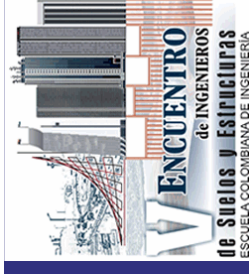


ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA



V ENCUENTRO DE INGENIEROS DE SUELOS Y ESTRUCTURAS

MAYO 07- 09 DE 2009

FACTORES DE SEGURIDAD ¿POR QUÉ TANTOS?

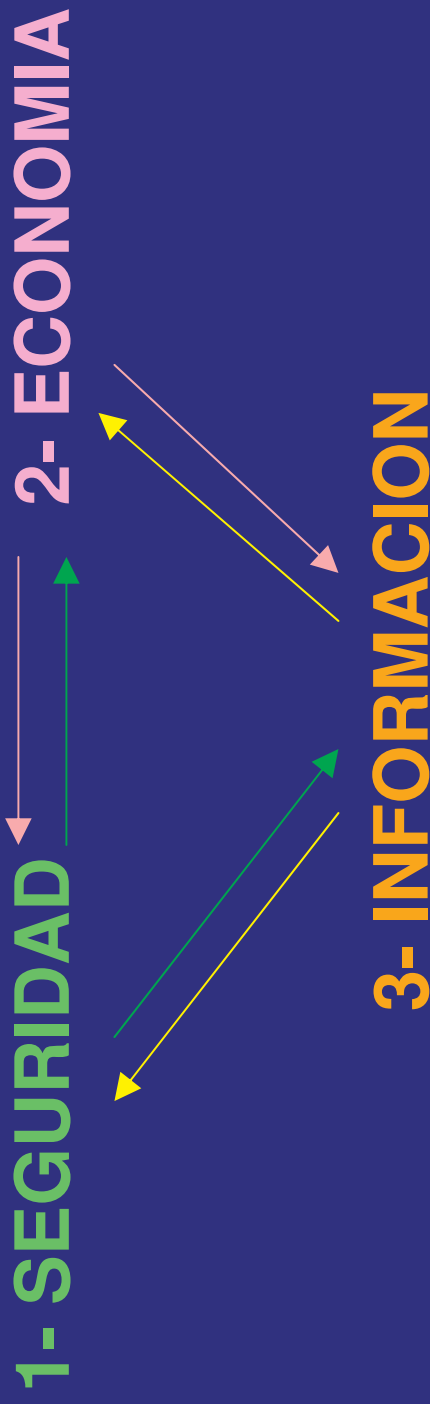
ALVARO J. GONZALEZ G.- I.C.,M.Sc, DIC
Catedrático Emérito- Universidad Nacional-Bogotá
Presidente- Sociedad Colombiana de Geotecnia
Gerente- AGC Ltda.

FACTORES DE SEGURIDAD...¿POR QUÉ TANTOS?- GONZALEZ- MAYO 07- 2009

FACTORES DE SEGURIDAD ¿POR QUÉ TANTOS?

- I- COMPROMISO DE INGENIERIA
- II- FACTOR DE SEGURIDAD- Algunas propiedades
- III- QUE VALOR DE F_s SE DEBE USAR?
- IV- FACTORES DE SEGURIDAD DIRECTOS E INDIRECTOS
- V- F_s INDIRECTO DE CAPACIDAD PORTANTE
- VI- CONCLUSIONES

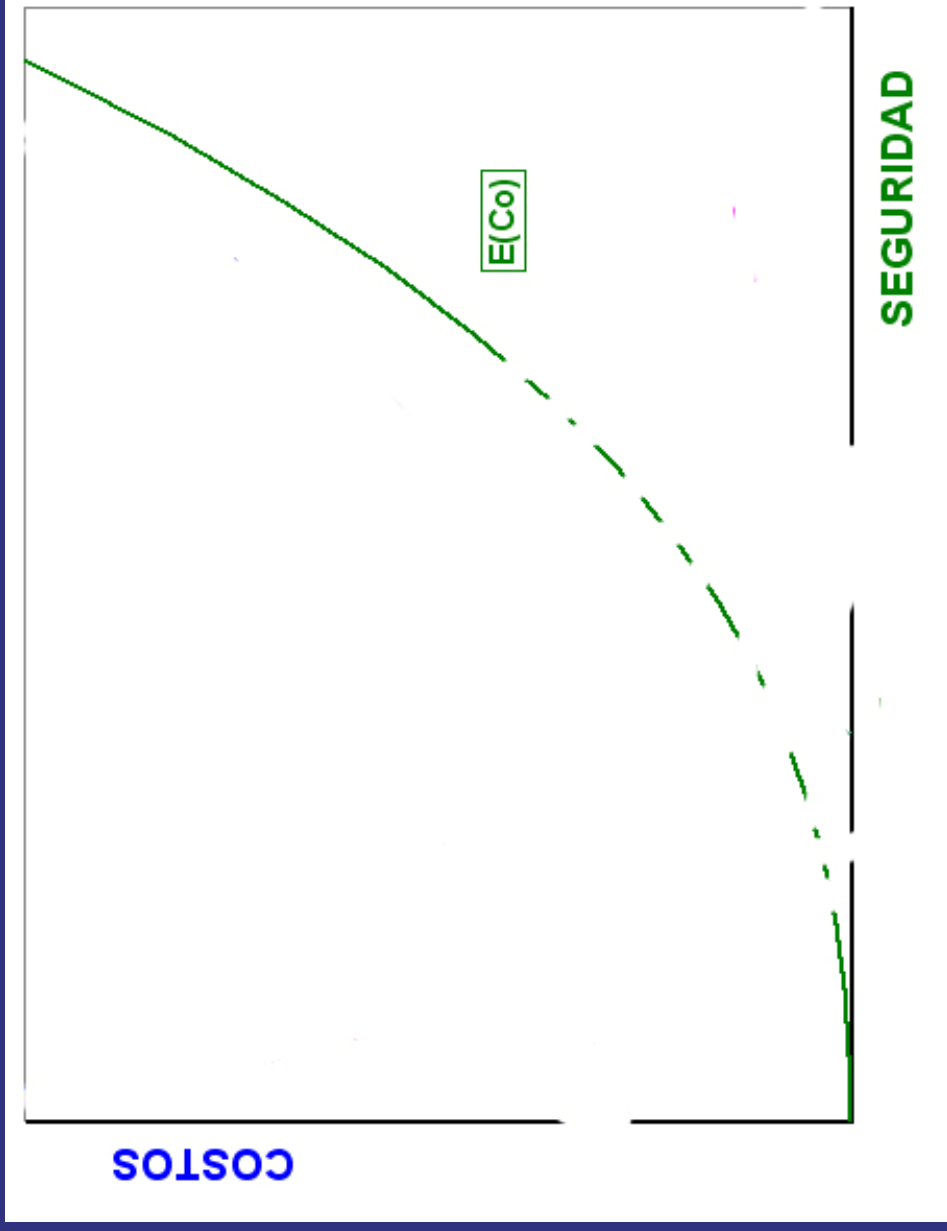
LA INGENIERIA ES UN COMPROMISO ENTRE



EL CUAL SE DEBE PROCURAR QUE SEA OPTIMO

I- COMPROMISO DE INGENIERIA

OPTIMIZACION CON COSTOS NORMALES



$$C_{total} = C_o$$

FACTORES DE SEGURIDAD...¿POR QUÉ TANTOS?- GONZALEZ- MAYO 07- 2009

I-COMPROMISO DE INGENIERIA

1- SEGURIDAD

CONCEPTO DE FACTOR DE SEGURIDAD

$$Fs = \text{Resistencia} / \text{Demanda} = R/D > 1.0$$

W.J.M. Rankine "A Manual of Applied Mechanics". London, 1858.
(3rd edition, 1864). Page 274.

247. **Factors of Safety** are of three kinds, viz :—the ratio in which the *ultimate strength* exceeds the *proof strength*, the ratio in which the *ultimate strength* exceeds the *working stress*, and the ratio in which the *proof strength* exceeds the *working stress*. The following table gives examples of the values of those factors which occur in practice :—

	Ult. Strength.	Ult. Strength.	Proof Strength.
	Proof Strength.	Working Stress.	Working Stress.
Strongest steel,.....	1½	...	...
Ordinary steel and wr. iron, steady load,	2	3	1½
“ “ “ moving load,	...	4 to 6	2 to 3
Wrought iron boilers,	2	8	4
Cast iron, steady load,	2 to 3	3 to 4	about 1½
“ “ moving load,	...	6 to 8	2 to 3
Timber; average,	3	10	3½
Stone and brick,	about 2	4 to 10, av. abt. 8	av. about 4

I-COMPROMISO DE INGENIERIA

2- ECONOMIA

CONCEPTO DE COSTO ESPERADO

$$E(C) = \sum c_i * p(c_i) = \text{Esperanza Estadística}$$

<u>Componente</u>	<u>Costo</u>	<u>Probabilidad de Ocurrencia</u>
Estudios	= E	p(E) $\approx$ 100%
Especific. y Control	= I	p(I) $\approx$ 100%
Construcción	= B	p(B) = 100%
Mantenimiento	= M	p(M) = variable

I-COMPROMISO DE INGENIERIA CONCEPTO DE COSTO ESPERADO

$$E(C) = \sum c_i * p(c_i) = \text{Esperanza Estadística}$$

<u>Componente</u>	<u>Costo</u>	<u>Probabilidad de Ocurrencia</u>
Estudios	= E	$p(E) \approx 100\%$
Especific. y Control	= I	$p(I) \approx 100\%$
Construcción	= B	$p(B) = 100\%$
Mantenimiento	= M	$p(M) = \text{variable}$
Falla, Daño	= F	$p(F) = \text{función de seguridad}$

