

## APÉNDICES



<b>Unidades básicas</b>		
<b>Magnitud</b>	<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	Ampere	A
Temperatura	Kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd

  

<b>Unidades Suplementarias</b>		
<b>Magnitud</b>	<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>
Ángulo	radián	rad
Ángulo sólido	estereorradián	srad

<b>Unidades derivadas</b>			
<b>Magnitud</b>	<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Definición</b>
Fuerza	Newton	N	$\text{kg m s}^{-2}$
Energía	Joule	J	N m
Potencia	Watt	W	$\text{J s}^{-1}$
Frecuencia	Hertz	Hz	$\text{s}^{-1}$

<b>Múltiplos/Submúltiplos</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Factor</b>
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
kilo	k	$10^3$
hecto	h	$10^2$
deca	da	$10^1$
deci	d	$10^{-1}$
centi	c	$10^{-2}$
mili	m	$10^{-3}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$
pico	p	$10^{-12}$

<b>Nombres especiales</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Expresión</b>	<b>Unidad</b>
Actividad de un radionucléido	becquerel	Bq	$s^{-1}$
Carga eléctrica, cantidad de electricidad	coulomb	C	$s \cdot A$
Capacidad eléctrica	farad	F	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Índice de dosis absorbida	gray	Gy	$m^2 \cdot s^{-2}$
Inductancia	henry	H	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Frecuencia	hertz	Hz	$s^{-1}$
Energía, trabajo	joule	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Flujo luminoso	lumen	lm	$cd \cdot sr$
Iluminancia	lux	lx	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
Fuerza	newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Resistencia eléctrica	ohm	$\Omega$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Presión	pascal	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Conductancia eléctrica	siemens	S	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Dosis equivalente	sievert	Sv	$m^2 \cdot s^{-2}$
Densidad de flujo magnético	tesla	T	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Potencial eléctrico, fuerza electromotriz	volt	V	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Potencia, flujo radiante	watt	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Flujo magnético	weber	Wb	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$

<b>Factores de conversión</b>		
<b>Para convertir de:</b>	<b>A:</b>	<b>Multiplicar por:</b>
<b>DISTANCIA</b>		
millas (mi)	pies (ft)	5.280
millas (mi)	kilómetros (km)	1,609
pies (ft)	metros (m)	0,3048
pulgadas (in)	milímetros (mm)	25,4
<b>ÁREA</b>		
millas <sup>2</sup> (mi <sup>2</sup> )	acres (ac)	640
hectáreas (ha)	metros <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	10.000
acres (ac)	pies <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	43.560
acres (ac)	hectáreas (ha)	2,471
<b>VOLUMEN</b>		
acre-pie (a-f)	galones (gal)	325.851
acre-pie (a-f)	pies <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	43.560
metros <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	litros (l)	1.000
metros <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	pies <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	35,310
pies <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	litros (l)	28,320
pies <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	galones (gal)	7,481
litros (l)	cuartos (qt)	1,057
<b>FLUJO</b>		
pies <sup>3</sup> /segundo (cfs)	litros/minuto (lpm)	1.699
pies <sup>3</sup> /segundo (cfs)	galones/minuto (gpm)	448,831
pies <sup>3</sup> /segundo (cfs)	millones de galones/día (mgd)	0,6464

<b>Factores de conversión</b>		
<b>Para convertir de:</b>	<b>A:</b>	<b>Multiplicar por:</b>
<b>MASA</b>		
tonelada inglesa	libras (lb)	2.000
tonelada metrica	kilogramos (kg)	1.000
libras (lb)	onzas (oz)	16
kilogramos (kg)	libras (lb)	2,207
onzas (oz)	gramos (g)	28,349
litros H <sub>2</sub> O (l)	kilogramos (kg)	1
pies <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O (ft <sup>3</sup> )	libras (lb)	62,4
<b>PRESIÓN</b>		
milibares (mb)	Pascales (Pa)	10
milibares (mb)	libras/pulgada <sup>2</sup> (psi)	14,5
atmósferas (atm)	milibares (mb)	1.013
atmósferas (atm)	milímetros Hg (mm)	760
atmósferas (atm)	pies H <sub>2</sub> O (ft)	33,99
<b>CONCENTRACIÓN</b>		
partes/millón (ppm)	miligramos/litro (mg/l)	1
partes/millón (ppm)	toneladas/acre-pie	0,00136

