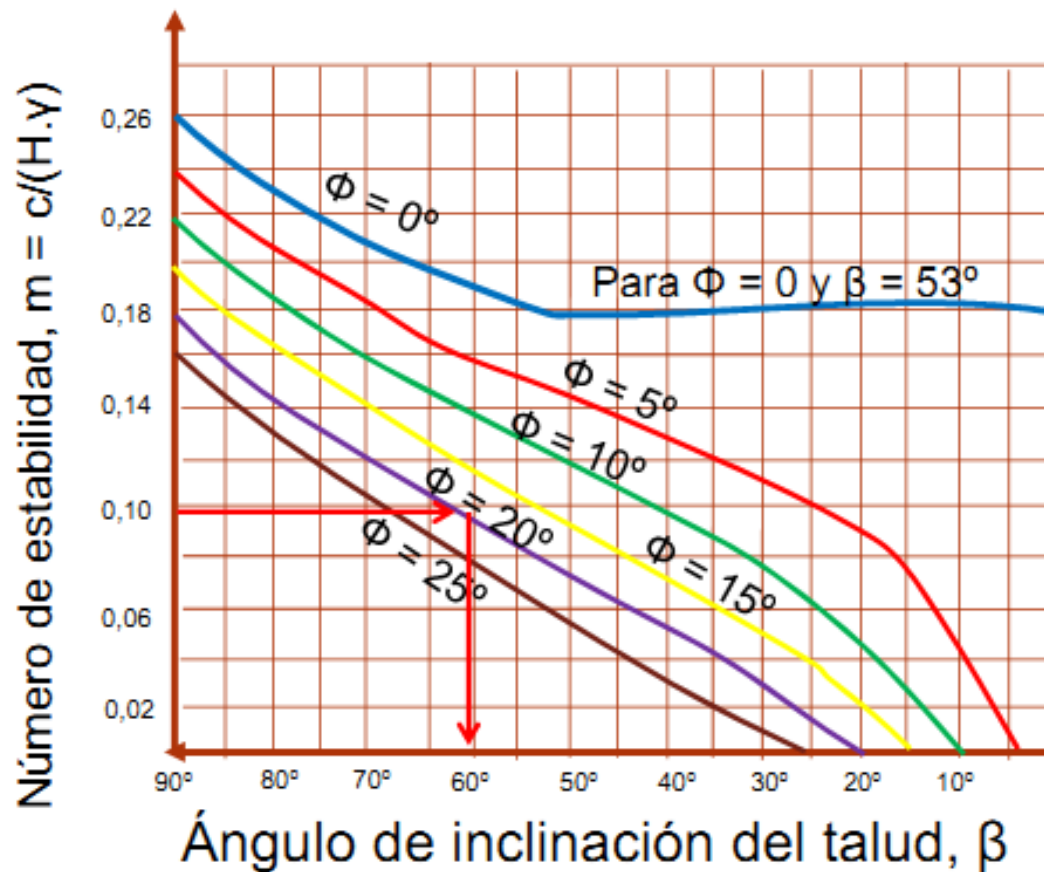


ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

EJEMPLO 3



$$\beta = 60^\circ$$



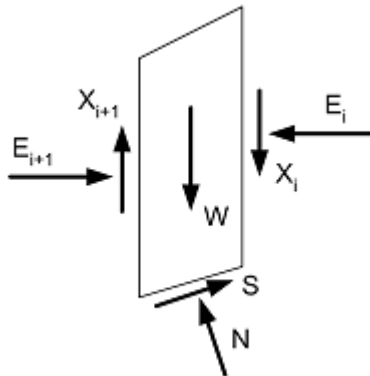
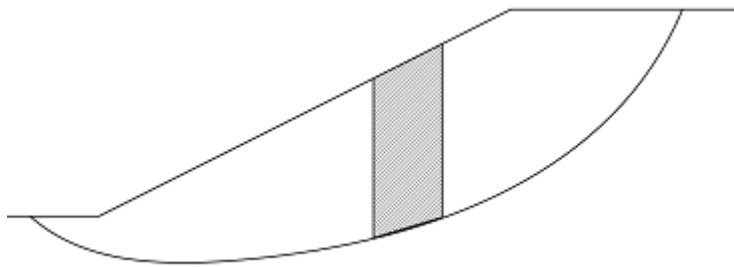
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

DOVELAS

CONCEPTOS GENERALES



1. Aplica el concepto clásico de FS como relación entre resistencia y sollicitación

$$F = \frac{c' + (\sigma - u) \tan \phi'}{\tau}$$

2. Se considera el equilibrio en las dovelas en que se divide la masa deslizante. Fuerzas interdovelas
3. El número de variables (5n-2) del sistema "excede" a la cantidad de ecuaciones de equilibrio (3n).