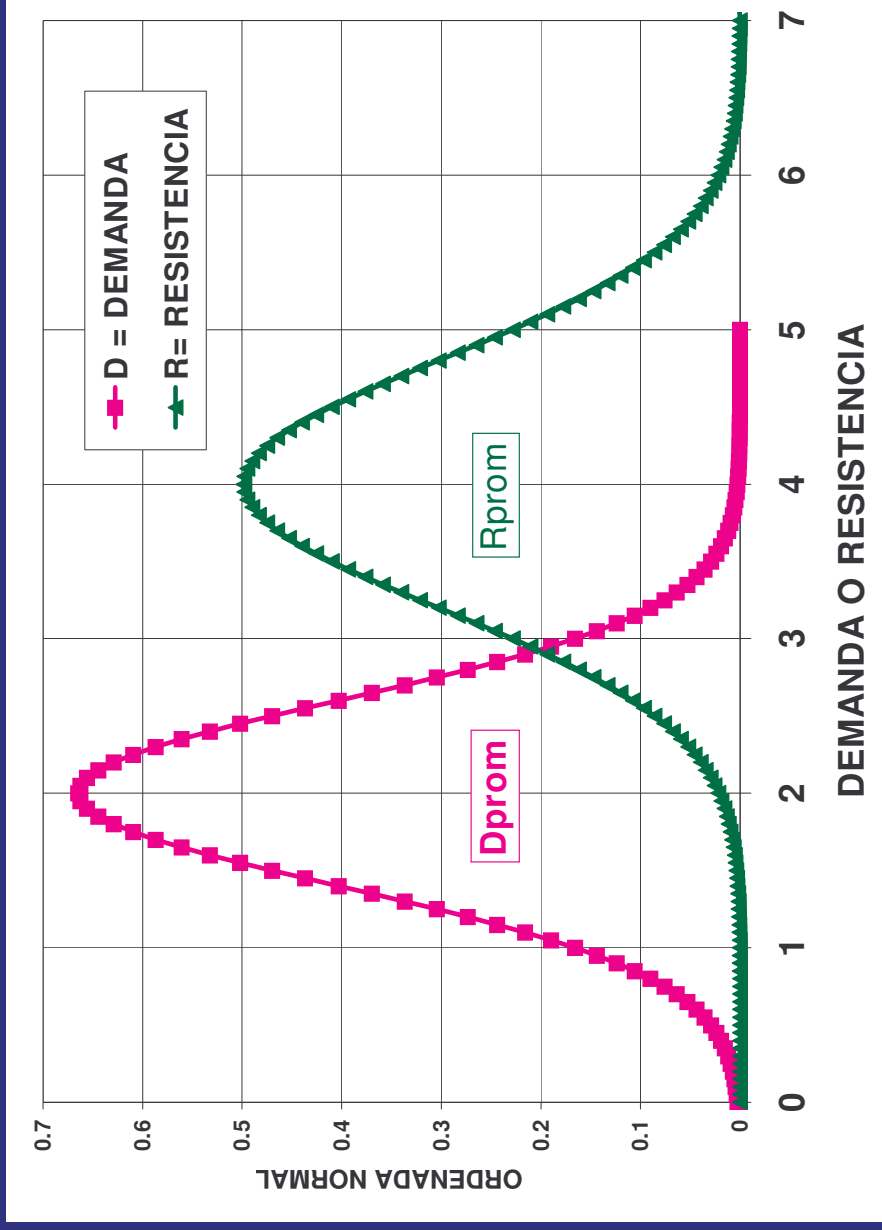


FACTORES DE SEGURIDAD...¿POR QUÉ TANTOS?- GONZALEZ- MAYO 07- 2009

I-COMPROMISO DE INGENIERIA

CONCEPTO DE PROBABILIDAD DE FALLA

$$p(F) = p(R < D) = p(R/D < 1) = p(F_s \leq 1.0)$$

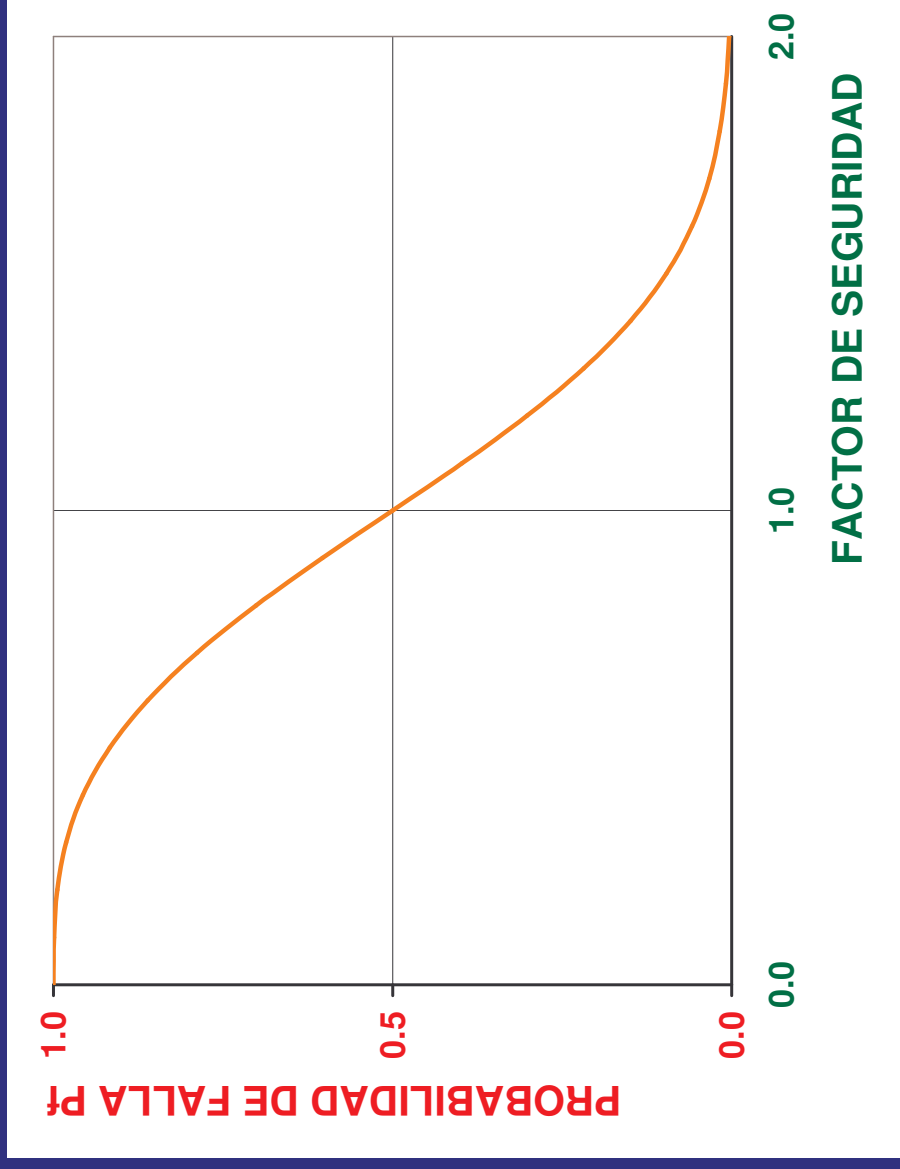


$$F_s \text{ Central} = \frac{cF_s = R_{prom}}{D_{prom}}$$

I-COMPROMISO DE INGENIERIA

CONCEPTO DE PROBABILIDAD DE FALLA

$$p(F) = p(R < D) = p(R/D < 1) = p(F_s \leq 1.0)$$



I-COMPROMISO DE INGENIERIA

COSTOS $E(C) = \sum c_i * p(c_i)$ = Esperanza Estadística

<u>Componente</u>	<u>Costo</u>	<u>Probabilidad de Ocurrencia</u>
Estudios	= E	$p(E) \approx 100\%$
Especific. y Control	= I	$p(I) \approx 100\%$
Construcción	= B	$p(B) = 100\%$
Mantenimiento	= M	$p(M) = \text{variable}$
Falla, Daño	= F	$p(F) = \text{función de la seguridad} = Pf$

Normalmente $Co = E + I + B + M = \text{Costo Usual}$ $p(Co) \approx 100\% = 1.0$

pero además $Cf = P + R + D + L + S = \text{Costo Falla}$ $p(Cf) = p(F) = p(Fs \leq 1.0)$

P = Costo de Pérdidas Irrecuperables L = Lucro Cesante

R = Costo de Reparación y Reposición S = Costo Social

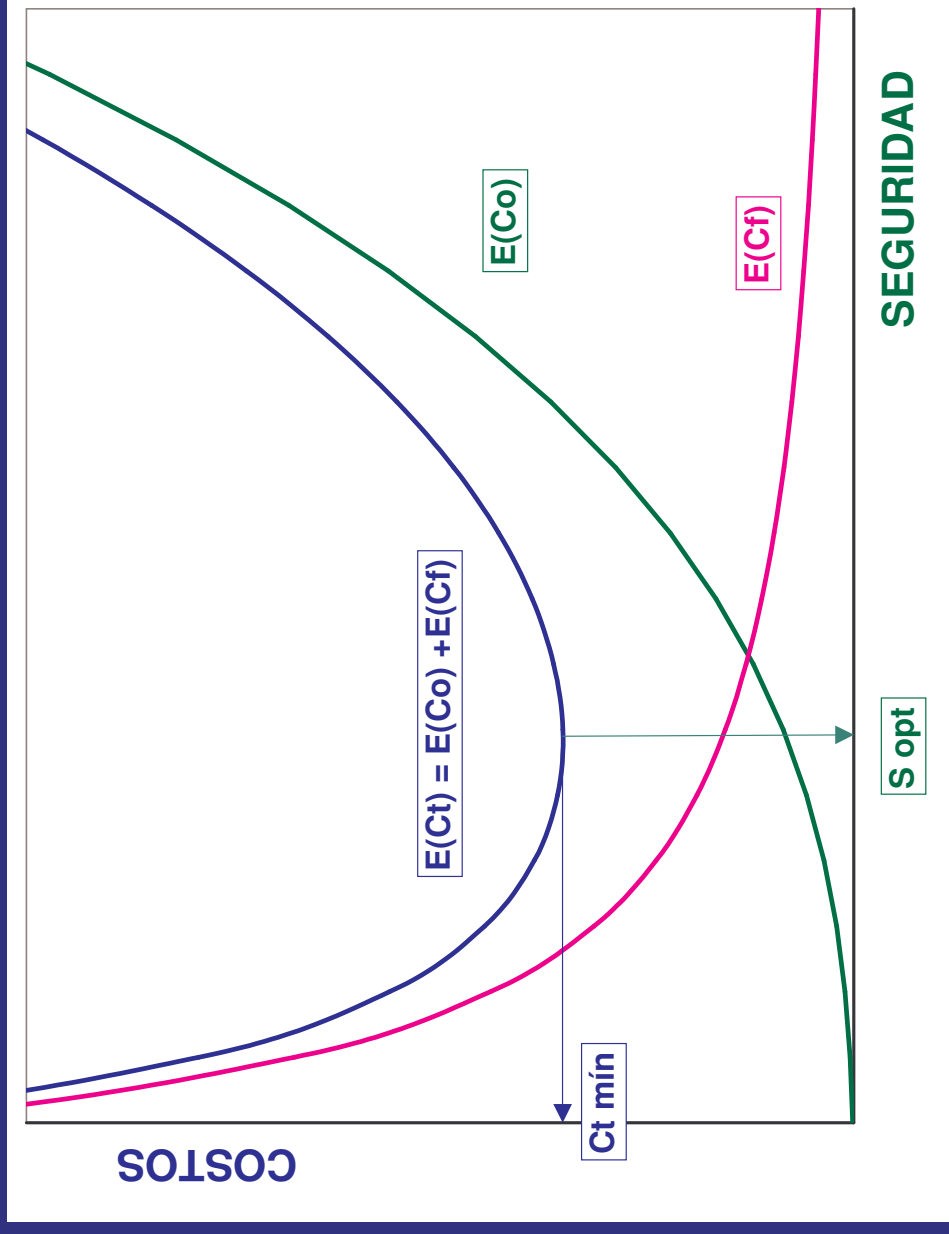
D = Costo de Interrupción del Servicio

Re = Cf x Pf = riesgo económico

$E(Ct) = Co + Re = Co + Cf \times p(F) = \text{costo total esperado}$

I-COMPROMISO DE INGENIERIA OPTIMIZACION CON COSTOS TOTALES

$$E(C \text{ total}) = C_o \times P_o + C_f \times P_f$$



ECI-V ENCUENTRO DE INGENIEROS DE SUELOS Y ESTRUCTURAS

I-COMPROMISO DE INGENIERIA

RIESGOS “ACEPTABLES”

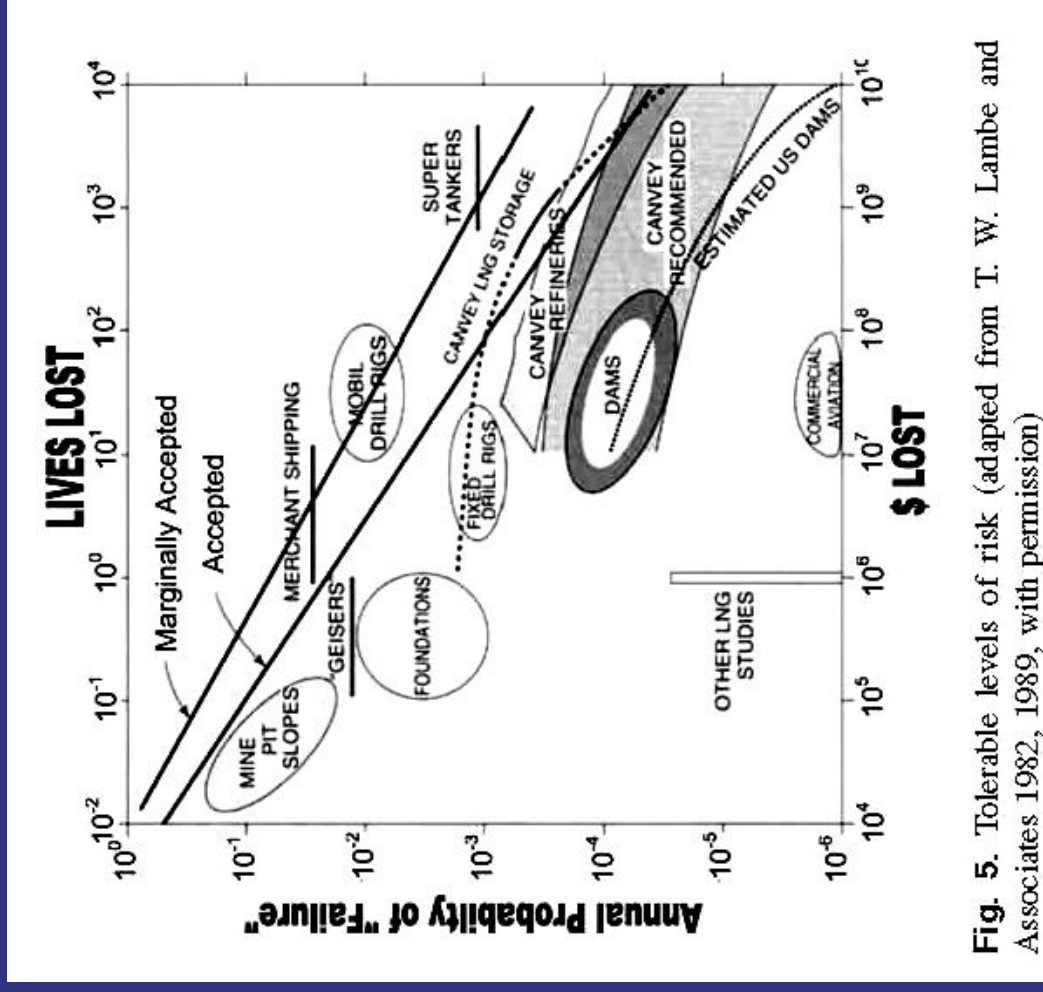


Fig. 5. Tolerable levels of risk (adapted from T. W. Lambe and Associates 1982, 1989, with permission)

FACTORES DE SEGURIDAD...¿POR QUÉ TANTOS?- GONZALEZ- MAYO 07- 2009

II- FACTOR DE SEGURIDAD

Algunas propiedades

A) DIMENSIONES (M, L, T)

$$F_s = \text{Resistencia} / \text{Demanda} = R/D$$

Normalmente las unidades de R y D son iguales

$$F_s \dot{=} [1]$$

Fs ES ADIMENSIONAL

II- FACTOR DE SEGURIDAD

Algunas propiedades

B) CERTIDUMBRE

Fs TIENE INCERTIDUMBRES Ix

R estimada = I_r x R real

D estimada = I_d x D real

Fs estimado = $\mu_o \mu_i$ x Fs real

μ_o = factor de incertidumbre objetiva

μ_i = factor de ignorancia subjetiva

**Incetridumbre e ignorancia se minimizan con la
INFORMACION**

INCERTIDUMBRES EN GEOTECNIA

FUENTE	CLASES	EFFECTOS	FUENTE	CLASES	EFFECTOS
A) <u>Muestreo</u>	Aleatorio Sistemático Orientado	Representatividad Variabilidad	G) <u>Esfuerzos Iniciales e Historia de Refuerzos</u>	Subconsolidación Consolidación Normal Sobreconsolidado Litificado Residual	Coeficiente de Esfuerzo Horizontal Dependencia en Trayectoria de Esfuerzos Presiones de Poros
B) <u>Muestras</u>	"Inalterada" Alterada	Alivio de Esfuerzos Perturbación (Mecánica, Química, Térmica)	H) <u>Estructura Intrínseca</u>	Varias (Expansivas, Colapsables, Alterables, etc.)	Físico-Químicos
C) <u>Anisotropía</u>	Inherente Inducida Combinada	Resistencia Deformabilidad Permeabilidad	I) <u>Ablandamiento</u>	Mecánico (Deformación) Físico-Químico	Falla Progresiva $C' \rightarrow 0$
D) <u>Heterogeneidad</u>	Física Laminación Fisuración Tamaño de Grano de Comportamiento	Tamaño de Muestra Representatividad en Resistencia en Deformabilidad en Permeabilidad	J) <u>Grados de Libertad</u>	Esfuerzos Deformaciones Flujos	Discrepancias de Teorías y Ensayos con Comportamiento Real en Campo
E) <u>Tasas de Aplicación</u>	Altas Bajas	Tiempo a la Falla Resistencia Flujo Dúctil			
F) <u>Nivel de Esfuerzos</u>	Alto Bajo	Efecto de Escala Continuidad Mecánica			

LA GEOTECNIA TRABAJA CON MATERIALES TÉRREOS,
PRODUCTO DE MILES O MILLONES DE AÑOS DE
PROCESOS NATURALES,
EN LOS CUALES EL HOMBRE NO TIENE CONTROL

