

FACTOR DE SEGURIDAD

ROTURA POR CUÑA

Analítico

Proyecciones

Ábacos

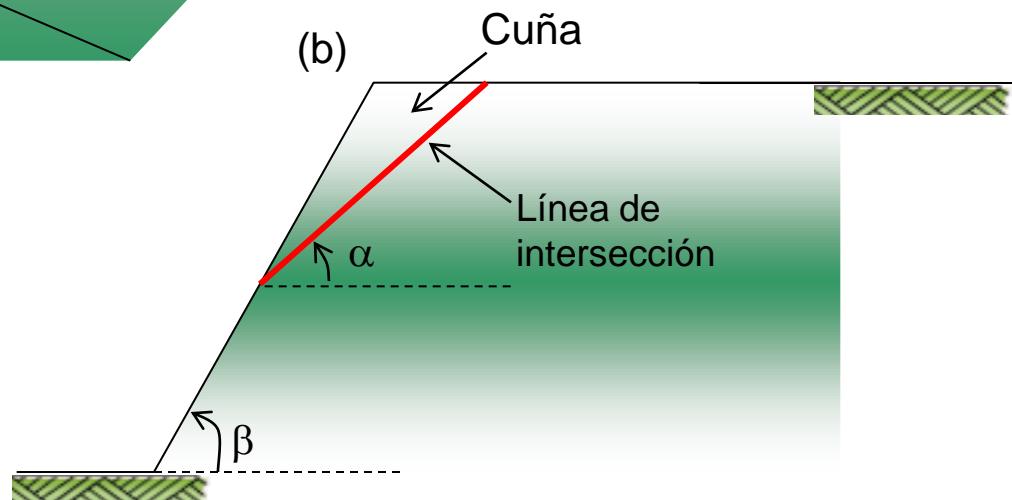
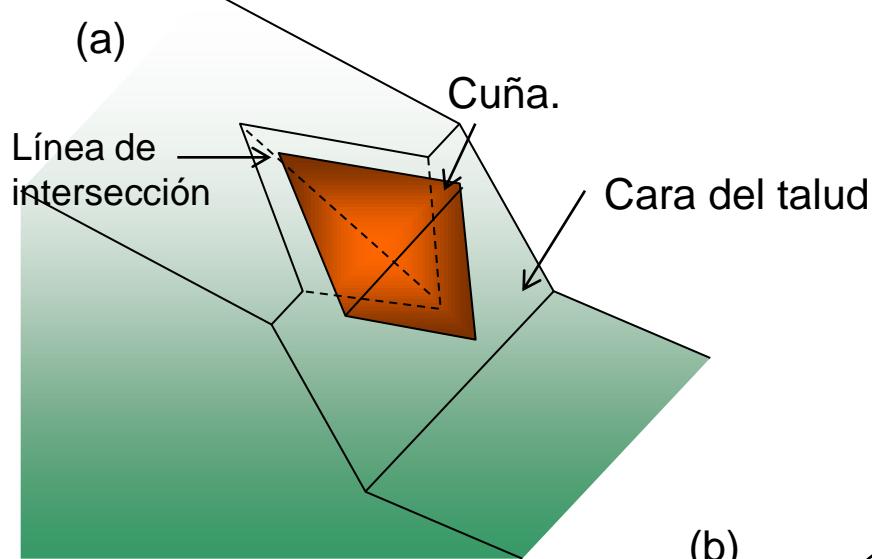
Simulación

Prof. Norly Belandria, Dra
Grupo de Investigación GIGA
Departamento de Geomecánica

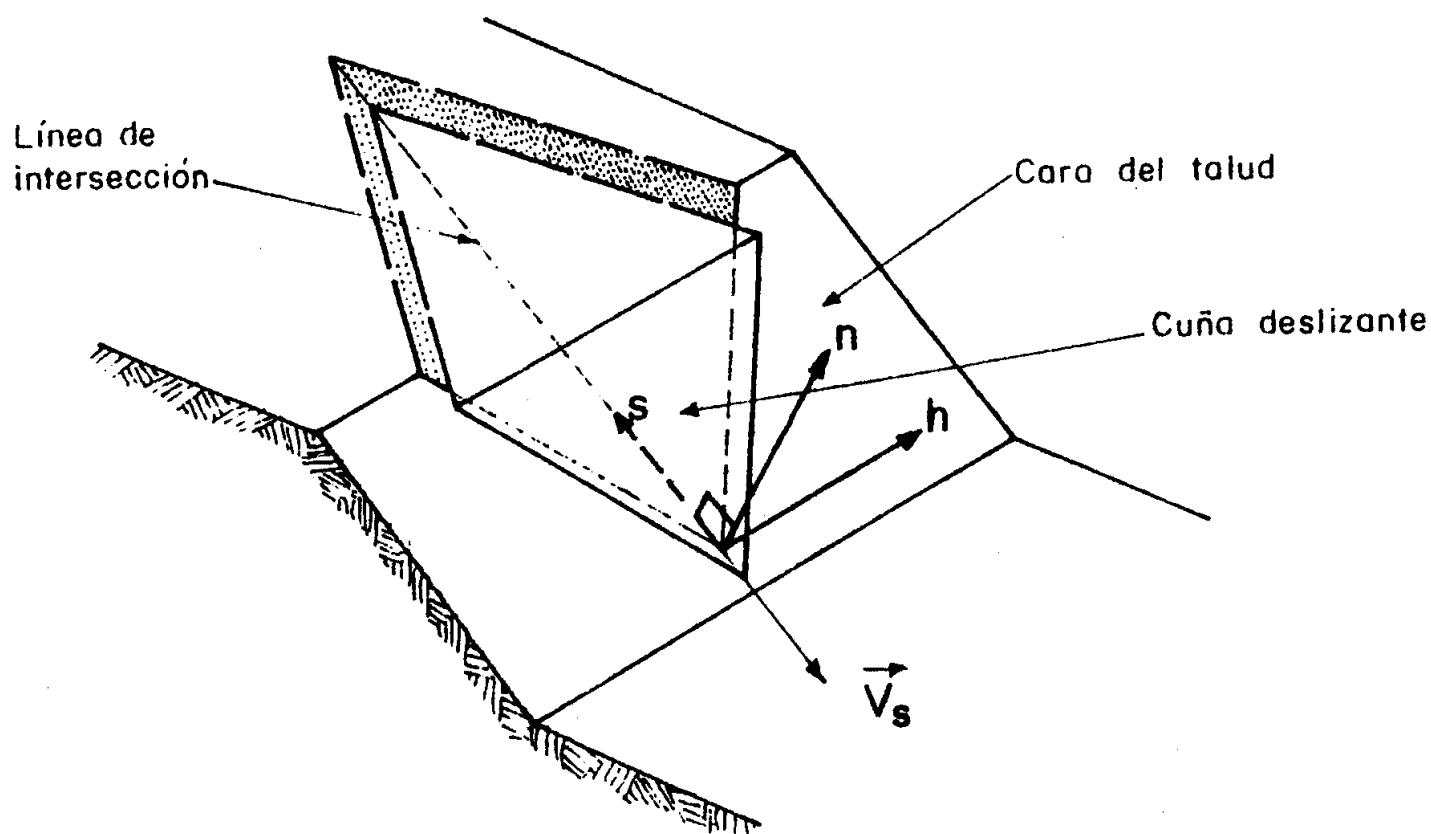


FS_Rotura_cuña by [Norly Belandria](#)
is licensed under a [Creative Commons](#)
[Reconocimiento-NoComrcial-Compartirlqual 4.0](#)
[Internacional License](#).

