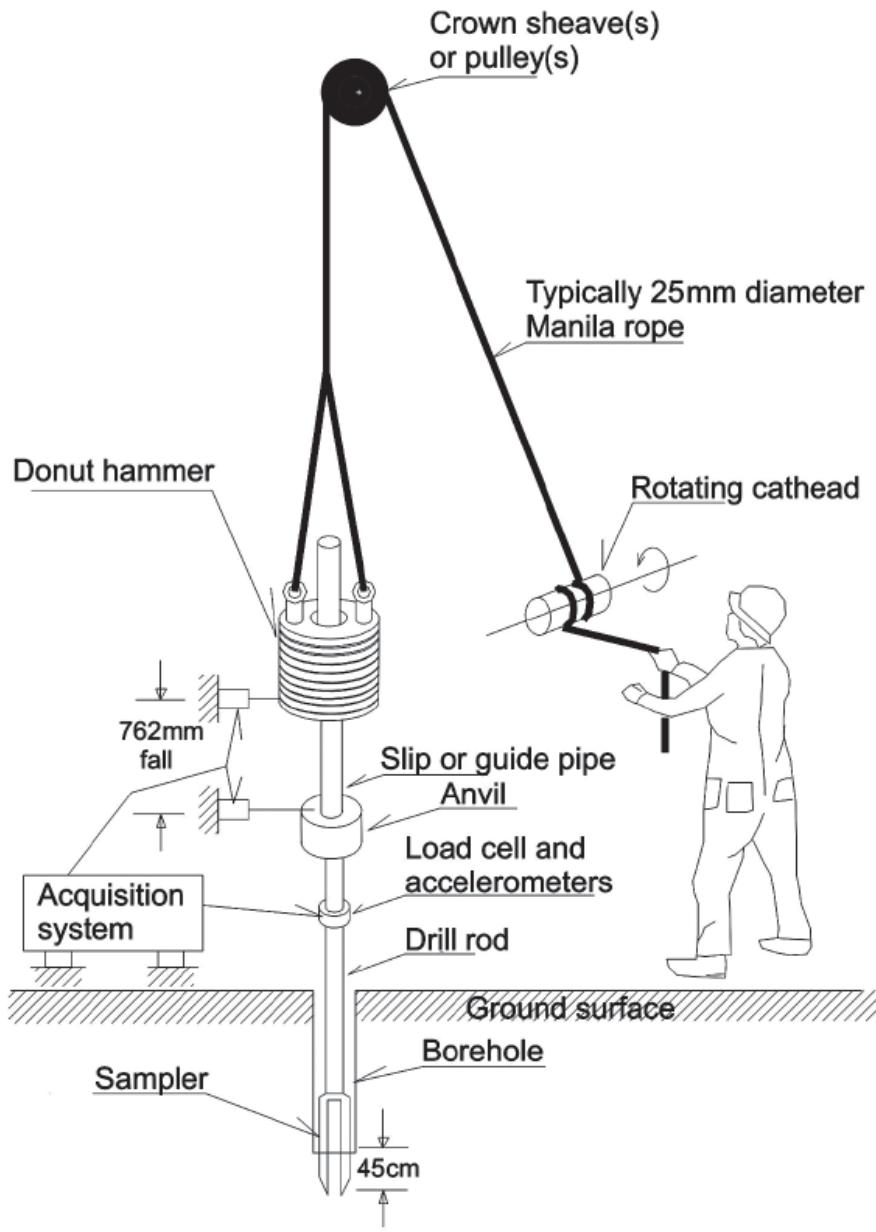




Notas sobre determinación de parámetros a partir de SPT

Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

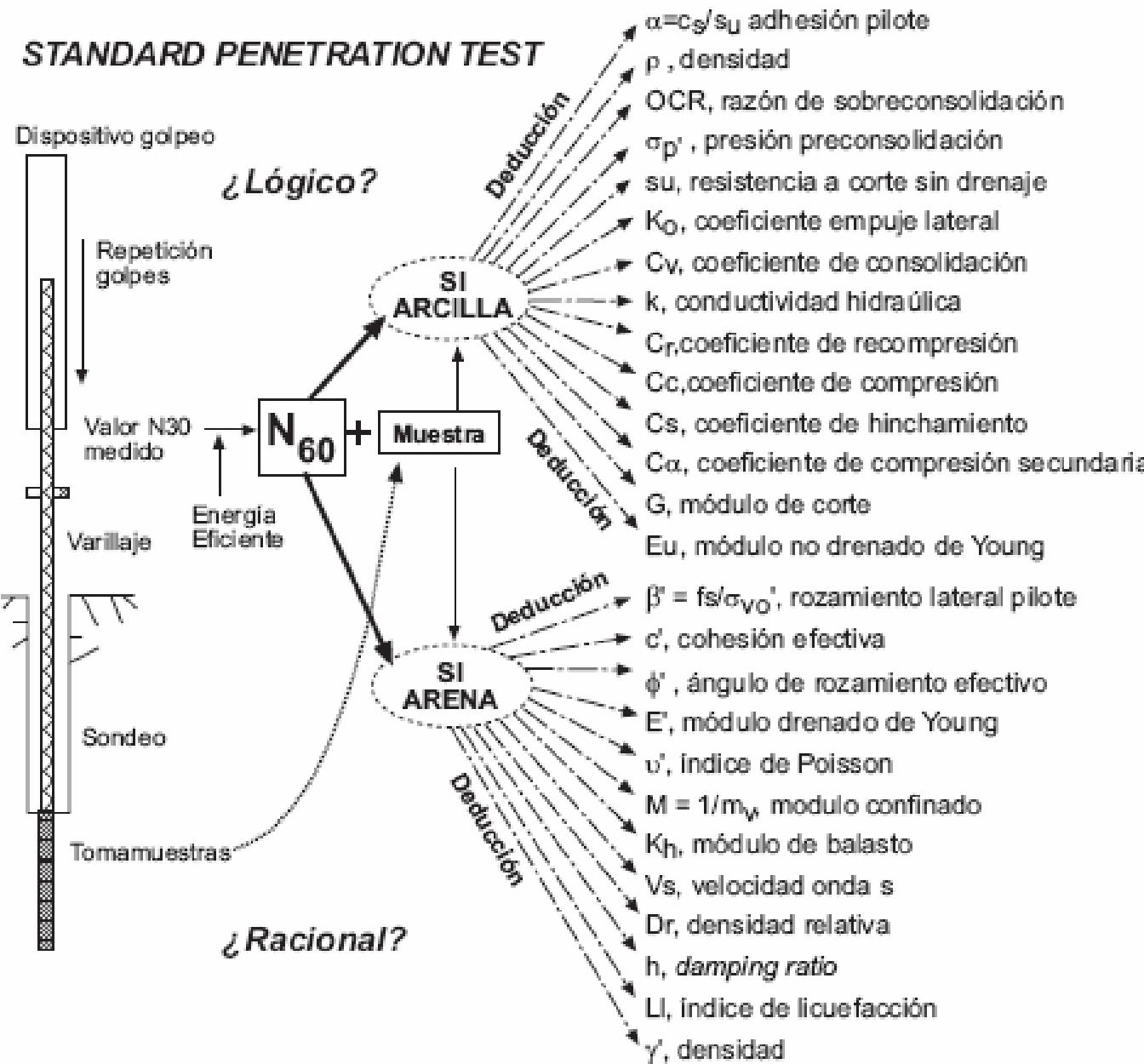


ASTM D 1586-99.

- Martillo: 63,5 kg.
- Altura de Caída: 76,2 cm.
- Peso varillaje: 6,3 kg/m.
- Área Varilla: 8 cm^2 .
- Área del Muestreador: $8,8 \text{ cm}^2$.
- Longitud Muestreador: 45 cm.
- Peso del Muestreador: 6,9 kg/m.
- Energía Potencial Teórica: 474 J.

Parámetros Mecánicos de Suelos

STANDARD PENETRATION TEST



SPT

- Hay que ser criterioso!!!
- Conocer bien las condiciones en las que ejecutó el ensayo. Las observaciones de campaña suelen aportar mucha información y pocas veces se les presta atención.
- Verificar la veracidad o representatividad del valor de Nspt: suelos no saturados, arenas, arcillas saturadas, etc. ¿Limos loéssicos no saturados?

SPT

- Arenas con gravas de tamaños grandes suelen ser engañosas y reportan rechazo.
- Limos y arcillas secas (no saturados) suelen dar números altos de Nspt y su resistencia a la penetración puede variar en el futuro con la variación del contenido de humedad del suelo (ej. ascenso N.F., pérdida de cañerías, etc).
- En suelos finos es importante comparar el contenido de humedad respecto de los límites de consistencia del suelo.

Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Estandarización / Correcciones.

- ***Energía (Eficiencia)***
 - ***Energía de Referencia (60 % E_{TOT}): N_{60} .***
 - ***Longitud del Varillaje: N'_{60} .***
- ***Característica del Muestreador: N''_{60} .***
- ***Presión de Tapada (N_1)₆₀.***

Ensayo de Penetración Estándar *Correcciones.* (SPT)

Energía (Eficiencia)

$$N_{60} = N_{SPT} (ER/60).$$

País	Tipo de Martillo	Mecanismo de Operación	Energía Estimada	ER
Japón	Donut	Caída Libre	78	78/60 = 1,30
	Donut	Cabrestante-Soga-Polea-Disparador	67	67/60 = 1,12
USA	Safety	Cabrestante-Soga-Polea	60	60/60 = 1,00
	Donut	Cabrestante-Soga-Polea	45	45/60 = 0,75
Argentina	Donut	Cabrestante-Soga-Polea	45	45/60 = 0,75
China	Donut	Caída Libre	60	60/60 = 1,00
	Donut	Cabrestante-Soga-Polea	50	50/60 = 0,83

Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Correcciones.