FACTORES DE SEGURIDAD...¿POR QUÉ TANTOS?- GONZALEZ- MAYO 07- 2009

II- FACTOR DE SEGURIDAD

Algunas propiedades

C) LIMITES

(1) F_s ES POSITIVO

NORMALMENTE $R \geq 0$ Y $D \geq 0$

NECESARIAMENTE $F_s = R/D \geq 0$

(2) En materiales frágiles, un límite podría ser

$$F_{sg} < \tau_{\text{pico}} / \tau_{\text{residual}}$$

(3) En teoría de plasticidad, un límite podría ser

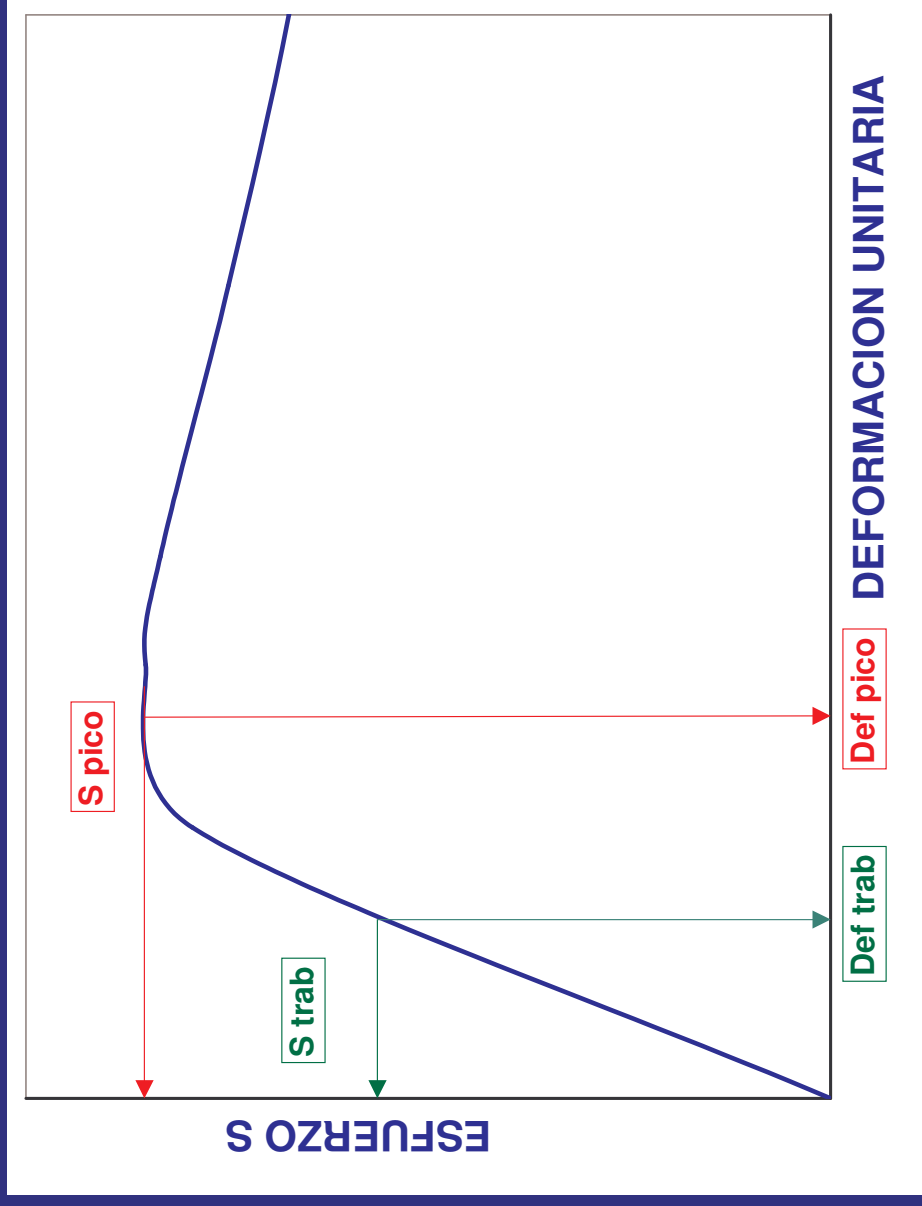
$$F_{sg} < \tau_{\text{campo cinemático}} / \tau_{\text{campo estático}}$$

II- FACTOR DE SEGURIDAD

Algunas propiedades

D) F_s PERMITE CONTROLAR DEFORMACIONES

**Esfuerzo =
 $f(\text{deformación})$**



II- FACTOR DE SEGURIDAD

Algunas propiedades

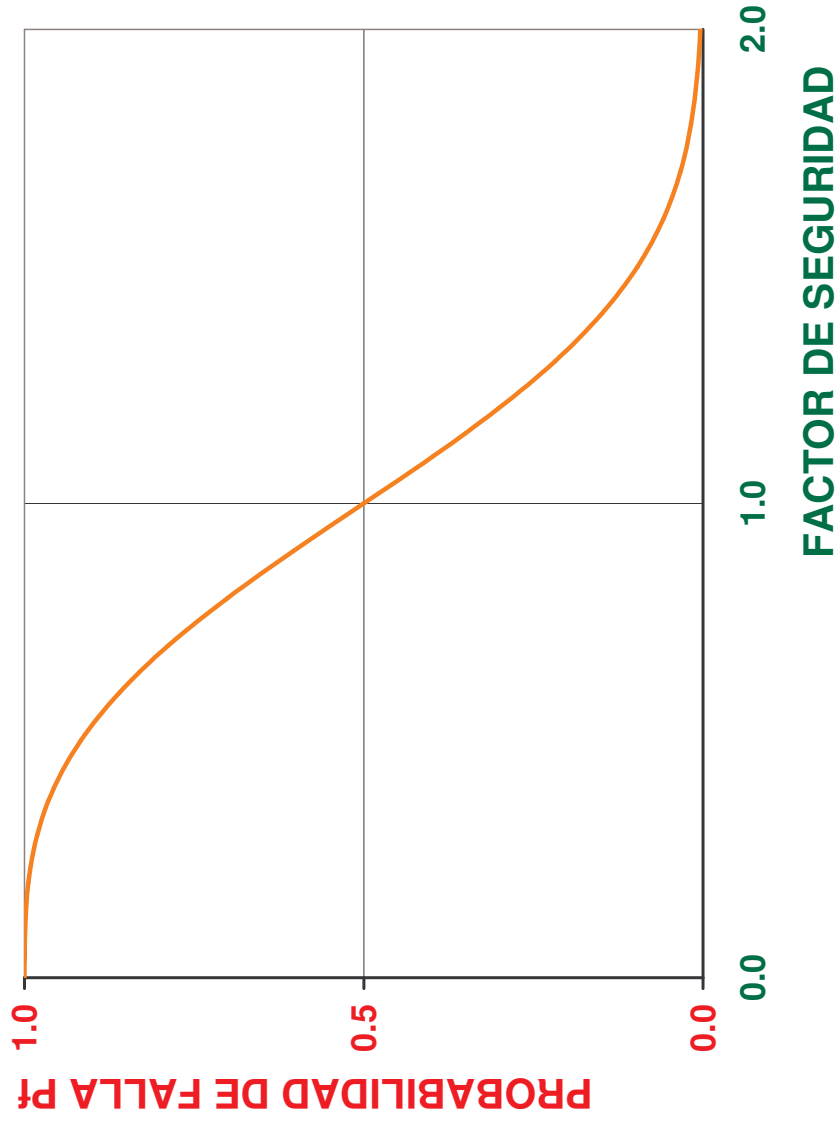
E) Fs PERMITE ESTIMAR PROBABILIDAD FALLA

$$P_f = P (F_s < 1.0)$$

Y dos puntos fijos:

$$F_s = 0.0 \quad P_f = 1.0$$

$$F_s = 1.0 \quad P_f = 0.5$$



II- FACTOR DE SEGURIDAD

Algunas propiedades

F) UNICIDAD

Fs NO ES ÚNICO NI UNÍVOCO

**OBVIAMENTE NO PUEDE TENER EL MISMO
VALOR PARA DIFERENTES PROBLEMAS
CONTROLADOS POR DIFERENTES VARIABLES**

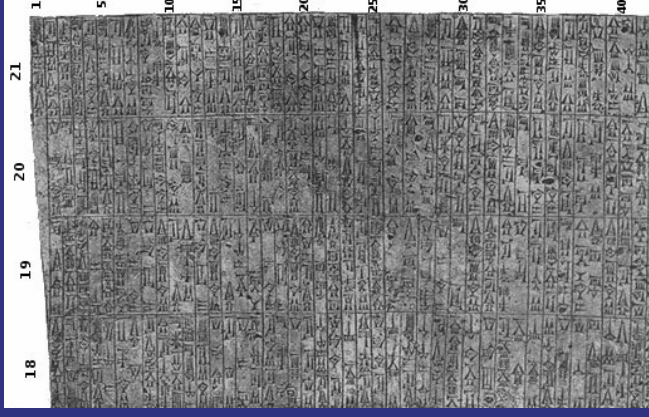
**A PESAR DE SER ADIMENSIONAL, PARA UN
MISMO NIVEL DE SEGURIDAD, Fs NO TIENE
EL MISMO VALOR APLICADO A DIFERENTES
PARÁMETROS X QUE DESCRIBAN EL MISMO
PROBLEMA P**

III- QUE VALOR DE FS SE DEBE USAR?

A) TEXTOS Y CODIGOS

- a. TEXTOS = transmisión de experiencia anterior exitosa
- b. CODIGOS = compromiso ingenieril de una sociedad en una región, tiempo y economía específicos. *Por esta razón su extrapolación indiscriminada a otras condiciones diferentes puede ser inconveniente. HAY QUE HACER ADAPTACIONES*

p.ej.- CODIGO DE HAMMURABI



FACTORES DE SEGURIDAD...¿POR QUÉ TANTOS?- GONZALEZ- MAYO 07- 2009

III- QUE VALOR DE F_s SE DEBE USAR?

B) ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE F_s

Si $F_s = f(x, y, z, w, \text{etc})$,

Se examinan

dF_s / dx ; dF_s / dy ; dF_s / dz ; dF_s / dw ; etc

Para saber a cual variable es más sensible F_s (cual derivada es mayor en valor absoluto)

Interesan aquellas variables cuyas derivadas son negativas, es decir las que hacen reducir F_s

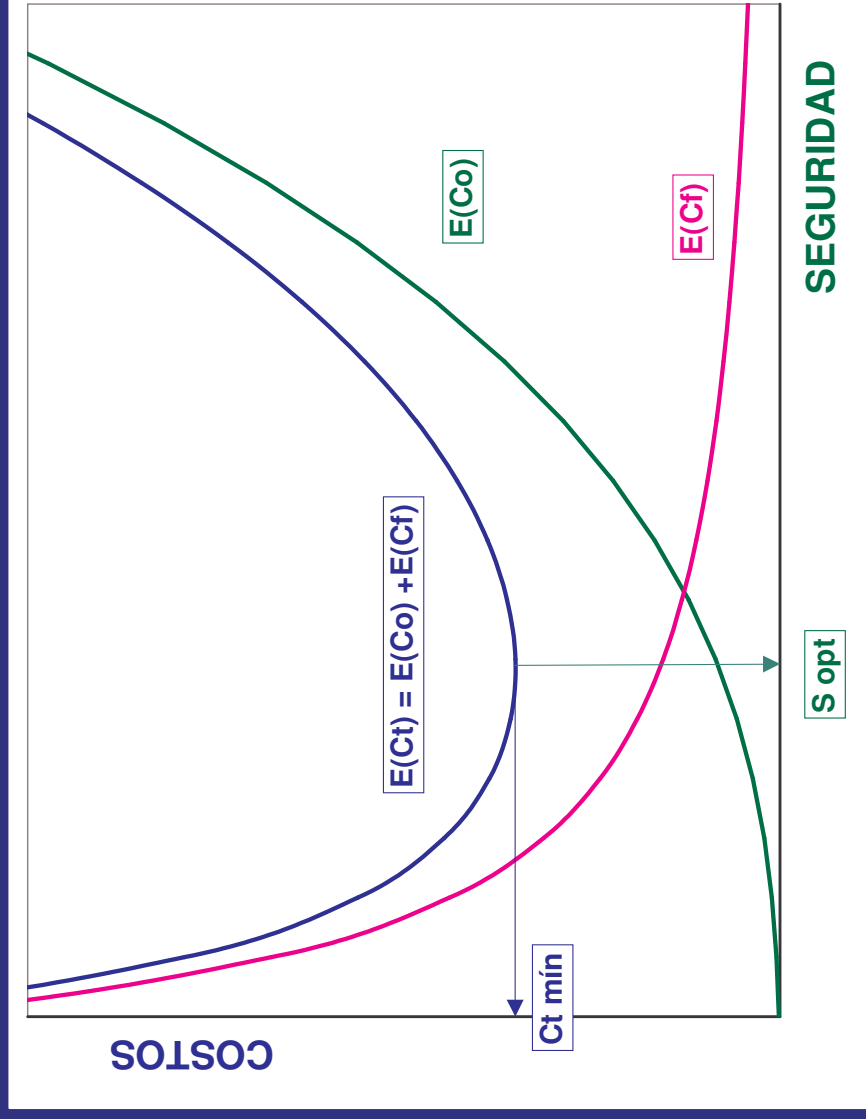
ES PRECURSOR DE ANALISIS DE FACTORES PARCIALES

III- QUE VALOR DE FS SE DEBE USAR?

