

## NOMENCLATURA:

- $A$  : Área de cara plana de partícula tipo pastilla. Área transversal ( $m^2$ ).  
 $A_r$  : Número de Arquímedes (Galileo) (-)  
 $\{A\}$  : Matriz de coeficientes.  
 $\{B\}$  : Vector de términos independientes del sistema de ecuaciones.  
 $\{C_i\}$  : Vector de concentraciones.  
 $A_j$  : Área transversal del orificio del distribuidor ( $m^2$ )  
 $A_p(l,m)$  : Área superficial nominal de la partícula de tamaño  $l$  y densidad  $m$  ( $m^2$ )  
 $A_R$  : Sección transversal del reactor ( $m^2$ )  
 $b$  : Relación estequiométrica molar: mol sólido/mol gas.  
 $C$  : Concentración del reactante gas ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_A$  : Concentración del reactante gas ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_{A0}, C_f$  : Concentración del reactante gaseoso lejos de las partículas ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_g, C_p$  : Concentración de gas en el interior del pellet, es función del radio ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_d$  : Coeficiente de transferencia de momento gas-partícula  
 $C_B(i,t)$  : Concentración en la burbuja en nodo  $i$  a tiempo  $t$  ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_E(i,t)$  : Concentración en la emulsión de la zona de burbujeo en nodo  $i$  a tiempo  $t$  ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_F(i,t)$  : Concentración en el nodo  $i$  del freeboard a tiempo  $t$  ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_{GE}(i,t)$  : Conc. de reactante gas en el nodo  $i$  de la emulsión de la zona grid a tiempo  $t$  ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_{GJ}(i,t)$  : Concentración del reactante gaseoso en el nodo  $i$  del jet de la zona grid a tiempo  $t$  ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_N(i,t)$  : Concentración en la estela y la nube que rodea a la burbuja en nodo  $i$  a tiempo  $t$  ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_{p_g}$  : Capacidad calorífica del gas ( $J\ kg^{-1}\ C^{-1}$ )  
 $C_p(l,m)$  : Capacidad calorífica de la partícula de gas de tamaño  $l$  y densidad  $m$  ( $J\ kg^{-1}\ C^{-1}$ )  
 $C_{s0}$  : Concentración molar de sólido en la partícula porosa a conversión nula ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_r$  : Concentración del reactante gas para el radio  $r$  en el interior de la partícula ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $C_p$  : Concentración del reactante gas en el interior del poro ( $mol\ m^{-3}$ )  
 $D_A$  : Difusividad molecular ( $m^2\ s^{-1}$ )  
 $D_{ep}$  : Difusividad del reactante gas a través de los poros del sólido ( $m^2\ s^{-1}$ )  
 $D_{gr}$  : Difusividad del reactante gas a través de la capa de producto sólido ( $m^2\ s^{-1}$ )  
 $D_e$  : Difusividad del reactante gas a través de los poros del sól. (modelo de tres parám.) ( $m^2\ s^{-1}$ )  
 $D_{er}$  : Difusividad del gas para la reacción de reducción ( $m^2\ s^{-1}$ )  
 $D_{es}$  : Difusividad del gas para la reacción de sulfidación ( $m^2\ s^{-1}$ )  
 $d_p$  : Diámetro de partícula (m)  
 $e$  : espesor unitario del lecho bidimensional  
 $E_a$  : Energía de activación ( $J\ mol^{-1}$ )  
 $E_{ar}$  : Energía de activación para la reacción de reducción ( $J\ mol^{-1}$ )  
 $E_{as}$  : Energía de activación para la reacción de sulfidación ( $J\ mol^{-1}$ )  
 $f$  : Factor geométrico definido en tabla 3.1  
 $f_c$  : Fracción de volumen ocupada por la aureola de la burbuja (-)  
 $F^N(l,m)$  : Fracción en número de sólido ( $l,m$ ) (número de partículas de sólido  $l,m$ )/(número total de partículas de sólido)  
 $F^V(l,m)$  : Fracción en volumen de sólido ( $l,m$ ) ( $m^3$  sólido  $l,m$ )/( $m^3$  total de sólido)  
 $f_c(i)$  : fracción de burbuja ocupada por la nube-estela (-)  
 $g$  : Aceleración de la gravedad ( $m\ s^{-2}$ )  
 $H$  : Entalpía ( $J\ kg^{-1}$ )  
 $\Delta H_R$  : Entalpía de reacción ( $J\ mol\ gas^{-1}$ )  
 $h$  : Coeficiente de transferencia de calor ( $W\ m^{-2}\ K^{-1}$ )  
 $i$  : Indicador del número de nodo (-)  
 $K$  : Constante de equilibrio. (-)  
 $k(X)$  : Constante cinética volumétrica referida a mol de sólido.  $s^{-1}$   
 $k_{mA}, k_g, k_{gr}$  : Coeficiente de transferencia de masa gas-superficie del sólido ( $m\ s^{-1}$ )  
 $k_s$  : Constante cinética referida a superficie ( $m\ s^{-1}$ )  
 $k_{Or}$  : Factor preexponencial de la constante cinética de reducción.  $s^{-1}$