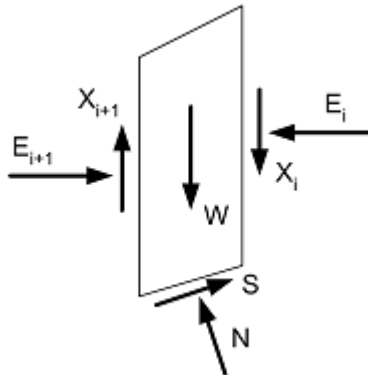
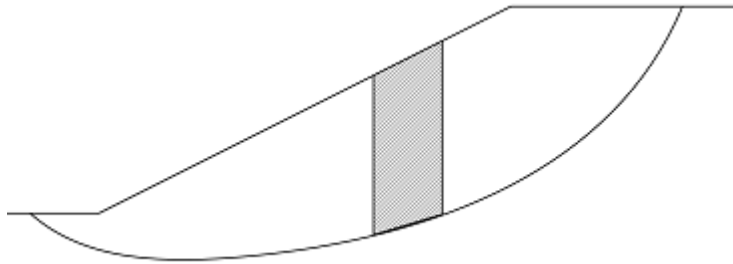
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

DOVELAS

CONCEPTOS GENERALES



LIMITACIONES DE LOS METODOS DE EQUILIBRIO

1. Se asume que el factor de seguridad es una constante en toda la superficie de falla (falla instantánea).
2. Las relaciones tensión – deformación (el estado tensional inicial) no tienen influencia en el método (no interviene la relación constitutiva).
3. La aplicación “irrestricta” del método puede derivar en fuerzas importantes o negativas en sectores no razonables.
4. El proceso de cálculo es iterativo, lo cual implica que no se pueda “asegurar” la localización de la peor de las superficies.



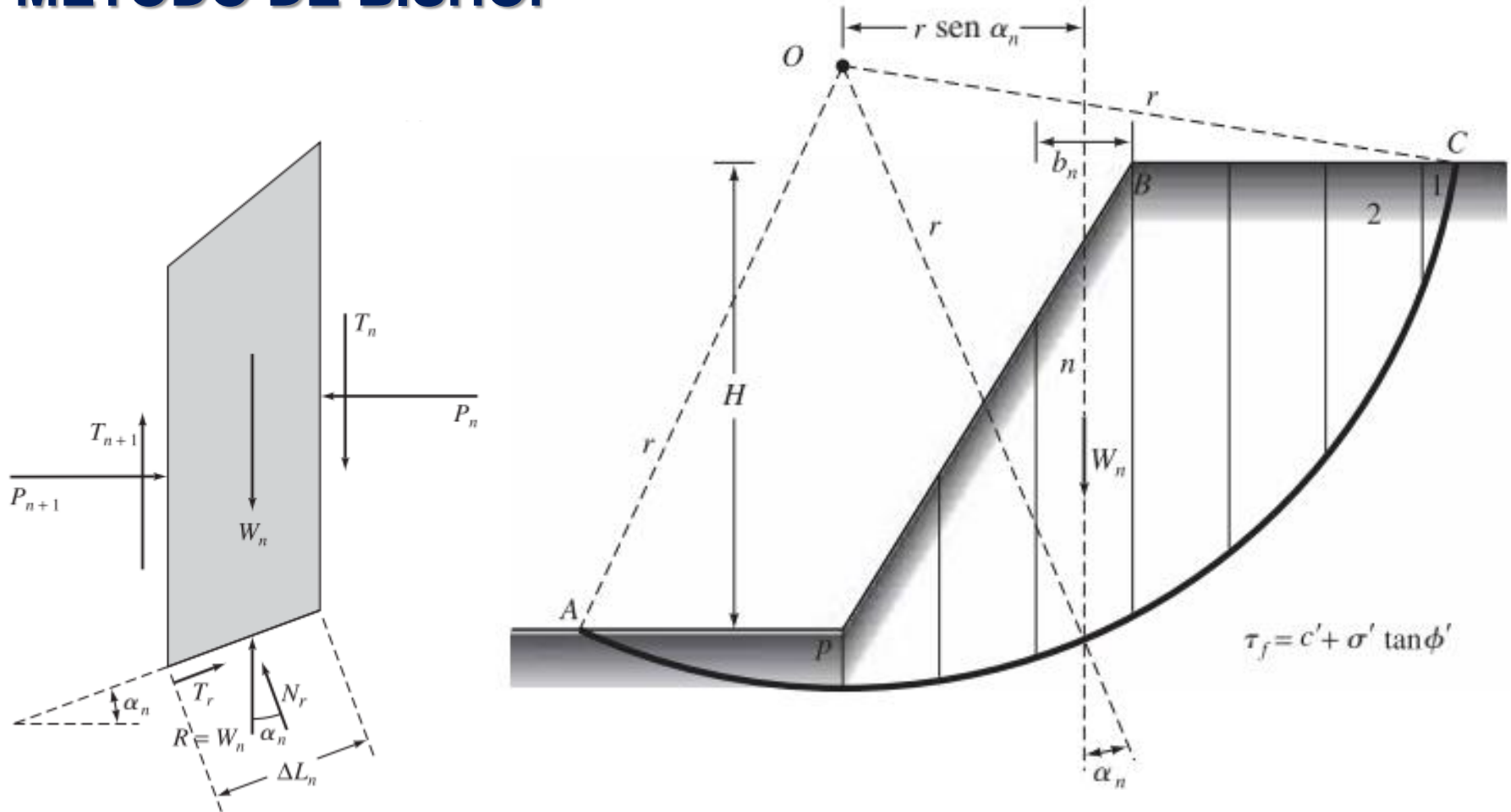
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