- **Longitud del Varillaje**

$$L < 10 \text{ ft}$$

$$N'_{60} = 0,75N_{60}$$

$$L > 10 \text{ ft}$$

$$N'_{60} = N_{60}$$

- Considera un balance entre la energía reflejada/transmitida de la onda mecánica en el tren de barras y pérdidas por disipación de deformación en las barras y uniones.

Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Correcciones.

- *Presión de Tapada (N_1)₆₀.*

$$(N_1)_{60} = C_N N''_{60}$$

Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

■ Presión de Tapada (N_1)₆₀

Table 2.2 Typical calculations of C_N values

Reference	Depth correction factor C_N	σ'_{v0}	Observation	
Skempton (1986)	$C_N = \frac{200}{100 + \sigma'_{v0}}$	kPa	Seed <i>et al.</i> (1983) $D_r = 40\text{--}60\%$ NC sand	
Skempton (1986)	$C_N = \frac{300}{200 + \sigma'_{v0}}$	kPa	Seed <i>et al.</i> (1983) $D_r = 60\text{--}80\%$ NC sand	
Peck <i>et al.</i> (1974)	$C_N = 0.77 \log\left(\frac{2000}{\sigma'_{v0}}\right)$	kPa	NC sand	Notes NC = normally consolidated. OC = overconsolidated.
Liao and Whitman (1985)	$C_N = \sqrt{\frac{100}{\sigma'_{v0}}}$	kPa	NC sand	
Liao and Whitman (1985)	$C_N = \left[\frac{(\sigma'_{v0})_{\text{ref}}}{\sigma'_{v0}} \right]^k$	–	$k = 0.4\text{--}0.6$	
Skempton (1986)	$C_N = \frac{170}{70 + \sigma'_{v0}}$	kPa	OC sand $OCR = 3$	
Clayton (1993)	$C_N = \frac{143}{43 + \sigma'_{v0}}$	kPa	OC sand $OCR = 10$	
Robertson <i>et al.</i> (2000)	$C_N = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{\sigma_{\text{atm}}} \right)^{-0.5}$	kPa	NC sand	

Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

■ *Presión de Tapada (N_1)₆₀*

Table 2.3 Correction for overburden pressure

Depth (m)	γ_{nat} (kN/m ³)	σ'_{v0} (kN/m ²)	N_{SPT}	C_N	N_1
2	18	36	5	1.667	~ 8
20	18	360	17	0.527	~ 9