C) METODO PROBABILISTICO- OPTIMIZACION

$Re = C_f \times P_f$ = riesgo económico

$E(Ct) = Co + Re = Co + C_f \times p(F)$ = costo total esperado

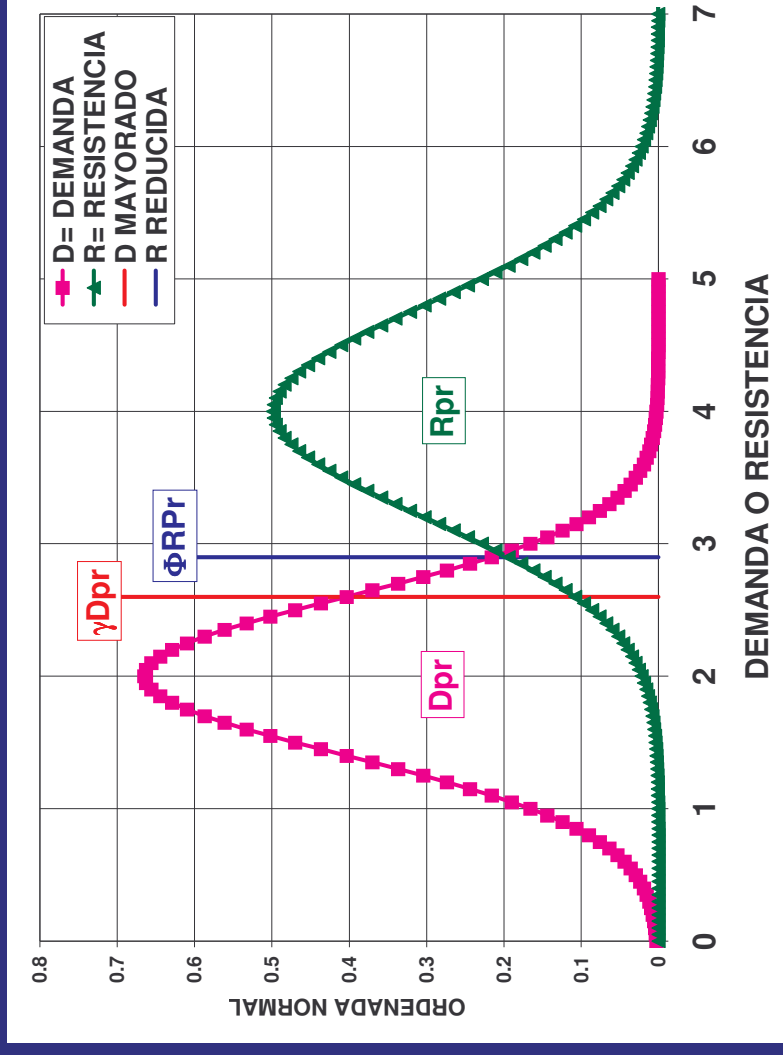


III- QUE VALOR DE FS SE DEBE USAR?

D) FACTORES PARCIALES

$$F_{s \text{ req}} = \gamma D / \Phi R > \approx 1.0$$

$$\gamma > 1.0 \quad \Phi < 1.0$$



**DEBERIAN TENER EL MISMO ANALISIS DE OPTIMIZACION QUE FS,
PERO ES MUCHO MAS DIFICIL**

FACTORES DE SEGURIDAD...¿POR QUÉ TANTOS?- GONZALEZ- MAYO 07- 2009

IV- Fs DE SEGURIDAD DIRECTOS E INDIRECTOS

A) DEFINICIÓN

Si en un problema el parámetro X_f es la variable independiente de control principal y hay otros parámetros dependientes Y_{fi} :

$$Y_{f1}, Y_{f2}, Y_{f3}, \dots, Y_{fi} = f(X_f)$$

Entonces, en general, y dependiendo de las funciones $f()$,

$$F_{syi} = Y_{fi} / Y_{di} \neq F_{sx} = X_f / X_d$$

En consecuencia, los factores F_{syi} y F_{sx} son diferentes y **si X_f es el parámetro básico del cual depende realmente la condición de falla, entonces:**

$$F_{sx} = X_f / X_d = F_s \text{ BÁSICO O DIRECTO}$$

$$F_{syi} = Y_{fi} / Y_{di} = F_s \text{ DEPENDIENTES O INDIRECTOS}$$

POR ESO HAY VARIOS F_s EN UN SOLO PROBLEMA

IV- Fs DE SEGURIDAD DIRECTOS E INDIRECTOS

B) MATERIALES SOLIDOS- RESISTENCIA COMPARADA

1- METÁLICOS : Muy alta resistencia a tracción σ_t

Muy alta resistencia a compresión σ_c
p.ej ACERO

2- POLÍMEROS : Alta a media resistencia a tracción σ_t

Alta a media resistencia a compresión σ_c
p.ej. MADERA

3- CERÁMICOS : MUY BAJA RESISTENCIA A TRACCIÓN σ_t

Alta a baja resistencia a compresión σ_c
p.ej. CONCRETO, ROCAS, SUELOS

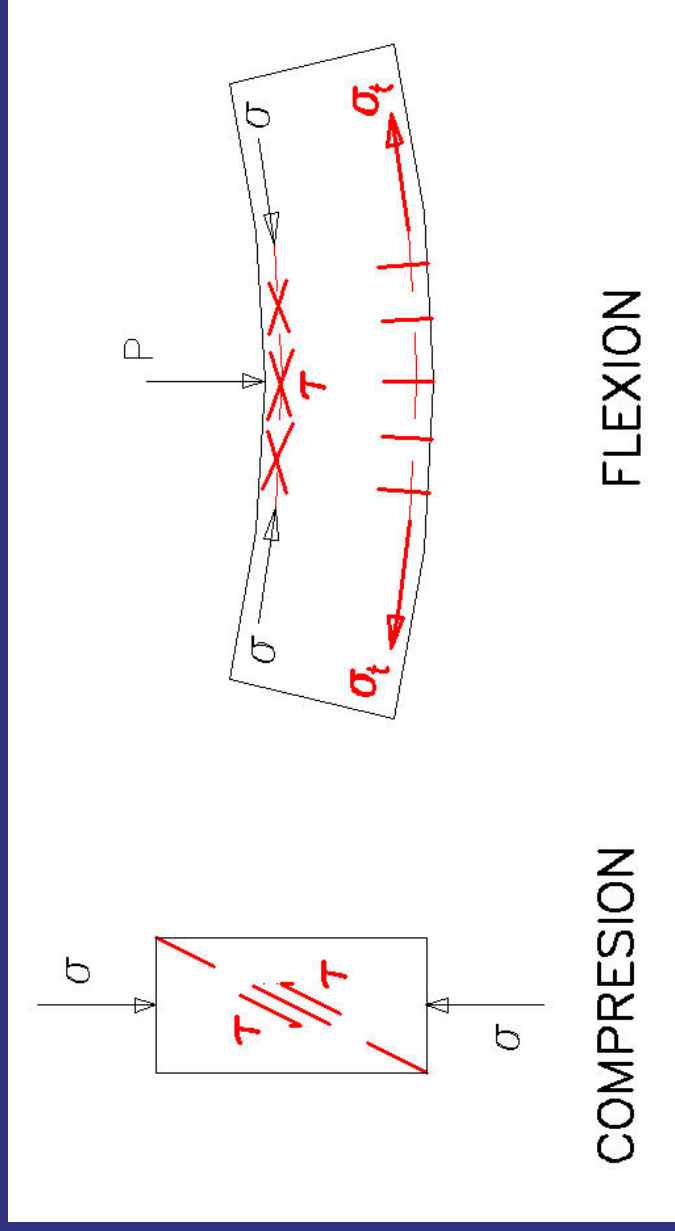
MATERIALES CERAMICOS REFORZADOS:

concreto reforzado, gaviones, tierra armada, etc

IV- Fs DE SEGURIDAD DIRECTOS E INDIRECTOS

C) ROTURA O FALLA DE MATERIALES SOLIDOS

Los materiales sólidos se rompen o fallan debido únicamente a dos tipos de esfuerzo: **de tracción σ_t** y **de cortante τ** , y todos los modos de falla comunes (compresión, flexión, torsión, etc) pueden explicarse solamente con éstos dos tipos de esfuerzo



IV- Fs DE SEGURIDAD DIRECTOS E INDIRECTOS

D) FACTOR DE SEGURIDAD BASICO EN GEOTECNIA

Dado que los **materiales térreos** tienen **baja resistencia a tracción**, el parámetro responsable de la rotura o falla es el **ESFUERZO CORTANTE τ** y en consecuencia, en **Geotecnia**, el **FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO O BASICO F_{SB}** se define como la relación entre el esfuerzo cortante de falla τ_F y el esfuerzo cortante actuante τ_A

$$F_{SB} = \tau_F / \tau_A$$

En Geotecnia, el esfuerzo cortante a la falla τ_F se expresa usualmente con el Criterio de Mohr-Coulomb, en términos de esfuerzos efectivos:

$$\tau_F = c' + \sigma' \tan \phi'$$

IV- Fs DE SEGURIDAD DIRECTOS E INDIRECTOS

D) FACTOR DE SEGURIDAD BASICO EN GEOTECNIA

Y el esfuerzo cortante actuante τ_A , o de diseño τ_D es:

$$\tau_A = \tau_D = [c' + (\sigma - u) \tan \phi'] / F_{SB}$$

F_{SB} afecta por igual a c' y a $\tan \phi'$, variables que usualmente no son independientes entre sí, y NO ES TOTALMENTE LÍCITO colocar factores diferentes para cada uno: $F_s c'$ y $F_s \tan \phi'$. En el caso especial de materiales saturados y sin fisuración, se presenta un **COMPORTAMIENTO APARENTE** de Mohr-Coulomb en términos de **ESFUERZOS TOTALES** σ , en el cual:

$c = s_u = \tau_f$ = resistencia no drenada (COHESIÓN APARENTE)

$\phi =$ ángulo de fricción total = $\phi_u = 0.0$

y entonces

$$\tau_A = \tau_D = s_u / F_{SB}$$

IV- Fs DE SEGURIDAD DIRECTOS E INDIRECTOS

E) FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS EN GEOTECNIA

1) EN TALUDES

$$F_{sh} = H_{\text{máx}} / H \quad \text{para } \beta = \text{constante}$$

$$F_{sb} = \beta \text{ máx} / \beta \quad \text{para } H = \text{constante}$$

H = altura de talud; β = ángulo de inclinación del talud

2) EN ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Para volteo

$$F_{sv} = M_{\text{resistente}} / M_{\text{actuante}}$$

En este caso no intervienen los esfuerzos cortantes, sino lo que se desea es evitar tracciones en la interfaz cimienta/suelo y se debe usar el concepto de núcleo de esfuerzos en función de la excentricidad e y de la dimensión en el sentido que actúan los momentos B :

$$e/B < 1/6 \text{ para condiciones estáticas}$$

$$e/B < 1/4 \text{ para condiciones seudoestáticas}$$

IV- Fs DE SEGURIDAD DIRECTOS E INDIRECTOS

E) FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS EN GEOTECNIA

3) EN CIMIENTOS

En **capacidad de carga vertical de cimientos superficiales y en capacidad de punta de pilotes**, para la capacidad portante **q** en términos de esfuerzo normal y **Q** en términos de fuerza.

$$Fsq = q_{ult} / q_{trab} = Q_{ult} / Q_{trab}$$

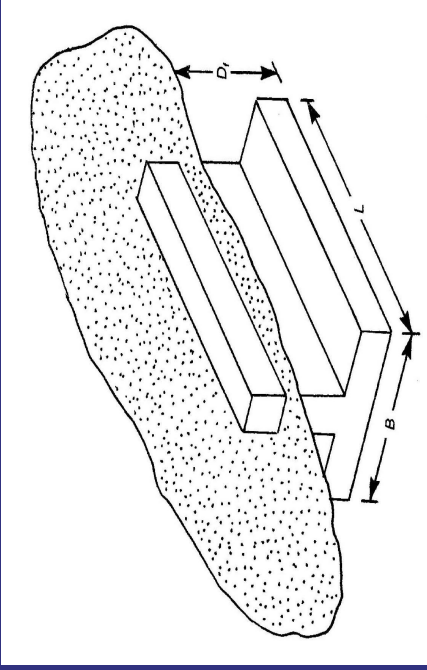
normalmente

$$\underline{Fsq > 2.0 \text{ a } 3.0}$$

En **deslizamiento de cimientos superficiales y en resistencia del fuste de pilotes**, dado que están directamente en función de la resistencia a la falla del material téreo τ_F , **SE USA EL FACTOR DE DE SEGURIDAD BASICO F_{SB}**

V- Fs INDIRECTO DE CAPACIDAD PORTANTE

EJEMPLO



Cimientos superficiales:

$$D/B < 1$$

Cimientos corridos:

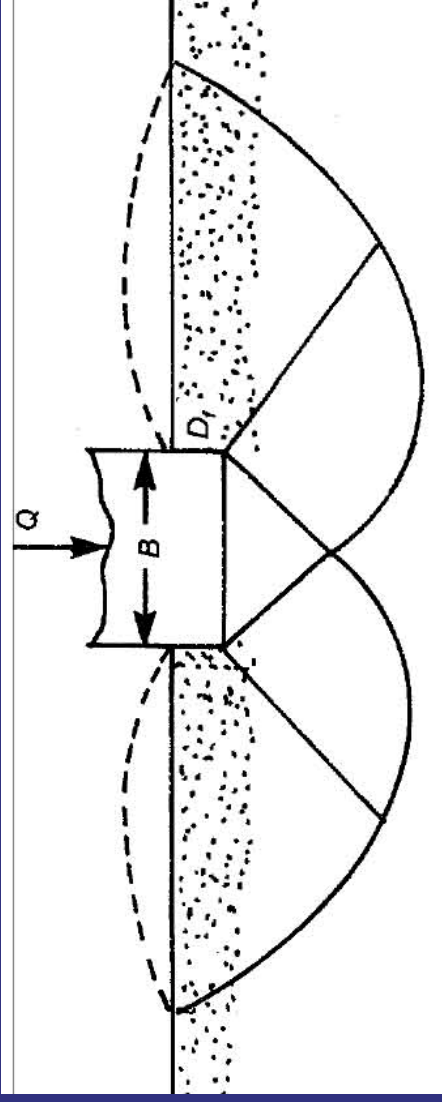
$$B/L \Rightarrow 0$$

Suelo homogéneo, isotrópico, seco y horizontal con peso unitario γ

Criterio de falla de Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma' \tan \phi'$
Carga vertical concéntrica (no hay momentos ni carga horizontal)

