

ANEXO: TABLAS Y CUADROS DE GEOMECAÍNICA

CARACTERÍSTICAS GENERAL DE LOS MATERIALES TÉRREOS

Fuente: Geotecnia para ingenieros de Alberto J. Martínez Vargas. (Vol 1. 1990)

CALIDAD DE LAS ROCAS IN SITU

Calidad [1 MPa = 10,197 Kg/cm ²]	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (Kg/cm ²)
Muy dura	> 200	> 2500
Dura	120– 200	1000-2500
Medio dura	60 – 102	500-1000
Medio blanda	30 – 60	250-500
Blanda	10 – 30	50-250
Muy blanda	< 10	10-15
Fuentes:	Walsh, en ifcextapps.ifc.org	Conanma, en conanma.com

ÍNDICE DE CALIDAD DE ROCAS Y VELOCIDAD DE ONDA SÍSMICA

Denominación	Índice RQD	$(V_c/V_l)^2$
Muy pobre	0 a 25	0 – 0,2
Pobre	25 a 50	0,2 – 0,4
Regular	50 a 75	0,4 – 0,6
Buena	75 a 90	0,6 – 0,8
Excelente	90 a 100	0,8 a 1,0
Alberto J. Martínez Vargas, 1990		

PARÁMETROS GEOMECAÍNICOS OBTENIDOS EN ENSAYOS DE ROCAS

Ensayo o prueba	Parámetros	Ensayo o prueba	Parámetros
Ensayo de compresión simple:	Resistencia a la Compresión Sigma c	Deformación por velocidad sónica:	Módulos dinámicos E d y v d.
Deformación por compresión simple:	Módulos Elásticos E y v	Ensayo a la tracción directa:	Resistencia a la Tracción Sigma t
Ensayo a la compresión triaxial:	Cohesión c, Valores pico y residual del ángulo de fricción interna ϕ_i y ϕ_r .	Ensayo a la tracción indirecta:	Resistencia a la Tracción Sigma t
FUENTE: Luis I. González et all (2004)			

TIPOS DE DISCONTINUIDADES

Planares y Sistemáticas:	Planos de estratificación; Disyunciones de retracción térmica, Planos de esquistocidad; Planos de laminación; Juntas o Diclases.
Planares Singulares:	Fallas; Diques; Discordancias.
Lineales Sistemáticas:	Lineaciones; Intersecciones entre discontinuidades planares.
Lineales Singulares:	Ejes de pliegues.
Fuente: Luis I. Gonzalez de Vallejo	

VALORES DE c y fi EN MACIZOS ROCOSOS

CLASE I: RMR >80;	Cohesión >0,4. MPa;	Angulo de rozamiento interno > 45°
CLASE II: RMR 61-80;	Cohesión 0,3-0,4 MPa;	Angulo de rozamiento interno 35-45°
CLASE III: RMR 41-60;	Cohesión 0,2-0,3 MPa;	Angulo de rozamiento interno 25-35°
CLASE IV: RMR 21-40;	Cohesión 0,1-0,2 MPa;	Angulo de rozamiento interno 15-25°
CLASE V: RMR <20;	Cohesión <0,1. MPa;	Angulo de rozamiento interno <15°
Fuente: Luis I. Gonzalez de Vallejo		

ALTERACIÓN DE SILICATOS COMUNES (Leet y Judson 1977)

Mineral	Composición	Productos
Olivino	(Fe, Mg) ₂ Si O ₄	Limonita, Hematita, Carbonatos de Fe y Mg, Cuarzo dividido, Sílice en solución
Hornblenda, Augita y Biotita	Silicatos de Al, con Fe, Mg, Ca	Arcilla, Calcita, Limonita, Hematita, Carbonatos solubles, Cuarzo dividido, Sílice en solución
Anortita y Albita	Ca (Al Si ₃ O ₈) y Na (Al Si ₃ O ₈)	Arcilla, Cuarzo dividido, Calcita
Ortoclasa	K (Al Si ₃ O ₈)	Arcilla, Carbonato de K soluble
Cuarzo	Si O ₂	Granos de Cuarzo y algo de Sílice en solución