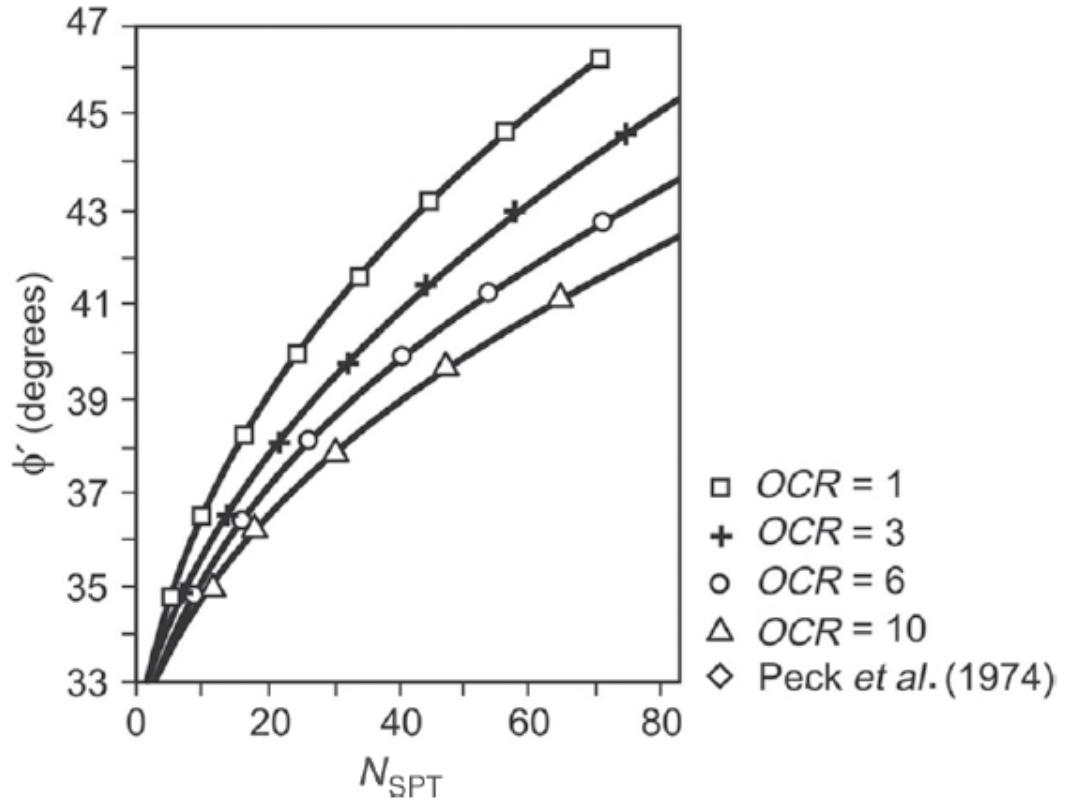
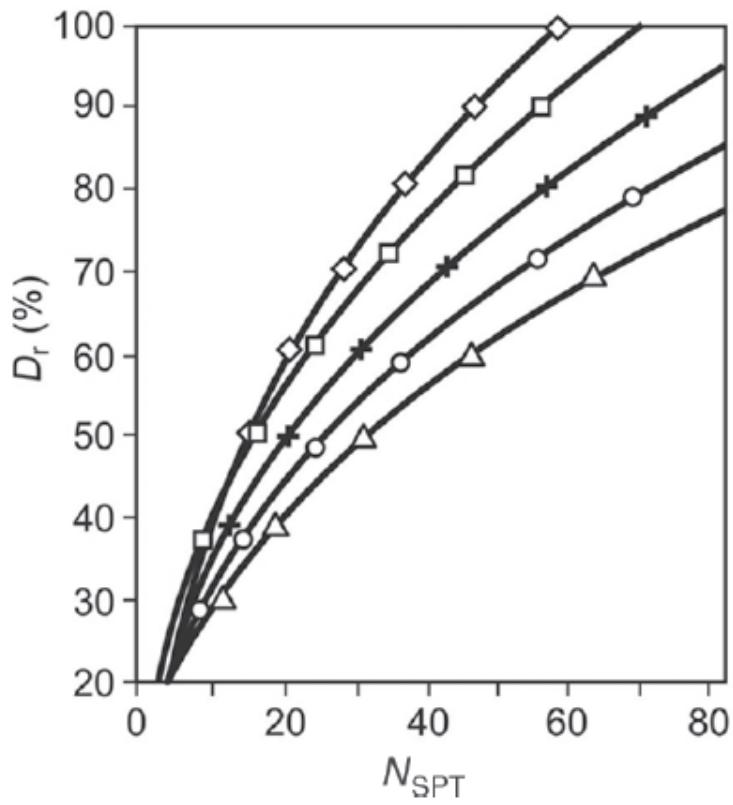
Parámetros Mecánicos de Suelos

40 Standard penetration test

Table 2.6 SPT-based soil and rock classification system (Clayton, 1993)

Sand	$(N_1)_{60}$	0–3	Very loose
		3–8	Loose
		8–25	Medium
		25–42	Dense
		42–58	Very dense
Clay	$(N)_{60}$	0–4	Very soft
		4–8	Soft
		8–15	Firm
		15–30	Stiff
		30–60	Very stiff
		>60	Hard
Residual soils*	$(N)_{60}$	0–5	Completely weathered
		5–10	Very weathered (lateritic)
		10–15	Weathered
		>15	Moderately weathered (saprolitic)
Weak rock	$(N)_{60}$	0–80	Very weak
		80–200	Weak
		>200	Moderately weak to very strong

Parámetros Mecánicos de Suelos



- $OCR = 1$
- ✚ $OCR = 3$
- $OCR = 6$
- △ $OCR = 10$
- ◊ Peck et al. (1974)

