

A continuación en la tabla 2 se presenta una lista de los valores típicos de peso unitario Angulo de fricción y cohesión de suelos y rocas, en la tabla 3 se presentan algunos valores típicos del Angulo de fricción en grados, en la tabla 4 se presentan valores de  $\phi$ , Dr y peso unitario de suelos para suelos granulares basado en el ensayo SPT, en la tabla 5 se presentan valores de gravedad especifica según el tipo de material a trabajar, estos parámetros son la base para el desarrollo de los métodos analíticos y de los cálculos a desarrollar.

**Tabla 1:** Valores típicos de peso unitario, Angulo de fricción y cohesión de suelos y rocas (tomado de Hoek y Bray. 1991).

DESCRIPCIÓN		Peso unitario (Saturado/ seco)	Angulo de fricción (°)	Cohesión (kPa)
Tipo	Material			
Sin cohesión	Arena suelta, tamaño de grano uniforme	19/14	28-34	
	Arena densa, tamaño de grano uniforme	22/17	32-40	
	Arena suelta, diferentes tamaños de grano	20/16	34-40	
	Arena densa, diferentes tamaños de grano	21/18	38-46	
	grava, tamaño de grano uniforme	22/20	34-37	
	Arena y grava, mezcla de tamaños	19/17	48-45	
	Roca fracturada o volada: Basalto	22/17	40-50	
	Roca fracturada o volada: Granito	20/17	45-50	
	Roca fracturada o volada :Limolita	19/16	35-40	
	Roca fracturada o volada: Arenisca	17/13	35-45	
	roca fracturada o volada : Lulitas	20/16	30-35	
Cohesivos	Montmorillonita (bentonita blanda )	13/6	7-13	10-20
	Arcilla orgánica muy blanda	14/6	12-16	10-30
	Arcilla blanda, ligeramente orgánica.	16/10	22-27	20-50
	Arcilla Glaciar blanda	17/12	27-32	30-70
	Arcilla Glaciar rígida	20/17	30-32	70-150
	Rocas Igneas duras:			
	granito, basalto, porfidos	25 a 30	35-45	35000-55000
	Rocas Metamórficas:			
	cuarcita, neiss, pizarras	25 a 28	30-40	20000-40000
	Rocas Sedimentarias duras:			
	Lomolitas, dolomita, arenisca	23 a 28	34-45	10000-30000
Rocas Sedimentarias blandas:				
arenisca, carbón, lutita.	17 a 23	25-35	1000-20000	

Fuente: (Hoek y Bray. 1991) Manual de estabilidad de taludes p. 111

**Tabla 2:** parámetros geo mecánicos CARRETERA ANSERMA Ensayo de Penetración Estandar (SPT) Parámetros de Resistencia al Corte Deducidos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GONZÁLEZ, Á. (1999). Estimativos de Parámetros Efectivos de Resistencia con el SPT. X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Recuperado a partir de <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/ESTIMATIVOS-DEPARAMETROS-DE-RESISTENCIA-CON-SPT.pdf>

SUELO		$\delta'$ prm (°)	c' prm (t/m <sup>2</sup> )	$\delta'$ mín (°)
1	Relleno heterogéneo	14.144	1.9236	26.373
2	Limo arcilloso amarillento	29.485	0.2172	34.454
3	Arena limosa amarillenta	29.234	0.1948	26.724
4	Arena limosa gris verdosa	38.866	0.0000	34.700
5	Limo arenoso carmelito	39.850	0.0000	34.551
6	Limo arenoso habano	28.066	0.1718	22.766
7	Limo arcilloso habano	28.634	0.9344	31.136
8	Arena fina algo limosa	42.014	0.0000	31.832
9	Arena con gravas	38.184	0.0000	34.369
10	Arcilla limosa habana	24.940	0.4592	28.328
14	Arena compacta habana	50.327	0.0000	48.943
Pr	Promedio suelos	34.317	0.3251	33.320

$\delta'$  prm: Angulo de fricción efectivo promedio.

c' prm: Intercepto de cohesión efectivo promedio.

$\delta'$  mín: Angulo de fricción efectivo mínimo.

c' mín: Intercepto de cohesión efectivo mínimo = 0.0

Fuente: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/ESTIMATIVOS-DE-PARAMETROS-DE-RESISTENCIA-CON-SPT.pdf>.