ROTURA POR CUÑA



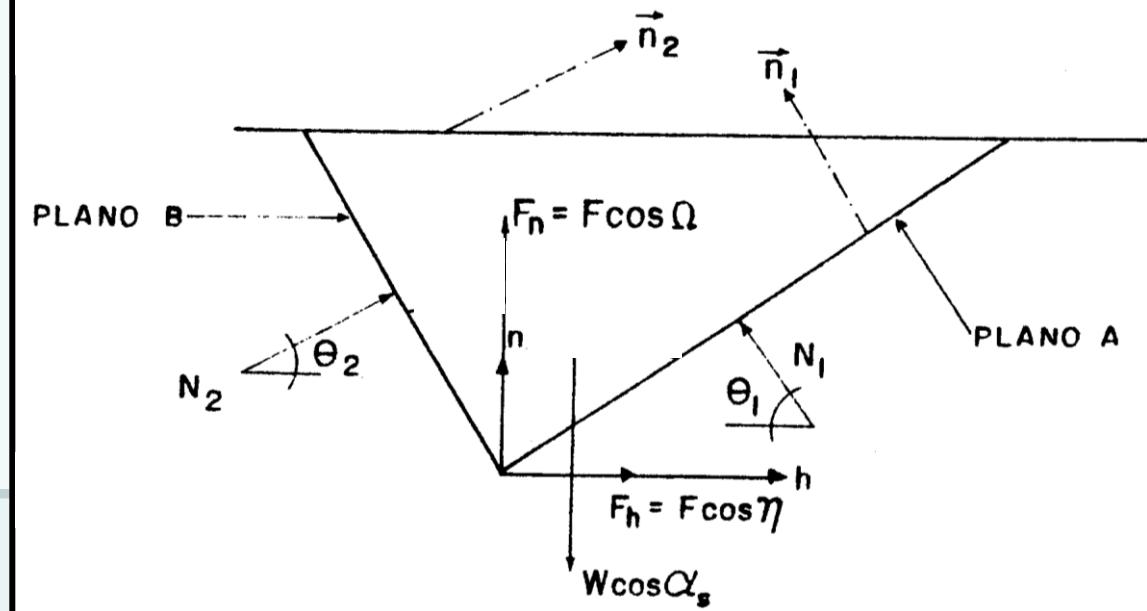
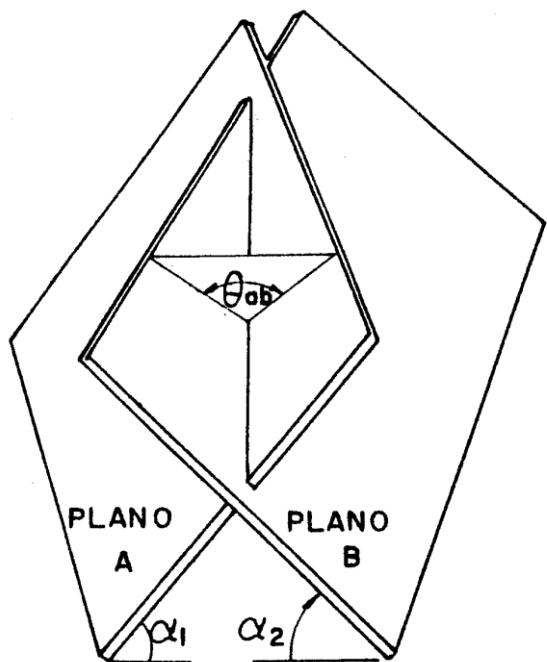
ROTURA POR CUÑA



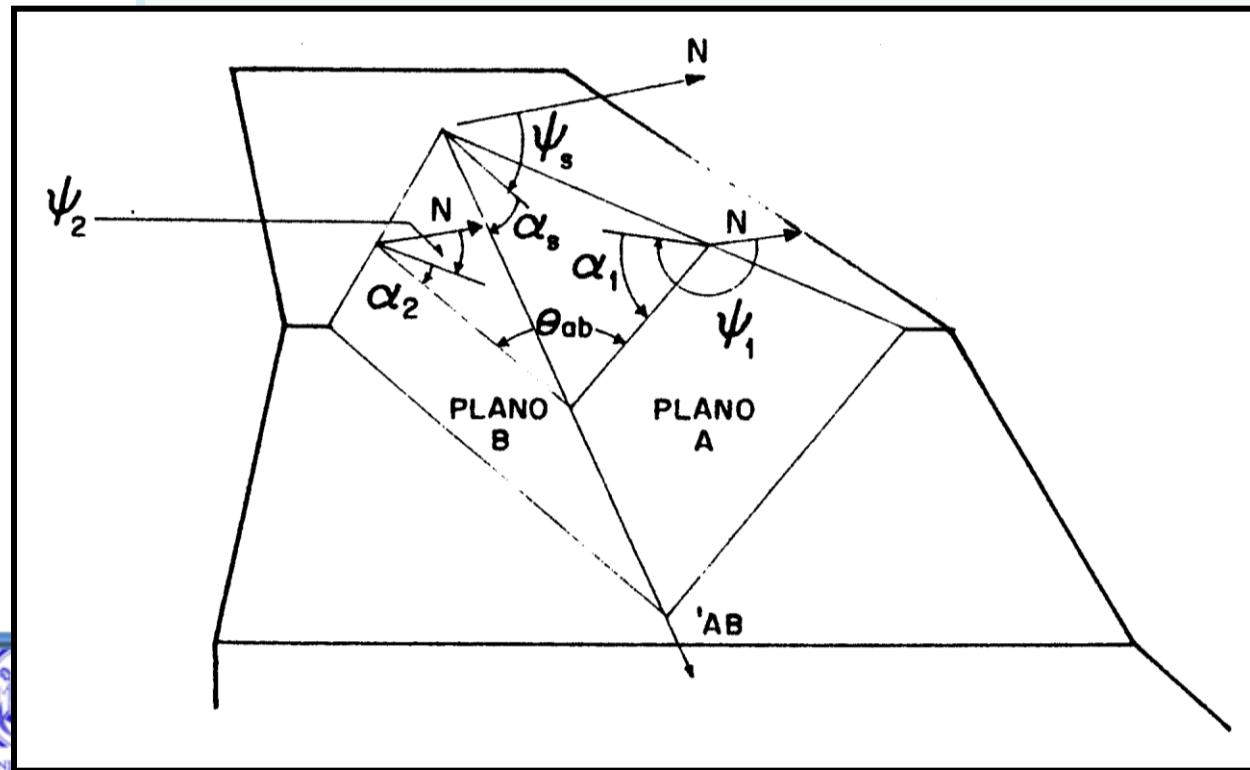
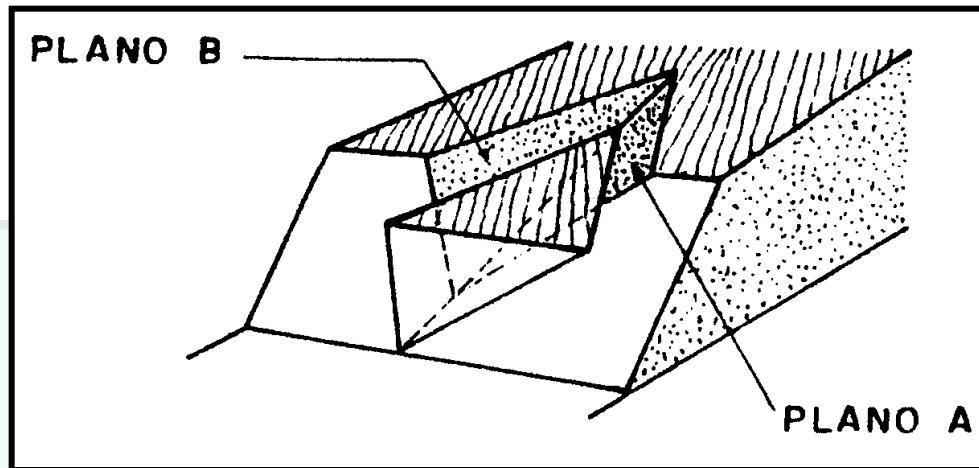
La Cuña de roca depende de:

- Ángulo de fricción interna de ambas discontinuidades ϕ_1, ϕ_2 .
- Ángulos formados con los planos de deslizamiento y un vector normal con respecto al plano horizontal θ_1, θ_2 .
- Ángulo de inmersión (α_s), (la intersección de los dos planos de discontinuidades, es una línea, el ángulo que forma dicha línea con un plano horizontal es el ángulo de inmersión).
- Buzamiento y dirección de buzamiento del plano de discontinuidad A α_1, ψ_1 .
- Buzamiento y dirección de buzamiento del plano de discontinuidad B α_2, ψ_2 .
- Buzamiento y dirección de buzamiento de la línea de intersección de los dos planos α_s, ψ_s .