DEFORMABILIDAD DE ROCAS

Calificación	Módulo E en Mpa x 10 ³	Calificación	Módulo E en Mpa x 10 ³
Muy alto	<5	Bajo	35 - 60
Alto	5 - 15	Muy bajo	>60
Moderado	15 - 35	Fuente: Alberto J. Martínez Vargas, 1990	

DENSIDAD DE SÓLIDOS, EN MINERALES

Mineral	Gs	Mineral	Gs	Mineral	Gs
Cuarzo	2.65	Haloisita	2.0-2.55	Moscobita	2.75-3.1
Caolinita	2.6	Feld. Potásico	2.57	Hornblenda	3.0-3.47
Illita	2.8	Clorita	2.6-2.76	Limonita	3.6-4.0
Montmorillonita	2.65-2.80	Biotita	2.8-3.2	Olivino	3.27-3.37
Fuente: Braja M. Das. 2001					

PESOS UNITARIOS EN SUELOS EN SUELOS

Denominación	PU en gr/cm ³
Muy bajo	< 1,4
Bajo	1,4 a 1,7
Moderado	1,7 a 1,9
Alto	1,9 a 2,2
Muy alto	>2,2
Alberto J. Martínez Vargas. 1990.	

SERIE DE BOWEN

Cristalización el magma		
	Serie Continua	Serie Discontinua
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Rama discontinua</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Olivino</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Piroxeno</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Anfibol</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Biotita</div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Rama continua</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Plagioclasa rica en calcio</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Plagioclasa rica en sodio</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Ortoclasa</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Moscovita</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Cuarzo</div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Alta</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Temperatura de cristalización relativa</div> <p>Baja</p> </div> </div>	<p>Las plagioclasas o primeros feldespatos alcalinos, son el resultado de la cristalización del magma en una serie de continua, ocurrida cuando su temperatura empieza a descender: estas transformaciones progresivas entre la anortita y la albita, que se dan en un intervalo de temperaturas altas a medias.</p> <p>Posteriormente se formarán los otros silicatos no ferromagnesianos, como el feldespato potásico u ortoclasa y la moscovita, y por último el cuarzo y las soluciones acuosas, a la menor temperatura.</p>	<p>Los minerales ferromagnesianos o de alto contenido en hierro y magnesio (olivino, piroxenos, anfíboles, biotita), forman una serie de cristalización discontinua, donde, conforme inicia el descenso de la temperatura en el magma, inicia una cristalización discreta en un rango de temperaturas altas.</p> <p>Los cambios estructurales, empiezan con la formación de tetraedros individuales (olivino); luego de cadenas de tetraedros (augita) y de cadenas dobles (Hornblenda), y finalmente de láminas de cadenas (biotita)</p>
<p>Los primeros minerales en formarse, como el olivino y la anortita o feldespato cálsico, también son los primeros en meteorizarse. Imagen: es.wikipedia.org</p>	<p>Estos minerales contienen una mayor proporción de aluminio (Al), potasio (K), calcio (Ca) y sodio (Na), que de hierro y magnesio.</p>	<p>A las rocas con un alto contenido en minerales ferromagnesianos se les denomina máficas; si es bajo se denominan félsicas.</p>

ELEVACIÓN CAPILAR EN SUELOS (Harr, M.E. 1966)

Tipo de suelo	Arena Gruesa	Arena	Arena fina	Limo		Arcilla
Altura hc en cm	2 - 5	12 - 35	35 - 70	70 - 150		200 – 400 y más