**Tabla 3:** Valores típicos de Angulo de fricción ( $\delta$ ), en grados.

## Friction angles $\delta$ between various foundation materials and soil or rock\*

Interface materials	Friction angle, $\delta$ , degrees†
Mass concrete or masonry on the following:	
Clean sound rock	35°
Clean gravel, gravel-sand mixtures, coarse sand	$\phi$
Clean fine to medium sand, silty medium to coarse sand, silty or clayey gravel	$\phi$
Clean fine sand, silty or clayey fine to medium sand	$\phi$
Fine sandy silt, nonplastic silt	$\phi$
Very stiff and hard residual or preconsolidated clay	$\phi$
Medium stiff and stiff clay and silty clay	$\phi$
Steel sheet piles against the following:	
Clean gravel, gravel-sand mixture, well-graded rock fill with spalls	22°
Clean sand, silty sand-gravel mixture, single-size hard rock fill	17
Silty sand, gravel, or sand mixed with silt or clay	14
Fine sandy silt, nonplastic silt	11
Formed concrete or concrete sheetpiling against the following:	
Clean gravel, gravel-sand mixtures, well-graded rock fill with spalls	22–26
Clean sand, silty sand-gravel mixture, single-size hard rock fill	17–22
Silty sand, gravel, or sand mixed with silt or clay	17
Fine sandy silt, nonplastic silt	14
Various structural materials	
Masonry on masonry, igneous and metamorphic rocks:	
Dressed soft rock on dressed soft rock	35°
Dressed hard rock on dressed soft rock	33
Dressed hard rock on dressed hard rock	29
Masonry on wood (cross grain)	26
Steel on steel at sheet-pile interlocks	17
Wood on soil	14–16‡

\*May be stress-dependent (see text) for sand.

†Single values  $\pm 2^\circ$ . Alternate for concrete poured on soil is  $\delta = \phi$ .

‡May be higher in dense sand or if sand penetrates wood.

Fuente: BOWLES E. J., Foundation analysis and design, Acar et al. (1997) p. 636.

**Tabla 4** Valores  $\phi$ ,  $D_r$  y peso unitario de suelos empíricos para granulares basado en el ensayo SPT a unos 6 m de profundidad y normalmente consolidado. [Aproximadamente  $\phi=28^\circ + 15^\circ D_r$  ( $\pm 2^\circ$ )]

Description	Very loose	Loose	Medium	Dense	Very dense
Relative density $D_r$	0	0.15	0.35	0.65	0.85
SPT $N'_{70}$ : fine	1-2	3-6	7-15	16-30	?
medium	2-3	4-7	8-20	21-40	> 40
coarse	3-6	5-9	10-25	26-45	> 45
$\phi$ : fine	26-28	28-30	30-34	33-38	
medium	27-28	30-32	32-36	36-42	< 50
coarse	28-30	30-34	33-40	40-50	
$\gamma_{wet}$ , kN/m <sup>3</sup>	11-16*	14-18	17-20	17-22	20-23

\* Excavated soil or material dumped from a truck has a unit weight of 11 to 14 kN/m<sup>3</sup> and must be quite dense to weigh much over 21 kN/m<sup>3</sup>. No existing soil has a  $D_r = 0.00$  nor a value of 1.00. Common ranges are from 0.3 to 0.7.

Fuente: BOWLES E. J., Foundation analysis and design pg. 163. En: Shioi and Fukui (1997).

Tabla 5 valores representativos para el ángulo de fricción interna  $\phi$

Soil	Type of test*		
	Unconsolidated-undrained, U	Consolidated-undrained, CU	Consolidated-drained, CD
Gravel			
Medium size	40-55°		40-55°
Sandy	35-50°		35-50°
Sand			
Loose dry	28-34°		
Loose saturated	28-34°		
Dense dry	35-46°		43-50°
Dense saturated	1-2° less than dense dry		43-50°
Silt or silty sand			
Loose	20-22°		27-30°
Dense	25-30°		30-35°
Clay	0° if saturated	3-20°	20-42°

\* See a laboratory manual on soil testing for a complete description of these tests, e.g., Bowles (1992).

Fuente: BOWLES E. J., Foundation analysis and design pg. 668. En: Acar et al. (1997).

El proceso de meteorización es el resultado de varios procesos en los cuales las rocas expuestas a la acción de agentes atmosféricos, tales como la lluvia, temperatura y gases (oxígeno, anhídrido carbónico y vapor de agua), se

descomponen, este proceso en suelos rocosos da como resultado el suelo residual. Los cuales son provenientes de las rocas ígneas las cuales presentan algunos niveles de pH que aceleran el proceso de meteorización.