ROTURA POR CUÑA



ROTURA POR CUÑA



Ecuación para determinar la dirección de buzamiento de la línea de intersección,

$$\tan \psi_s = \left[\frac{\tan \alpha_1 \cos \psi_1 - \tan \alpha_2 \cos \psi_2}{\tan \alpha_2 \sin \psi_2 - \tan \alpha_1 \sin \psi_1} \right]$$

$$\alpha_2 > \alpha_1$$

Ecuación para determinar el buzamiento de la línea de intersección,

$$\tan \alpha_s = [\tan \alpha_2 \cos(\psi_2 - \psi_s)]$$

Ecuación para determinar los ángulos formados por los planos de deslizamiento con el plano vertical.

$$\operatorname{sen} \theta_1 = \operatorname{sen} \alpha_1 \cdot \operatorname{sen} \alpha_s \cdot \cos(\psi_s - \psi_1) + \cos \alpha_1 \cos \alpha_s$$

$$\operatorname{sen} \theta_2 = \operatorname{sen} \alpha_2 \cdot \operatorname{sen} \alpha_s \cdot \cos(\psi_s - \psi_2) + \cos \alpha_2 \cos \alpha_s$$

$$\cos \theta_{ab} = \operatorname{sen} \alpha_1 \cdot \operatorname{sen} \alpha_2 \cdot \cos(\psi_2 - \psi_1) + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2$$

$$\boxed{\theta_1 + \theta_2 = 180 - \theta_{ab}}$$

Estabilidad de la cuña por el FS:

$$FS = \frac{(C_1 A_1 + N_1 \cdot \tan \phi_1) + (C_2 A_2 + N_2 \cdot \tan \phi_2)}{R \sin(\alpha_s + \varepsilon)}$$

Considerando:

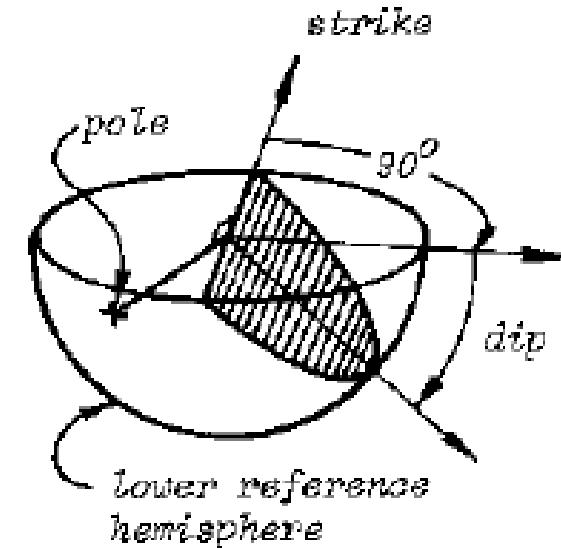
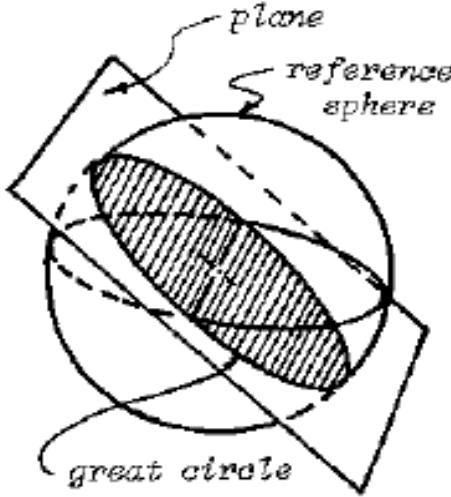
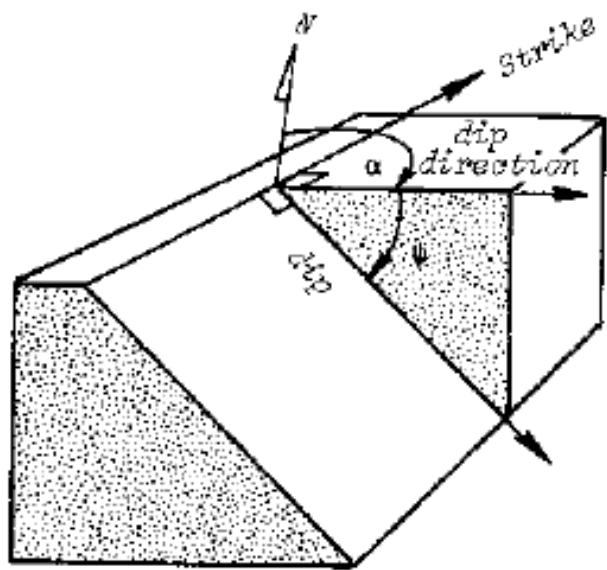
Los planos de fractura están abiertos $C_1=C_2=0$

No se toma en cuenta el efecto de la presión intersticial.

$$FS = \frac{(\cos \theta_2 \cdot \tan \phi_1) + (\cos \theta_1 \cdot \tan \phi_2)}{\tan(\alpha_s + \varepsilon) \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

Proyección estereográfica:

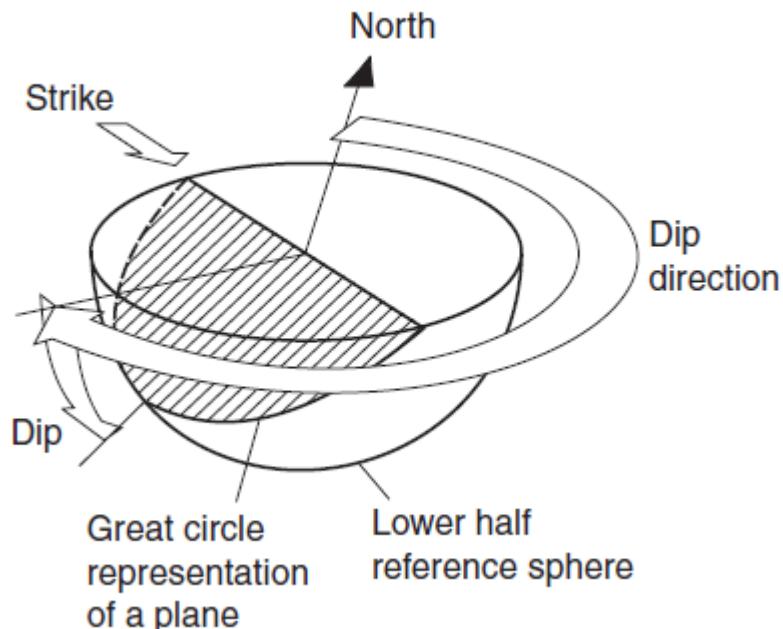
- 1.- Dibujar rumbo y buzamiento de las discontinuidades (o buzamiento y dirección de buzamiento). $(\alpha_1, \psi_1; \alpha_2, \psi_2)$
- 2.- Marcar la línea de intersección. (α_s, ψ_s)
- 3.- Dibujar el polo de la discontinuidad. $(\theta_1, \theta_2, \theta_{ab})$



Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes

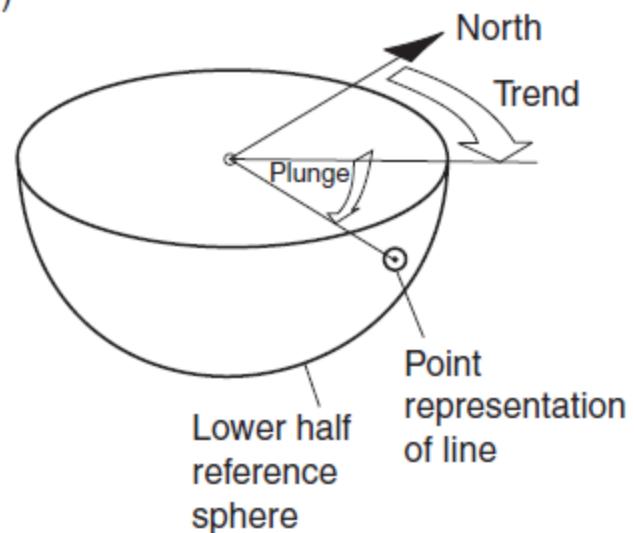
Representación del Buzamiento y la dirección de buzamiento de un plano.

(a)



Representación de una línea en con plunge y trend (inmersión y dirección)

(b)

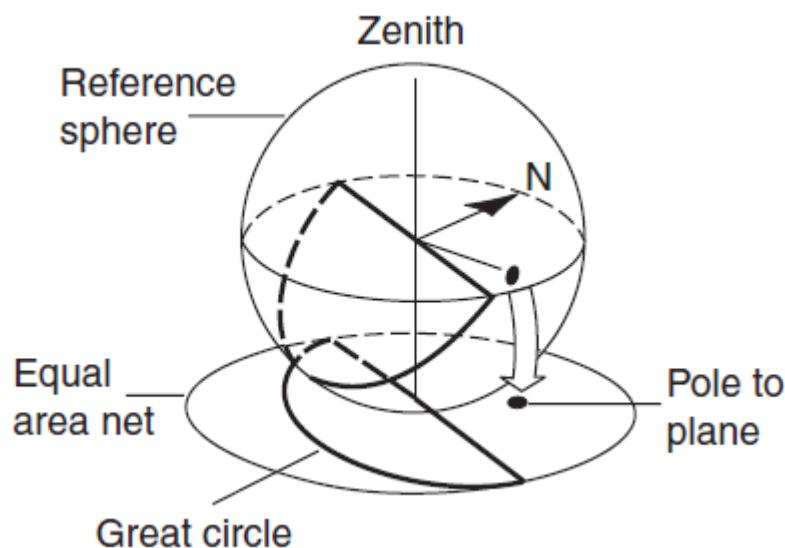


*Tomado de: Duncan and Christopher (2004) Rock slope engineering civil and mining

Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes

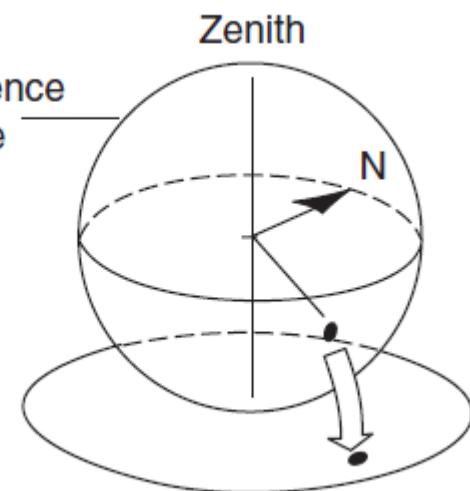
Proyección de un plano en el gran círculo con su correspondiente polo .

