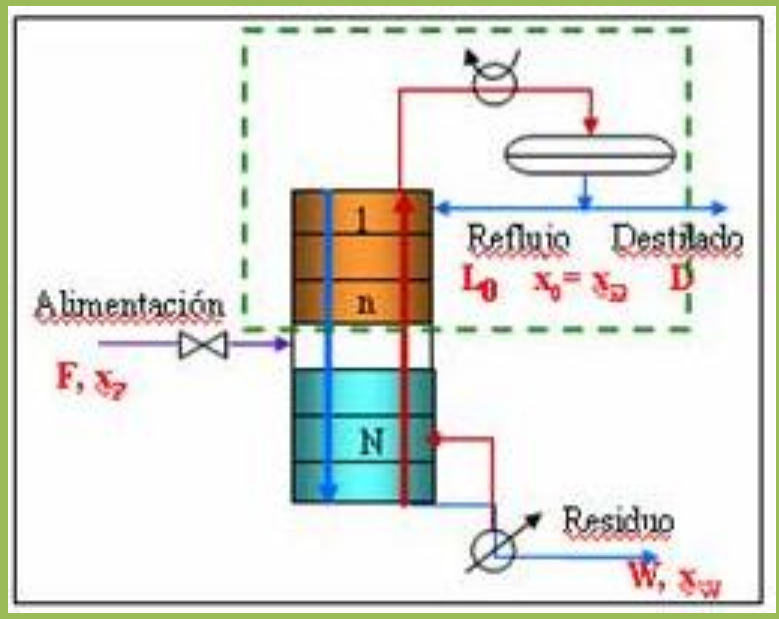
SENA. Centro Agropecuario "La Granja". Programa de Articulación con la Media.
Versión 1.0 Año: 2013.

BALANCE DE MATERIA



BALANCE DE MASA

INTRODUCCION

En la ingeniería de proceso, se aplican los principios procedentes de las ciencias físicas y químicas aunadas con los principios derivados de la economía y de las relaciones humanas en campos que permanecen a los procesos, gracias a los cuales se trata la materia, para efectuar sobre ella un cambio, ya sea en su estado, en su composición o en su contenido energético.

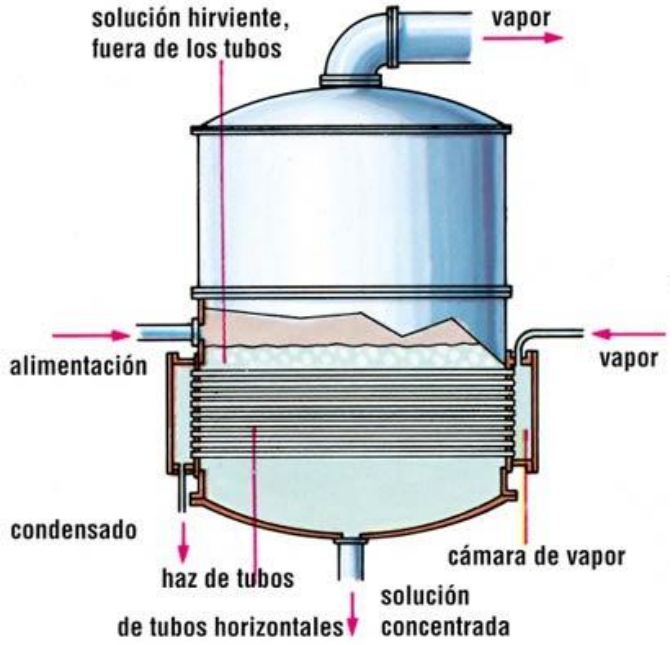
Entre los objetivos finales de esta unidad temática, debemos estar en la capacidad de aplicar la *LEY DE LA CONSERVACION DE LA MASA* en la resolución de los problemas de balance de masa comunes en las industrias, identificando el tipo de proceso que se presenta, clasificando los sistemas y estableciendo sus fronteras, esbozar el diagrama de flujo del proceso y seleccionar la base de cálculo adecuada para la resolución del problema.