<b>Principales constantes físicas</b>	
Constante universal de los gases (R)	$R = 8,205 \times 10^2 \text{ m}^3 \text{ atm kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R = 8,314 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ bar kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R = 8,314 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R = 1545 \text{ ft lb}_m \text{ lbmol}^{-1} \text{ }^\circ \text{R}^{-1}$ $R = 1,986 \text{ Btu lbmol}^{-1} \text{ }^\circ \text{R}^{-1}$ $R = 1,987 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Constante de Boltzmann	$k = 1,380 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \text{ molécula}^{-1}$
Constante de Planck	$h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ J s molécula}^{-1}$
Constante de Stefan-Boltzman	$\sigma = 5,670 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ $\sigma = 0,1714 \times 10^{-8} \text{ Btu h}^{-1} \text{ ft}^{-2} \text{ }^\circ \text{R}^{-4}$
Aceleración de la gravedad al nivel del mar	$g = 9,807 \text{ m s}^{-2}$ $g = 980,7 \text{ cm s}^{-2}$ $g = 32,174 \text{ ft s}^{-2}$
Factor de conversión gravitacional (sistemas ingenieriles)	$g_c = 32,1740 \text{ lb}_m \text{ ft lb}_f^{-1} \text{ s}^{-2}$ $g_c = 980,665 \text{ g}_m \text{ cm g}_f^{-1} \text{ s}^{-2}$
Peso molecular del aire	$M_A = 28,97 \text{ g mol}^{-1}$ $M_A = 28,97 \text{ lb}_m \text{ lbmol}^{-1}$
Número de Avogadro	$N_A = 6,024 \times 10^{23} \text{ moléculas mol}^{-1}$
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

<b>Módulos (números) adimensionales de uso frecuente</b>			
<b>Denominación</b>	<b>Definición</b>	<b>Alternativa</b>	<b>Interpretación</b>
Reynolds	$Re = \frac{v \rho D}{\mu}$		$\frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas de rozamiento}}$
Froude	$Fr = \frac{v^2}{L g}$		$\frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas de gravedad}}$
Euler	$Eu = \frac{p}{\rho v^2}$		$\frac{\text{Fuerzas de presión}}{\text{Fuerzas de inercia}}$
Prandtl	$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$	$Pr = \frac{v}{\alpha} = \frac{Pe}{Re}$	$\frac{\text{viscosidad cinemática}}{\text{difusividad térmica}}$
Schmidt	$Sc = \frac{\mu}{\rho D_{AB}}$	$Sc = \frac{v}{D_{AB}} = \frac{Pe_{AB}}{Re}$	$\frac{\text{viscosidad cinemática}}{\text{difusividad molecular}}$
Lewis	$Le = \frac{k}{\rho C_p D_{AB}}$	$Le = \frac{\alpha}{D_{AB}} = \frac{Sc}{Pr}$	$\frac{\text{difusividad térmica}}{\text{difusividad molecular}}$

<b>Módulos (números) adimensionales de uso frecuente</b>			
<b>Denominación</b>	<b>Definición</b>	<b>Alternativa</b>	<b>Interpretación</b>
Peclet	$Pe = \frac{\rho C_p v L}{k}$	$Pe = Re Pr$	$\frac{\text{convección de calor}}{\text{conducción de calor}}$
Peclet másico	$Pe_{AB} = \frac{v L}{D_{AB}}$	$Pe_{AB} = Re Sc$	$\frac{\text{convección de A}}{\text{difusión de A}}$
Nusselt	$Nu = \frac{h L}{k}$	$Nu = Pe St$	$\frac{(\text{convección} + \text{conducción})}{\text{conducción de calor}}$ de calor
Nusselt másico	$Nu_{AB} = \frac{k_A L}{v}$	$Nu_{AB} = Pe_{AB} Sh$	$\frac{(\text{convección} + \text{difusión})}{\text{difusión de A}}$ de A
Stanton	$St = \frac{h}{\rho C_p v}$	$St = \frac{Nu}{Pe}$	$\frac{(\text{convección} + \text{conducción})}{\text{convección de calor}}$ de calor
Sherwood	$Sh = \frac{k_A}{v}$	$Sh = \frac{Nu_{AB}}{Pe_{AB}}$	$\frac{(\text{convección} + \text{difusión})}{\text{convección de A}}$ de A

### **Técnicas para facilitar la resolución de problemas**

Leer el problema varias veces, pero en ocasiones distintas. Asegurarse de entender todas sus facetas. Subrayar en cada ocasión las diferentes características.