No se emplea corrección por compresibilidad del suelo

V- Fs INDIRECTO DE CAPACIDAD PORTANTE EJEMPLO



ECUACION DE CAPACIDAD PORTANTE

$$Q_{ult} / BL = q_{ult} = q N_q + \gamma (B / 2) N_\gamma + c' N_c$$

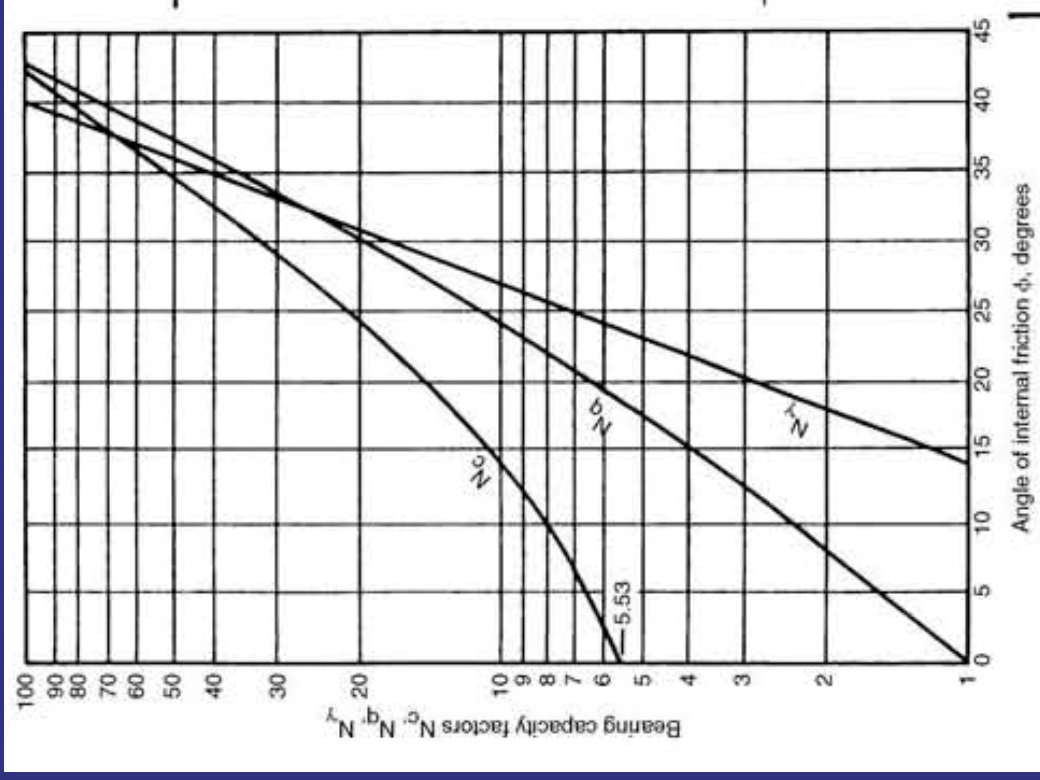
$$q = \gamma D$$

$$N_q = [\tan^2(\pi/4 + \phi'/2)] \exp(\pi \tan \phi') = K_p \exp(\pi \tan \phi')$$

$$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \phi' \quad (\text{González, 1987})$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

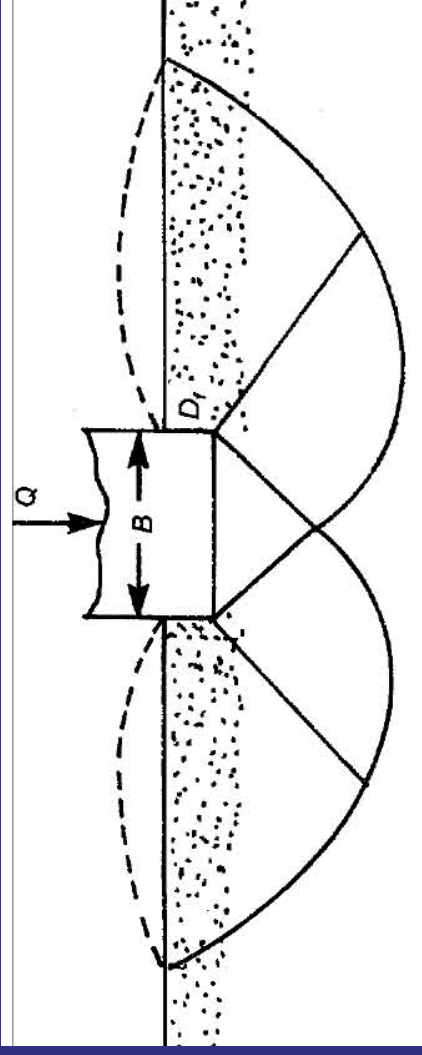
V- Fs INDIRECTO DE CAPACIDAD PORTANTE EJEMPLO



q_{ult} ES UNA FUNCIÓN
ALTAMENTE NO LINEAL DE ϕ'
Y POR CONSIGUIENTE

F_{sq} TIENE QUE SER
NECESARIAMENTE DIFERENTE
DE F_{SB}

V- Fs INDIRECTO DE CAPACIDAD PORTANTE EJEMPLO



ECUACION DE CAPACIDAD PORTANTE NETA

$$q_{ultn} = q_{ult} - q = q (Nq-1) + \gamma (B / 2) N\gamma + c' Nc$$

$$q_{ultn} = \gamma D Nc \tan \phi' + \gamma B Nc \tan^2 \phi' + c' Nc$$

$$q_{ultn} / \gamma B = (D/B) Nc \tan \phi' + Nc \tan^2 \phi' + (c' / \gamma B) Nc$$

$$q_{ultn} / \gamma B = (D/B) Nc \tan \phi' + Nc \tan^2 \phi' + (c' / \gamma B) Nc$$

$$q_{ultn} / \gamma B = Nc (Nd \tan \phi' + \tan^2 \phi' + Nb)$$

V- Fs INDIRECTO DE CAPACIDAD PORTANTE EJEMPLO

$$F_{sq} = q_{ultn} / q_{trabn}$$

$$q_{ultn} \text{ se calcula con } \tau_F = c' + \sigma' \tan \phi'$$

$$q_{trabn} \text{ se calcula con } \tau_D = (c' + \sigma' \tan \phi') / F_{SB}$$

Adoptando un valor mínimo de $F_{SBM} = 1.50$
se obtienen F_{sq} mínimos F_{sqm} compatibles con F_{SBM}

Se calculan valores de F_{sqm} para:

$$1^\circ \leq \phi' \leq 50^\circ$$

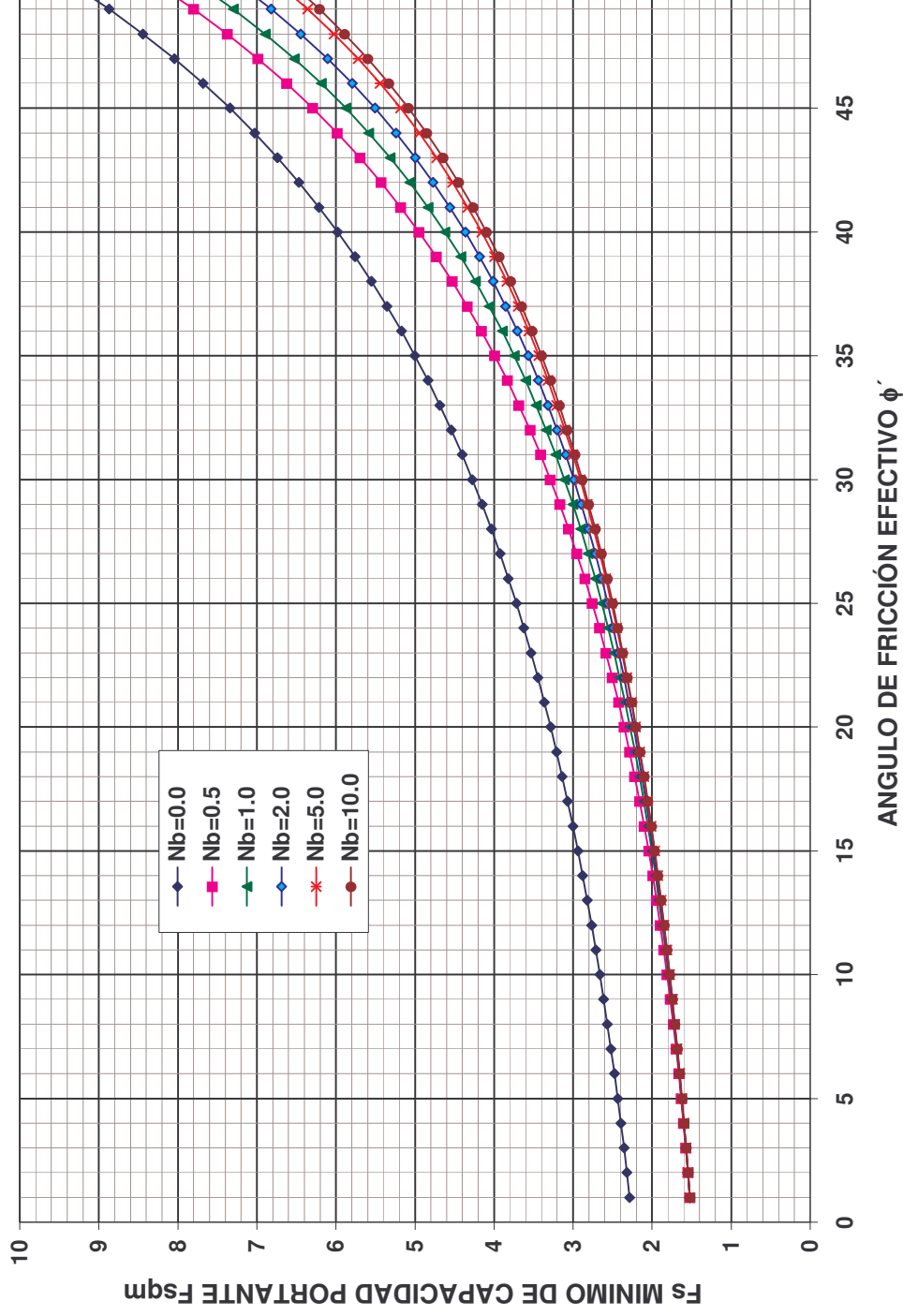
$$0 \leq N_d \leq 1.0$$

$$0 \leq N_b \leq 10.0$$

V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

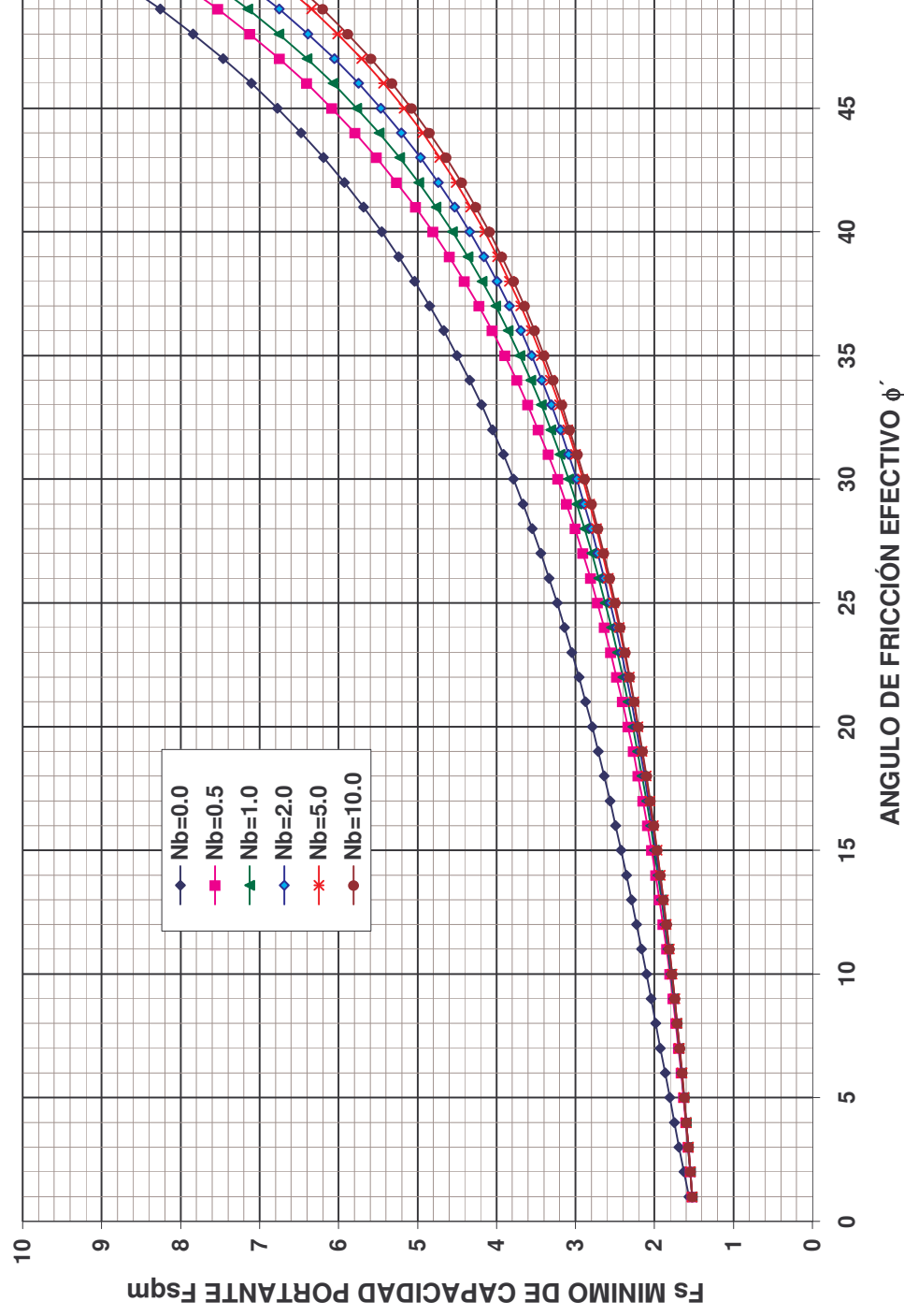
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_d = D/B = 0.0$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