2.1 DEFINICION Y TIPOS DE PROCESOS

LOS PROCESOS son una serie de acciones, operaciones o tratamientos que provocan un cambio físico o químico a un material o mezcla de materiales, para producir un resultado o producto.

Entonces, de acuerdo a estos términos que los procesos pueden ser:

- *Procesos físicos:* los cuales tienen como característica que los materiales no *sufren cambios químicos* (no hay reacciones químicas) pues solo requieren operaciones tales como: molienda, evaporación, separación, entre otras; haciendo cambios físicos en la materia como cambios de estado, concentración, presión y temperatura; también se les llama ***Operaciones Unitarias.***



Evaporador

- *Procesos químicos:* en los cuales si ocurren cambios químicos o reacciones químicas, en base a esto se define lo siguiente: ***procesos unitarios***, son aquellos que requieren de una o más operaciones con reacciones químicas, por ejemplo: combustión, polimerización, nitración, obtención de vinos, obtención de licores, obtención de alcoholes, etc.

CLASIFICACION DE LOS PROCESOS: los procesos químicos en general se clasifican en:

- ***Intermitentes (batch),*** la alimentación se introduce al sistema al principio del proceso, y todos los productos se extraen juntos tiempos después. No existe transferencia de masa en las fronteras del sistema entre el tiempo en que realiza la alimentación y el tiempo en que se extrae el producto.

- ***Continuos,*** las entradas y las salidas fluyen continuamente durante el proceso.

- ***Semicontinuos (semi-intermitente o semi batch),*** cualquier proceso que no es ni intermitente ni continuo.

Los procesos también se pueden clasificar según su régimen en: ***Permanente y no Permanente.***

- ***Proceso en régimen permanente o en estado estacionario,*** proceso en el cual las variables como temperatura, presión, velocidades de flujo, etc, no cambian con el tiempo, excepto posiblemente, por fluctuaciones pequeñas alrededor de valores promedios constantes.

- ***Proceso en régimen no permanente o en estado no estacionario,*** es aquel en el cual cualquiera de las variables del proceso cambia con el tiempo.

Por su naturaleza los procesos intermitentes y semi-intermitentes son operaciones en régimen no permanente, mientras que los procesos continuos pueden ser transitorios o en régimen permanente, en estos la *acumulación* es igual a cero.

$$entrada\ -salidas + produccion - consumo = 0$$

El *PROCESO INTERMITENTE* se utiliza comúnmente cuando se producen cantidades relativamente pequeñas de producto en una única ocasión, mientras que para velocidades de producción grandes es mejor utilizar *PROCESOS CONTINUOS*.

2.2 DEFINICION Y TIPOS DE SISTEMAS

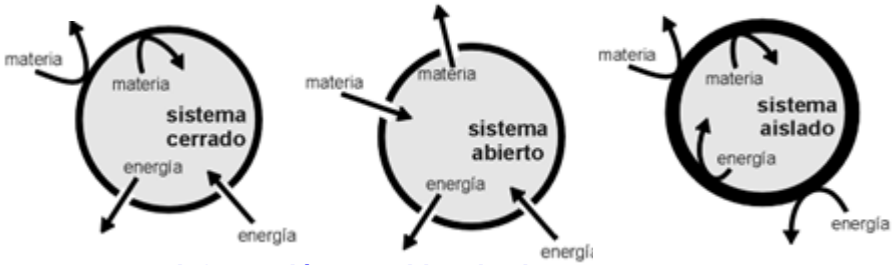
EL SISTEMA es cualquier porción arbitraria o la totalidad de un proceso establecida específicamente para su análisis o estudio. *Las fronteras del sistema* constituyen la delimitación alrededor del proceso a fin de delinear con exactitud el sistema para cada problema que intente resolver.

TIPOS DE SISTEMAS.
Dentro de los tipos de sistemas se encuentran:

- **Sistemas abiertos:** donde se transfiere material por la frontera del sistema, en los dos sentidos. ***Ejemplos,*** el motor de un auto (necesita gasolina), la tierra (necesita de la luz y calor del Sol), un vela quemando se. La mayoría de los sistemas son abiertos.