DOVELAS

METODO DE BISHOP





ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

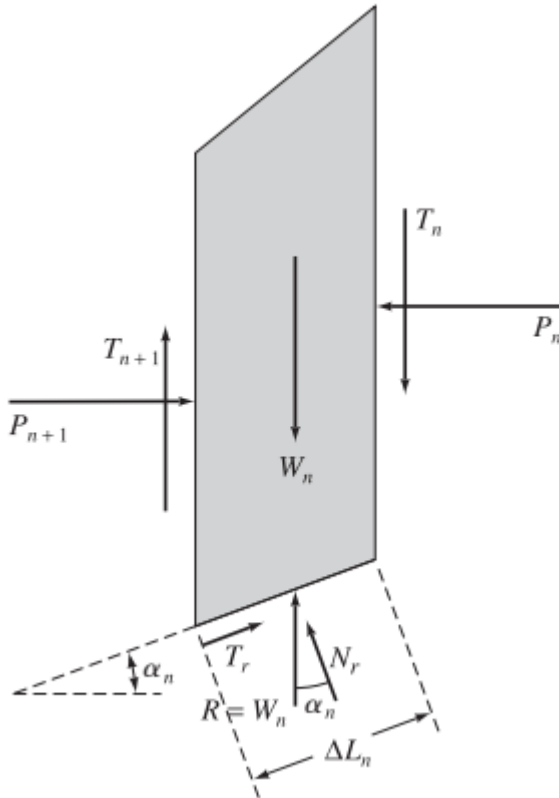
METODO DE CALCULO

DOVELAS

METODO DE BISHOP

$$P_n - P_{n+1} = \Delta P \text{ y } T_n - T_{n+1} = \Delta T.$$

Equilibrio de Momento respecto O



$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n r \sin \alpha_n = \sum_{n=1}^{n=p} T_r r$$

$$FS_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c' b_n + W_n \tan \phi') \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n}$$

$$m_{\alpha(n)} = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi' \sin \alpha_n}{FS_s}$$