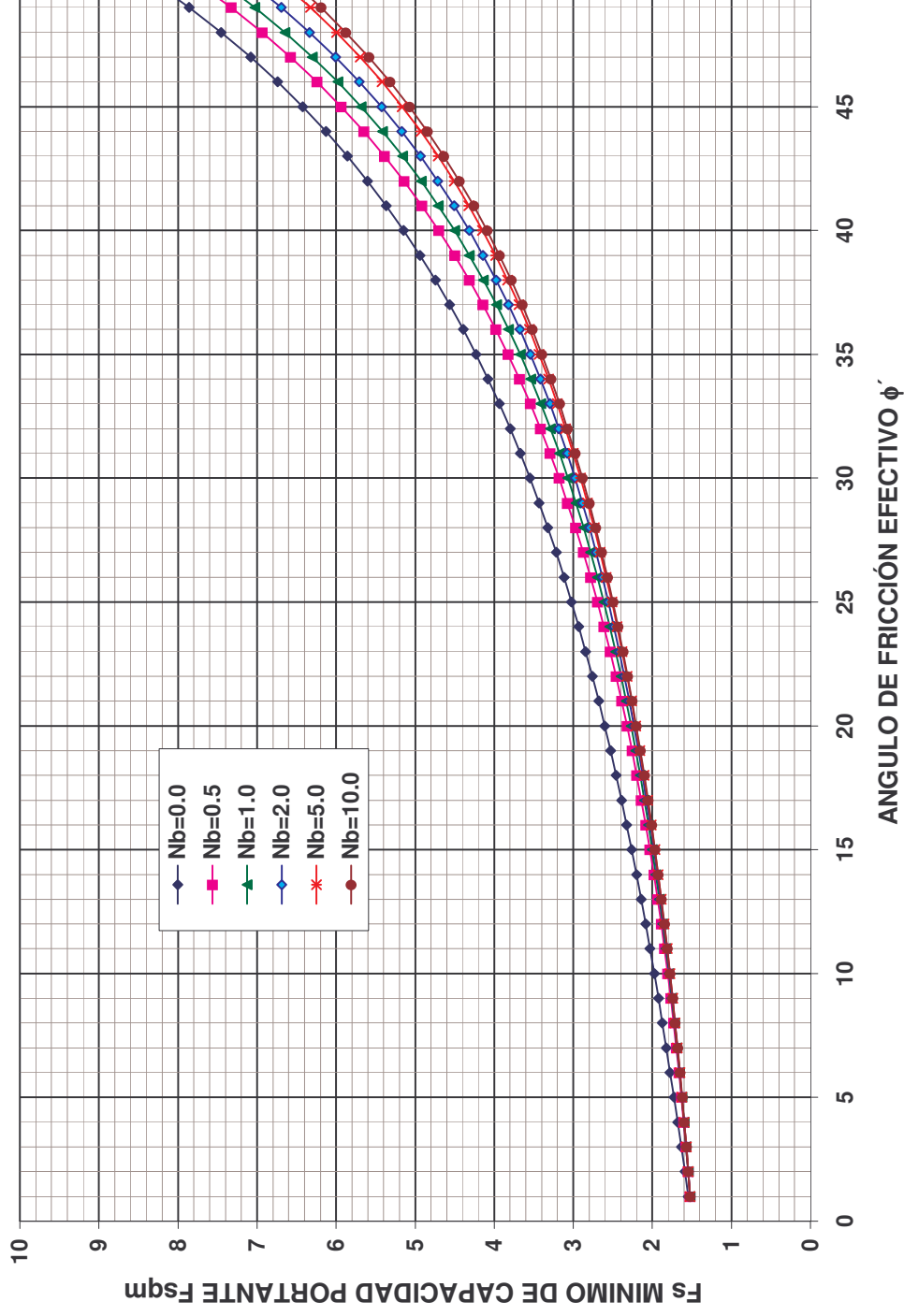
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_d = D/B = 0.2$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

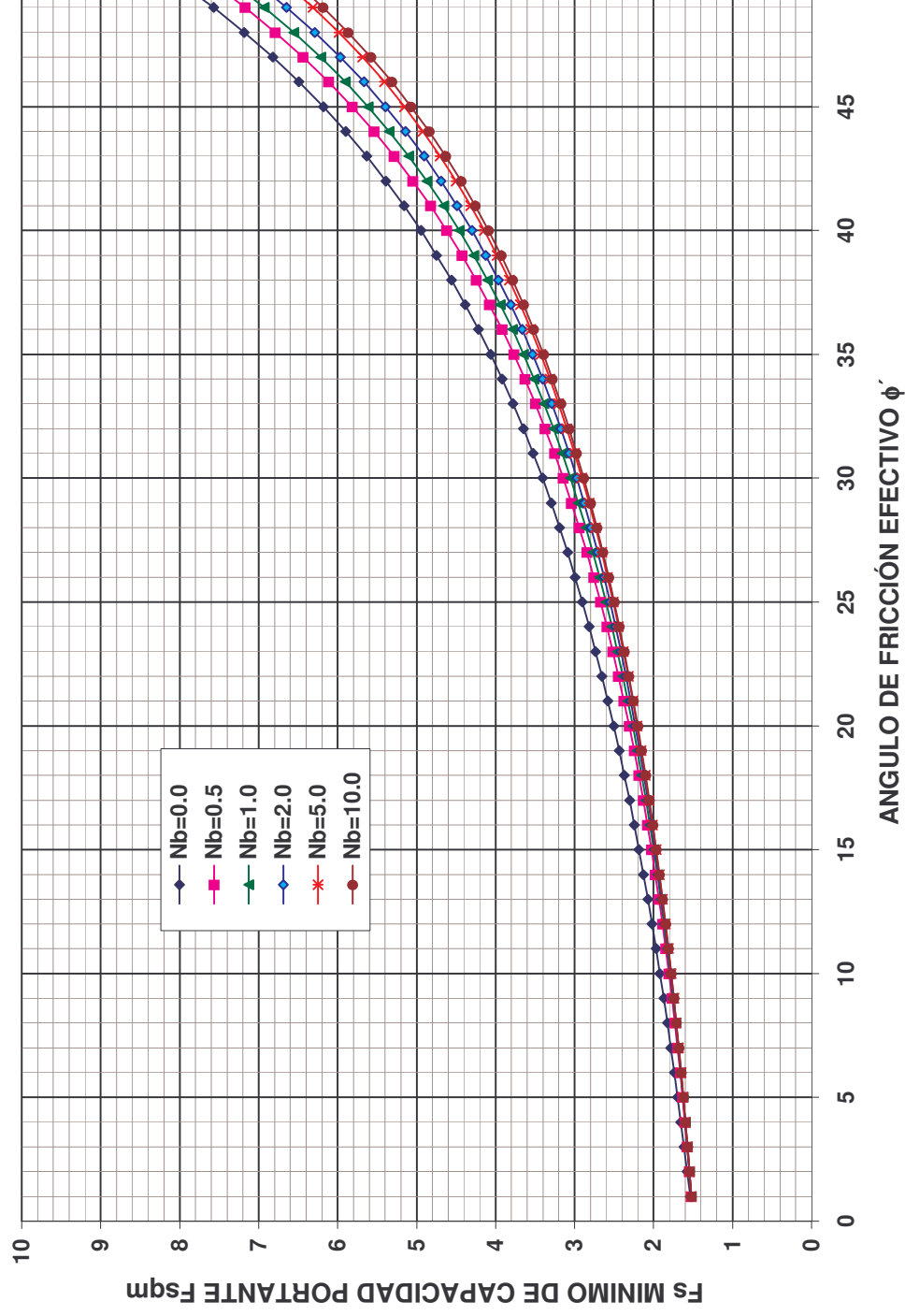
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_d = D/B = 0.4$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

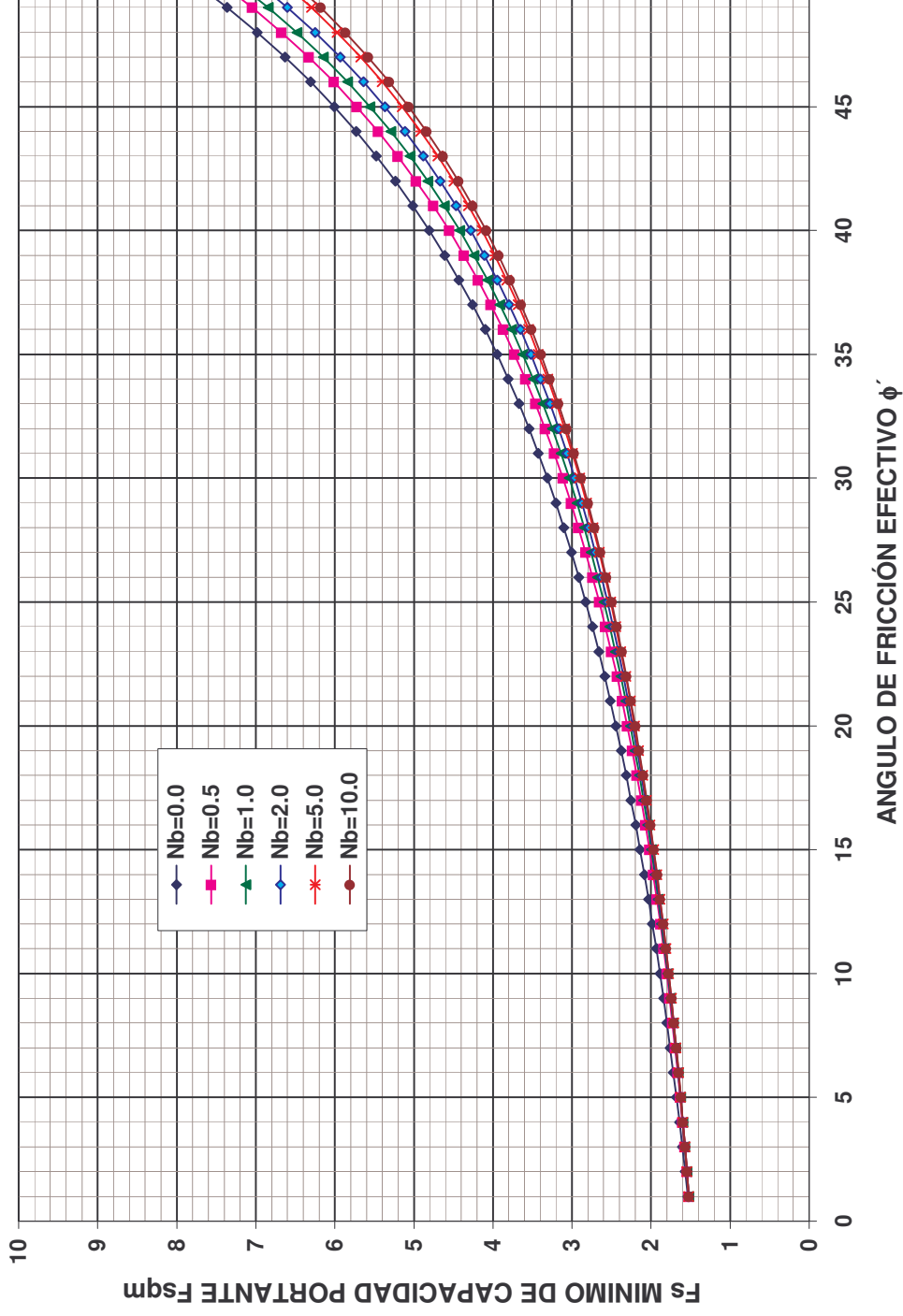
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_d = D/B = 0.6$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

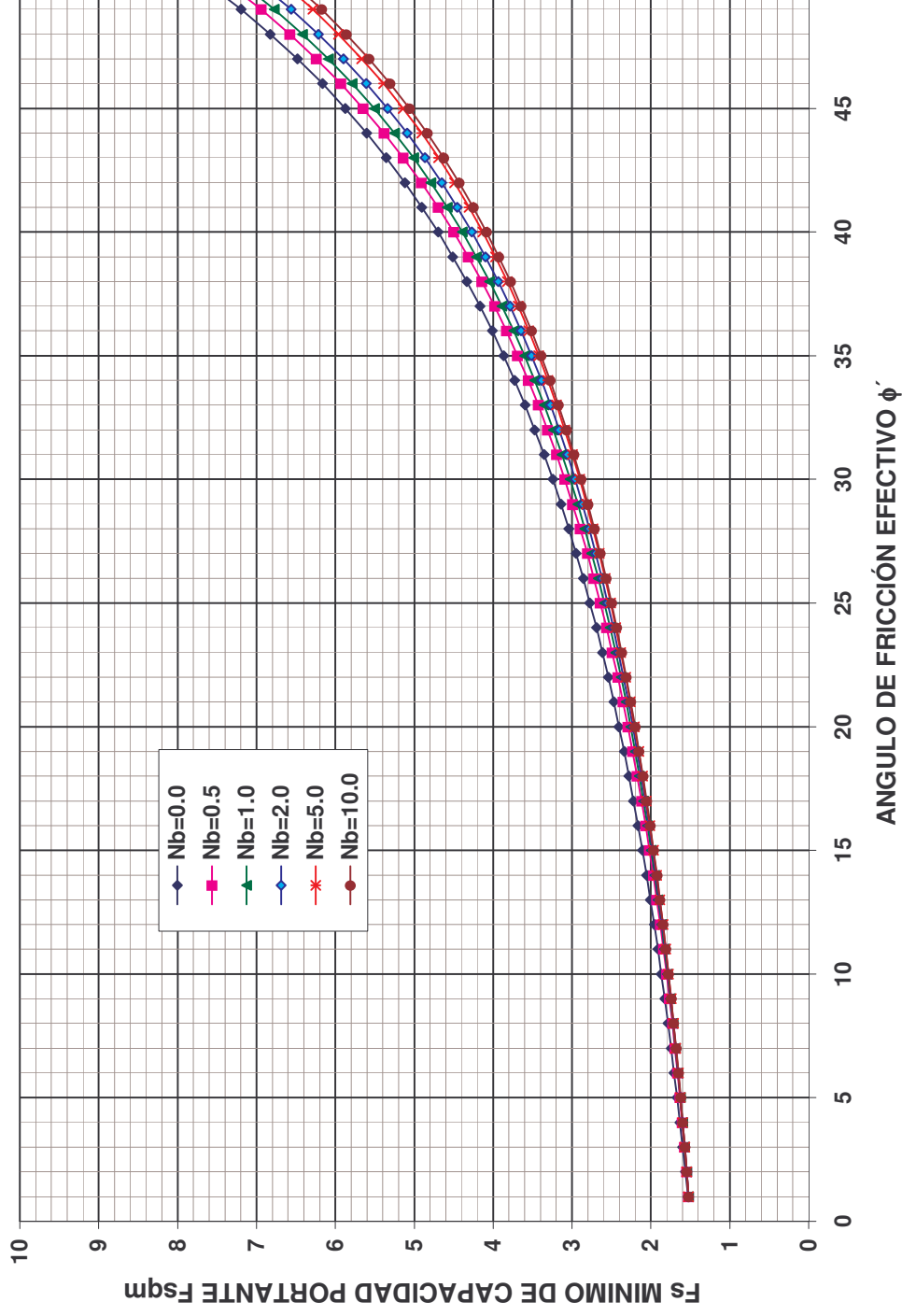
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_d = D/B = 0.8$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