(a)



Proyección de una línea corresponde a un polo

(b)

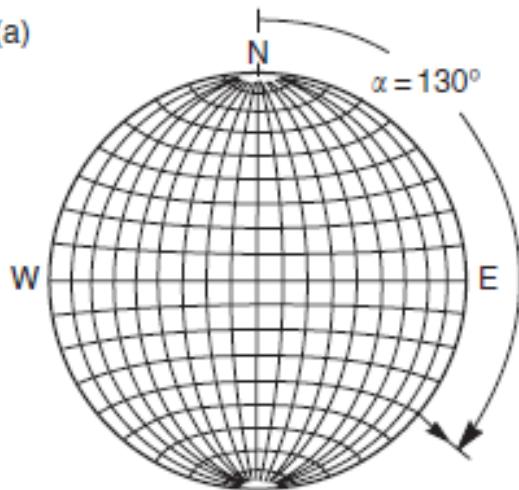


*Tomado de: Duncan and Christopher (2004)Rock slope engineering civil and mining

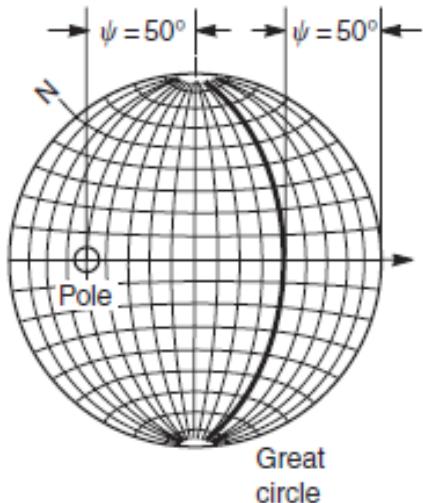
Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes

Construcción de un polo y un gran circulo de un plano cuya orientación es, 50 de buzamiento y 130 de dirección de buzamiento

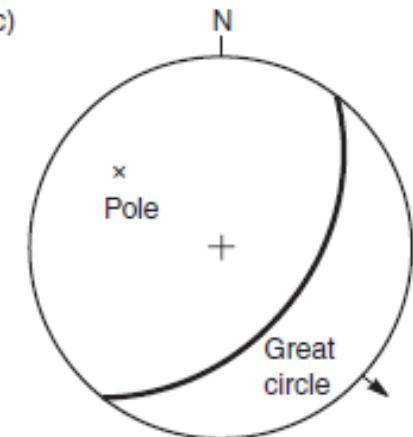
(a)



(b)



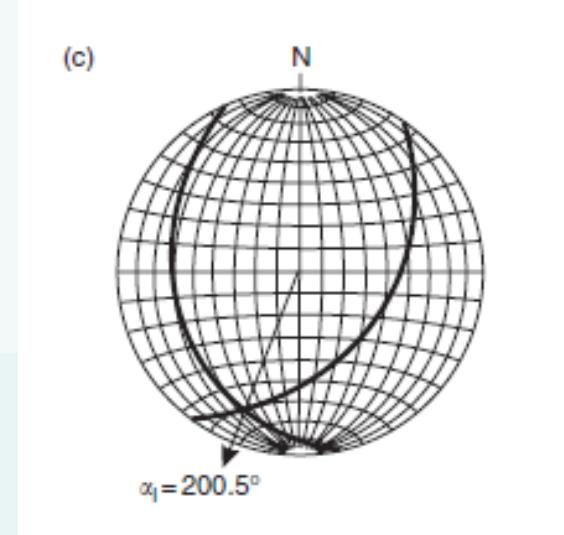
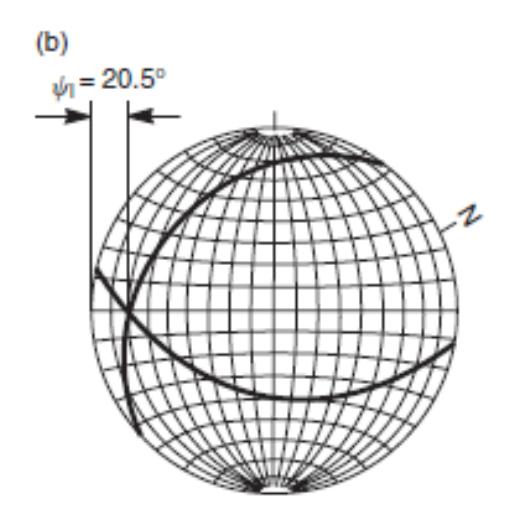
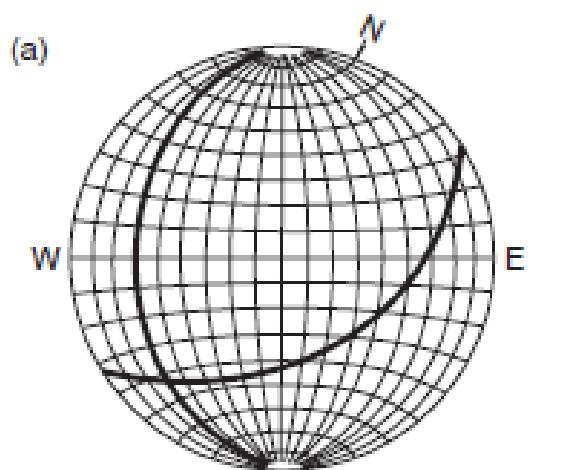
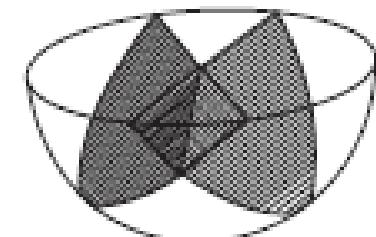
(c)



*Tomado de: Duncan and Christopher (2004)Rock slope engineering civil and mining

Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes

Determinación de la orientación (plunge and trend) de la línea de intersección entre dos planos con orientación de (50/130) y (30/250)

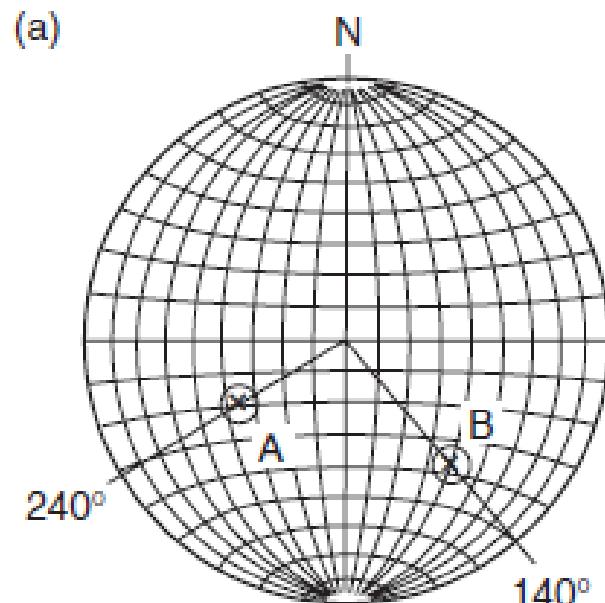


*Tomado de: Duncan and Christopher (2004)Rock slope engineering civil and mining

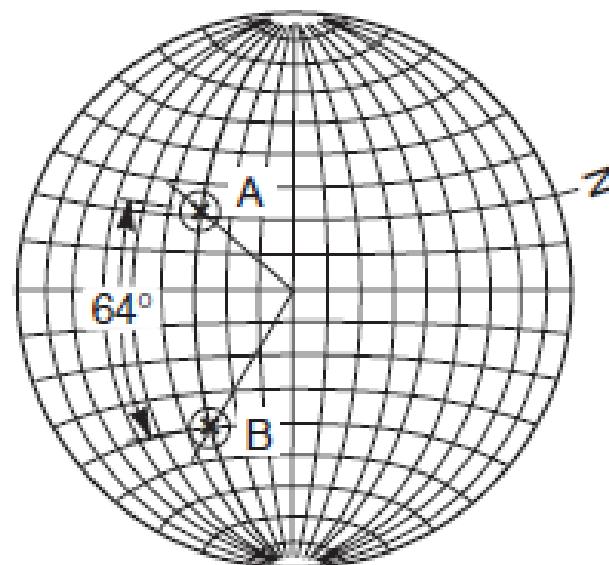
Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes

Determinación del ángulo entre líneas
(representadas por polos) con orientación, (54/240) y
(40/140)

(a)



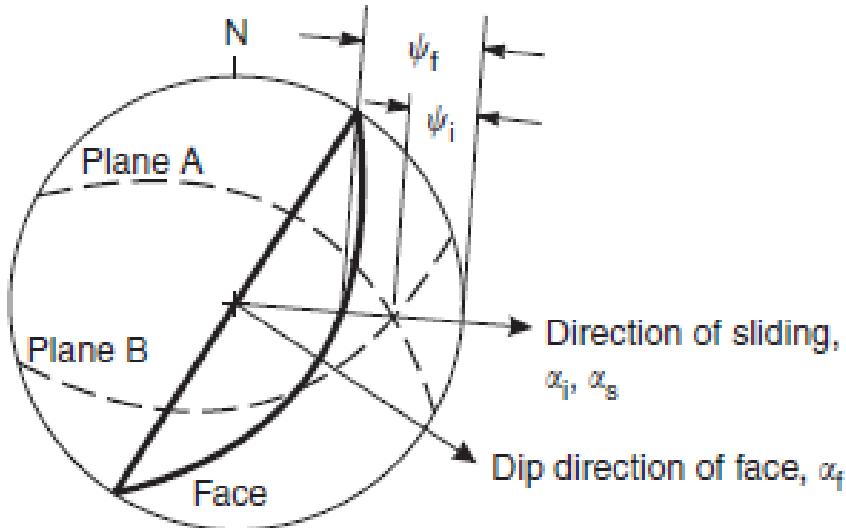
(b)



*Tomado de: Duncan and Christopher (2004) Rock slope engineering civil and mining

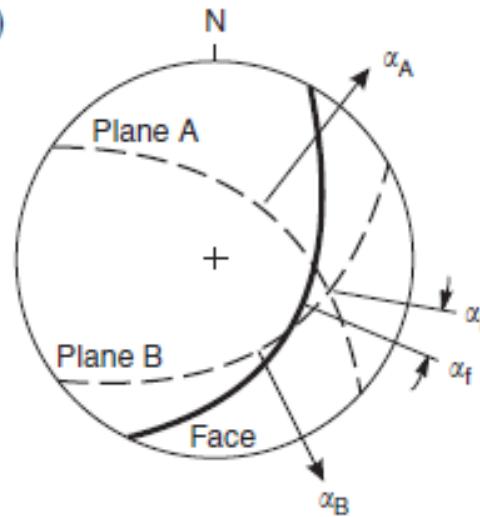
Geotecnia: Tema 4 Estabilidad

(a)



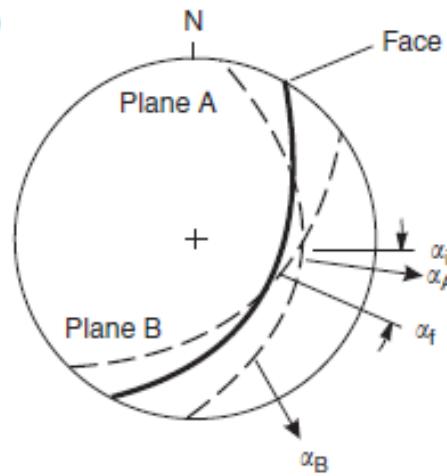
Cinemáticamente ocurre la rotura en cuña, debido a que cumple con las condiciones para que se genere este tipo de rotura

(b)



La rotura ocurre a lo largo de la línea de intersección

(c)



La rotura ocurre a lo largo del plano A

*Tomado de: Duncan and Christopher (2004) Rock slope engineering civil and mining

ANÁLISIS CINEMÁTICO ROTURA EN CUÑA

Legend

Pole concentrations



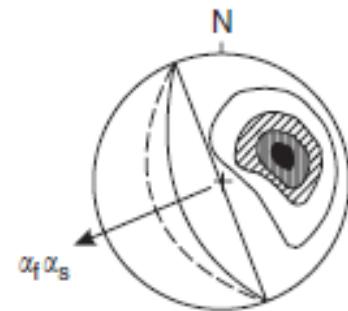
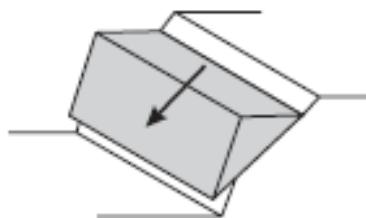
α_f dip direction of face
 α_s direction of sliding
 α_t direction of toppling
 α_i dip direction, line of intersection

Great circle representing face

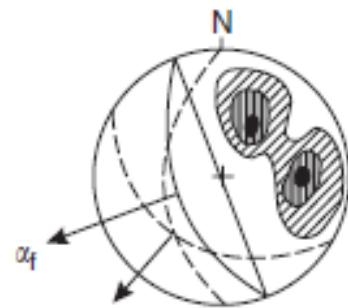
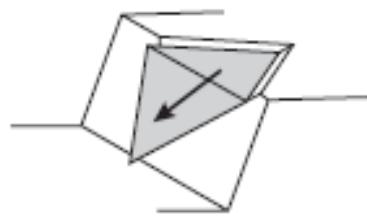


Great circle representing plane corresponding to centers of pole concentrations

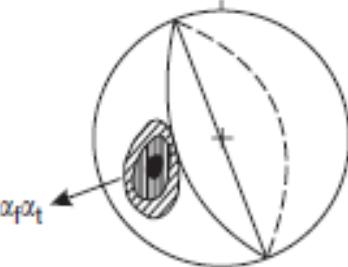
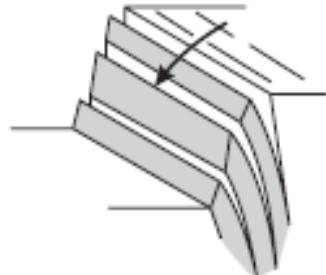
(a)



(b)



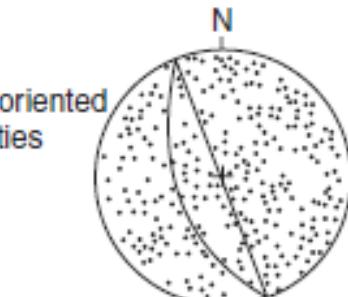
(c)



(d)

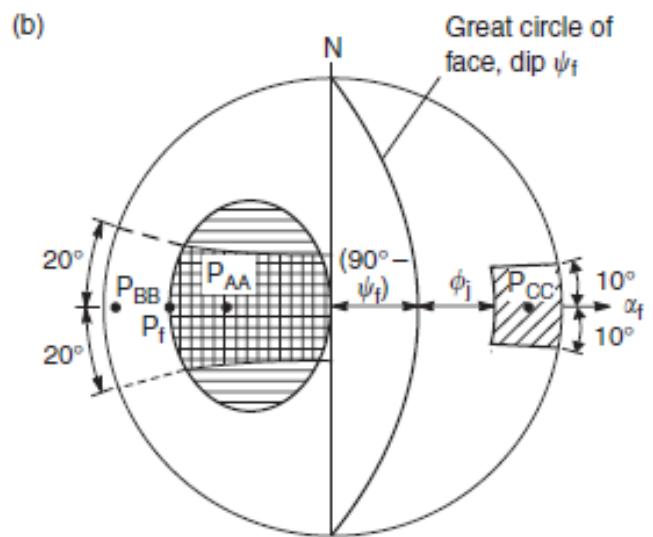
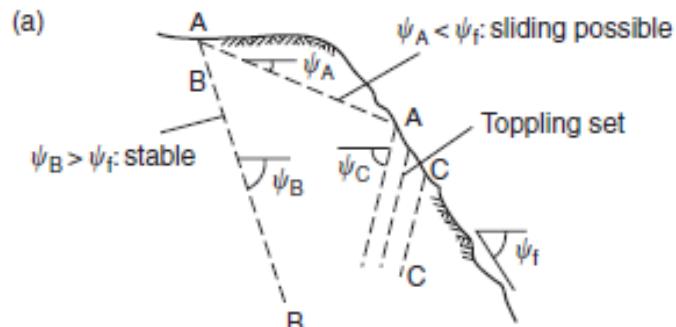