GRADO DE PERMEABILIDAD

Denominación	K en cm/seg
Muy alta	$<10^{-2}$
Alta	$10^{-2} - 10^{-4}$
Moderada	$10^{-4} - 10^{-5}$
Baja	$10^{-5} - 10^{-7}$
Muy baja	$10^{-7} - 10^{-9}$
Impermeable	$>10^{-9}$

Alberto J. Martínez Vargas, 1990

PERMEABILIDAD DE SUELOS

K= cm/s	10²	10¹	10⁰	10⁻¹	10⁻²	10⁻³	10⁻⁴	10⁻⁵	10⁻⁶	10⁻⁷	10⁻⁸	10⁻⁹
Drenaje	Muy Bueno a bueno					Malo			Impermeable			
Capa sello	No apto						Poco apto			Apto		
Suelo	Grava y grava arenosa			Arena limosa			Limoso			Arcilloso		
Gabriel Márquez Cárdenas, 1987.												

GRADOS DE SATURACIÓN EN SUELOS

Denominación	Grado de saturación (%)
Seco	0 - 25
Húmedo	25 - 50
Muy húmedo	50 - 80
Altamente saturado	80 - 95
Saturado	95 - 100
Alberto J. Martínez Vargas, 1990	

TAMAÑOS DE GRANOS

Denominación de Tamaños	Diámetros dominantes	Suelo representativo
Muy gruesos	> 60 mm	Cantos o boleos
Gruesos	60 a 2 mm	Grava
Medianos	2 a 0,06 mm	Arena
Finos	0,06 a 0,002 mm	Limo
Muy finos	< 0,002 mm	Arcilla
Alberto J. Martínez Vargas, 1990		

DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS

Denominación	DR %	STP en suelo no cohesivo
Muy suelto	<20	N < 4 golpes
Suelto	20 - 33	4 a 10
Compactación Moderada	33 - 66	10 a 30
Denso	66 - 90	30 a 50
Muy denso	>90	> de 50 golpes
Alberto J. Martínez Vargas, 1990		

CONTENIDO ORGÁNICO DE LOS SUELOS

Denominación	% de Materia orgánica	% de Materia orgánica
Muy bajo	0-1	Alto
Bajo	1-2	Muy alto
Medio	2-4	Kohnke, 1972

Perfil de meteorización del macizo Rocoso (Adaptado de: notasingenierocivil.blogspot.com.co)					
Vegetación 	Ígnea y Metamórficas	Limolitas Y Margas	Ígneas y Areniscas	Ígneas y Metamórficas	Todas las rocas
	Hz IA Con humus	IV Alteración Completa	Suelo Residual	Zona superior	Hz 6-Suelo con Humus
	Hz IB				Hz 5-Suelo sin Humus
	Saprolito IC Roca descompuesta	IV Alteración Parcial			Hz 4- Completamente descompuesto
	Suelo de Transición	III Alteración Parcial	Residual Joven	Zona Intermedia	Hz 3-Altamente descompuesto
	Meteorización Parcial	II Alteración Parcial	Roca desintegrada	Zona parcialmente alterada	Hz 2-Parcialmente descompuesto
	Roca Sana	Roca Inalterada	Roca sana	Roca inalterada	Hz 1-Roca sana
	Deere-Paton 1971	Chandler 1969	Vargas 1951	Sowers 1954-1963	Duque-Escobar 2002

ACTIVIDAD DE LAS ARCILLAS

Arcilla	Superficie Específica m ² /gr	Actividad (Skempton)	Índice Plástico	LL
Montmorillonita	500-800	0.5 a 7.2	>>>50	(?)Tixotrópico
Illita	60-120	0.3 a 0.9	33-50	60-90
Caolinita	20-40	0.1 a 0.4	1-40	30-75

Gabriel Márquez y Alberto J. Martínez (Adaptado)