Parámetros Mecánicos de Suelos

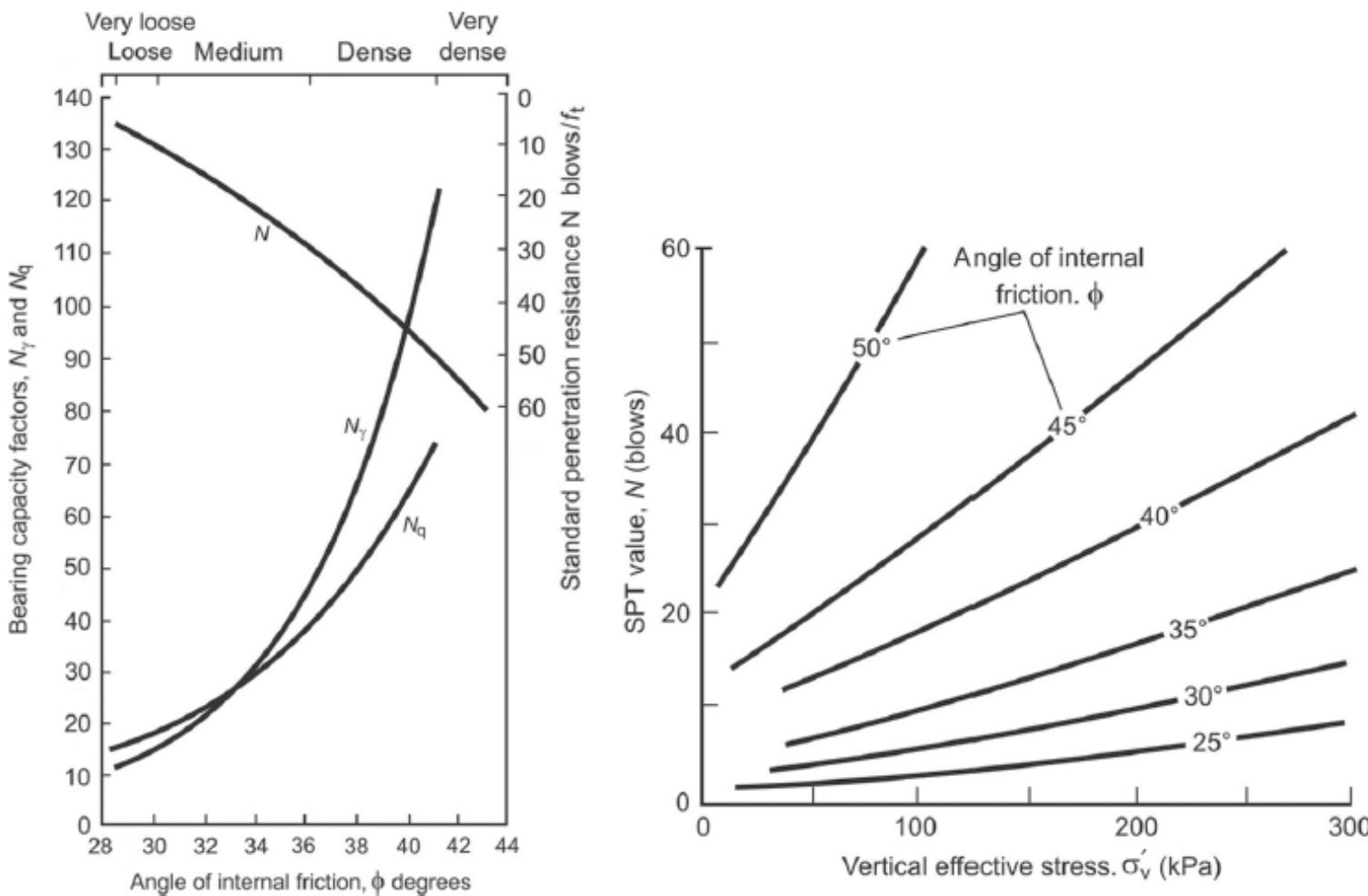
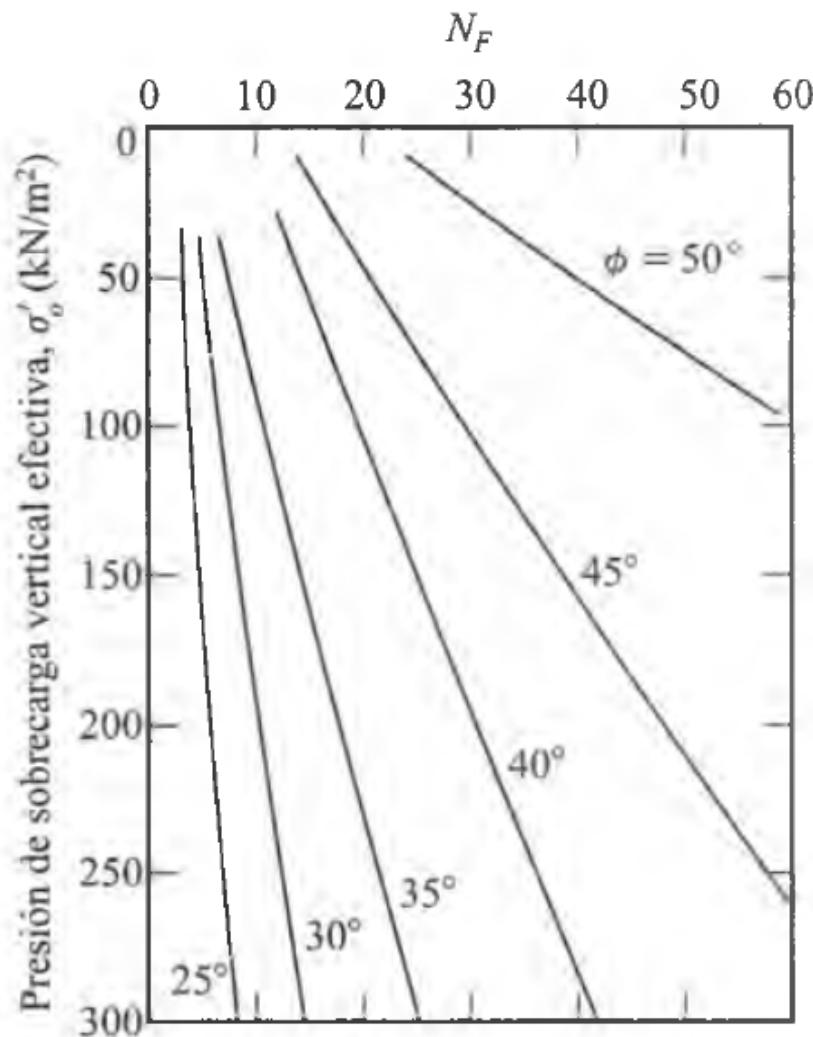