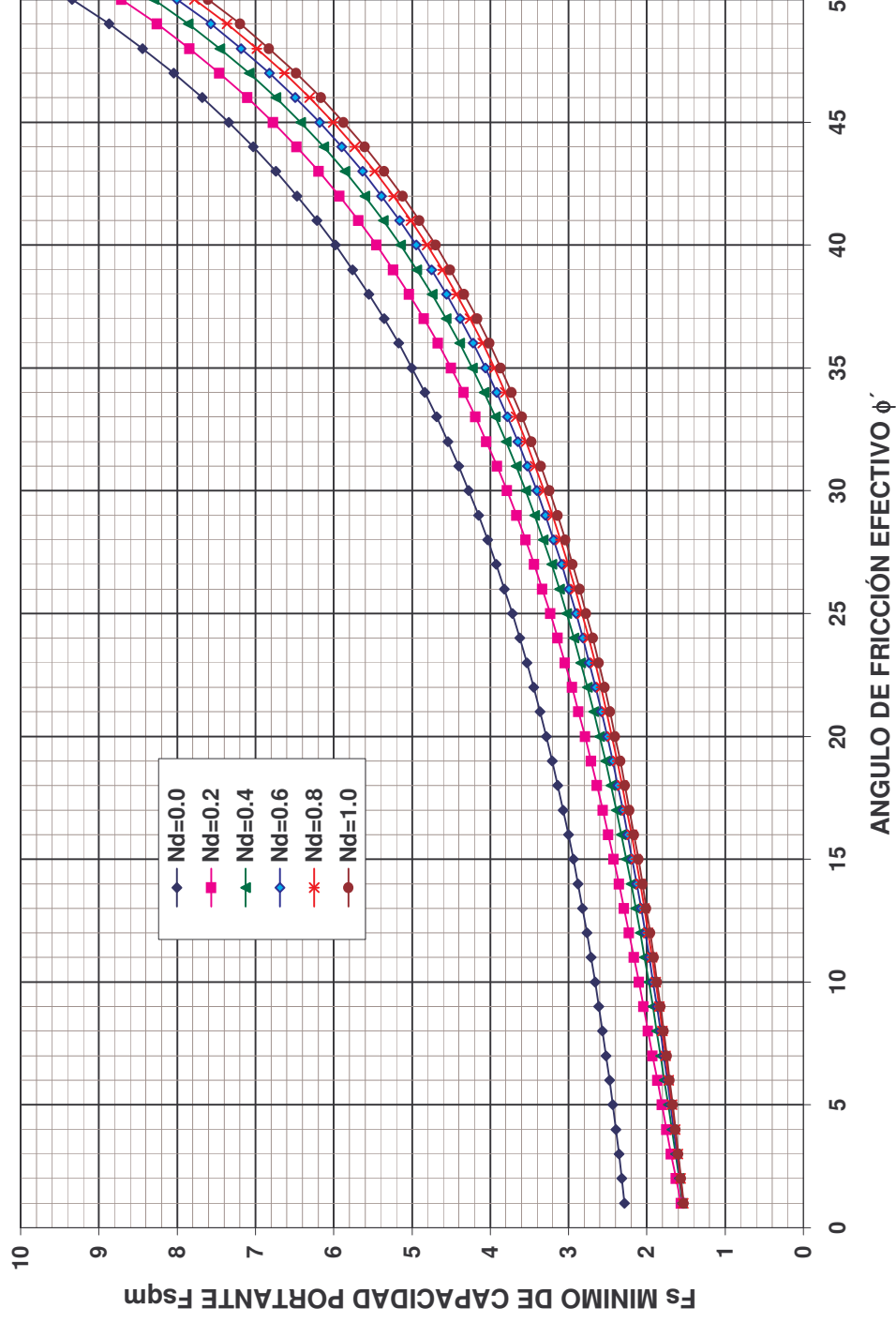
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_d = D/B = 1.0$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

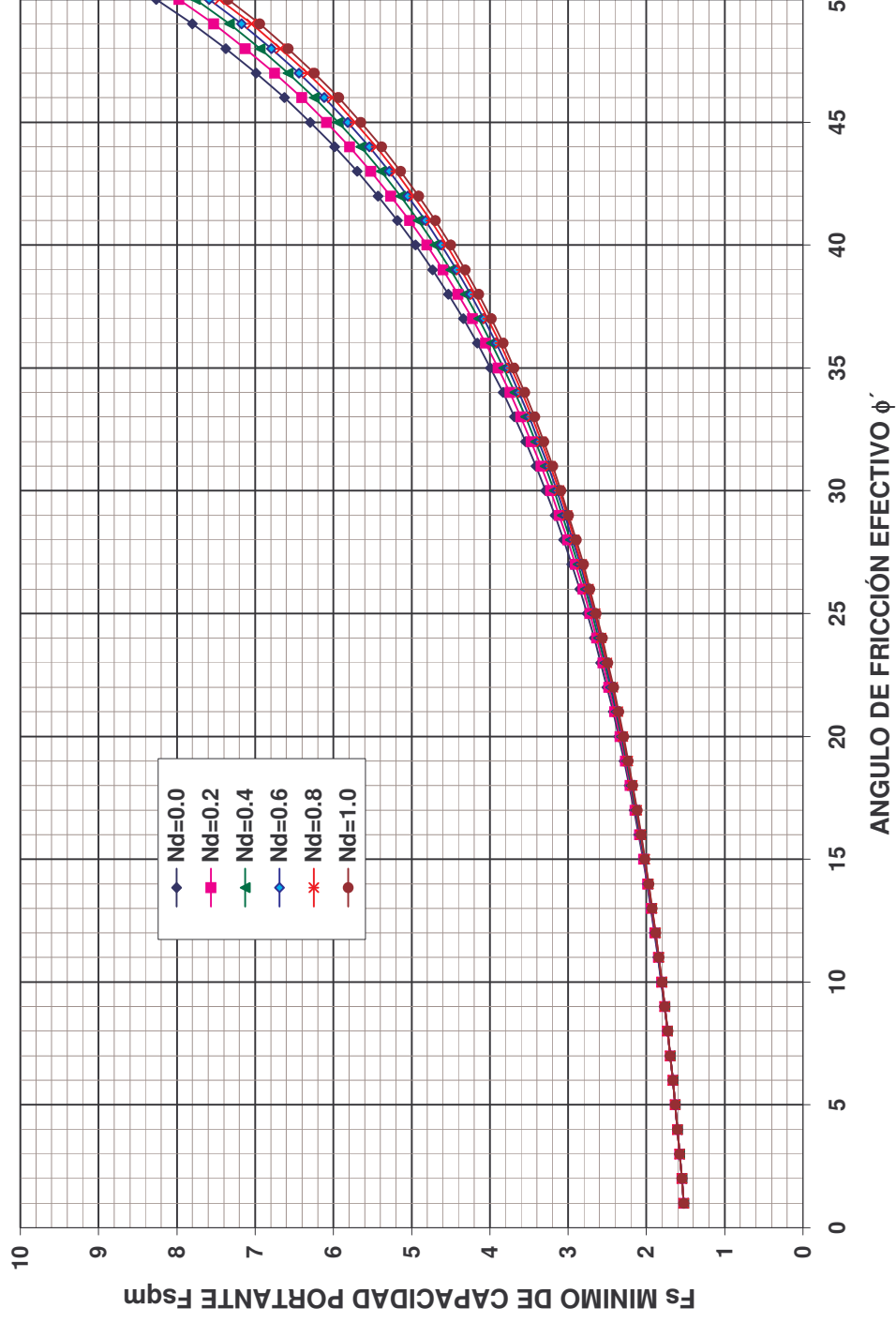
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_b = c' / \gamma B = 0.0$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

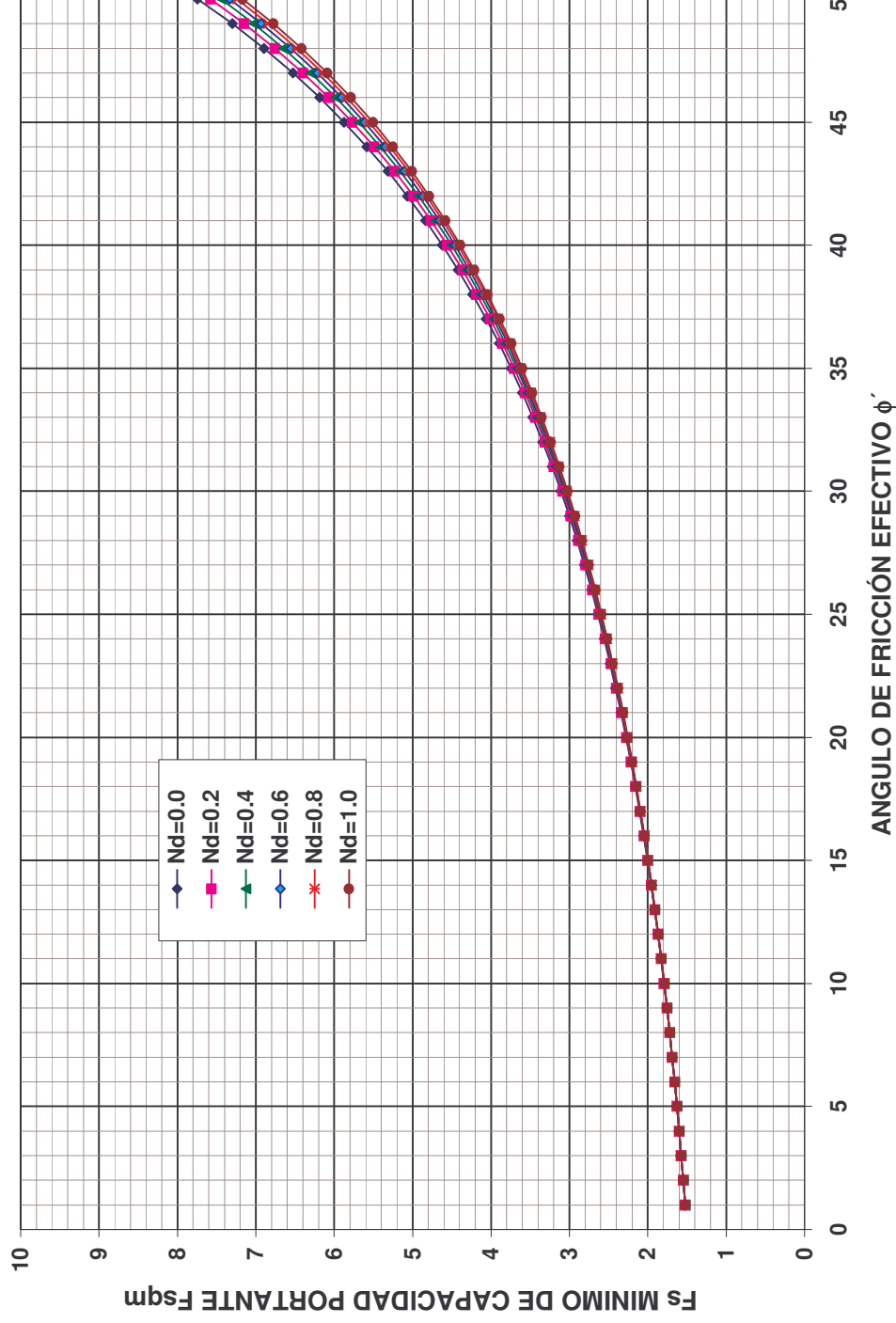
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_b = c' / \gamma B = 0.5$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

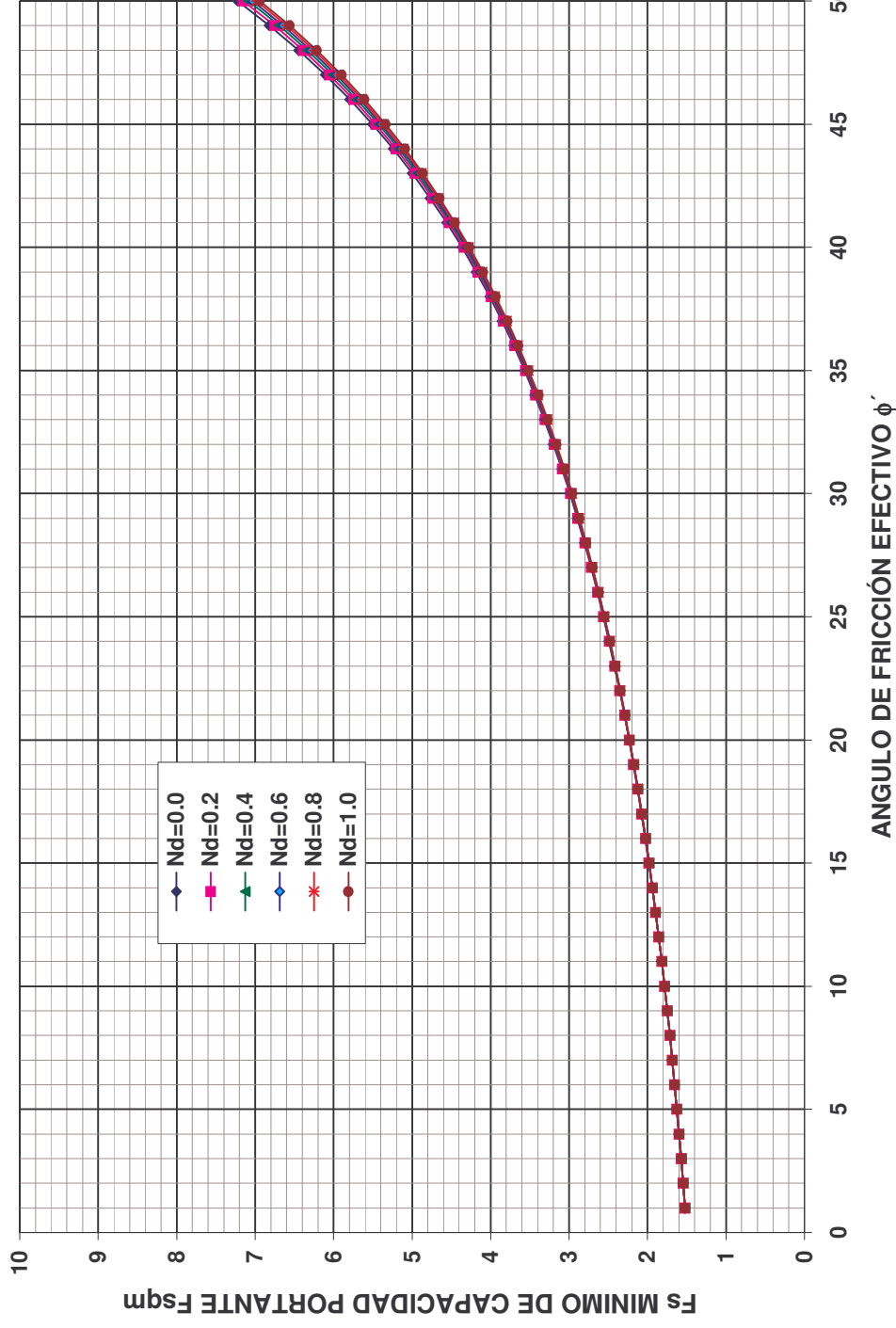
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_b = c' / \gamma B = 1.0$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