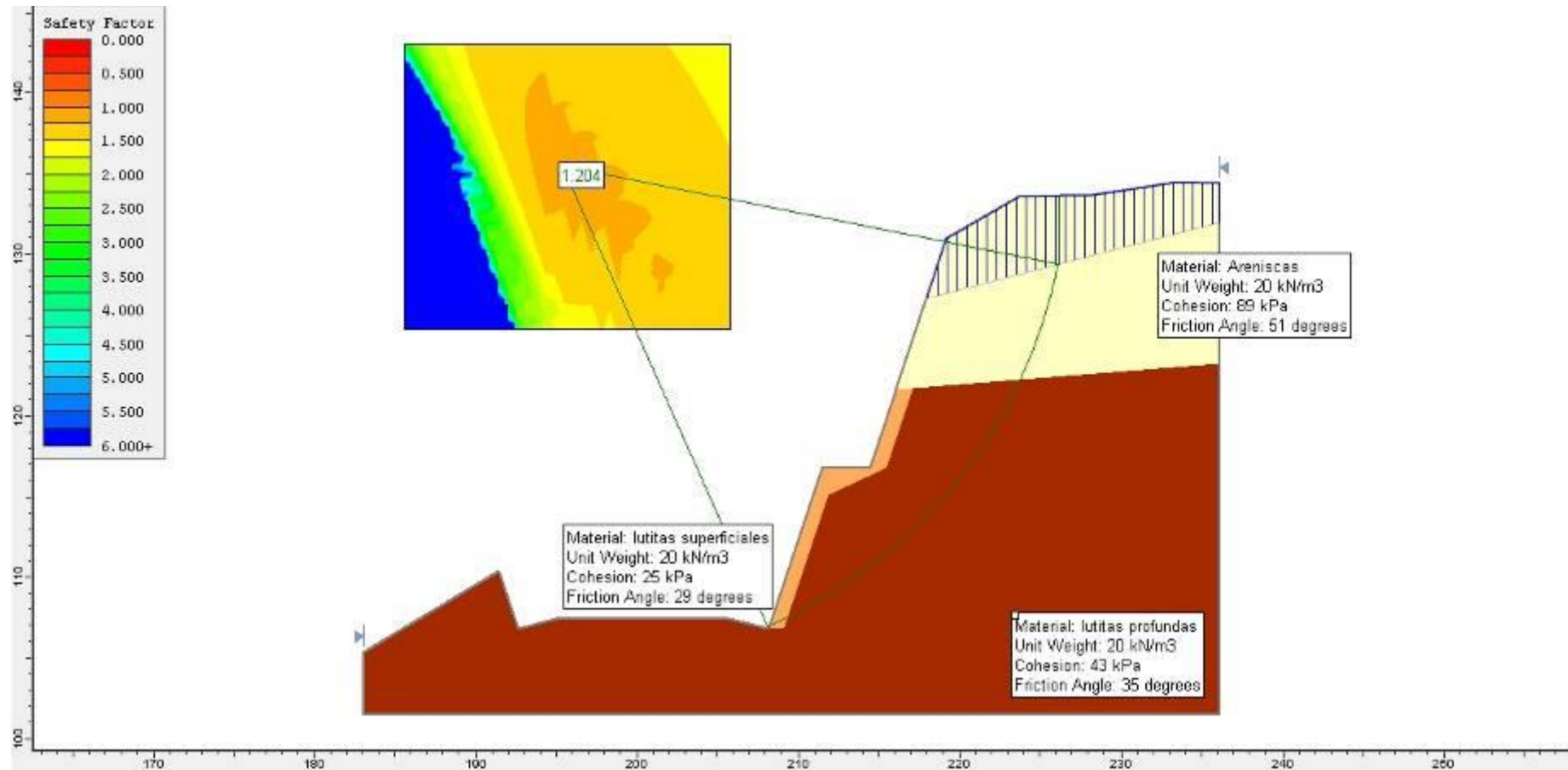
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