Expresar el problema con palabras propias. Hacer una lista de suposiciones.

Dibujar un diagrama completo del proceso e introducir en él *toda* la información conocida. Introducir símbolos para las variables y parámetros desconocidos.

Escribir formalmente el resultado que se desea obtener: "Quiero calcular ..."

Escoger una base de cálculo.

Relacionar el problema con problemas similares que se hayan resuelto anteriormente, pero tomando nota de las diferencias.

Planear una estrategia de resolución y escribirla, si es necesario. Considerar distintas estrategias.

Escribir todas las ecuaciones y reglas que pudieran aplicarse al problema.

Escribir formalmente todo lo que se sepa acerca del problema y lo que se crea necesario para obtener una solución.

Hablar consigo mismo durante la resolución del problema.

Hacerse preguntas acerca de los datos, procedimientos, ecuaciones, etc., que intervienen en el proceso.

Hablar con otras personas acerca del problema.

Interrumpir la resolución del problema durante unos minutos y realizar alguna otra actividad.

Desglosar la solución del problema en partes más manejables, y comenzar en una etapa con la que se esté familiarizado. Escribir el objetivo de cada subproblema.

Repetir los cálculos, pero en un orden distinto.

Trabajar tanto hacia adelante como hacia atrás dentro del esquema de resolución.

### **Técnicas para facilitar la resolución de problemas**

Pensar si los resultados obtenidos son razonables. Verificar tanto las unidades como el orden de magnitud de los cálculos. ¿Se satisfacen las condiciones límite?

Seguir caminos alternativos para verificar la solución.

Mantener una actitud positiva: es sabido que el problema puede resolverse, sólo falta averiguar cómo.

### **Hábitos que deben evitarse al resolver problemas**

Cuando no se logra resolver un problema, no se reflexiona sobre lo que se hizo mal.

Cuando se enfrenta uno a un problema complejo, no se desarrolla una estrategia ni se averigua exactamente en qué consiste el problema.

Si los primeros esfuerzos por resolver un problema fracasan, se siente desconfianza en la propia capacidad para resolver el problema (¡o cunde el pánico!).

No puede pensarse en estrategias alternativas para resolver un problema.

Cuando uno se confunde con un problema, tiende a intentar lo primero que se le ocurre para resolverlo.

Cuando se enfrenta un problema, se tiende a intentar lo primero que se le ocurre a uno para resolverlo.

Con frecuencia no se detiene uno a pensar en un problema; simplemente se procede como mejor se puede.

No se trata de predecir el resultado de emprender un curso de acción específico.

Cuando uno trata de pensar en las posibles técnicas para resolver un problema, no se le ocurren muchas alternativas.

Cuando se enfrenta uno a un problema novedoso, no se siente confianza en que se puede resolver.

Cuando se trabaja sobre un problema, uno siente que divaga o se aferra a cualquier cosa sin tener una buena idea de qué debe hacer.

Se hacen juicios sin pensar (y luego uno se arrepiente).

No se buscan formas de combinar diferentes ideas o reglas para formar un todo.

A veces se pone uno tan nervioso que no se puede abordar el problema.

Se adentra uno en un problema tan rápidamente, que se resuelve el problema equivocado.

### **Hábitos que deben evitarse al resolver problemas**

Se depende totalmente de los problemas de ejemplo resueltos y se toman como modelos de otros problemas.

No se planea cómo utilizar el tiempo.

Se siente temor de que otros piensen menos de uno.

No se comienza por los problemas fáciles (para uno mismo).

Se hace caso omiso de las palabras que no se conocen.

Se distrae uno fácilmente con lo que le rodea al trabajar.

La tensión que le causa resolver problemas le bloquea a uno y no le deja discernir buenas ideas.

Las trabas académicas y la falta de base le hacen a uno seguir el camino equivocado.

### **Razones del fracaso en la resolución de problemas**

No trabajar sobre un problema en forma sistemática, en lugar de alocadamente (comenzar demasiado pronto, omitir pasos esenciales).

No leer y entender perfectamente el problema.

No trazar un diagrama ni introducir todos los datos en él, junto con símbolos para las incógnitas.

No determinar qué se desconoce.