Randomly oriented discontinuities

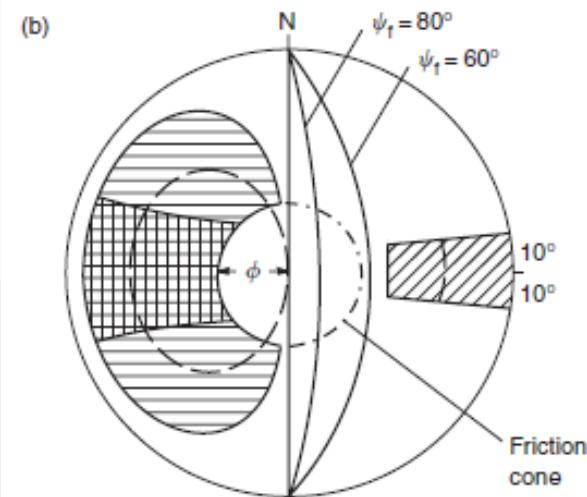
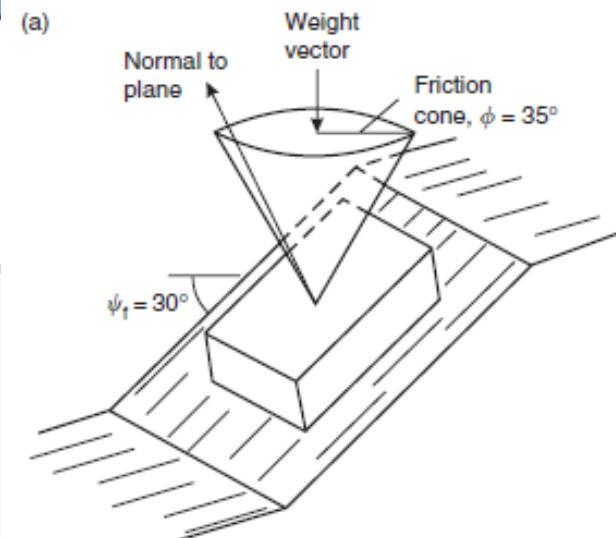


*Tomado de: Duncan and Christopher (2004) Rock slope engineering civil and mining

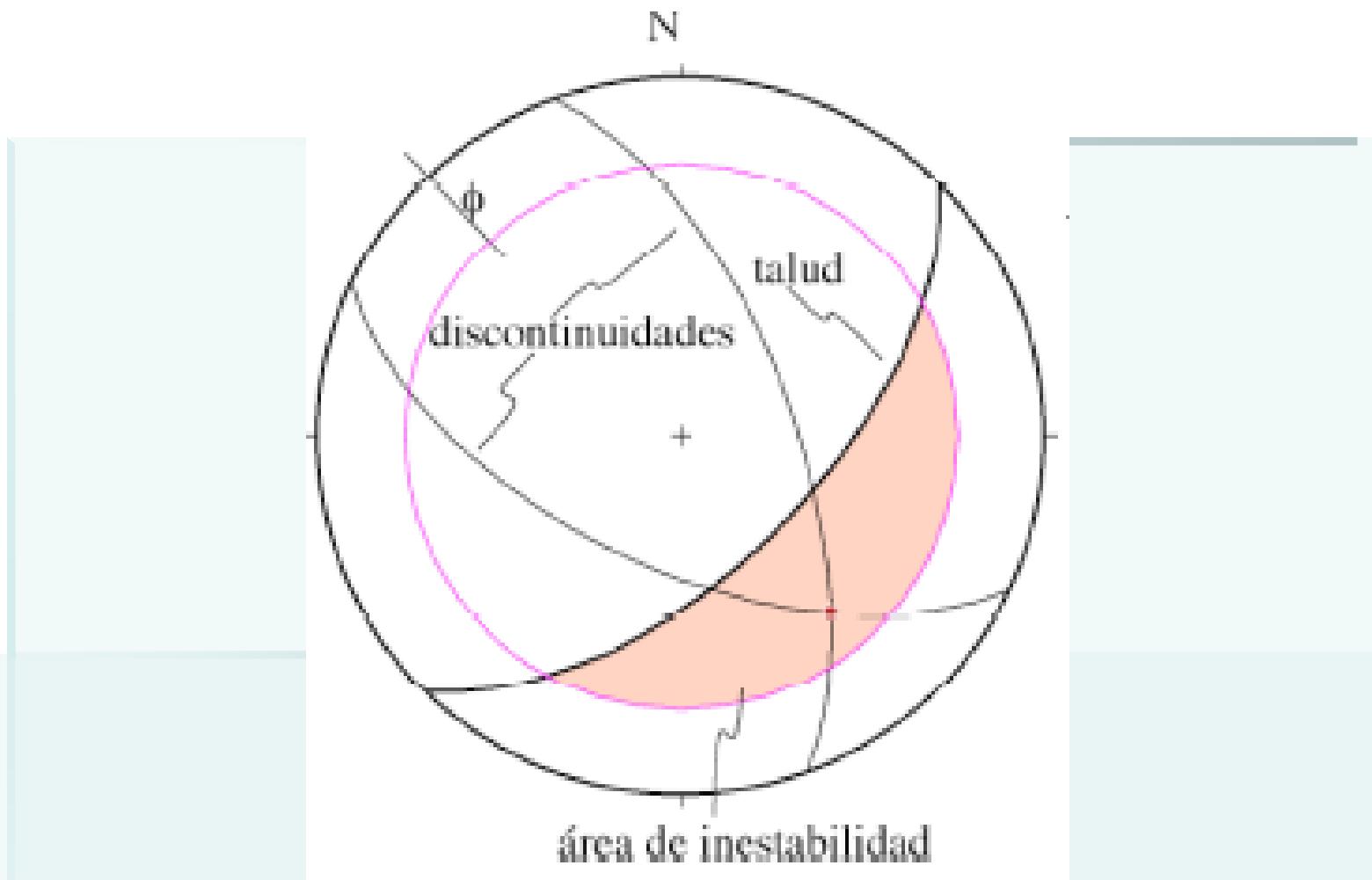
Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes



*Tomado de: Duncan and Christopher (2004) Rock slope engineering civil and mining



Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes



ANÁLISIS DE ROTURA EN CUÑA A TRAVES DE ÁBACOS DE HOEK Y BRAY (1981)

Para casos simples:

- Sin cohesión
- Sin presencia de agua

$$FS = A \tan \phi_a + B \tan \phi_b$$

Se considera una cuña formada por los dos planos siguientes:

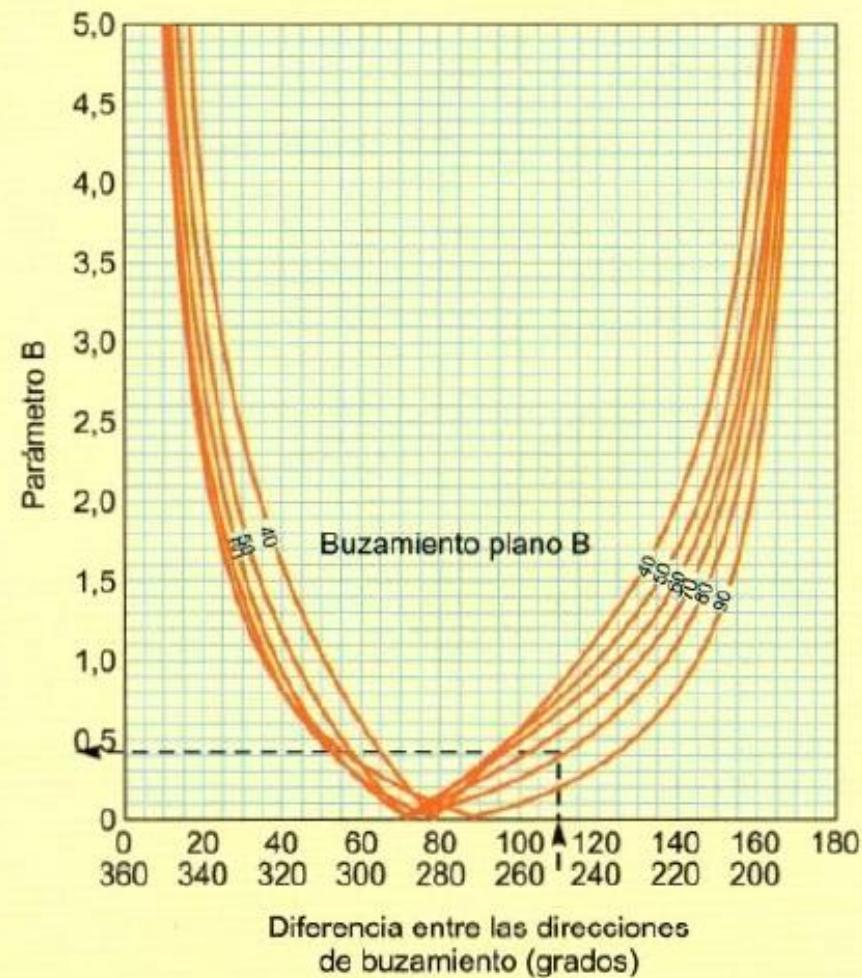
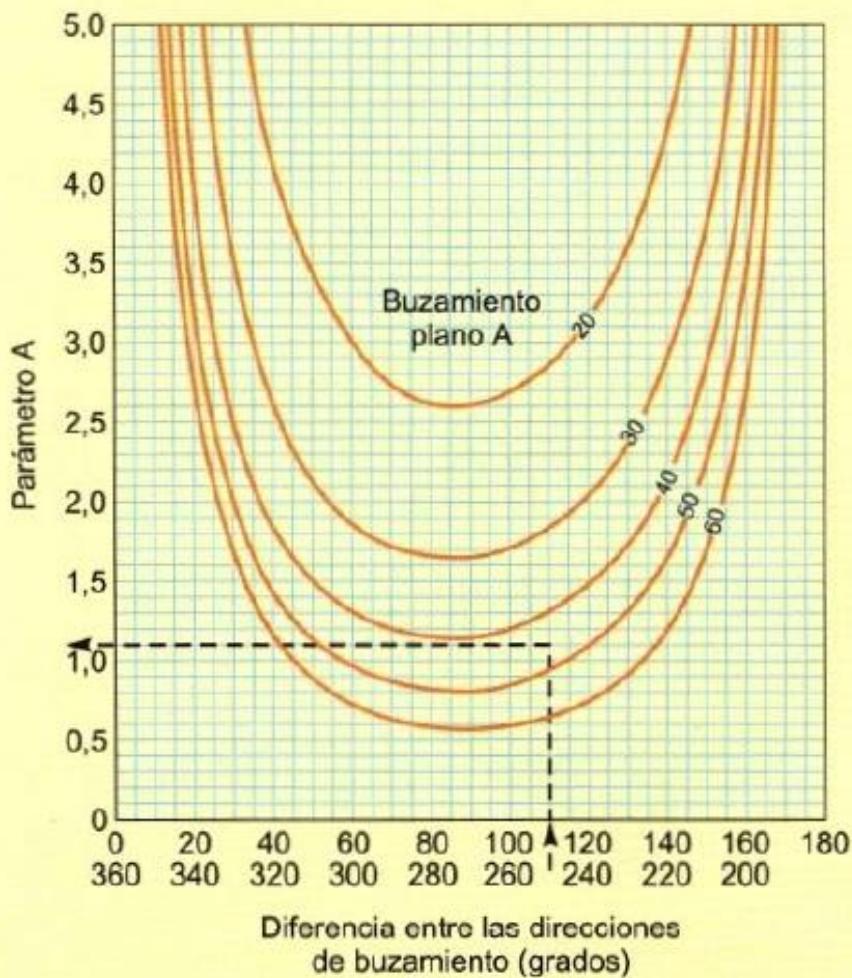
Buzamiento	Dirección de buzamiento	Ángulo de rozamiento ϕ
Plano A	45°	115°
Plano B	75°	225°

El procedimiento a seguir para obtener el factor de seguridad es:

- Se calcula el valor de la diferencia entre los buzamientos de los dos planos: $75^\circ - 45^\circ = 30^\circ$.
- De los diferentes ábacos disponibles (Hoek y Bray, 1981), se seleccionan los dos correspondientes a este valor de 30° .
- Se calcula el valor de la diferencia entre las direcciones de buzamiento de los dos planos: $225^\circ - 115^\circ = 110^\circ$.
- Con este valor de 110° se entra en el ábaco a) en el eje de abscisas y se corta la línea correspondiente al buzamiento del plano A, leyéndose en el eje de ordenadas el valor del parámetro $A = 1,10$.
- Se sigue el mismo procedimiento para el plano B, en el ábaco b), obteniéndose el valor del parámetro $B = 0,45$.
- Con los valores de A y B obtenidos y con los valores del ángulo de rozamiento de los dos planos se calcula el factor de seguridad:

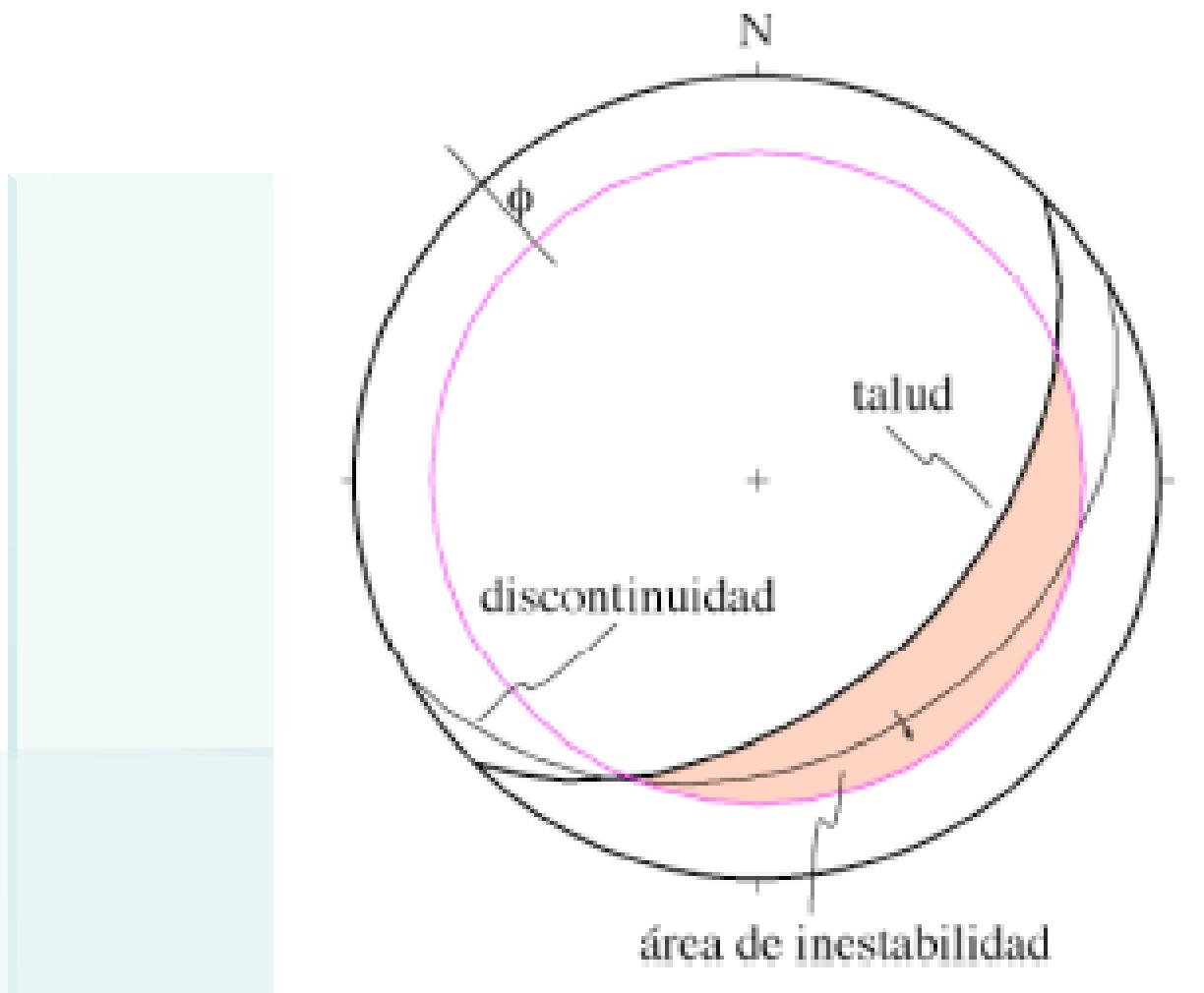
$$\begin{aligned} F &= A \tan \phi_a + B \tan \phi_b = \\ &= (1,1 \times 0,687) + (0,45 \times 0,753) = 1,09 \end{aligned}$$

Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes

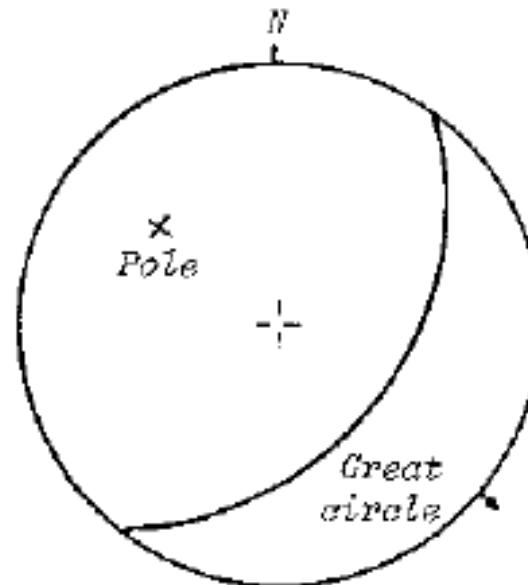
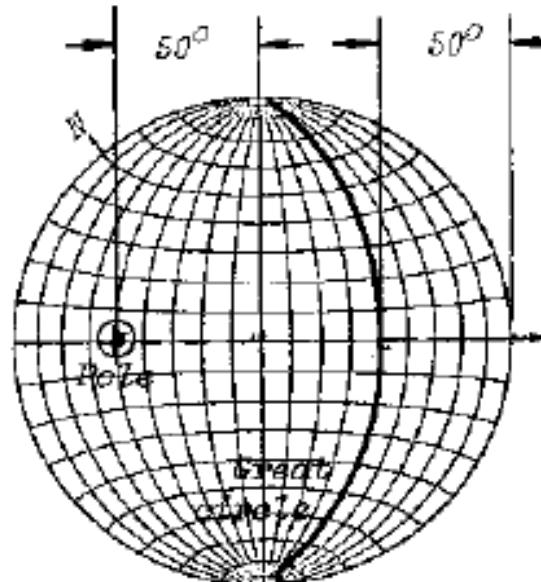
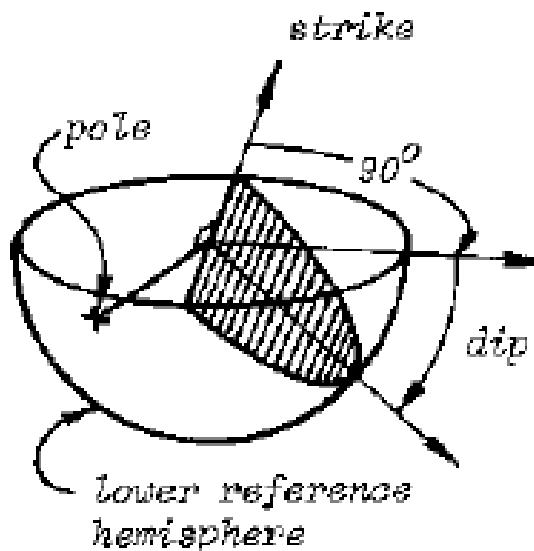
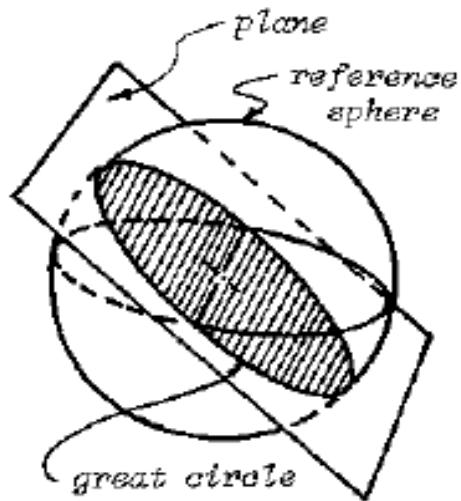


Ábacos para una diferencia de buzamiento entre los planos que forman la cuña de 30°.

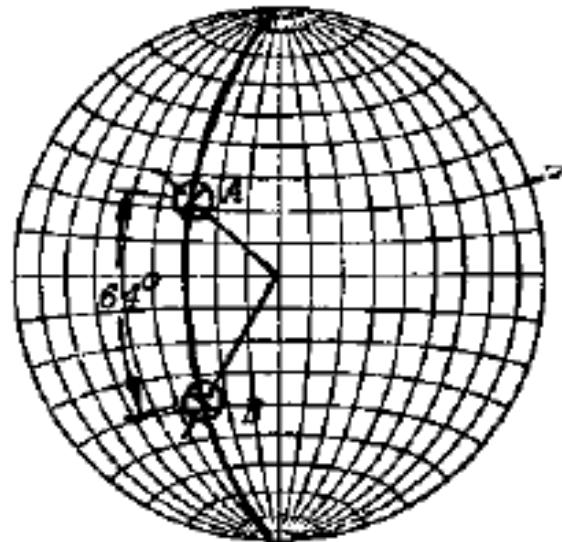
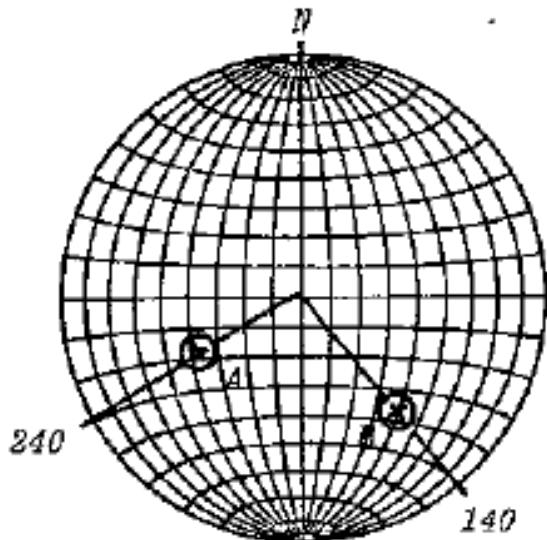
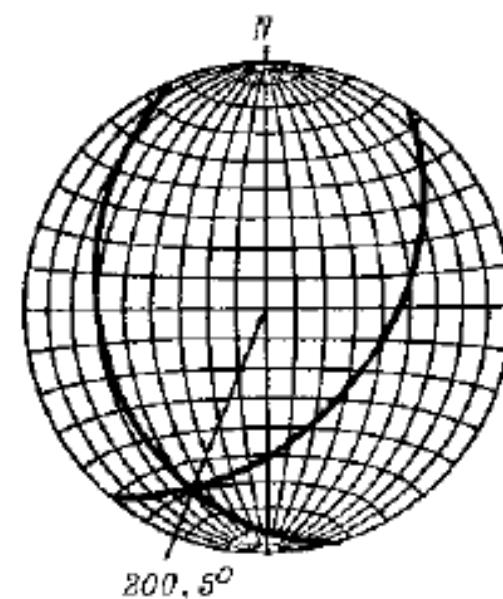
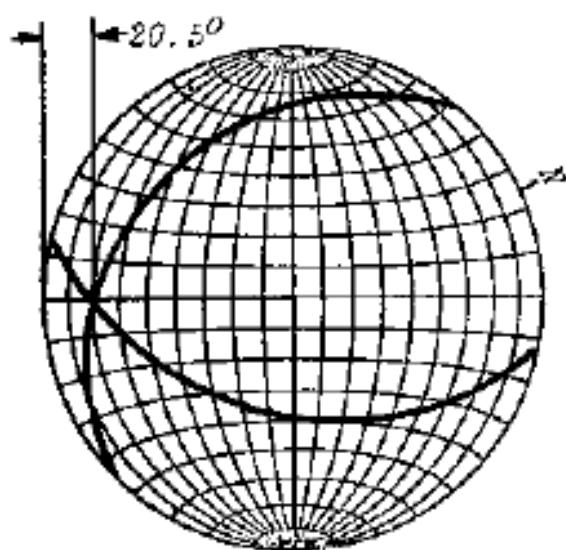
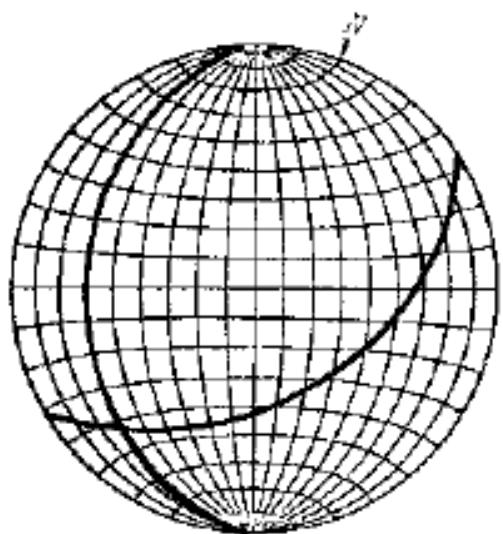
Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes



Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes



Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes





FS_Rotura_cuña by [Norly Belandria](#)
is licensed under a [Creative Commons
Reconocimiento-NoComrcial-
Compartirlgual 4.0 Internacional
License](#).

FS_Rotura_cuña by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/GEOTECNIA.html" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Norly Belandria is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComrcial-Compartirlgual 4.0 Internacional License.