COMPRESIBILIDAD Y EXPANSIBILIDAD DE SUELOS

Símbolo Suelo	Resist al Corte	Símbolo Suelo	Resist al Corte	Símbolo Suelo	Resist al Corte	Símbolo Suelo	Resist al Corte
GW	Práct/te nula	SW	Práct/te nula	ML	Ligera a media	MH	Alta
GP	Práct/te nula	SP	Práct/te nula	CL	Media	CH	Muy alta
GM	Ligera	SM	Ligera	OL	Media a alta	OH	Alta
GC	Ligera	SC	Ligera a media	Fuente: Rico y del Castillo (1974) and Sowers y Sowers (1978)			

CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS (Según Holta – Gibs)

Potencial de expansión	G.E. consolidado	LR	IP	% < 0,001	EL
Muy alto.	> 30%	< 10%	> 32%	> 37%	> 100%
Alto.	20% - 30%	6% - 12%	23% 45%	18% - 37%	> 100%
Medio.	10% 20%	8% - 18%	12% 34%	12% - 27%	50% - 100%
Bajo.	< 10%	> 13%	< 20%	< 17%	< 20%

Compresibilidad Vs. Cc y LL

Compresibilidad	Índice de Compresión Cc	Límite Líquido Wl
Ligera a baja	0 a 0,19	0 a 30
Moderada a Media	0,20 a 0,29	31 a 50
Alta	40	>51

Fuente: Sowers y Sowers. Londres 1978.

MÓDULO EDOMÉTRICO (Kogles y Scheiding)

Material	Turba	Arcilla plástica	Arcilla consistente	Arcilla de media a dura	Arena suelta	Arena densa
Mv (10 ⁻³ cm ² /kg)	1000-200	200-25	25-12,5	12,5-6,7	10 a 5	2 a 1,3

Fuente: Alfred Jumikis, 1965.

Consistencia de Arcillas saturadas V.S. Resistencia a la Compresión Inconfinada

Consistencia	Muy blanda	Arcilla Blanda	Medianamente compacta	Arcilla Compacta	Muy compacta	Arcilla Dura
Qu (kg/cm ²)	< 0,25	0,25 a 0,5	0,5 a 1,0	1,0 a 2,0	2,0 a 4,0	> 4,0

Fuente: Terzaghi y Peck, 1980

SUELOS FINOGRANULARES: IDENTIFICACIÓN MANUAL

Nombre descriptivo	Resistencia en estado seco	Reacción a la dilatancia	Tenacidad del hilo plástico	Tiempo de asentamiento (P. dispersión)
Limo arenoso	Ninguna a muy baja	Rápida	Débil a friable	30seg a 60min
Limo	Muy baja a baja	Rápida	Débil a friable	15min a 60 min
Limo arcilloso	Baja a media	Rápida a lenta	Media	15min a varias hr
Arcilla arenosa	Baja a alta	Lenta a ninguna	Media	30min a varias hr
Arcilla limosa	Media a alta	Lenta a ninguna	Media	15min a varias hr
Arcilla	Alta a muy alta	Ninguna	Alta	Varias hr a días
Limo orgánico	Baja a media	Lenta	Débil a friable	15min a varias hr
Arc. orgánica	Media a muy alta	Ninguna	Alta	Varias hr a días

Fuente: Peck, Hanson y Thornburn, 1974.

ÁNGULO DE FRICCIÓN FI, EN SUELO SECO A HÚMEDO

Material	Suelto	Denso
Arena. Granos redondos y uniformes	27,5°	34°
Arena. Granos angulares y bien gradada	33°	45°
Cascajo arenoso	35°	50°
Arena limosa	27 – 33°	30 – 34°
Limo inorgánico	27 - 30°	30 – 35°
Valores estimados con Presión efectiva < 5 kg/cm ² - Fuente: Terzaghi y Peck 1980.		

