

Balance de Masa

Clave de la asignatura: **C0104023**

Instructor:

Dra. Antonia del Rocío López Guemez

Julio 2025

Variables de proceso

Referencias

Felder, R. M., Rousseau, R. W. y Bullard, L. G. (2016). *Elementary principles of chemical processes*. (4th. Ed). USA: Wiley.
Himmelblau, D. M., y Riggs, J. B. (2012) *Basic principles and calculations in chemical engineering*. (7th Ed) USA: Prentice Hall.

Variable de proceso

Una variable de proceso es una condición o propiedad física o química del proceso que es de interés medir y de controlar para mantener la operación dentro de los rangos óptimos de producción.

Depende de la naturaleza de las sustancias participantes y/o del proceso involucrado.

Tipos de variables

Volumen Especifico: corresponde a volumen por unidad de masa de una sustancia.

Densidad: Corresponde a la masa por el volumen de una sustancia.

Presión: Es la fuerza ejercida de un fluido sobre una unidad de área.

Temperatura: Fuerza impulsora de la transferencia de calor.

Variable de proceso

- **Flujos:** Masa transportada por unidad de tiempo: másico, volumétrico, molar.
- **Nivel:** Medida indirecta de la cantidad de almacenaje.
- **Peso:** Equivalente de la fuerza que ejerce un cuerpo originada por la fuerza de gravedad.
- **Humedad:** Cantidad de agua, vapor o cualquier otro líquido presentes en un sistema.
- **Concentración:** Es la proporción o relación que hay entre las especies presentes en una mezcla.

La unidad mol

Un mol es un cierto número de moléculas, átomos, electrones u otro tipo de partículas. En el SI, un mol se compone de 6.02×10^{23} moléculas aunque, por conveniencia en los cálculos, podemos utilizar otras especificaciones no estándar como la libra mol (lb mol, compuesta por $6.02 \times 10^{23} \times 453.6$ moléculas), el *kg mol* (kilomol, kmol, compuesto por 1000 moles) y así sucesivamente.

Si queremos convertir el número de moles en masa, utilizamos el peso molecular, que es la masa de un mol:

$$\text{el g mol} = \frac{\text{masa en g}}{\text{peso molecular}}$$

toneladas mol, kilogramos mol

$$\text{la lb mol} = \frac{\text{masa en lb}}{\text{peso molecular}}$$

o bien

$$\text{masa en g} = (\text{peso molecular})(\text{g mol})$$

$$\text{masa en lb} = (\text{peso molecular})(\text{lb mol})$$

Los valores de los pesos moleculares (masas moleculares relativas) se derivan de las tablas de pesos atómicos, los cuales se basan en una escala arbitraria de las masas relativas de los elementos. El peso atómico de un elemento es la masa de un átomo basada en una escala que asigna una masa de exactamente 12 al isótopo de carbono ^{12}C , cuyo núcleo contiene 6 protones y 6 neutrones.

Los químicos e ingenieros de todo el mundo utilizan los términos “peso” atómico y “peso” molecular en lugar de los términos más exactos de “masa” atómica y “masa” molecular.

Densidad

La densidad es la razón de la masa por unidad de volumen, por ejemplo, kg/m³ o lb/ft³. Para determinar la densidad de una sustancia, es preciso conocer tanto su volumen como su masa.

La densidades de los líquidos y los sólidos no cambian significativamente con la presión en condiciones ordinarias, pero sí cambian con la temperatura.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

ρ = densidad kg/m³, lb/ft³

m=masa (kg, g, lb)

V= volumen (cm³, m³, ft³)

Peso específico relativo

Debe considerarse como el cociente de la densidad de la sustancia de interés, A, entre la densidad de una sustancia de referencia en condiciones específicas.

