

## Simbología

En esta sección se define el significado de la simbología utilizada en el documento. Existen símbolos repetidos, en cada caso se da una explicación.

$a$	parámetro del modelo, ecuación 5.12
$a$	parámetro que define la forma de la curva, propuesta por McDowell (2000), ecuación 4.3
$A$	área de la sección transversal, ecuación 3.8
$A_{ef}$	área efectiva de difusión, ecuación 3.20
AVEA	alto valor de entrada de aire
$b$	inverso de la pendiente inicial en la ecuación hiperbólica, ecuación 2.15
$b$	magnitud relativa de la tensión intermedia
$B$	es el máximo cambio de $b$ , ecuación 5.13
$B_g$	parámetro de rotura de Marsal. Es la suma de los valores positivos de las diferencias en el porcentaje retenido de cada tamiz. Apartado 4.3
$b_k$	constante del modelo, ecuación 5.11
$B_p$	rotura potencial, área delimitada por la granulometría original y la línea vertical del tamiz No. 200. Figura 2.3
$B_r$	índice de rotura de Hardin, apartado 2.1, Figura 2.3
$B_{rc}$	índice de rotura de Hardin calculado a partir de la rotura de material durante el proceso de compactación
$B_{re}$	índice de rotura efectiva, resulta de eliminar la rotura que se presentó durante la compactación del material. Figura 5.5
$B_t$	rotura total, área delimitada por las curvas granulométricas inicial, final y una línea vertical que corresponde a la abertura del tamiz No. 200. Figura 2.3
$B_0$	valor mínimo del inverso de la pendiente inicial del parámetro de endurecimiento. Ecuación 5.13
$c$	constante del modelo, ecuación 5.13

$C_{ij}^{ep}$	matriz elásto-plástica que relaciona las deformaciones con las tensiones. Ecuación 5.25
CMD	células de medición diametral
$C_u = d_{60}/d_{10}$	coeficiente de uniformidad
$C_0$	matriz elástica, que relaciona las deformaciones con las tensiones elásticas. Ecuación A.15
$d$	diámetro de la probeta medido por la CMD, Figura 3.7a
$ds$	longitud de un arco con un ángulo $d\theta$ . Figura 3.8a
$D$	coeficiente de difusión molecular del vapor de agua en el aire, ecuación 3.20
$D$	Diámetro de la probeta, apartado 2.1
$D$	parámetro de dilatación, apartado 2.3.4
$D$	diámetro de la prolongación del cabezal, Figura 3.4
$D_{ci}$	diámetro interior de la cámara interior en la célula triaxial, Figura 3.4
$D_p$	diámetro de la probeta, Figura 3.4
DPT	Differential Pressure Transducer, transductor diferencial de presión
DC3	ensayo con $HR_{inicial}$ de 36 %, se cambia la humedad a 100 % con tensión vertical constante. $\sigma_3 = 0.3$ MPa. Apartado 4.3.2
DC5	ensayo con $HR_{inicial}$ de 36 %, se cambia la humedad a 100 % con tensión vertical constante. $\sigma_3 = 0.5$ MPa. Apartado 4.3.2
D1(36)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.1$ MPa, $HR = 36\%$ . Apartado 4.3.1
D1(92)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.1$ MPa, $HR = 92\%$ . Apartado 4.3.1
D3(36)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.3$ MPa, $HR = 36\%$ . Apartado 4.3.1
D3(92)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.3$ MPa, $HR = 92\%$ . Apartado 4.3.1
D5(36)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.5$ MPa, $HR = 52\%$ . Apartado 4.3.1
D5(75)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.5$ MPa, $HR = 75\%$ . Apartado 4.3.1
D5(85)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.5$ MPa, $HR = 85\%$ . Apartado 4.3.1
D5(92)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.5$ MPa, $HR = 92\%$ . Apartado 4.3.1
D5(52)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.5$ MPa, $HR = 36\%$ . Apartado 4.3.1