Figure 2.14 Recommended relationships between angle of friction and blow count number (Peck et al., 1974 and Mitchell and Lunne, 1978).

Parámetros Mecánicos de Suelos



(Kulhawy y Mayne, 1990)

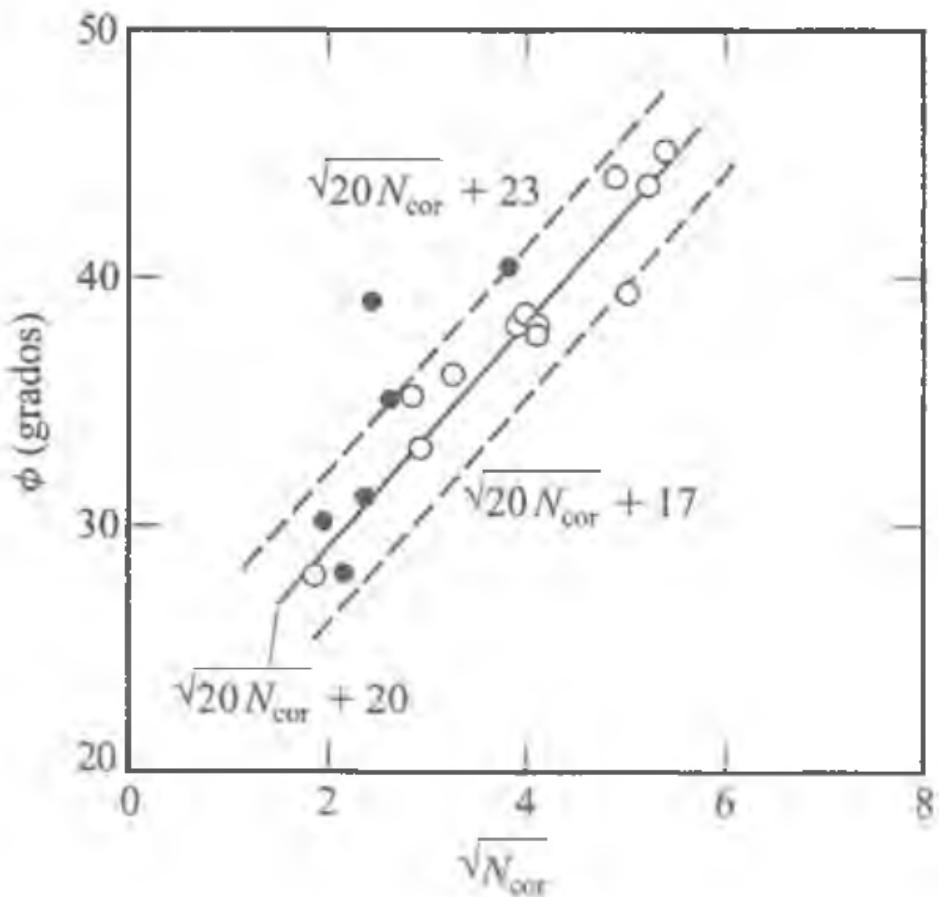
$$\phi = \tan^{-1} \left[\frac{N_F}{12.2 + 20.3 \left(\frac{\sigma'_o}{P_a} \right)} \right]^{0.34}$$

Hatanaka y Uchida (1996)

$$\phi = \sqrt{20N_{\text{cor}}} + 20$$

FIGURA 8.7 Correlación de Schmertmann (1985) entre N_F , σ'_o y ϕ para suelos granulares.

Parámetros Mecánicos de Suelos



Hatanaka y Uchida (1996)

$$\phi = \sqrt{20N_{cor}} + 20$$

FIGURA 8.8 Resultados de prueba de laboratorio de Hatanaka y Uchida (1996) para la correlación entre ϕ y $\sqrt{N_{cor}}$.