DOVELAS

Movimiento en Masa





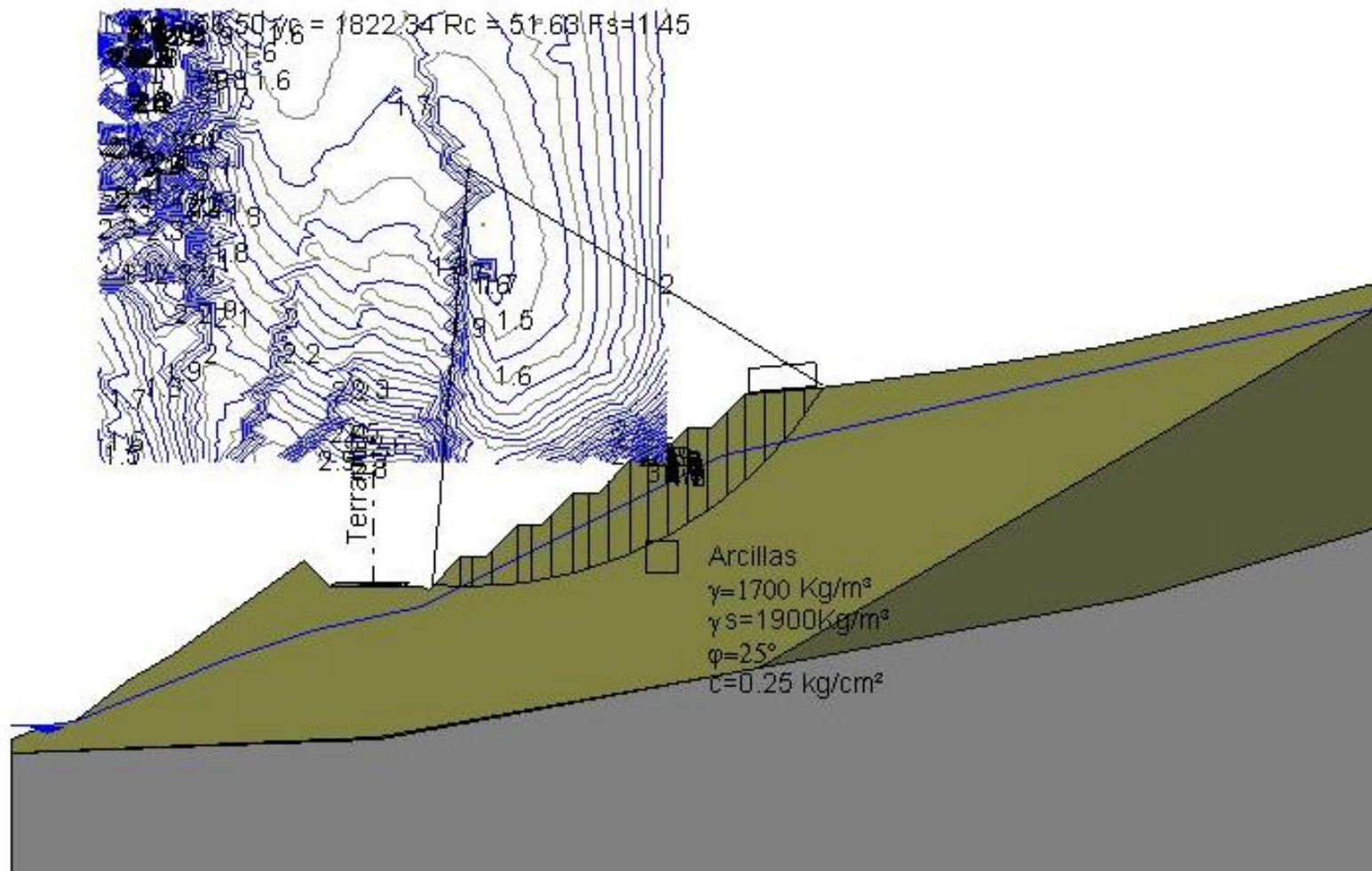
ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