Aferrarse a la primera estrategia de solución, o con una que es deficiente o incorrecta, sin considerar estrategias alternativas.

Escoger un principio o ecuación equivocados y resolver el problema equivocado.

Trabajar con información falsa.

Escoger la entrada incorrecta de una base de datos, gráfica o tabla.

Introducir datos o parámetros incorrectos en los cálculos.

No incluir las unidades en todos los pasos del cálculo.

Introducir errores por una ejecución descuidada de los cálculos.

Dificultad para distinguir características nuevas en un problema que a primera vista parece familiar.

Manipulaciones algebraicas incorrectas.

Empleo de instrucciones de programas de ordenador insatisfactorios para el problema.

Incapacidad para localizar los datos o coeficientes requeridos por no leer el problema a conciencia o consultar la base de datos equivocada.

Incapacidad para estimar de qué orden de magnitud debe ser la respuesta para compararlo con el de la respuesta calculada.

Insuficiencias de la base de datos personal: se ha olvidado o nunca se han aprendido ciertas leyes, ecuaciones, valores de coeficientes, factores de conversión, etc., esenciales.

### **Razones del fracaso en la resolución de problemas**

Emplear sólo razonamiento hacia adelante, en lugar de emplear ambos tipos de razonamiento, hacia adelante y hacia atrás.

Tensión emocional (temor a equivocarse, parecer tonto o torpe).

Falta de motivación.

Incapacidad para relajarse.

<b>Comparación de hábitos de resolución de problemas</b>	
<b>Novato</b>	<b>Experto</b>
Comienza a resolver un problema antes de entender perfectamente lo que se desea o cuál sería un buen camino hacia una solución.	Busca una estrategia para resolver el problema, repasa todo el plan bosquejado, explora mentalmente estrategias alternativas y entiende claramente qué resultado desea obtener.
Se concentra sólo en un conjunto de problemas conocidos que ya ha resuelto antes, y trata de hacer que el problema corresponda a uno de los de ese conjunto.	Se concentra en la similitudes y las diferencias respecto a problemas conocidos; utiliza principios genéricos en lugar de la imitación de problemas.
Escoge un procedimiento sin explorar alternativas.	Examina varios procedimientos en serie o en paralelo.
Da gran importancia a la rapidez de resolución, sin percatarse de sus equivocaciones.	Da la debida importancia a la cautela y a la exactitud de la solución.
No sigue un plan de ataque organizado; salta de un lado a otro y mezcla estrategias de resolución de problemas.	Sigue el procedimiento de resolución de problemas paso por paso, verificando, reevaluando y abandonando caminos sin salida para tomar otros caminos válidos.
No se da cuenta de que faltan datos, conceptos, leyes.	Sabe cuáles son los principios que pueden estar implicados y dónde obtener los datos que faltan.
Da muestras de escaso juicio, hace suposiciones injustificadas.	Evalúa cuidadosamente las suposiciones necesarias.
Renuncia a resolver el problema porque no sabe lo suficiente.	Sabe en qué consisten las dificultades y está dispuesto a aprender más para obtener la información que necesita.
Renuncia a resolver el problema porque no es capaz de abandonar una estrategia que no lo lleva a la solución.	Se da cuenta de que una estrategia podría no conducir a ningún sitio y ha planeado estrategias alternativas por si se presenta esa situación.
Es incapaz de hacer aproximaciones o hace aproximaciones indebidas.	Hace aproximaciones adecuadas.

**Comparación de hábitos de resolución de problemas**

<b>Novato</b>	<b>Experto</b>
No se atreve a disentir.	Puede no estar de acuerdo con otros expertos.
Sigue al pie de la letra las instrucciones; se guía "por el libro".	Rompe reglas y hace excepciones.
No sabe cómo manejar datos cualitativos.	Puede manejar datos cualitativos.
Hace caso omiso de los posibles límites.	Reconoce los límites.
Desperdicia el tiempo en cosas sin importancia.	Administra bien su tiempo.

**Estrategia para abordar los problemas de balances de materia**

Leer el problema con detenimiento y aclarar lo que se desea lograr.

Hacer un esquema gráfico del proceso; definir el sistema mediante límites; utilizar flechas para indicar flujos.

Rotular con símbolos cada flujo y las composiciones que les corresponden, además de otra información que se conozca o se desconozca.