D5(92)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.5$ MPa, HR = 92%. Apartado 4.3.1
D8(36)	ensayo con deformación controlada $\sigma_3 = 0.8$ MPa, HR = 36%. Apartado 4.3.1
$d_{10}$	diámetro que corresponde con el 10% de material que pasa en la curva granulométrica
$d_{50}$	diámetro que corresponde con el 50% de material que pasa en la curva granulométrica
$d_{60}$	diámetro que corresponde al 60% de material que pasa en la curva granulométrica
$d\delta$	diferencial de la deformación provocada por la carga axial real aplicada. Ecuación 3.3
$d\theta$	diferencial del giro provocado por el momento por flexión real aplicado. Ecuación 3.3
$d\lambda$	diferencial de la deformación de corte provocada por la carga real aplicada. Ecuación 3.3
$d\phi$	diferencial de la deformación por torsión producida por la carga real aplicada. Ecuación 3.3
$d\lambda$ o $\dot{\lambda}$	constante de proporcionalidad que determina la magnitud del incremento de las deformaciones plásticas. Ecuación A.12
$e$	relación de vacíos
$E$	módulo de elasticidad
$E_0$	matriz elástica, que relaciona que relaciona las tensiones con las deformaciones elásticas. Ecuación A.4
$e_{cr}$	relación de vacíos crítica (a volumen constante)
$e_{m\acute{a}x}$	relación de vacíos máxima
$e_{m\acute{i}n}$	relación de vacíos mínima
$E$	módulo de elasticidad, ecuación 3.8
$E$	eficiencia del transporte de la humedad relativa, ecuación 3.20
$Error_1$	corrección a la estimación del incremento de tensiones. Ecuación 5.28
$Error_2$	corrección a la estimación del diferencial de la deformación volumétrica plástica. Ecuación 5.29
FDS1, FDS2 y FDS3	Ensayos para detectar la contracción generada en la zona de saturación cuando la superficie de fluencia generada en la zona no saturada. Apartado 4.3.2
FS	fondo de escala
FS1 (FD1)	trayectoria isótropa para interceptar la superficie de fluencia después de fijarla en $p=0.5$ MPa y $q=0.68$ MPa. S = saturado, D = seco con HR = 45 %. Apartado 4.3.2

FS2 (FD2)	trayectoria vertical para interceptar la superficie de fluencia después de fijarla en $p=0.5$ MPa y $q= 0.68$ MPa. S = saturado, D = seco con HR = 45 %. Apartado 4.3.2
FS3 (FD2)	trayectoria inclinada hacia la derecha para interceptar la superficie de fluencia después de fijarla en $p=0.5$ MPa y $q= 0.68$ MPa. S = saturado, D = seco con HR = 45 %. Apartado 4.3.2
$G$	módulo elástico de corte, ecuación 5.3
$H$	altura de la probeta, apartado 2.1
$H$	modulo de endurecimiento, anexo del capítulo 5. Ecuación A.10
HR	humedad relativa
$HR^{roca}$	valor medio de la humedad relativa en equilibrio con la succión del agua líquida contenida en los poros de la roca, ecuación 3.20
$HR^{sol}$	Humedad relativa impuesta por la solución, ecuación 3.20
$I$	momento de inercia, ecuación 3.8
$I$	masa de vapor de agua transportada por unidad de tiempo, ecuación 3.19
IC	ensayo isótropo con HR inicial de 36 % con colapso intermedio en 0.6 MPa. Apartado 4.3.3
$I_p$	momento polar de inercia, ecuación 3.8
IS	ensayo isótropo saturado. Apartado 4.3.3
$K$	parámetro que normaliza la resistencia pico producida por la dilatación. Apartado 2.3.5
$k_s$	porcentaje máximo de ganancia de resistencia debido a la succión con referencia a al condición saturada. Ecuación 5.11
$K$	Factor de intensidad de tensiones (Figura 2.7)
$K$	módulo de deformación volumétrica elástica, ecuación 5.3
$K = \tan^2(45 + \phi_f/2)$	constante en la teoría de Rowe (1962). Figura 2.24
$K_C$	Valor del factor de intensidad de tensiones para el cual se presenta una rotura súbita, tenacidad. Figura 2.7
$K_{cr}$	valor de $K$ cuando $\phi_f = \phi_{cr}$
$K_0$	Valor de del factor de intensidad de tensiones para el cual se inicia la propagación de las fisuras. Figura 2.7
l	litros, cuando se habla de caudal
l	longitud entre apoyos, que mide el LDT, ecuación 3.14
$L$	longitud inicial de la probeta triaxial, Figura 3.4
$L$	longitud inicial del LDT sin deformarse, ecuación 3.15
LDT	Local Deformation Transducer. Sensor de desplazamiento local
$L_{eq}$	es la longitud equivalente de difusión, ecuación 3.20