- **Sistemas cerrados:** donde no tiene lugar una transferencia durante el intervalo de tiempo de interés. En estos sistemas las entradas y las salidas son iguales a cero. ***Ejemplos***, una olla a presión que no permita el escape de gases, en el laboratorio un reactor.

- **Sistema aislado:** la energía no puede entrar ni salir, no cruza la frontera sistema ideal. E***jemplo***: más usual es el termo,



Para mayor información, ver video de sistemas termodinámicos.

2.3 DIAGRAMAS DE FLUJO.
Los diagramas de flujo son dibujos ampliamente utilizados en ingeniería química, que ayudan a entender cómo se lleva a cabo el flujo de materiales o energía en un proceso o en un equipo. La nomenclatura depende de la naturaleza del documento que se esté desarrollando y de la empresa ejecutora, pero en general a nivel industrial se emplea la nomenclatura ISA.

BALANCE DE MASA

Para elaborar los diagramas de flujo se usan símbolos, cuadros, etc., los cuales guardan cierto parecido con los equipos empleados y líneas rectas con puntos de flechas para indicar líneas de transferencia y la dirección de la misma.
Los diagramas de flujo deben etiquetarse de la siguiente manera:

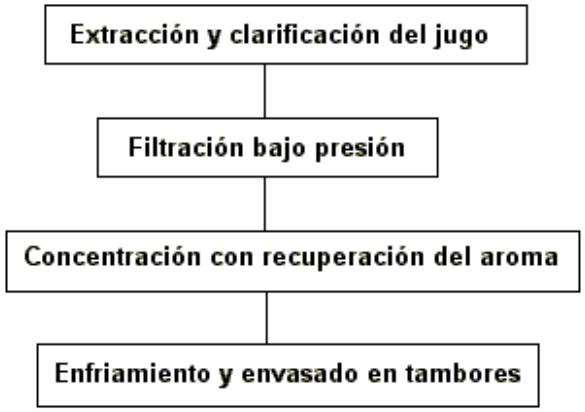
1. Escribir los valores y las unidades de todas las variables conocidas de los flujos sobre el diagrama o en una tabla resumen.

2. Indicar las incógnitas de los flujos y sus unidades.

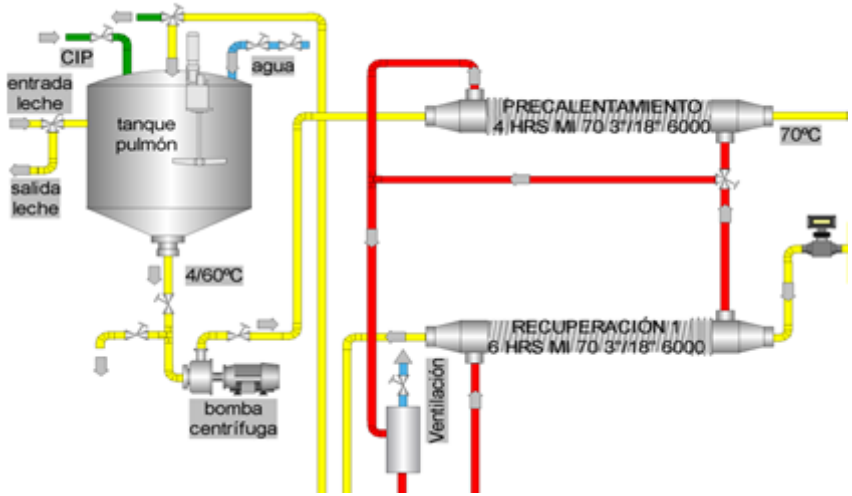
TIPOS DE DIAGRAMA DE FLUJO

Algunos de los diferentes tipos son: Diagrama de bloque o cajas, diagramas de flujo de procesos (DFP, con equipos), diagrama de tubería e instrumentación.

- ***Diagrama de bloque o cajas:*** en él se representa el proceso en sus diferentes partes, por medio de cajas o rectángulos que tienen entradas y salidas, sobre el rectángulo se suele poner la indicación de lo que representa y sobre las líneas que representan corrientes de entrada o salida se indica la naturaleza de estas corrientes (sustancia, flujo, temperatura, presión, concentración, etc).