Indicar en el esquema gráfico todos los valores conocidos de composición y flujo de las corrientes junto a cada flujo; calcular las composiciones y flujos adicionales a partir de los datos dados según sea necesario, o bien, identificar inicialmente los parámetros conocidos.

Si no hay suficientes datos, intentar buscarlos en tablas o gráficas, calcularlos a partir de otros datos conocidos o hacer suposiciones válidas acerca de los mismos.

Escoger una base de cálculo.

Hacer una lista de símbolos para cada uno de los valores desconocidos de los flujos y las composiciones, o al menos marcarlos claramente de alguna manera, y contarlos.

Escribir los nombres de un conjunto apropiado de balances por resolver; escribir los balances indicando el tipo de balance junto a cada uno (no olvidar los balances implícitos para las fracciones másicas o molares).

Contar el número de balances independientes que es posible escribir; comprobar que sea posible obtener una solución única; si no es así, será necesario buscar más información o revisar las posibles suposiciones realizadas.

Resolver las ecuaciones; cada cálculo debe hacerse sobre una base consistente.

Verificar las respuestas, sustituyendo algunas de ellas, o todas, en los balances redundantes que haya. ¿Se satisfacen las ecuaciones? ¿Son razonables las respuestas?

Ecuación general			
$\frac{d}{dt} (\pi_m V) = [\pi_1 Q_1 - \pi_2 Q_2] - \sum_s \phi \cdot \vec{S} + G_m V$			
Conservación de la materia			
Términos			
$\pi$	$\pi_M V$	$-\sum_s \phi \cdot \vec{S}$	$G_m V$
$\rho_i$	$\rho_{im} V = m_{iT}$	$\vec{n}_{i1} \vec{S}_1 - \vec{n}_{i2} \vec{S}_2 + \vec{n}_i \vec{S}$	$r_{im} V$
Ecuación final (componente i)			
$\frac{d}{dt} (m_{iT}) = [\rho_{i1} Q_1 - \rho_{i2} Q_2] + r_{im} V$			
Ecuación final (materia total)			
$\frac{d}{dt} (m_T) = [\rho_1 Q_1 - \rho_2 Q_2]$			
Conservación de la energía			
Términos			
$\pi$	$\pi_M V$	$-\sum_s \phi \cdot \vec{S}$	$G_m V$
$\rho (E_c + E_p + U)$	$E_{cT} + E_{pT} + U_T$	$\vec{q}_1 \vec{S}_1 - \vec{q}_2 \vec{S}_2 + \vec{q} \vec{S}$	$P_1 (\vec{v}_1 \vec{S}_1) - P_2 (\vec{v}_2 \vec{S}_2) + W$

Ecuación final			
$\frac{d}{dt} (E_{cT} + E_{pT} + U_T) =$ $\left[ (E_{c1} + E_{p1} + U_1) \rho_1 Q_1 - (E_{c2} + E_{p2} + U_2) \rho_2 Q_2 \right] +$ $+ Q + \left[ P_1 (\vec{v}_1 \vec{S}_1) - P_2 (\vec{v}_2 \vec{S}_2) + W \right]$			
Conservación del momento			
Términos			
$\pi$	$\pi_M V$	$-\sum_s \phi \cdot \vec{S}$	$G_m V$
$\rho \vec{v}$	$\vec{p}_T$	$\vec{R}_1 \vec{S}_1 - \vec{R}_2 \vec{S}_2 - \vec{T} \vec{S}$	$P_1 (\vec{v}_1 \vec{S}_1) -$ $P_2 (\vec{v}_2 \vec{S}_2) +$ $F + m_T g$
Ecuación final			
$\frac{d}{dt} \vec{p}_T =$ $\left[ \rho_1 \vec{v}_1 Q_1 - \rho_2 \vec{v}_2 Q_2 \right] - \left[ \vec{T} \vec{S} \right] +$ $\left[ P_1 (\vec{v}_1 \vec{S}_1) - P_2 (\vec{v}_2 \vec{S}_2) + F + m_T g \right]$			