Información importante

$$\text{p.e.r.} = \text{peso específico relativo} = \frac{(\text{lb} / \text{ft}^3)_A}{(\text{lb} / \text{ft}^3)_{\text{ref}}} = \frac{(\text{g} / \text{cm}^3)_A}{(\text{g} / \text{cm}^3)_{\text{ref}}} = \frac{(\text{kg} / \text{m}^3)_A}{(\text{kg} / \text{m}^3)_{\text{ref}}}$$

- La sustancia de referencia en el caso de los líquidos y sólidos normalmente es el agua a 4°C.
- Así, el peso específico relativo es el cociente entre la densidad de la sustancia en cuestión y la densidad del agua.

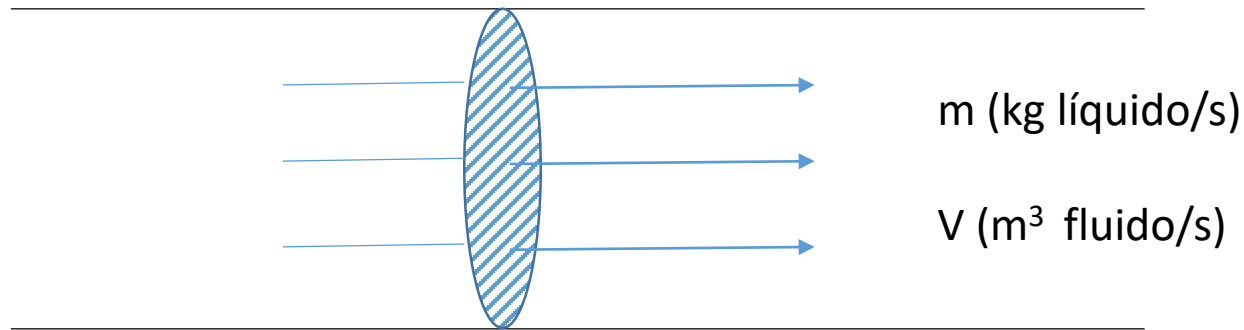
$$\begin{aligned} r_{\text{ref}}(H_2O, 4^\circ\text{C}) &= 1.000 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \\ r_{\text{ref}}(H_2O, 4^\circ\text{C}) &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ r_{\text{ref}}(H_2O, 4^\circ\text{C}) &= 62.43 \frac{\text{lb}_m}{\text{ft}^3} \end{aligned}$$

- El peso específico relativo de los gases con frecuencia se mide tomando como referencia el aire, pero puede referirse a otros gases.
- Para ser precisos al referirse al peso específico relativo, se debe indicar la temperatura a la que se mide cada densidad.

Volumen específico

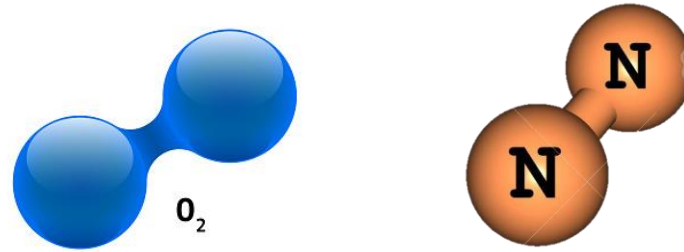
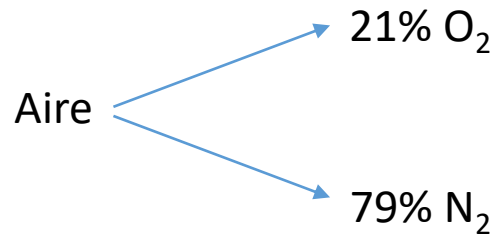
El **volumen específico** de un compuesto es el recíproco de la densidad, es decir, el volumen por unidad de masa o cantidad unitaria de material. Las unidades del volumen específico pueden ser ft^3/lb_m , $\text{ft}^3/\text{lb mol}$, cm^3/g , m^3/kg o relaciones similares.

$$r = \frac{m}{V}$$



Moles y Masa molar

La masa molar (también llamada peso molecular) de un compuesto es la suma de los pesos atómicos de los átomos que constituyen la molécula del compuesto.



$$PM_{aire} = 0.21 \left(PM_{O_2} \right) + 0.79 \left(PM_{N_2} \right)$$

$$PM_{aire} = 0.21 \left(32 \frac{g}{mol} \right) + 0.79 \left(28 \frac{g}{mol} \right) = 28.96 \frac{g}{mol}$$

Fracción molar y fracción en masa(peso)

De manera similar, la fracción en masa (peso) no es más que la masa (el peso) m de la sustancia dividida entre la masa (el peso) total de todas las sustancias presentes. Aunque lo que se pretende expresar es la fracción en masa, en ingeniería suele usarse el término fracción en peso.