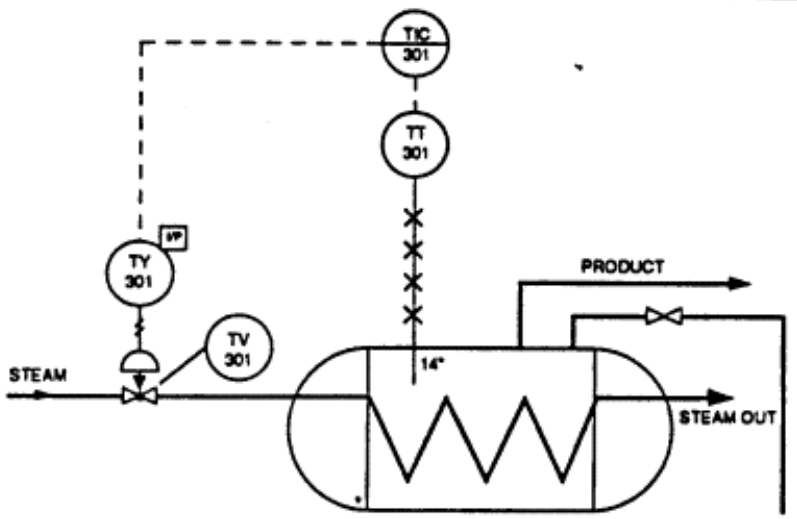


- ***Diagrama de Flujo de Procesos:*** se utiliza para concentrar una mayor proporción de la información; es más completo que el diagrama de bloques y normalmente involucra los balances de materia y energía, propiedades de los fluidos en las diferentes corrientes debidamente numeradas, condiciones de operación y propiedades termodinámicas.



Estos muestran las interrelaciones entre los equipos mayores por medio de líneas de unión. Para los equipos se emplean dibujos que representen los equipos del proceso. El diagrama de flujo de proceso también se puede considerar como un instrumento clave para definir, refinar y documentar un proceso químico.

- ***Diagramas de tubería e instrumentación:*** son útiles para determinar los requerimientos para el control y la instrumentación de la planta.



2.4 BASE DE CÁLCULO

LA BASE DE CALCULO es la referencia escogida para el cálculo de los balances en un proceso y la selección adecuada de dicha base permitirá la resolución del problema con mayor facilidad. Para escoger la base de cálculo se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Información disponible para iniciar.
2. ¿Que se desea obtener?
3. ¿Cuál es la base más conveniente?

La base de cálculo es útil en problemas donde **no** se han dado *cantidades iniciales* y la *respuesta* esperada es una razón o porcentaje. Es útil también en sistemas de flujo continuo. El balance de materiales en *sistemas continuos* se hace asumiendo como base de cálculo un tiempo determinado.

2.5 TIPOS DE ARREGLOS DE CORRIENTES EN LOS PROCESOS

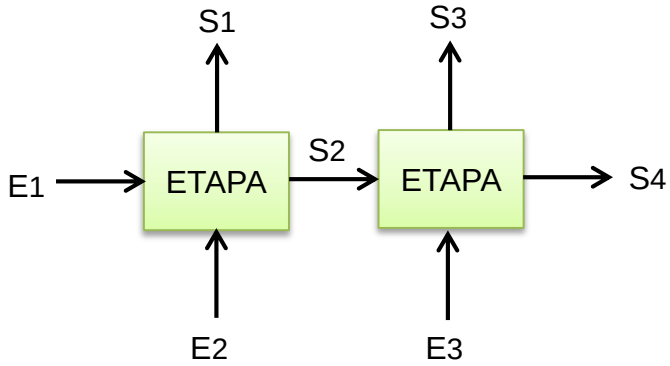
En los sistemas se pueden presentar diferentes arreglos de las corrientes involucradas en el proceso, los más importantes son presentadas a continuación:

- Configuraciones de entradas y salidas de flujo que se emplean en los procesos, los cuales pueden ser de tres formas básicas:

1. Flujos paralelos

2. Flujo a contracorriente.

3. Flujos cruzados



3.6 BALANCE DE MATERIA SIN REACCION QUIMICA

Ley de conservación de la materia

> *"La materia no se crea ni se destruye, solo sufre transformaciones"*

BALANCE DE MASA

Si no hay generación o consumo de materia dentro del sistema.