<b>Capacidades caloríficas para gases ideales</b>		
	$C_p$ aproximada $\left[ \frac{kJ}{kmol K} \right], \left[ \frac{kcal}{kmol K} \right]$	
<b>Tipo de molécula</b>	<b>T ambiente (<math>\leq 300</math> K)</b>	<b>T ambiente (<math>&gt; 300</math> K)</b>
Monoatómica	$\frac{5}{2} R$	$\frac{5}{2} R$
Poliatómica lineal	$\frac{7}{2} R$	$\left( 3n - \frac{3}{2} \right) R$
Poliatómica no lineal	$4 R$	$(3n - 2) R$
<b>n: número de átomos por molécula</b>	$R = 8,314 \left[ \frac{kJ}{kmol K} \right] = 1,987 \left[ \frac{kcal}{kmol K} \right]$	

<b>Capacidades caloríficas a 1 atm y 298 K</b>		
<b>Sustancia</b>	<b><math>C_p</math> [J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>]</b>	<b><math>C_p</math> [kcal kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>]</b>
Agua (273 - 373 K)	4.186	1,0000
Metanol	2.549	0,6089
Etanol	2.400	0,5733
Hielo (263 - 273 K)	2.093	0,5000
Vapor (373 K)	2.009	0,4799
Benceno	1.750	0,4181
Madera (típica)	1.674	0,3999
Aire (323 K)	1.046	0,2499
Nitrógeno	1.040	0,2484
Oxígeno	915	0,2186
Aluminio	900	0,2150
Vidrio (típico)	837	0,2000
Hierro / acero	452	0,1080
Cinc	387	0,0925
Cobre	387	0,0925
Latón	380	0,0908
Plata	236	0,0564
Mercurio	138	0,0330
Wolframio	134	0,0320
Oro	130	0,0311
Plomo	128	0,0306
Bismuto	123	0,0294

<b>Calores latentes a 1 atm</b>						
<b>Sustancia</b>	<b>Fusión/Solidificación</b>			<b>Vaporización/Condensación</b>		
	$T_f$ [K]	$\lambda_f$ [J kg <sup>-1</sup> ]	$\lambda_f$ [kcal kg <sup>-1</sup> ]	$T_e$ [K]	$\lambda_e$ [J kg <sup>-1</sup> ]	$\lambda_e$ [kcal kg <sup>-1</sup> ]
Hidrógeno	13,8	58.604	14,0	20,3	452.088	108,0
Oxígeno	54,4	13.814	3,3	90,2	213.486	51,0
Nitrógeno	63,3	25.535	6,1	77,3	200.928	48,0
Etanol	156	104.231	24,9	351	858.130	205,0
Mercurio	123	11.302	2,7	630	293.020	70,0
Agua	273	333.624	79,7	373	2.256.254	539,0
Plata	369	104.650	25,0	2.466	2.176.720	520,0
Plomo	600	24.697	5,9	2.023	870.688	208,0
Aluminio	932	395.577	94,5	2.740	10.465.000	2.500,0
Oro	1.336	64.464	15,4	2.933	1.578.122	377,0
Cobre	1.359	133.952	32,0	1.460	5.065.060	1.210,0
Hierro	1.808	289.253	69,1	3.023	6.362.720	1.520,0
Wolframio	3.663	191.300	45,7	6.173	1.925.560	460,0
Carbono	3.813	23.860	5,7	4.273	50.232.000	12.000,0

<b>Entalpías de formación estándar (1 atm, 298 K)</b>		
<b>Sustancia</b>	$\Delta_f^\circ$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$\Delta_f^\circ$ [kcal mol <sup>-1</sup> ]
<b>Elementos / Compuestos inorgánicos</b>		
H <sub>2</sub> (g)	0	0,00
H (g)	218	52,08
Li (s)	0	0,00
Li (g)	155,2	37,08
Li <sub>2</sub> O (s)	-595,8	-142,33
Li <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (s)	-634,7	-151,62
LiH (s)	-90,4	-21,60
LiCl (s)	-408,8	-97,66
LiF (s)	-612,1	-146,23
LiI (s)	-271,1	-64,76
Na (s)	0	0,00
Na (g)	108,8	25,99
NaH (s)	-57,3	-13,69
NaF (s)	-569	-135,93
NaCl (s)	-410,9	-98,16
NaBr (s)	-359,8	-85,95
NaI (s)	-287,9	-68,78
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-1.384,5	-330,75
NaNO <sub>3</sub> (s)	-466,5	-111,44
NaNO <sub>2</sub> (s)	-359,4	-85,86
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	-1.130,9	-270,16
Na <sub>2</sub> O (s)	-415,9	-99,36
Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (s)	-504,6	-120,54