---

|                  |   |
|------------------|---|
| $k_{Os}$         | : Factor preexponencial de la constante cinética de sulfidación. $s^{-1}$                                   |
| $K_{bc}(i)$      | : Coeficiente de transferencia de masa burbuja-nube/estela ( $m^3_{gas} m^{-3}_{burbuja} s^{-1}$ )          |
| $K_{ce}(i)$      | : Coeficiente de transferencia de masa nube/estela-emulsión ( $m^3_{gas} m^{-3}_{burbuja} s^{-1}$ )         |
| $K_{je}(i)$      | : Coeficiente de transferencia de masa jet-emulsión en la zona grid ( $m^3_{gas} m^{-3}_{burbuja} s^{-1}$ ) |
| $K_{HBE}(i)$     | : Coeficiente de transferencia de calor burbuja-emulsión en la zona burbujeo ( $J s^{-1}$ )                 |
| $K_{HJE}(i)$     | : Coeficiente de transferencia de calor jet-emulsión en la zona grid ( $J s^{-1}$ )                         |
| $k_v(l,m)$       | : Coeficiente cinético del sólido (l,m) ( $s^{-1}$ )  |
| $k_{v0}$         | : Factor preexponencial del coeficiente cinético ( $s^{-1}$ )   |
| $l$              | : longitud de poro (m)  |
| $L$              | : longitud de la partícula cilíndrica. Anchura del lecho bidimensional (m)                                  |
| $L_n$            | : Anchura del nodo del lecho bidimensional (m)  |
| $M_f$            | : Masa molar del gas ( $g mol^{-1}$ )   |
| $Nm^3$           | : $m^3$ en condiciones normales ( $0^\circ C$ , 1 bar)  |
| $n$              | : número de mol (mol)   |
| $n_j$            | : número de perforaciones del distribuidor (-)  |
| $N$              | : número de mol (mol)   |
| $n_{0i}$         | : número inicial de gránulos de tamaño i (-)  |
| $N$              | : Número de tamaños de gránulo o poro considerados en la partícula.   |
| $N_j$            | : Número de perforaciones del distribuidor (si es perforado) por unidad de área ( $m^{-2}$ )                |
| $N_K$            | : Caudal de partículas en número en la corriente de entrada k de sólido ( $s^{-1}$ )                        |
| $N_{out}$        | : Caudal de partículas en número de salida del reactor ( $s^{-1}$ )   |
| $N_R$            | : Número total de partículas en el interior del reactor (-)   |
| $p, P$           | : Presión (bar)   |
| $q$              | : Espesor de la capa de producto sólido formado en el poro.   |
| $Q$              | : caudal ( $m^3 s^{-1}$ )   |
| $r$              | : Radio del pellet, radio de nodo del pellet(m)   |
| $R$              | : Radio de la partícula (m) o Constante de los gases ideales ( $J mol^{-1} K^{-1}$ )                        |
| $Re$             | : Número de Reynolds (-)  |
| $R_v$            | : Velocidad de reacción ( $mol m^{-3} s^{-1}$ )   |
| $s$              | : Factor de forma según tabla 3.1   |
| $S$              | : Superficie ( $m^2$ )  |
| $S(X)$           | : Área superficial del sólido para conversión X ( $m^2 g^{-1}$ )  |
| $S_{ext}$        | : Superficie extendida, sin solapamientos ( $m^2 g^{-1}$ )  |
| $S_{sp}$         | : Área superficial de poro ( $m^2 g^{-1}$ )   |
| $S_{sr}$         | : Área superficial de frente de reacción ( $m^2 g^{-1}$ )   |
| $t$              | : Tiempo (s)  |
| $T$              | : Temperatura (K)   |
| $T_B(i,t)$       | : Temperatura de burbuja del nodo i a tiempo t(K)   |
| $T_E(t)$         | : Temperatura de emulsión a tiempo t(K)   |
| $T_F(i,t)$       | : Temperatura del nod i del freeboard a tiempo t(K)   |
| $T_N(i,t)$       | : Temperatura de nube y estela de la zona grid a tiempo t(K)  |
| $T_g^0$          | : Temperatura de entrada de gas (K)   |
| $T_{GE}(i,t)$    | : Temperatura del nodo i de la emulsión de la zona grid a tiempo t(K)                                       |
| $T_{GJ}(i,t)$    | : Temperatura del nodo i del jet de la zona grid a tiempo t(K)  |
| $T_s^0(k)$       | : Temperatura de entrada de sólido de la corriente k (K)  |
| $u_{mf}$         | : velocidad mínima de fluidización ( $m s^{-1}$ )   |
| $u, u_0$         | : Velocidad superficial del gas . Caudal de gas/Sección transversal del reactor ( $m s^{-1}$ )              |
| $v$              | : velocidad del sólido ( $m s^{-1}$ )   |
| $V$              | : Volumen ( $m^3$ )   |
| $V_s$            | : Volumen de sólido   |
| $V_{ext}$        | : Volumen extendido, sin solapamientos ( $m^3$ )  |
| $V(l,m)$         | : Volumen de partícula de tamaño l y densidad m ( $m^3$ )   |
| $X$              | : Conversión, fracción convertida o reaccionada (-)   |
| $X_B$            | : Conversión del componente B (sólido) (-)  |
| $y$              | : Fracción molar de gas (-)   |
| $z, \Delta z(i)$ | : altura (m), Altura del nodo i (m)   |
| $z_B$            | : Altura del reactor desde el distribuidor a la que acaba la zona grid (m)                                  |
| $z_f$            | : Altura del reactor desde el distribuidor a la que empieza el freeboard (m)                                |