lsc	línea de estado crítico, Figura 2.10
LVDT	Linear Variable Differential Transducer. Sensor de desplazamiento
$M$	momento por flexión, ecuación de trabajo virtual. Ecuación 3.3
$M_a$	masa molecular del agua, ecuación 3.20
$M_L$	momento por flexión real aplicado. Ecuación 3.7
$M_U$	resultante del momento por flexión, producida por una carga unitaria externa. Ecuación 3.6
$M' = q_{cr}/p'_{cr}$	relación de tensiones crítica, Figura 2.10
$m_{cr}$	parámetro del modelo, ecuación 5.9
$M_{cr}$	relación $q/p$ en el estado crítico
$M_{cr}$	estimación de $M_{cr}$ hecha en el modelo tomado en cuenta la succión
$M_{cr_{res}}$	$M_{cr}$ residual para un estado saturado, ecuación 5.12
$M_{crs}$	$M_{crs}$ en condiciones saturadas. Ecuación 5.12
$M_{c0}$	valor inicial de $M_{crs}$ en condiciones saturadas para un trabajo plástico efectivo de cero, ecuación 5.12
mm	milímetros
ml	mililitros
$M_w$	masa del agua, ecuación 3.19
$N$	parámetro de la superficie de fluencia de Yasufuku <i>et al.</i> (1991)
$N$	nivel del agua dentro del triaxial, Figura 3.4
$N$	carga axial, ecuación de trabajo virtual. Ecuación 3.3
$N_L$	carga axial aplicada. Ecuación 3.7
$N_U$	resultante de la carga axial, producida por una carga unitaria externa. Ecuación 3.6
OCR	Over consolidation ratio, relación de sobre consolidación. Figura 2.10
$p = 1/3(\sigma_1 + 2\sigma_3)$	tensión media
$p' = 1/3(\sigma'_1 + 2\sigma'_3)$	tensión media efectiva
$p'_f = 1/3(\sigma'_{1f} + 2\sigma'_{3f})$	tensión media normal efectiva en rotura. Figura 2.4
$P$	fuerza aplicada, Figura 3.8
$p_{atm}$	presión atmosférica
$p_c$	tensión de consolación, Figura 2.10
$P_g$	presión del aire en los poros. Apartado 3.3
$p_i$	valores de $p$ al inicio del ensayo, Figura 2.10
$P_l$	presión del líquido. Apartado 3.3
PT	Pressure Transducer. Transductor de presión

$p_v$	presión parcial del vapor de agua en el aire, ecuación 3.18
$p_v^0$	presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de referencia, ecuación 3.18
$p_y$	límite de la tensión media a la que comienza la rotura de partículas y la influencia de la succión, ecuación 5.14
$p_0$	presión de pre-consolidación.
$p^*$	parámetro de endurecimiento de la superficie de fluencia volumétrica. Ecuación 5.14
$Q$	potencial plástico
$q = \sigma_1 - \sigma_3$	tensión desviadora
$q$	es el caudal de la bomba que mueve el aire, ecuación 3.20
$r = 1 - k\psi_e$	variable que normaliza la dilatación en la ecuación hiperbólica, ecuación 2.15
$R = \sigma_1 / \sigma_3$	relación de tensiones principales
$R$	radio de un círculo, ecuación 3.9
$R$	constante universal de los gases, ecuación 3.19
$R_s = p / p_{cr}$	parámetro de estado de Klotz y Coop (2002)
$s$	segundos
$s$	succión matricial. Apartado 3.3
S1	ensayo saturado con control de deformaciones $\sigma_3 = 0.1$ MPa. Apartado 4.3.1
S3	ensayo saturado con control de deformaciones $\sigma_3 = 0.3$ MPa. Apartado 4.3.1
S5	ensayo saturado con control de deformaciones $\sigma_3 = 0.5$ MPa. Apartado 4.3.1
S8	ensayo saturado con control de deformaciones $\sigma_3 = 0.8$ MPa. Apartado 4.3.1
$t$	espesor del fleje en las CMD, Figura 3.8
$T$	tensión debida a la torsión, ecuación de trabajo virtual. Ecuación 3.3
$T$	temperatura absoluta, ecuación 3.19
$T_L$	tensión de torsión real aplicada. Ecuación 3.7
$T_U$	resultante de la tensión por torsión, producida por una carga unitaria externa. Ecuación 3.6
$u$	presión de aire. Ecuación 2.17
$v = e + 1$	volumen específico
$V$	velocidad de propagación de la fisura (Figura 2.7)