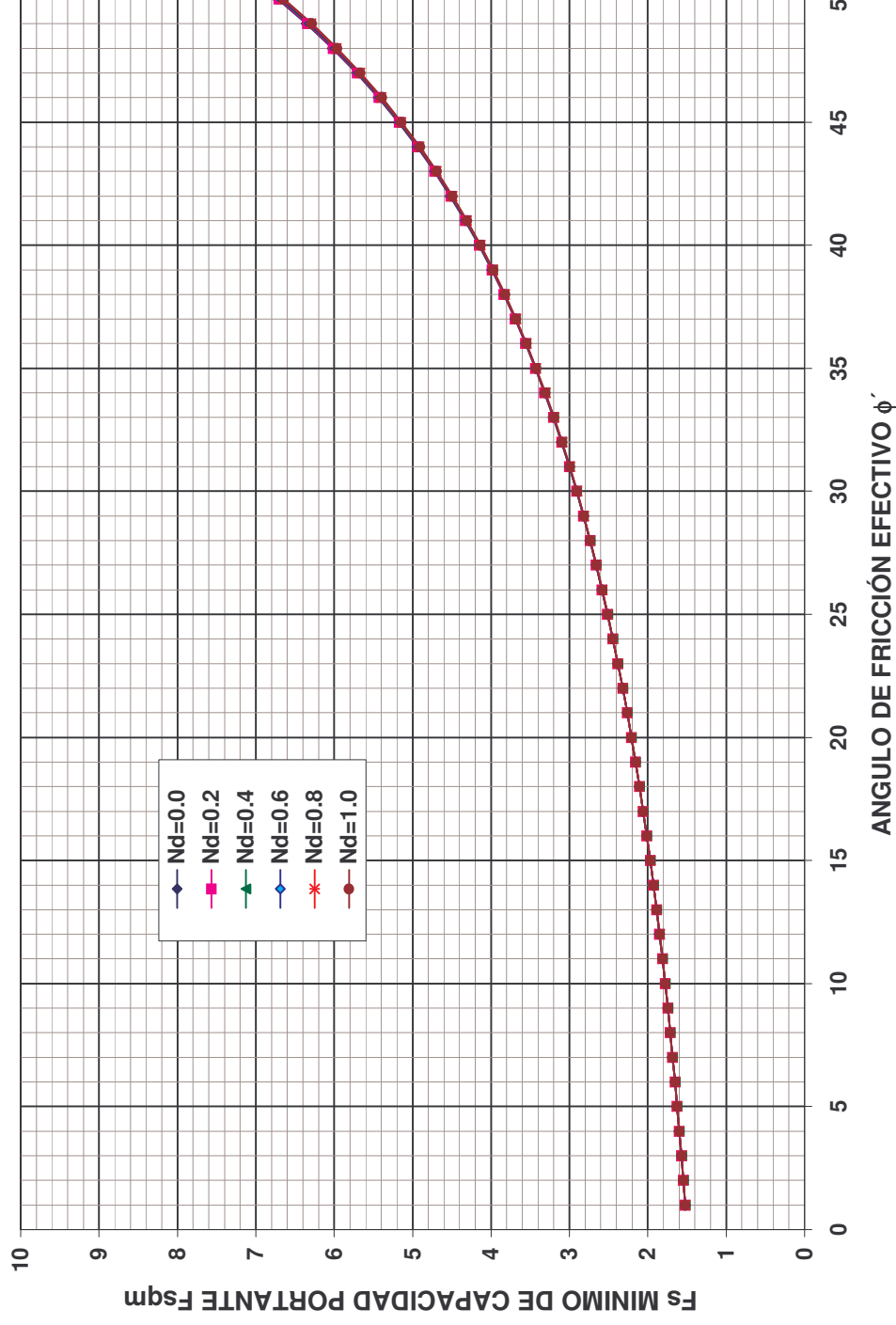
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_b = c' / \gamma B = 2.0$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

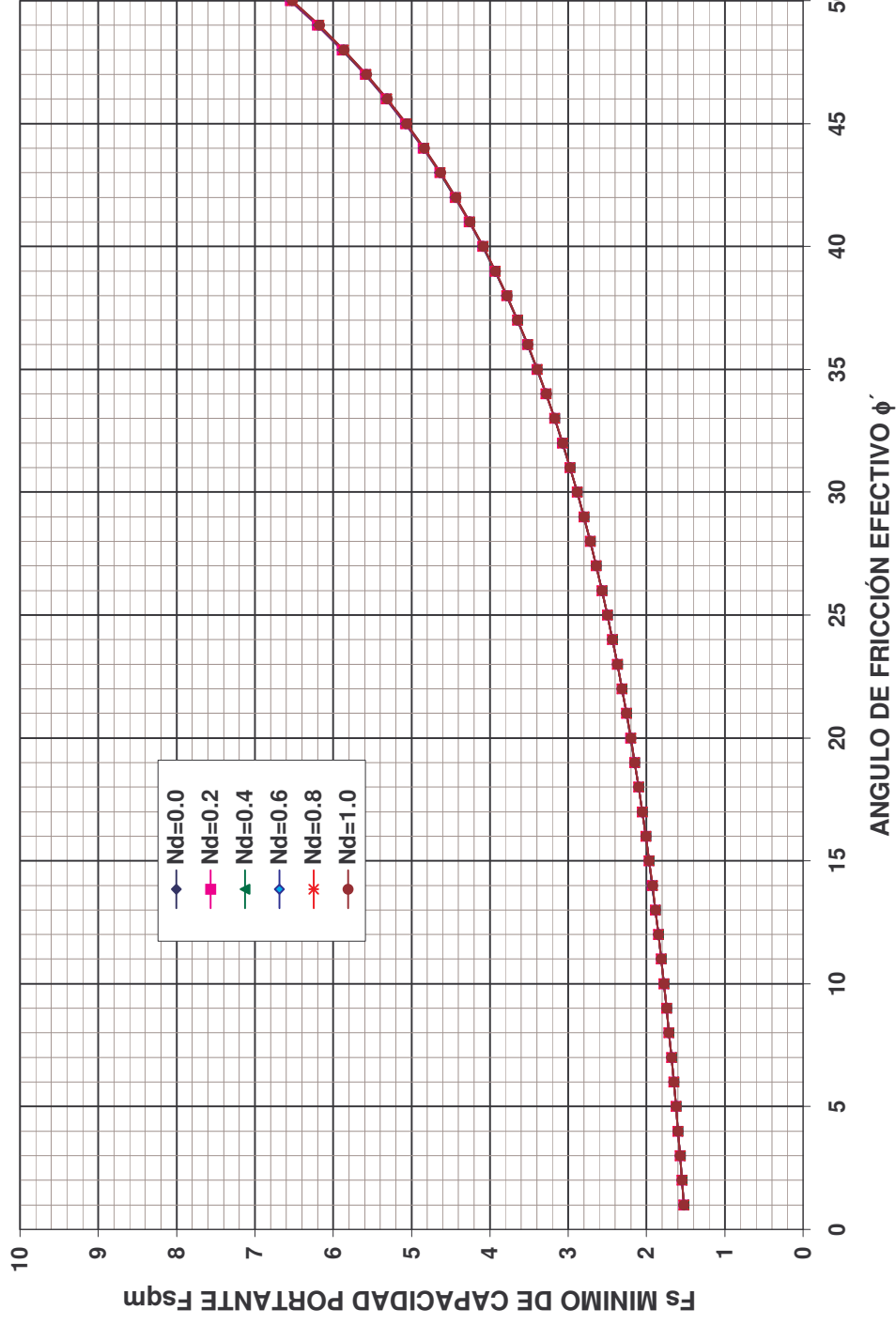
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_b = c' / \gamma B = 5.0$



V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO

PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_b = c' / \gamma B = 10.0$



FACTORES DE SEGURIDAD...¿POR QUÉ TANTOS?- GONZALEZ- MAYO 07- 2009

V- Fs INDIRECTO DE CAP. PORTANTE- EJEMPLO

CONCLUSIONES

- Fsqm puede tener valores entre 1.50 ($\phi' = 1^\circ$) y 9.34 ($\phi' = 50^\circ$, $N_d = 0.0$, $N_b = 0.0$), TODOS PARA EL MISMO VALOR DE F_{SBM} DE 1.5
- Fsqm aumenta exponencialmente con ϕ'
- Fsqm tiende a un solo valor a medida que se reduce ϕ'
- Fsqm se reduce a medida que aumentan $N_d = D/B$
- y/o $N_b = c' / \gamma B$
- En este ejemplo, para $N_b > 1.0$ y $\phi' < 35^\circ$, el factor $N_d = D/B$ deja de tener gran influencia

•EN CONSECUENCIA, NO ES POSIBLE EL ESTABLECIMIENTO DE UN SOLO VALOR DE FSQM QUE SATISFAGA EN TODOS LOS CASOS EL VALOR DE F_{SBM}

CODIGO- NSR98- TITULO H

PARA CAPACIDAD PORTANTE (H.4.1.7):

$F_{s_{cp}}$ = 2.0 para carga muerta + carga viva máxima
= 3.0 para carga muerta + carga viva normal
= 1.2 para carga muerta + carga viva normal +sismo

NO DICE QUE SON PARA CAPACIDAD PORTANTE

PARA MUROS (H.4.2.11):

Deslizamiento: $F_{sd} = 1.5$ (granulares) y 2.0 (cohesivos)

Volcamiento : $F_{sv} = 3.0$ (granulares) y 2.0 (cohesivos)

Capacidad portante:

$F_{s_{cp}} = 2.5$

Estabilidad intrínseca:

$F_s = 1.6$

Estabilidad general el sistema:

$F_s = 1.5$

EN GENERAL NO HAY COHERENCIA

CODIGO- NSR09- TITULO H

Factores de Seguridad Básicos Mínimos FSBM Directos

Condición	F _{SBM}	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.20
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sismico de Diseño (con 50% de Coeficiente Sismico de Diseño para Construcción)	1.00	1.00

CONCLUSIONES - 1

- A. El concepto de Factor de Seguridad Fs nace de la necesidad tanto de proveer seguridad a las obras y elementos diseñados y construídos, como de optimizar los mismos.
- B. El Factor de Seguridad Fs es adimensional y positivo; tiene incertidumbres y límites y permite tanto el control indirecto de deformaciones como la estimación de probabilidades de falla.
- C. El Factor de Seguridad Fs, a pesar de ser adimensional, no es unívoco ni universal. Puede haber numerosas definiciones del mismo, dependiendo del problema, el modo de falla y la variable que se use para su definición. Esta es la razón por la cual hay tantos Fs.**
- D. En general, en Ingeniería Civil el Factor de Seguridad se define como la relación entre Resistencia R y Demanda D

CONCLUSIONES - 2

- A. Para tener un nivel de seguridad homogéneo es indispensable definir un **Factor de Seguridad Básico F_{SB}** , calculado con la variable de la cual dependa realmente la falla o rotura del elemento al cual se aplica.
- A. Los materiales sólidos sólo pueden fallar o romperse por esfuerzos de tracción o de corte.
- B. En los materiales térreos, de baja resistencia a la tracción, el esfuerzo que realmente define la falla es el esfuerzo cortante.**
- C. En consecuencia en Geotecnia, el Factor de Seguridad Básico F_{SB} se define como la relación entre esfuerzos cortantes últimos o resistentes ($R = \tau_F$) y los esfuerzos cortantes actuantes o de diseño ($D = \tau_A = \tau_D$).

CONCLUSIONES - 3

- A. En Geotecnia, como en otras ramas de ingeniería, **hay numerosos Factores de Seguridad Indirectos, los cuales deberían ser estrictamente compatibles con un Factor de Seguridad Básico F_{SB} uniforme.**
- B. Se presenta un ejemplo de capacidad portante de un cimientito sencillo, en donde **se demuestra que para un Factor de Seguridad Básico Mínimo F_{SBM} de 1.5, el Factor de Seguridad Indirecto Mínimo de Capacidad Portante F_{sqm} tiene una alta variabilidad para diferentes condiciones de resistencia del suelo y de profundidad del cimientito.**
- C. **SE ADVIERTE QUE ESTE ES SOLO UN EJEMPLO Y QUE LOS RESULTADOS SON SOLO APLICABLES A ESTE Y NO PUEDEN GENERALIZARSE.**

RECOMENDACIÓN GENERAL

A. DADA LA ALTA VARIABILIDAD DEMOSTRADA DE LOS FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS Y QUE NO RESULTARÍA PRÁCTICO NI ECONÓMICO HACER CÁLCULOS DE RELACIONES ENTRE F_s INDIRECTO Y F_s BÁSICO F_{sb} PARA TODOS LOS CASOS, ES RECOMENDABLE ENTONCES HACER LOS CÁLCULOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE, (COMO LA CAPACIDAD PORTANTE), DIRECTAMENTE CON LA ECUACION APLICABLE PARA FALLA USANDO VALORES REDUCIDOS EN F_{sb} DE LA RESISTENCIA DE LOS MATERIALES TÉRREOS

MIL GRACIAS