DOVELAS

Movimiento en Masa

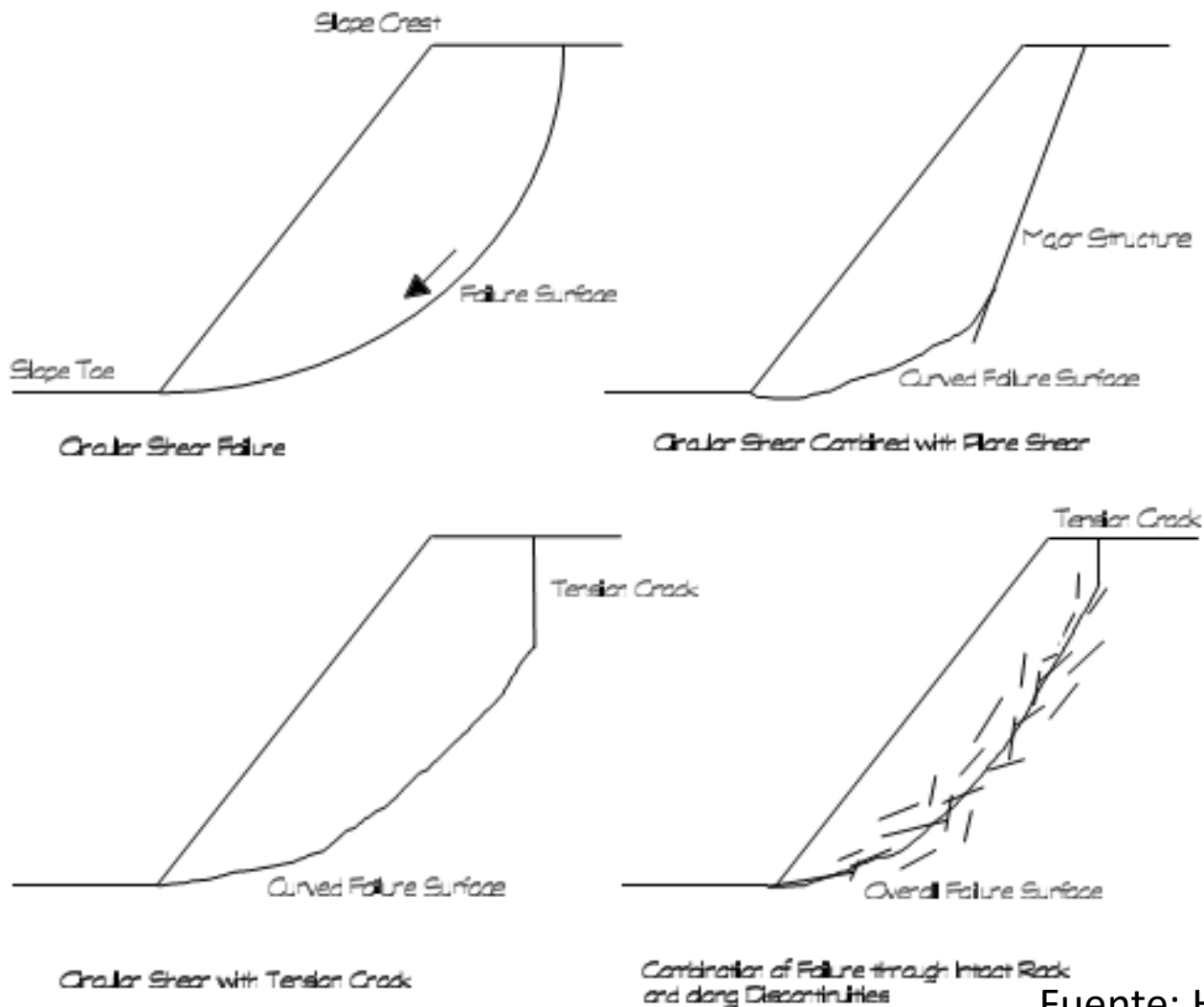




ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

SUPERFICIE DE FALLA ROTACIONAL





ESTABILIDAD DE TALUDES

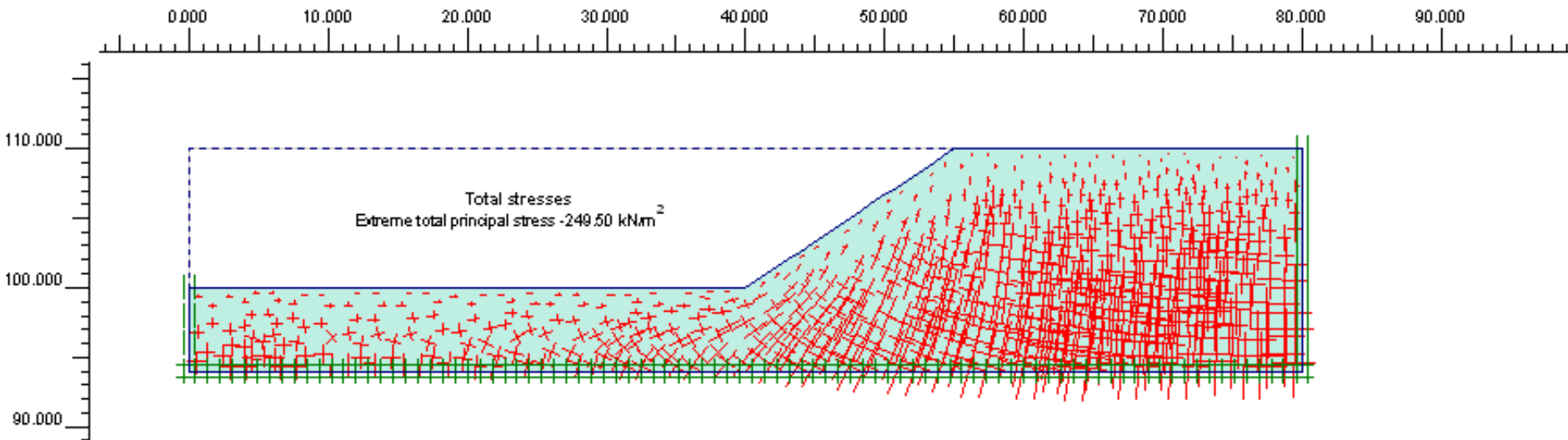
CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