Acumulación = Entradas – Salidas

Si no existe acumulación o consumo de materia dentro del sistema, se dice que estamos en estado estacionario o uniforme.

Entradas = Salidas

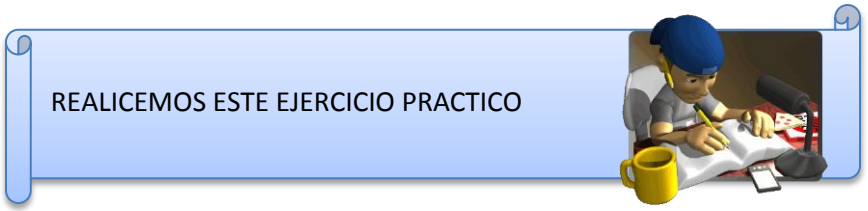
Si no existen flujos de entrada y salida, se reduce al concepto básico la conservación de la materia dentro de un sistema cerrado o aislado.

Para todo balance de materia debe definirse un sistema, se entiende por este a cualquier porción arbitraria o total de un proceso.

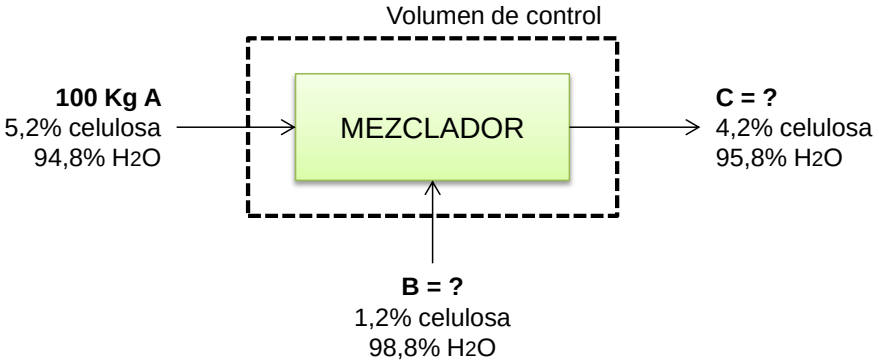
El método general para resolver balances de masa (BM) es simple:

1. Leer y entender el enunciado del problema, a fin de determinar qué información es suministrada explícitamente, indirecta o implícitamente y que variable(s) debe(n) ser calculada(s).
2. Dibujar el diagrama de flujo. En el diagrama, represente con letras o símbolos todas las corrientes o flujos, así como su composición.
3. Seleccionar la base de cálculo (de tiempo o masa), así como las unidades de trabajo que utilizara para las variables y parámetros del problema.
4. Analizar el número de incógnitas y de ecuaciones por unidad de proceso y/o en forma global.
5. Ordenar las ecuaciones de balance por número de incógnitas.
6. Resolver las ecuaciones planteadas, haciendo uso de todas las herramientas matemáticas conocidas.

Estimado aprendiz, se le recomienda no memorizar un procedimiento específico, pues cada problema es diferente y existe una infinidad de problemas distintos



Ejercicio: Una disolucion de celulosa contiene 5,2% de celulosa en H_2O. ¿Cuántos Kg de solucion al 1,2% se requieren para diluir 100 Kg de disolucion al 5,2% a 4,2%?