RESISTENCIA AL CORTE EN SUELOS COMPACTADOS Y SATURADOS

Símbolo Suelo	Resist. al Corte	Símbolo Suelo	Resist. al Corte	Símbolo Suelo	Resi. Corte	Símbolo Suelo	Resist. al Corte
GW	Excelente	SW	Excelente	ML	Regular	MH	Regular a Deficiente
GP	Buena	SP	Buena	CL	Regular	CH	Deficiente
GM	Buena	SM	Buena	OL	Deficiente	OH	Deficiente
GC	Buena a Regular	SC	Buena a Regular	Fuente: Lambe y Whitman. 1976			

PARÁMETROS TÍPICOS PARA SUELOS EN ESTADO NATURAL

Nombre descriptivo	Porosidad n (%)	Rela. D vacíos e	Hum de S. W sat%	PU Seco (gr/cm ³)	PU Saturado
Arena uniforme, floja	46	0.85	32	1.43	1.89
Arena uniforme, densa	34	0.51	19	1.75	2.09
Arena gradada, floja	40	0.67	25	1.59	1.99
Arena gradada, densa	30	0.43	16	1.86	2.16
Arcilla glacial balda	55	1.2	45	1.22	1.77
Arcilla glacial dura	37	0.6	22	1.70	2.07
Arcilla blanda algo orgánica	66	1.9	70	0.93	1.58
Arcilla blanda muy orgánica	75	3.0	110	0.68	1.43
Arcilla blanda montmorillonítica	84	5.2	194	0.43	1.27
Gabriel Márquez Cárdenas, 1987.					

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE MANIZALES

1- Complejo Quebradagrande. Observaciones en La Sultana según Aquaterra.

Ensayo	Promedio	Mínimo	Máximo
Humedad natural -%	34,13	10,70	176,6
Límite Líquido -%	39,68	17,6	178,1
Límite Plástico -%	27,02	13,9	67,8
Índice Plástico -%	12,65	3,1	110,3
Compresión Inconfinada -t/m ²	9,94	5,54	18,28
Peso Unitario Húmedo -t/m ³	1,738	1,06	2,15
Cohesión t/m ²	2,98	0,30	4,90
Ángulo de Fricción - grados	31,92	28,16	35,67

Fuente: Estudio Geológico, Geotécnico e Hidráulico de la Ladera Sur del Barrio La Sultana, Manizales. Aquaterra Ingenieros Consultores SA. Manizales 2004.

2- Formación Casabianca. Observaciones en Fundadores según Aquaterra.

Ensayo	Promedio	Mínimo	Máximo
Humedad natural -%	88,3	51,9	128,9
Límite Líquido -%	86,0	65,2	135,4
Límite Plástico -%	40,9	37,2	45,0
Índice Plástico -%	45,0	19,0	90,4
Índice de Liquidez -%	0,9	0,8	0,9
Peso Unitario Húmedo -t/m ³	1,715	1,609	1,821
Peso Unitario Seco -t/m ³	1,036	0,874	1,198
Compresión Inconfinada -t/m ²	21,22	13,86	28,57
Penetración Estándar -Golpes /pie	17,0	15,0	19,0

Fuente: Estudio de Suelos para la Rehabilitación Estructural del Teatro Fundadores. Aquaterra Ingenieros Consultores SA. Manizales 2003.

3- Parámetros de los suelos de cobertura, en Manizales

Parámetros geotécnicos para el rango de valores	Cenizas Volcánicas Unidad No Consolidada	Cenizas Volcánicas Unidad Consolidada	Suelos residuales de depósitos conglomeráticos
Peso Unitario Húmedo (t/m ³)	1,5-1,7	1,33	1,5-1,9

Humedad Natural (%)	25-65	>80	30-80
Pasa 200 (%)	25-50	>70	5->90
Límite líquido (%)	30-70	>100	NP->80
Límite plástico (%)	20-50	>60	NP->50
Índice plástico (%)	5-30	>40	NP->40
SUCS	SM	MH	MH-ML-SM-SP
Cohesión (t/m²)	1-3	>4	1->4
Ángulo de fricción (°)	30-36	25-30	20-35
Permeabilidad (cm/día)	15-85	2-14	>20

Fuente: Francisco José Cruz Prada. Relaciones Lluvias Deslizamientos en la Ciudad de Manizales. Revista SCIA 48 años. Manizales 2004.