<b>Entalpías de formación estándar (1 atm, 298 K)</b>		
<b>Sustancia</b>	$\Delta_f^\circ$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$\Delta_f^\circ$ [kcal mol <sup>-1</sup> ]
NaO <sub>2</sub> (s)	-260,7	-62,28
NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> (s)	-710,4	-169,71
NaOH (s)	-430,5	-102,84
K (s)	0	0,00
K (g)	90	21,50
KF (s)	-562,7	-134,42
KCl (s)	-436	-104,16
KClO <sub>3</sub> (s)	-391,2	-93,45
K <sub>2</sub> O (s)	-361,5	-86,36
K <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (s)	-493,7	-117,94
KO <sub>2</sub> (s)	-282,8	-67,56
KOH (s)	-425,9	-101,74
KNO <sub>3</sub> (s)	-492,9	-117,75
KClO <sub>4</sub> (s)	-433,5	-103,56
Rb (s)	0	0,00
<b>Compuestos orgánicos</b>		
Metano (g)	-74,9	-17,89
Etano (g)	-84,5	-20,19
Propano (g)	-104	-24,84
Butano (g)	-127,2	-30,39
Pentano (g)	-146,4	-34,97
Pentano (l)	-173,2	-41,38
Hexano (g)	-167,2	-39,94
Hexano (l)	-198,8	-47,49

<b>Entalpías de formación estándar (1 atm, 298 K)</b>		
<b>Sustancia</b>	$\Delta_f^\circ$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$\Delta_f^\circ$ [kcal mol <sup>-1</sup> ]
2-Metilpropano (g)	-135,6	-32,39
2-Metilbutano (g)	-154,4	-36,88
2-Metilbutano (l)	-179,9	-42,98
2,2-Dimetilpropano (g)	-166	-39,66
Ciclopropano (g)	53,1	12,69
Ciclobutano (g)	27	6,45
Ciclopentano (g)	-77,4	-18,49
Ciclopentano (l)	-105,9	-25,30
Ciclohexano (g)	-123	-29,38
Ciclohexano (l)	-156,2	-37,31
cis-1,2-Dimetilciclohexano (l)	-211,9	-50,62
trans-1,2-Dimetilciclohexano (l)	-218,4	-52,17
Propeno (g)	20,4	4,87
1,3-Butadieno (g)	110,2	26,33
1-Buteno (g)	-0,1	-0,02
Z-2-Buteno (g)	-7	-1,67
E-2-Buteno (g)	-11,2	-2,68
2-Metilpropeno (g)	-16,9	-4,04
2-Metil-1-buteno (g)	-36,3	-8,67
2-Metil-2-buteno (g)	-42,6	-10,18
3-Metil-1-buteno (g)	-29	-6,93
Ciclohexeno (l)	-38,8	-9,27
Ciclohexeno (g)	-5,4	-1,29
1-Metilciclopenteno (g)	-5,4	-1,29

<b>Entalpías de formación estándar (1 atm, 298 K)</b>		
<b>Sustancia</b>	$\Delta_f^\circ$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$\Delta_f^\circ$ [kcal mol <sup>-1</sup> ]
3-Metilciclopenteno (g)	8,7	2,08
4-Metilciclopenteno (g)	14,8	3,54
Eteno (g)	52,3	12,49
Etino (g)	226,7	54,16
Propino (g)	185,4	44,29
1-Butino (g)	165,2	39,46
2-Butino (g)	146,3	34,95
Benceno (g)	82,8	19,78
Benceno (l)	49	11,71
Estireno (l)	103,8	24,80
Tolueno (g)	50	11,94
Tolueno (l)	12	2,87
Etilbenceno (l)	-12,5	-2,99
m-Xileno (l)	-25,4	-6,07
o-Xileno (l)	-24,4	-5,83
p-Xileno (l)	-24,4	-5,83
n- Propilbenceno (l)	-38,4	-9,17
Isopropilbenceno [Cumeno] (l)	-41,2	-9,84
Nitrobenceno (l)	15,9	3,80