Parámetros Mecánicos de Suelos

Table 2.7 Typical angles of friction

Material	Bolton (1979)	Bolton (1979)	Robertson and Hughes (1986)
	ϕ'_p (degrees)	ϕ'_{cv} (degrees)	ϕ'_{cv} (degrees)
Dense, well-graded sand or gravel	55	35	40
Uniform, medium-dense/coarse sand	40	32	34–37
Dense, sandy silt with some clay	47	32	
Fine sand and sandy, silty clay	35	30	30–34
Clay-shale or partings	35	25	
Clay (London)	25	15	

Parámetros Mecánicos de Suelos

- Las ecuaciones son aproximadas y de carácter empírico. Evaluar si las condiciones de mi caso son semejantes a las condiciones para las cuales se determinaron las ecuaciones.
- Debido a que el suelo no es homogéneo, los valores de N_{SPT} en campo obtenidos en una sola perforación pueden no ser representativos de todo el sitio a explorar.
- En depósitos de suelos que contienen gravas o “bochones”, el N_{SPT} resulta errático y poco confiable.

Parámetros Mecánicos de Suelos

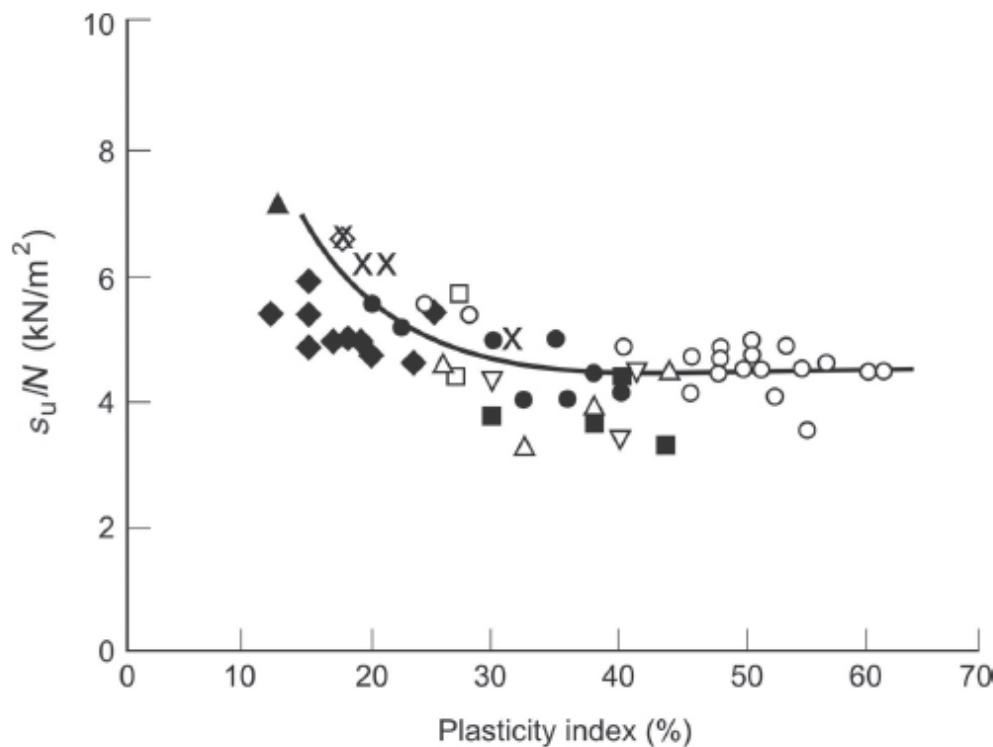


Figure 2.18 Undrained shear strength for insensitive clays (after Stroud, 1974).

Parámetros Mecánicos de Suelos

Tabla 8.3 Consistencia de arcillas y correlación aproximada con el número de penetración estándar N .

Número de penetración estándar, N	Consistencia	Resistencia a compresión simple, q_u (kN/m^2)
0–2	Muy blanda	0–25
2–5	Blanda	25–50
5–10	Rigidez media	50–100
10–20	Firme	100–200
20–30	Muy firme	200–400
> 30	Dura	>400

Parámetros Mecánicos de Suelos

$$c_u \text{ (kN/m}^2\text{)} = 29N^{0.72}$$

$$OCR = 0.193 \left(\frac{N}{\sigma'_o} \right)^{0.689}$$

σ'_o = esfuerzo efectivo vertical (MN/m²).