**Tabla 6** propiedades comunes de los suelos Granulares, No-cohesivos

Material	Compacidad	Densidad Relativa	N (SPT)	$\gamma_{seca}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Relación de vacíos	Ángulo de fricción interna
GW: gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75%	90	2.21	0.22	40°
	Media	50%	55	2.08	0.28	36°
	Suelta	25%	< 28	1.97	0.36	32°
GP: gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75%	70	2.04	0.33	38°
	Media	50%	50	1.92	0.39	35°
	Suelta	25%	< 20	1.83	0.47	32°
SW: arenas bien graduadas, arenas gravosas	Densa	75%	65	1.89	0.43	37°
	Media	50%	35	1.79	0.49	34°
	Suelta	25%	< 15	1.70	0.57	30°
SP: arenas mal graduadas, arenas gravosas	Densa	75%	50	1.76	0.52	36°
	Media	50%	30	1.67	0.60	33°
	Suelta	25%	< 10	1.59	0.65	29°
SM: arenas limosas	Densa	75%	45	1.65	0.62	35°
	Media	50%	25	1.55	0.74	32°
	Suelta	25%	< 8	1.49	0.80	29°
ML: limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75%	35	1.49	0.80	33°
	Media	50%	20	1.41	0.90	31°
	Suelta	25%	< 4	1.35	1.00	27°

donde:  $\gamma$  seca: peso unitario seco

Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, p. 901,992.

**Tabla 7** Parámetros geomecánicos determinados dentro de un coluvión.

Unidad geológica	$\gamma_t$ (KN/m <sup>3</sup> )	Cu Lab. (kN/m <sup>2</sup> )	C Lab. (kN/m <sup>2</sup> )	$\Phi'$ Lab. (°)	C' (González, A, 1999) (kN/m <sup>2</sup> )	$\Phi'$ eq (González, A, 1999) (°)	$\Phi'$ (Hatanaka y Uchida, 1996) (°)	$\Phi'$ (Peck, Hanson y Thornburn, 1974) (°)
<b>Depósitos de Deslizamientos Recientes (Scor) - Arena</b>	19	45	34	27	0	37	38	33
<b>Depósitos de Deslizamientos Recientes (Scor) - Limo</b>	19	110	40	25	3	34	40	33
<b>Scor1 - Scor2 Arcilla</b>	19	219	39	26				

Fuente: HERNANDEZ, Andrei Orland. Selección de alternativas de mitigación del riesgo por procesos de remoción en masa. Bogotá D.C.: Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería civil, 2013. 96 p.

**Tabla 8.** Valores típicos de propiedades índice, parámetros de resistencia y deformabilidad de diferentes class de suelos (Handbook of geotechnical engineering, 2002)

Suelo	Granulometría		Coef. Uniformidad	Límites de Atterberg			Pesos unitarios		
	< 0.06 mm	< 2.0 mm	CU	LL	LP	IP	$\gamma$	$\gamma'$	$\omega_h$
	%	%		%	%	%	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	%
Grava uniforme	< 5	< 60	2 - 5	-	-	-	16 - 19	9.5 - 10.5	4 - 1
Grava arenosa con pocos finos	< 5	< 60	10 - 100	-	-	-	21 - 23	11.5 - 13.5	6 - 3
Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no alteran la estructura granular	8 - 15	< 60	30 - 300	20 - 45	16 - 25	4 - 25	21 - 24	11.5 - 14.5	9 - 3
Mezcla de gravas y arenas envueltas por finos	20 - 40	< 60	100 - 1000	20 - 50	16 - 25	4 - 30	20 - 22.5	10.5 - 13.0	13 - 6
Arena uniforme - fina	< 5	100	1.2 - 3	-	-	-	16 - 19	9.5 - 11.0	22 - 8
Arena uniforme - gruesa	< 5	100	1.2 - 3	-	-	-	16 - 19	9.5 - 11.0	16 - 6
Arena bien gradada y arena con grava	< 5	> 60	6 - 15	-	-	-	18 - 21	10 - 12	12 - 5
Arena con finos que no alteran la estructura granular	8 - 15	> 60	10 - 50	20 - 45	16 - 25	4 - 25	19 - 22.5	10.5 - 13.0	15 - 4
Arena con finos que alteran la estructura granular	20 - 40	> 60, > 70	30 - 500	20 - 50	16 - 30	4 - 30	18 - 21	9.0 - 11.0	20 - 8
Limo poco plástico	> 50	> 80	5 - 50	25 - 35	21 - 28	4 - 11	17.5 - 21	9.5 - 11	28 - 15
Limo de plasticidad media a alta	> 80	100	5 - 50	35 - 60	22 - 25	7 - 25	17 - 20	8.5 - 10.5	35 - 20
Arcilla de baja plasticidad	> 80	100	6 - 20	25 - 35	15 - 22	7 - 16	19 - 22	9.5 - 12.0	28 - 14
Arcilla de plasticidad media	> 90	100	5 - 40	40 - 50	18 - 25	16 - 28	18 - 21	8.5 - 11	38 - 18
Arcilla de alta plasticidad	100	100	5 - 40	60 - 85	20 - 35	33 - 55	16.5 - 20	7 - 10	55 - 20
Limo o arcilla orgánicos	> 80	100	5 - 30	45 - 70	30 - 45	10 - 30	15.5 - 18.5	5.5 - 8.5	60 - 26
Turba	-	-	-	-	-	-	10.4 - 12.5	0.4 - 2.5	800 - 80
Fango	-	-	-	100 - 250	30 - 80	50 - 170	12.5 - 16	2.5 - 6	160 - 50