$V$	tensión de corte, ecuación de trabajo virtual. Ecuación 3.3
$V_L$	Tensión de corte real aplicada. Ecuación 3.7
$V_U$	resultante de la tensión de corte, producida por una carga unitaria externa. Ecuación 3.6
$v_{cr}$	volumen específico crítico
$V_e$	volumen que se expulsa cuando el cabezal baja. Ecuación 3.1
$V_p$	volumen que penetra cuando el cabezal baja. Ecuación 3.1
$V_0$	volumen inicial de la probeta. Ecuación 3.1
$w$	contenido gravimétrico de agua
$w_i$	contenido gravimétrico inicial de agua
$W_{ext}$	trabajo externo. Ecuación 3.2
$W_{inter}$	trabajo interno. Ecuación 3.2
$W^P$	trabajo plástico, ecuación 5.4
$W_E^P = W_T^P - W_R^P$	trabajo plástico efectivo, trabajo que produce la rotura de partículas, ecuación 5.5
$W_R^P$	trabajo plástico de reacomodo de partículas, ecuación 5.5
$W_T^P$	trabajo plástico total, ecuación 5.5
$y_0$	parámetro que determina la posición de la línea de estados críticos de la condición saturada. Ecuación 5.10
$y$	distancia de la fibra neutra a la fibra extrema, apartado 3.2.1.1
$\alpha$	parámetro que controla la dilatación del material en la modificación de Wan y Guo (1998) a la teoría de Rowe (1962), ecuación 2.16
$\alpha$	parámetro que controla la forma de la superficie de fluencia propuesta por Yasufuku <i>et al.</i> (1991), ecuación 2.9
$\alpha_s$	parámetro del modelo, ecuación 5.17
$\alpha_y$	parámetro del modelo, ecuación 5.10
$\alpha_\psi$	parámetro de variación de la compresibilidad con la succión, ecuación 2.8
$\chi^*$	constante en el modelo de Stewart <i>et al.</i> (2001)
$\chi_\psi$	coeficiente experimental que relaciona la deformación de colapso con la succión. Figura 2.16
$\delta_h$	desplazamiento horizontal. Ecuación 3.10

$\delta_v$	desplazamiento vertical. Ecuación 3.11
$\Delta$	desplazamiento, aplicación del trabajo virtual. Ecuación 3.4
$\Delta$	deformación del LDT, ecuación 3.17
$\Delta L$	variación de la longitud de la probeta, Figura 3.4
$\Delta N$	variación del nivel del agua dentro de la célula triaxial, Figura 3.4
$\Delta V$	variación del volumen de la probeta, ecuación 3.1
$\varepsilon$	deformación vertical. Ecuación 2.1
$\dot{\varepsilon}$	vector de deformaciones totales con componentes $\varepsilon_q$ y $\varepsilon_p$ , ecuación A.4
$\varepsilon^d$	componente de la deformación total vertical dependiente del tiempo. Ecuación 2.2
$\varepsilon^e$	deformación elástica vertical, ecuación 2.3
$\mathcal{E}^e$	deformación elástica total, apartado 5.1
$\varepsilon^i$	componente de la deformación total vertical instantánea. Ecuación 2.1
$\varepsilon^p$	deformación volumétrica plástica, ecuación 2.7
$\mathcal{E}^p$	deformación plástica total, apartado 5.1
$\varepsilon^{\psi}$	deformación de hinchamiento, ecuación 2.4
$\varepsilon_p^{\psi}$	deformación de hinchamiento volumétrica, ecuación 5.19
$\varepsilon_{CMD}$	deformación en la fibra extrema de las CMD, ecuación 3.12
$\varepsilon_{ldt}$	deformación en la fibra extrema de los LDT, ecuación 3.17
$\dot{\varepsilon}$	diferencial de deformaciones totales, ecuación A.3
$\varepsilon_p = \varepsilon_1 + 2\varepsilon_3$	deformación volumétrica total
$\varepsilon_p^p = \varepsilon_1^p + 2\varepsilon_3^p$	deformación volumétrica plástica
$\varepsilon_q = 2/3(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)$	deformación de corte total
$\varepsilon_q^p = 2/3(\varepsilon_1^p - \varepsilon_3^p)$	deformación de corte plástica
$\varepsilon_1$	deformación axial de la probeta en el ensayo triaxial
$\varepsilon_3$	deformación radial de la probeta en el ensayo triaxial
$\varphi$	ángulo de fricción interna
$\varphi_d$	porción del ángulo de fricción que corresponde al cabalgamiento entre partículas del material. Apartado 2.1
$\varphi_e$	porción del ángulo de fricción interna producido por el empuje entre partículas. Apartado 2.1
$\varphi_{cr}$	ángulo de fricción del material en estado crítico