ELEMENTOS FINITOS

CARACTERÍSTICAS:

- El espacio de análisis se divide en fracciones componentes.
- Se deben establecer relaciones entre tensiones y deformaciones
 - Modelos de falla (Mohr Coulomb – Rigidización – Ablandamiento, etc.).
 - Parámetros resistentes.
- Posibilidad de análisis de fallas progresivas.





ESTABILIDAD DE TALUDES

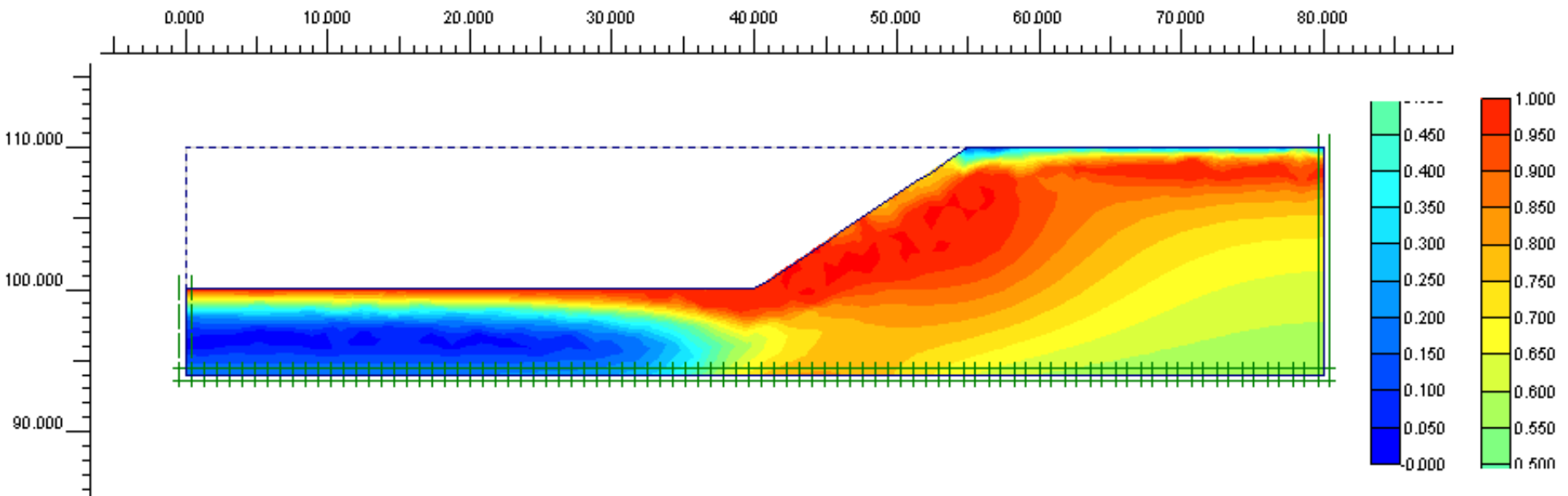
CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

ELEMENTOS FINITOS

RESULTADOS

- Evaluación del estado tensión en forma comparativa con el criterio de falla.
- Análisis en forma “puntual” en la totalidad del espacio simulado.
- Precaución en la fijación de las “condiciones de borde”
Tracciones en los bordes de modelación.