Suelo	Proctor		Compresibilidad oedométrica $E_{oed} = E_0 \cdot \sigma_{at} \left( \frac{\sigma}{\sigma_{at}} \right)^n$		Resistencia al corte			Permeabilidad
	$\gamma_{opt}$	$\omega_{opt}$	$E_0$	n	$\phi'$	$c'/\sigma'_{vc}$	$\phi'r$	k
	[T/m <sup>3</sup> ]	%	[-]	[-]	[°]	[-]	[°]	[m/s]
Grava uniforme	1.7 - 1.9	8 - 5	400 - 900	0.6 - 0.4	34 - 42	-	32 - 35	$2 \cdot 10^{-1} - 10^{-2}$
Grava arenosa con pocos finos	2 - 2.25	7 - 4	400 - 1100	0.7 - 0.5	35 - 45	-	32 - 35	$10^{-2} - 10^{-6}$
Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no alteran la estructura granular	2.1 - 2.35	7 - 4	400 - 1200	0.7 - 0.5	35 - 43	0.01 - 0	32 - 35	$10^{-5} - 10^{-8}$
Mezcla de gravas y arenas envueltas por finos	1.9 - 2.2	10 - 5	150 - 400	0.9 - 0.7	28 - 35	0.02 - 0.008	22 - 30	$10^{-7} - 10^{-11}$
Arena uniforme - fina	1.6 - 1.75	15 - 10	150 - 300	0.75 - 0.6	32 - 40	-	30 - 32	$10^{-4} - 2 \cdot 10^{-5}$
Arena uniforme - gruesa	1.6 - 1.75	13 - 8	250 - 700	0.7 - 0.55	34 - 42	-	30 - 34	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$
Arena bien gradada y arena con grava	1.9 - 2.15	10 - 6	200 - 600	0.7 - 0.55	33 - 41	-	32 - 34	$5 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-5}$
Arena con finos que no alteran la estructura granular	2 - 2.2	11 - 7	150 - 500	0.8 - 0.65	32 - 40	0.01 - 0	30 - 32	$2 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-7}$
Arena con finos que alteran la estructura granular	1.7 - 2	19 - 12	50 - 250	0.9 - 0.75	25 - 32	0.03 - 0.01	22 - 30	$2 \cdot 10^{-6} - 10^{-9}$
Limo poco plástico	1.6 - 1.8	22 - 15	40 - 110	0.8 - 0.6	28 - 35	0.01 - 0.003	25 - 30	$10^{-5} - 10^{-7}$
Limo de plasticidad media a alta	1.55 - 1.75	24 - 18	30 - 70	0.9 - 0.7	25 - 33	0.02 - 0.007	22 - 29	$2 \cdot 10^{-6} - 10^{-9}$
Arcilla de baja plasticidad	1.65 - 1.85	20 - 15	20 - 50	1.0 - 0.9	24 - 32	0.04 - 0.015	20 - 28	$10^{-7} - 2 \cdot 10^{-9}$
Arcilla de plasticidad media	1.55 - 1.75	23 - 17	10 - 30	1.0 - 0.95	20 - 28	0.06 - 0.02	10 - 20	$5 \cdot 10^{-8} - 10^{-10}$
Arcilla de alta plasticidad	1.45 - 1.65	27 - 20	6 - 20	1 - 1	12 - 20	0.1 - 0.03	6 - 15	$10^{-9} - 10^{-12}$
Limo o arcilla orgánicos	1.45 - 1.7	27 - 18	5 - 20	1 - 0.9	18 - 26	0.05 - 0.02	15 - 22	$10^{-9} - 10^{-11}$
Turba	-	-	3 - 8	1 - 1	24 - 30	0.025 - 0.008	-	$10^{-5} - 10^{-8}$
Fango	-	-	4 - 10	1 - 0.9	18 - 26	0.025 - 0.008	-	$10^{-7} - 10^{-9}$

$\sigma_{at}$ : presión atmosférica = 101 kPa

$\sigma'_{vc}$ : esfuerzo efectivo vertical

$\phi'r$ : ángulo de fricción residual