$\varphi_f$	ángulo de fricción del material durante un ensayo triaxial Stewart <i>et al.</i> (2001)
$\varphi_g$	porción del ángulo de fricción que es producido por la interferencia geométrica. Apartado 2.1
$\varphi_i$	porción del ángulo de fricción que corresponde a la interferencia entre partículas. Apartado 2.1
$\varphi_m$	ángulo de fricción movilizado. Figura 2.23b
$\varphi_\mu$	porción del ángulo de fricción que corresponde a la fricción entre partículas. Apartado 2.1
$\gamma$	densidad del suelo
$\eta = q/p$	relación de tensiones
$\eta_s = q/p$	relación de tensiones que toma en cuenta la succión cuando se analizan datos experimentales, ecuación 5.1
$\eta_s$	parámetro de endurecimiento de la superficie de fluencia desviadora, ecuación 5.6
$\theta$	ángulo producido por el momento flexionante, Figura 3.10
$\kappa$	pendiente de la línea de carga descarga, ecuación 5.3
$\kappa_\psi$	índice de expansión/compresión, ecuación 2.4
$\dot{\lambda}$	multiplicador escalar que determina el valor de las deformaciones plásticas de corte. Ecuación A.6
$\lambda_0^d$	máximo índice de compresibilidad del mecanismo dependiente del tiempo. Ecuación 2.2
$\lambda^i$	índice de compresibilidad cuando el mecanismo de deformación instantánea está activo. Ecuación 2.2
$(\lambda^i + \lambda^d)$	índice de compresibilidad cuando los mecanismos de deformación instantánea y dependiente del tiempo están activos. Ecuación 2.2.
$\mu\epsilon$	micro deformaciones ( $1 \mu\epsilon = 10^{-6}$ ). Apartado 3.2.1.1
$\nu$	relación de Poisson, ecuación 5.3
$\Omega$	ohms
$\rho_w$	densidad del agua a la temperatura de referencia, ecuación 3.19
$\sigma$	tensión vertical. Ecuación 2.1
$\dot{\sigma}$	vector de diferencial de tensiones totales, con componentes $p$ y $q$ . ecuación A.4
$\sigma_c$	tensión en la fibra extrema de compresión, Figura 3.8
$\sigma_t$	tensión en la fibra extrema por tracción, Figura 3.8
$\sigma_0^*$	tensión de fluencia en estado seco, parámetro de endurecimiento volumétrico. Ecuación 2.5

$\sigma_0$	tensión vertical actual. Figura 2.15
$\sigma_1$	tensión axial
$\sigma'_1$	tensión axial efectiva
$\sigma_1'' = (\sigma_1 - u)$	tensión axial neta. Ecuación 2.17
$\sigma'_{1f}$	tensión efectiva axial en rotura. Figura 2.14
$\sigma_3$	tensión radial
$\sigma'_3$	tensión radial efectiva
$\sigma_3'' = (\sigma_3 - u)$	tensión radial neta. Ecuación 2.17
$\sigma'_{3f}$	tensión efectiva radial en rotura. Figura 2.14
$\sigma_y$	tensión que limita la influencia de la succión sobre el material y el inicio de la rotura de partículas. Apartado 2.3.1
$\theta$	ángulo de un sector circular. Figura 3.8a
$\psi$	succión total
$\dot{\psi}$	diferencial de la succión total. Ecuación A.8
$\psi_e = v - v_{cr}$	parámetro de estado de Been y Jefferies (1985). Figura 2.25
$\psi_{e0}$	valor al inicio de la compactación del parámetro de estado de Been y Jefferies (1985). Figura 2.27
$\psi_m$	ángulo de dilatación movilizado. Figura 2.23a