ESTABILIDAD DE TALUDES

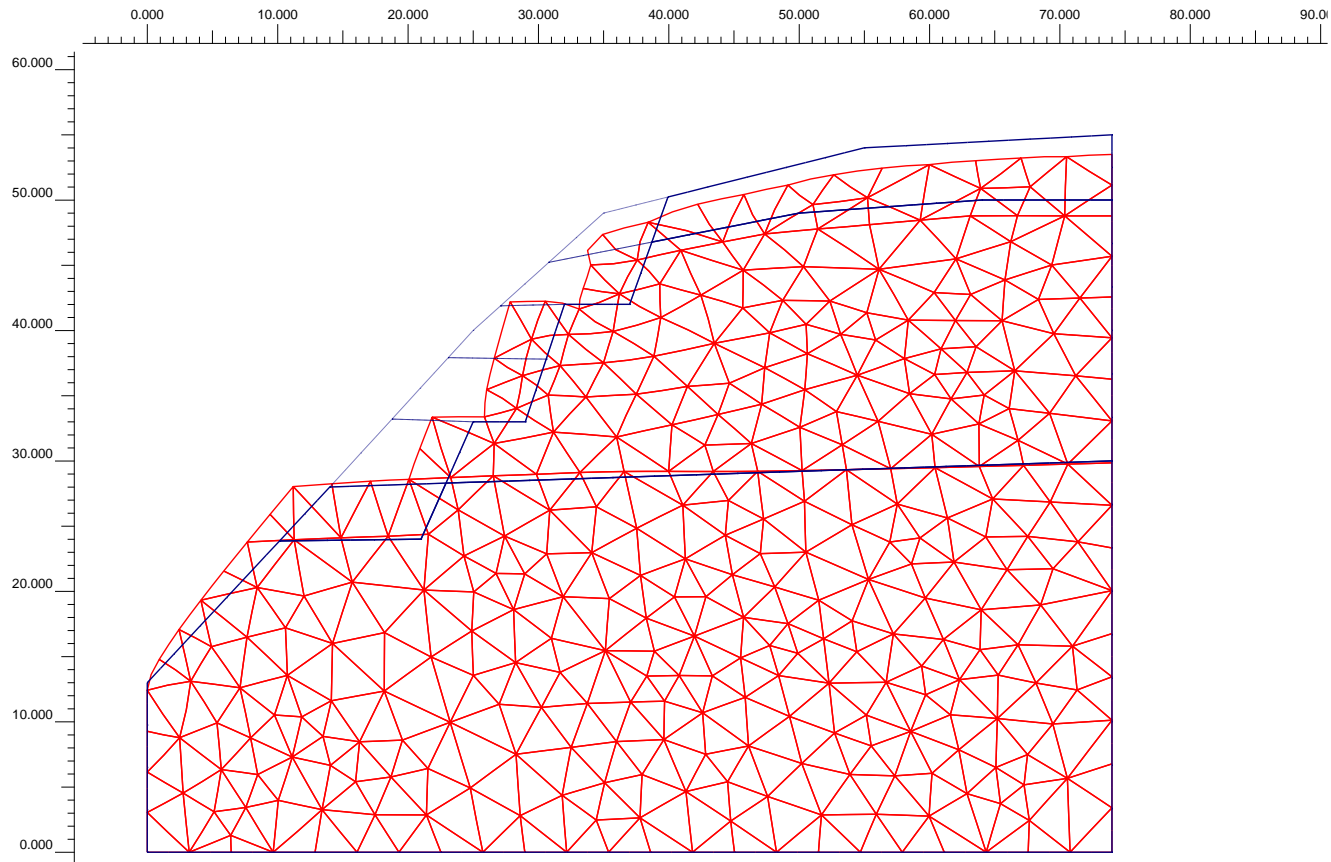
CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

METODO DE CALCULO

ELEMENTOS FINITOS

RESULTADOS

- Simulación de procesos constructivos



Deformed Mesh
Extreme total displacement $60.38 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements scaled up 100.00 times)



ESTABILIDAD DE TALUDES

CURSO DE GRADO GEOTECNIA II

TEMAS ...

EJEMPLOS DE INESTABILIDADES



VIDEOS

- Falla rotaciones y alud





VIDEOS

- Falla rotaciones y alud