4- Parámetro Q de Barton, en: Formación Manizales F Mz, Formación Casavianca F Cb y Complejo Quebradagrande C Qg								
Roca de	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	Clasificación según Barton
F Mz	60	12	3	2	0.8	7	0,825	Muy mala
F Cb	6	20	1.3	6	0.4	12	0,002	Excepcionalmente mala
C Qg	30	15	0,5	4	0.2	5	0,011	Extremadamente mala

Parámetro Q de Barton, y Factores de Tamaño de bloques ((RQD/Jn), la Resistencia al esfuerzo cortante entre bloques (Jr/Ja) y Esfuerzos activos al interior del macizo (Jw/SRF).

Fuente: Valores asignados a los factores para obtener el parámetro Q de Barton, en las rocas de los macizos rocosos de Manizales. Duque Escobar Gonzalo y Duque Escobar Eugenio. 2006.

Manual de geología para ingenieros. Duque Escobar, Gonzalo (2003) Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

Manual de geología para ingenieros.



Duque Escobar, Gonzalo (2003) *Manual de geología para ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

[*PDF \(Presentación de la obra\)*](#) – Link 174kB

[*PDF \(Contenido\)*](#) – Link 454kB

[*PDF \(Capítulo 1 : Ciclo geológico\)*](#) – Link 679kB

[*PDF \(Capítulo 2 : Materia y energía\)*](#) – Link 554kB

[*PDF \(Capítulo 3 : Sistema solar\)*](#) – Link 625kB

[*PDF \(Capítulo 4 : Tierra sólida y fluida\)*](#) – Link 582kB

[*PDF \(Capítulo 5 : Minerales\)*](#) – Link 418kB

[*PDF \(Capítulo 6 : Vulcanismo\)*](#) – Link 734kB

[*PDF \(Capítulo 7 : Rocas ígneas\)*](#) – Link 561kB

[*PDF \(Capítulo 8 : Intemperismo o meteorización\)*](#) – Link 426kB

[*PDF \(Capítulo 9 : Rocas sedimentarias\)*](#) – Link 592kB

[*PDF \(Capítulo 10 : Tiempo geológico\)*](#) – Link 422kB

[*PDF \(Capítulo 11 : Geología estructural\)*](#) – Link 620kB

[*PDF \(Capítulo 12 : Macizo rocoso\)*](#) – Link 1MB

[*PDF \(Capítulo 13 : Rocas metamórficas\)*](#) – Link 783kB

PDF (Capítulo 14 : Montañas y teorías orogénicas) – Link 660kB

PDF (Capítulo 15 : Sismos) – Link 588kB

PDF (Capítulo 16 : Movimientos masales) – Link 515kB

PDF (Capítulo 17 : Aguas superficiales) – Link 754kB

PDF (Capítulo 18 : Aguas subterráneas) – Link 888kB

PDF (Capítulo 19 : Glaciares y desiertos) – Link 1MB

PDF (Capítulo 20 : Geomorfología) – Link 495kB

PDF (Lecturas complementarias) – Link 405kB

PDF (Bibliografía) – Link 563kB

PDF (Autor) – Link 152kB



GEOMECÁNICA. Duque Escobar, Gonzalo and Escobar P., Carlos Enrique. Universidad Nacional de Colombia (2016). See more at:

<http://galeon.com/geomecanica>

Los Autores:

Carlos Enrique Escobar Potes: CvLAC -RG

http://scienti1.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000014303

Gonzalo Duque Escobar: CvLAC -RG

<https://godues.wordpress.com/2012/09/12/gonzalo-duque-escobar-cvlac-rg/>