---

## **SUBÍNDICES :**

|       |  |
|-------|--|
| A     | : Especie química A                                |
| b, B  | : De la burbuja                                    |
| c, C  | : De la aureola que rodea la burbuja (cloud)       |
| 0     | : Inicial, a conversión cero.                      |
| e, E  | : Equivalente. De la emulsión                      |
| ep    | : Efectiva de poro                                 |
| f, F  | : Del freeboard, del fluido                        |
| g     | : Gas, gránulo, de la zona del distribuidor (grid) |
| ge    | : De la emulsión de la zona del distribuidor       |
| gr    | : En el gránulo, de gránulo                        |
| j     | : Del jet  |
| mf    | : Mínima de fluidización                           |
| p     | : Referida al poro                                 |
| r     | : En el (de) frente de reacción. De reducción      |
| R     | : Del reactor                                      |
| s     | : Sólido. Referido a superficie. De sulfidación    |
| sk    | : Esqueletal (sin poros)                           |
| sp    | : De poro del sólido                               |
| t     | : Terminal   |
| v     | : Referido a volumen                               |
| vapor | : Del vapor de agua                                |
| w     | : De refrigeración                                 |
| x, y  | : Direcciones de ejes cartesianos.                 |

## **COEFICIENTES :**

|            |  |
|------------|--|
| ext        | : Nodo exterior superficial                          |
| i, j       | : Número de nodo o tamaño de poro-gránulo.           |
| l          | : Indicador del diámetro de la partícula de sólido   |
| n          | : Nodo   |
| m          | : Indicador de la densidad de la partícula de sólido |
| t          | : Tiempo   |
| X          | : Conversión.  |
| $\Theta_j$ | : Diámetro de partícula                              |
| $\rho$     | : Densidad de partícula                              |

## **SÍMBOLOS GRIEGOS.**

|                    |   |
|--------------------|---|
| $\delta(i)$        | : Fracción de volumen ocupado por las burbujas en nodo i ( $m^3$ burbuja/ $m^3$ reactor)                  |
| $\epsilon_{p0}$    | : Porosidad del sólido a conversión cero.   |
| $\epsilon_p(X)$    | : Porosidad del sólido a conversión X.  |
| $\epsilon_b(i)$    | : Fracción de volum. del gas en la burbuja del nodo i ( $m^3$ gas $m^{-3}$ burbuja)                       |
| $\epsilon_c(i)$    | : Fracción de volum. del gas en la nube-estela de la burbuja del nodo i ( $m^3$ gas $m^{-3}$ burbuja)     |
| $\epsilon_e(i)$    | : Fracción de volum. del gas en la emulsión de la zona de burbujeo del nodo i ( $m^3$ gas $m^{-3}$ lecho) |
| $\epsilon_f(i)$    | : Fracción de volum. del gas en el nodo i del freeboard ( $m^3$ gas $m^{-3}$ freeboard)                   |
| $\epsilon_{gj}(i)$ | : Fracción de volumen ocupado por gas en el nodo i jet ( $m^3$ gas $m^{-3}$ jet)                          |
| $\epsilon_{ge}(i)$ | : Fracción de volum. del gas en el nodo i de la emulsión de la zona grid ( $m^3$ gas $m^{-3}$ jet)        |
| $\epsilon_0$       | : Porosidad del sólido a conversión nula.   |
| $\eta$             | : Tortuosidad del sólido poroso   |
| $\eta_s, v_s$      | : Volumen molar del reactante sólido sin poros ( $m^3$ mol <sup>-1</sup> )                                |
| $\mu_g$            | : viscosidad del gas ( $kg\ m^{-1}\ s^{-1}$ )   |

---

- $\Theta_j$  : Diámetro de la perforación del distribuidor perforado (m).  
 $\rho_g$  : Densidad del gas ( $\text{kg m}^{-3}$ )  
 $\rho_p$  : Densidad de la partícula ( $\text{kg m}^{-3}$ )  
 $\rho(l,m)$  : Densidad de la partícula de tamaño  $l$  y densidad  $m$  ( $\text{kg m}^{-3}$ )  
 $\tau$  : Tensor tensión.  
 $\phi$  : Fracción de volumen de fase sólida ocupado por el sólido (-)  
 $\Phi_s$  : Factor de forma de la partícula (-)  
 $\Psi(i)$  : Factor de flujo visible de Werther : flujo por las burbujas/flujo teórico según  $u_{mf}$  (-)
-