<b>Entalpías de combustión estándar (1 atm, 298 K)</b>		
<b>Sustancia</b>	$\Delta_f^\circ$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$\Delta_f^\circ$ [kcal mol <sup>-1</sup> ]
Hidrógeno	286	68,32
Carbono	394	94,12
Monóxido de carbono	283	67,61
Metano	890	212,61
Etano	1.560	372,67
Eteno	1.411	337,08
Etino	1.300	310,56
Propano	2.221	530,58
Propeno	2.059	491,88
Butano	2.879	687,77
Hexano	4.164	994,74
Ciclohexano	3.921	936,69
Benceno	3.268	780,70
Octano	5.472	1.307,21
1,4-Dimetilbenceno	4.554	1.087,91
Dodecano	8.088	1.932,15
Eicosano	13.320	3.182,04
Etanol	1.367	326,56
Etanal	1.167	278,79
Ácido etanóico	875	209,03
Propanona	1.791	427,85
Fenol	3.054	729,57

Intersección de la recta $q$ con la curva de equilibrio	
$x_e = \frac{1}{q} \left( \sqrt{G^2 + \frac{q x_A}{\alpha - 1}} - G \right)$	$G = \frac{1}{2} \left[ \frac{\alpha}{\alpha - 1} - (q + x_A) \right]$
$y_e = \frac{1}{q - 1} \left( \sqrt{G^2 + \frac{q x_A}{\alpha - 1}} - G - x_A \right)$	

Relación de reflujo mínima (Underwood, 1932)
$\left( \frac{L}{d} \right)_{mín.} = \frac{1}{\alpha - 1} \left[ \frac{x_D}{x_e} - \alpha \frac{1 - x_D}{1 - x_e} \right]$
Número mínimo de pisos teóricos (Fenske, 1932)
$NMPT = \frac{\log \left[ \frac{x_D (1 - x_R)}{x_R (1 - x_D)} \right]}{\log \alpha} - 1$

<b>Número de pisos teóricos (Esplugas, Ortego y Mans, 1981)</b>	
Ecuación general	
$NPT = \frac{\ln \left[ \frac{y_1 + A - E_2}{y_1 + A - E_1} \cdot \frac{y_2 + A - E_1}{y_2 + A - E_2} \right]}{\ln \frac{E_1}{E_2}}$	$E_1 = \frac{A - B}{2} + \sqrt{\left( \frac{A + B}{2} \right)^2 - C}$
	$E_2 = \frac{A - B}{2} - \sqrt{\left( \frac{A + B}{2} \right)^2 - C}$
Para la sección de enriquecimiento ( $NPT_e$ )	Para la sección de agotamiento ( $NPT_a$ )
$A = \frac{\frac{L}{D} - (\alpha - 1) x_D}{(\alpha - 1) \left( \frac{L}{D} + 1 \right)}$	$A = \frac{\frac{L}{D} d + q + (\alpha - 1) (1 - d) x_R}{(\alpha - 1) \left[ \left( \frac{L}{D} + 1 \right) d + (q - 1) \right]}$
$B = - \frac{\alpha}{\alpha - 1}$	$B = - \frac{\alpha}{\alpha - 1}$
$A = \frac{\alpha x_D}{(\alpha - 1) \left( \frac{L}{D} + 1 \right)}$	$A = \frac{\alpha (1 - d) x_R}{(\alpha - 1) \left[ \left( \frac{L}{D} + 1 \right) d + (q - 1) \right]}$
$y_1 = x_D$ $y_2 = y_e$	$y_1 = y_e$ $y_2 = x_R$
	$d = \frac{x_A - x_R}{x_D - x_R}$
<b><math>NPT = NPT_e + NPT_a</math></b>	

*Image Not  
Available*

<b>Evaporación: Ecuaciones auxiliares</b>	
Ecuación de <b>Antoine</b>	$\log p^{\circ} [mm\ Hg] = A - \frac{B}{C + T [^{\circ}C]}$
	$A = 8,03723$ $B = 1.709,248$ $C = 231,5$
	$T [^{\circ}C] = \frac{B}{A - \log p^{\circ} [mm\ Hg]} - C$
Ecuación de <b>Regnault</b>	$\lambda_{agua} \left[ \frac{kcal}{kg} \right] = 606,5 - 0,695 T_b [^{\circ}C]$

<b>Sedimentación:</b> Ecuaciones de diseño	
Ecuación del <b>área</b>	$A = \frac{L_o C_o}{v} \left( \frac{1}{C} - \frac{1}{C_F} \right)$
Ecuación de la <b>altura</b>	$h = \frac{L_o C_o}{A} \left( \frac{t_R}{\rho_s} + \int_0^{t_R} \frac{1}{C} dt \right)$