Realizamos el balance general o global:

- **Balance general:** masa que entra al proceso es igual a la masa que sale.

$$A + B = C \rightarrow 100Kg + B = C$$
$$100Kg = C - B \ \ (ecuacion\ 1)$$

- **Balance parcial**: Masa del componente que entra debe ser igual a la masa que sale del componente. En una corriente la masa del componente depende de su composicion.
  Celulosa:

$$A * Xa + B * Xb = C * Xc$$

$$100Kg(0{,}052) + B(0{,}012) = C(0{,}042) \ \ (Ecuacion\ 2)$$

Despejamos C de la ecuacion 1 y reemplazamos C en la ecuacion 2

$$100Kg(0{,}052) + B(0{,}012) = (100 + B) * (0{,}042)$$
$$5{,}2 + B(0{,}012) = 4{,}2 + 0{,}042B$$
$$5{,}2 - 4{,}2 = 0{,}042B - 0{,}012B$$
$$1 = 0{,}03B$$
$$\frac{1}{0{,}03} = B$$
$$B = 33{,}33Kg$$
$$C = 100 + 33{,}33 = 133{,}33Kg$$

Entonces: Se requieren 33,33 Kg de solucion al 1,2% para diluir 100 Kg de disolucion del 5,2% al 4,2%.

AUTOEVALUACION

Desarrolle los siguientes enunciados teniendo en cuenta la aplicación de %, reglas de tres y conversiones básicas.

1. En un proceso agroindustrial se elaboran 24 frascos de mermelada cada 2 horas, si un día de trabajo es de 8 horas. ¿cuantos días se requieren para elaborar 120 docenas de frascos?

   a. 15 b. 18 c. 96 d. 1440

2. Se tienen 10000 gramos de una mezcla, de la cual 2200 gr es azúcar, 5800 gr son agua, 100 gr son ácido cítrico, 250 gr son de ácido ascórbico y 160 gr son de saborizante. ¿calcular el % de cada uno de los componentes?

3. Se desea preparar una solución de cloro para la desinfección de la planta de proceso, si se mezclan 10 litros de agua con una 5 litros de mezcla de cloro que tiene (15% de cloro puro y el resto agua). ¿calcular el % de cloro en la solución final?

Ejercicios de balance de materia

1. Las fresas contienen alrededor de 15% de sólidos y 85% de agua. Para preparar mermelada de fresa, se mezclan las fresas trituradas con 280 gramos de azúcar, y la mezcla se calienta para evaporar el agua hasta que el residuo contiene una tercera parte de agua en masa. Dibuje y etiquete el diagrama de flujo de este proceso y utilícelo para calcular cuántos gramos de fresa se necesitan para producir 500 gramos de mermelada.

2. Una pulpa de papel tiene 71% de agua. Después de un proceso de secado se determina que se había eliminado el 60% del agua original. Calcular la composición de la pulpa seca y el peso del agua eliminada por Kg de pulpa húmeda.
   Base de cálculo: 1 Kg de pulpa húmeda.

3. En una operación de secado de pieles, se determinó que un lote de piel previamente pasado por el secador pesaba 900 lb y que contenía 7% de su peso en humedad. Se sabe que durante el secado la piel lavada perdió 59,1% de su peso inicial cuando se encontraba húmeda. Determinar:

a) El peso de la piel totalmente seca o exenta de humedad, en la carga de alimentación inicial
b) Las libras de agua eliminadas durante el proceso de secado por libra de piel totalmente seca
c) El porcentaje de agua eliminada respecto de la cantidad de agua presente inicialmente en el lote de piel.

PARA EL DOCENTE

Respuesta ejercicios balance de materia

1. Se necesitan 333 gramos de fresa para producir 500 gramos de mermelada.

2. La composicion de la pulpa seca es 0,505 de solidos y 0,495 de H_2O. El peso de H_2O eliminada por Kg de pulpa humeda es de 0,426 Kg

3. a) 837 Lb de piel seca en la carga de alimentacion

   b) $\frac{1300{,}5\ lb\ agua\ extraida}{837\ lb\ piel\ totalmente\ seca} = 1{,}55$

   c) $\frac{1300{,}5\ lb\ agua\ extraida}{1364\ lb\ agua\ en\ la\ carga} = 0{,}953 * 100 = 95{,}3\%$

BIBLIOGRAFIA

- Proceso de transporte y operaciones 3ra edición autor C.J. Geankopolis
- ·Problemas de Ingeniería Química. Tomo I. Editorial Aguilar
- http://www.hrs-spiratube.es/es/aplicaciones/alimentacion/productos_lacteos.aspx