Parámetros Mecánicos de Suelos

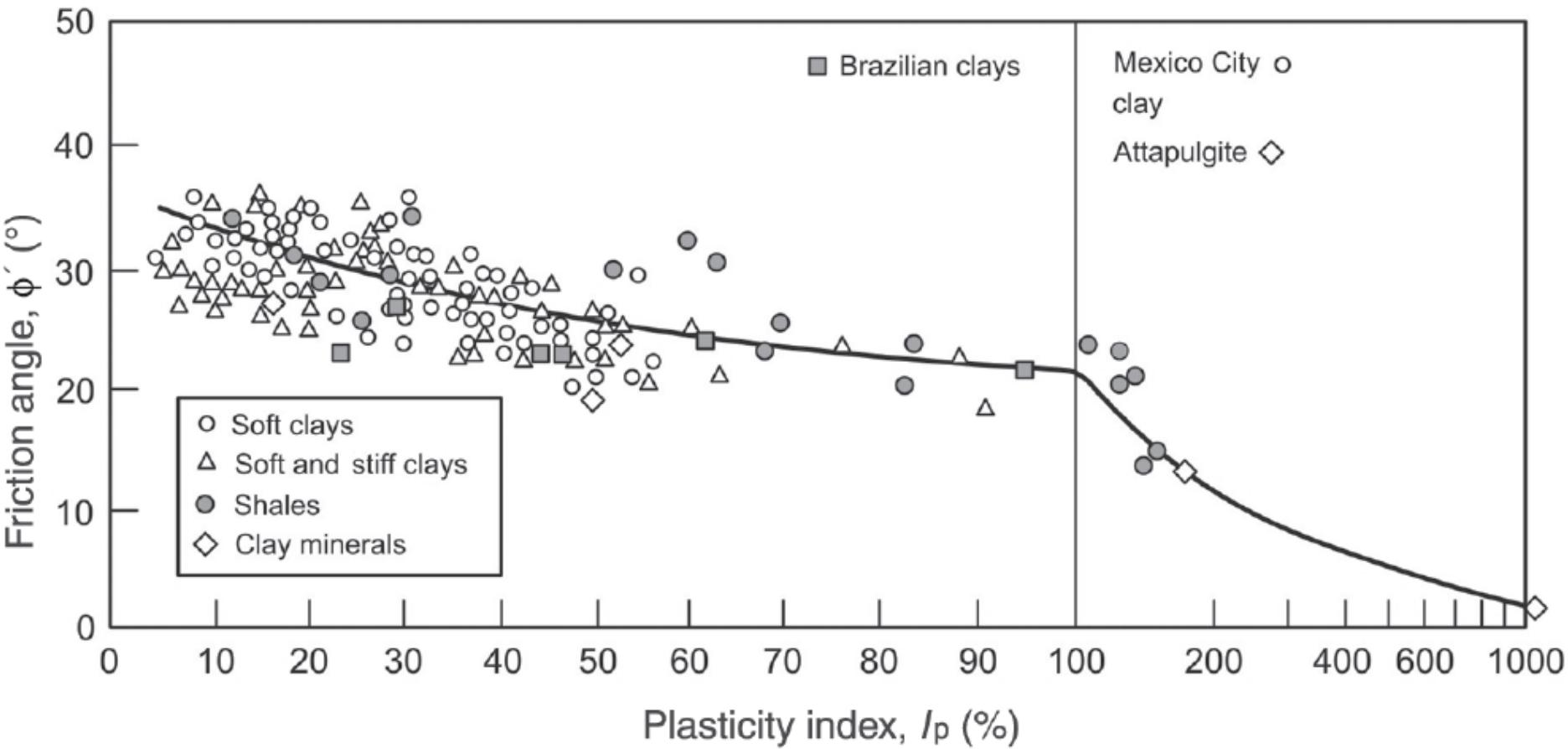


Figure 7.3 Variation of friction angle with plasticity index (Terzaghi et al., 1996).

Parámetros Mecánicos de Suelos

$$E_s \text{ (kN/m}^2\text{)} = 766N_F$$

Tabla 11.5 Parámetros elásticos de varios suelos.

Tipo de suelo	Módulo de elasticidad, E_s (MN/m ²)	Razón de Poisson, μ_s
Arena suelta	10–25	0.20–0.40
Arena de compacidad media	15–30	0.25–0.40
Arena densa	35–55	0.30–0.45
Arena limosa	10–20	0.20–0.40
Arena y grava	70–170	0.15–0.35
Arcilla blanda	4–20	
Arcilla media	20–40	0.20–0.50
Arcilla dura	40–100	

Parámetros Mecánicos de Suelos

- Nuevamente....Hay que ser criterioso!!!
- Conocer el origen de las ecuaciones de correlación. A veces están calibradas para casos particulares y se comete el error de utilizarlas en forma generalizada (buscar en bibliografía de referencia su origen, libros, artículos de renombre, etc.).
- Existe mucha bibliografía del tema.
Investigar al respecto por cuenta propia.