Matemáticamente, estas ideas pueden expresarse como:

$$\text{fracción molar de } A = \frac{\text{moles de } A}{\text{moles totales}}$$

$$\text{fracción en masa (peso) de } A = \frac{\text{masa (peso) de } A}{\text{masa (peso) total}}$$

El porcentaje molar y el porcentaje en peso son las fracciones respectivas multiplicadas por 100

Partes por millón

Partes por millón es una unidad de medida con la que se mide la concentración. Determina un rango de tolerancia. Se refiere a la cantidad de unidades de una determinada sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

$$ppm = \frac{\text{masa soluto (mg)}}{\text{masa solución (kg)}}$$

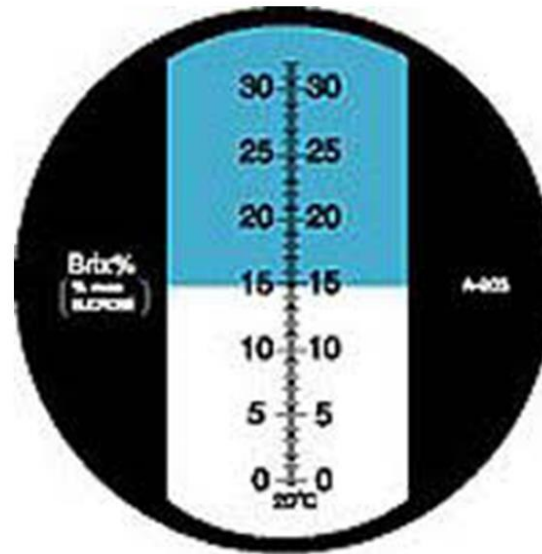
$$ppm = \frac{\text{masa soluto (mg)}}{\text{volumen solución (L)}}$$

$$ppm = \frac{\text{masa soluto (g)}}{\text{volumen solución (m}^3\text{)}}$$

Grados Brix

El **Brix** es una medida de la cantidad de sólidos disueltos que hay en un líquido, que se obtiene a través de la gravedad específica y se usa sobre todo para medir la azúcar disuelta. Un **grado Brix** es un gramo de sacarosa en 100 gramos de solución.

¿Qué significa
grados °Brix?



Grados Brix

Los **grados Brix** son una unidad de cantidad (símbolo °**Bx**) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido.

Una solución de 25 °Bx contiene 25 **g** de sólido disuelto por 100 **g** de disolución total.

1 grado Brix (°Bx) = 1 g de sacarosa / en 100 g de solución

DENSIDAD API

La densidad API, gravedad API, grados API (por sus siglas en inglés *American Petroleum Institute*) es una medida de densidad que, en comparación con el agua, precisa cuán pesado o liviano es el petróleo. Si son superiores a 10, es más liviano que el agua, y por lo tanto flotarían en está. La densidad API se usa también para comparar densidades de fracciones extraídas del petróleo.

La fórmula inferida y usada para determinar estas propiedades es la siguiente:

$$\text{Densidad API} = \left(\frac{141.5}{GE\ 60^{\circ}F} \right) - 131.5$$

$$\text{Densidad API} = \left(\frac{141.5}{g_0} \right) - 131.5$$

$$g_0 = \frac{r_o}{r_{H_2O}}$$

DENSIDAD API

Ligero

- Bajo contenido de metales pesados
- Bajo contenido de azufre
- Fluye fácilmente

Pesado

- Alto contenido de metales
- Alto contenido de azufre
- Alto contenido de carbón y poco hidrógeno
- Fluye difícilmente