

1 Mezclado

El mezclado puede definirse como la operación en que dos o más componentes se intercalan en el espacio uno con el otro (o los otros), el objetivo es alcanzar la distribución más uniforme posible por medio de un movimiento de flujo. Este flujo normalmente es generado por medios mecánicos. La eficiencia del mezclado depende de la utilización efectiva de la energía usada para generar el flujo de los componentes. Esto en gran parte estará determinado por el diseño del equipo mezclador.

En el mezclado se pueden distinguir tres tipos de mecanismos de mezcla:

- **Mezclado por difusión:** las partículas ruedan por una superficie inclinada. (horizontalmente se produce segregación)
- **Mezclado por esfuerzos de corte:** ocurre cuando se generan zonas de deslizamiento (quiebre) en una mezcla de polvos.
- **Mezclado por convección:** se producen trayectos especiales (modelos) de circulación en una masa de polvos.

En mezclado existe la segregación, la separación de las partículas dentro de la mezcla. Las partículas que no se segregan (se separan), experimentan los tres tipos de mezclado, pero es difícil que no se produzca segregación con el tipo de difusión y esfuerzos de corte; si existen partículas de diferente tamaño. En el mezclado por convección se producen movimientos de grandes masas de polvos y es más difícil la segregación.

2 Selección de mezcladores

Si los materiales se segregan es recomendable ajustar el tamaño de partículas, acercando el total de elemento por mezclar a un tamaño medio similar.

A veces es conveniente o se da el caso de una operación de molienda previa. Entonces conviene moler juntos los materiales disímiles para igualar el tamaño de partícula. Si esto no es posible hay que utilizar un mezclador con triturador de terrones, y si este es difícil de conseguir, usar mezcladores de cinta o de aspas golpeantes.

Lo menos indicados para materiales que se segregan, son los mezcladores de volteo como los de doble cono, cónicos y tambores inclinados.

2.1 Especificaciones para determinar la calidad final del mezclado

- Escala de escrutinio: tamaño mínimo de muestra que debe cumplir la calidad final de mezclado pre-establecida; otra definición: la mínima cantidad en que la mezcla debe estar completa o cumplir con las especificaciones solicitadas.
- Desviación aceptable de la composición media
- Frecuencia que puede tolerarse para que el producto final salga de la especificación mínima

Un mayor número de partículas de una mezcla, implica un menor tamaño de partículas y se reduce la magnitud de la segregación.

Ejemplos de segregación: en tolvas de almacenamiento, en camiones de transporte, en descarga de una cinta transportadora, en almacenamiento a granel, en mezcladores con superficies planas y sin elementos dispersadores.

El control de la calidad de mezclado (método práctico) se realiza por medio de *trazadores* que son componentes de la mezcla que se encuentran en muy pequeña cantidad y son relativamente fáciles de medir, se analizan diferentes puntos del mezclado para asegurar la uniformidad de este.

2.2 Cuidados que se deben tener en el proceso de mezcla

En mezcla de líquidos se debe cuidar:

- Adecuada transferencia térmica
- Uniformidad de concentración y temperatura
- Distribución de las partículas dentro de patrones pre-establecidos

Se debe evitar:

- Acumulación de material en la superficie
- Depósito de sólidos en el fondo del estanque
- Adherencia de material a las paredes
- Formación de puntos fríos o calientes en la superficie de transferencia térmica

Recordar:

- Al aumentar la velocidad del mezclador al doble, la potencia aumenta al cuadrado y al aumentar el diámetro de las paletas del impulsor al doble, la potencia sube al cubo.

Es importante destacar que a medida que el tamaño de las partículas disminuye, se puede esperar una mejor calidad de mezcla. Existen además las fuerzas interpartículas que son debidas a:

- **Cargas electrostáticas:** dependen de la naturaleza de las partículas y de su conductividad eléctrica.
- **Fuerzas de Van der Waals:** son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre las superficies de dos partículas. Son varios órdenes de magnitud superiores a las electrostáticas.
- **Fuerzas debidas a la humedad:** se produce una capa de vapor adsorbido sobre la superficie que forma puentes líquidos con humedades superiores a 70-80%. Estas fuerzas son 50 veces más elevadas que las de Van der Waals.

Para casos de mezclamientos de partículas muy grandes (100 micrones) y muy grandes (1 micrón, por ejemplo en dispersiones de pigmentos en un polímero) no hay problemas de segregación pues las partículas pequeñas se adhieren fuertemente a las grandes. En este caso es importante romper todos los aglomerados previamente.

Importancia de conocer los principios del mezclado para especificar correctamente el tipo de mezclador.

Cuando un mezclado no responde a las especificaciones, con toda seguridad se debe a que el mezclador fue mal seleccionado.

3 Tipos de mezcladores

3.1 Para líquidos

1. De hélice: tres componentes (con baffles y sin éstos)

- Flujo radial: actuando en dirección perpendicular al eje
- Flujo longitudinal: actuando paralelo al eje
- Flujo rotacional: actuando tangencialmente al círculo de rotación del eje.

Ocupan aproximadamente el 20% del diámetro del estanque, trabajan a velocidades de entre 500 y 3000 rpm. Mezclan líquidos livianos y disoluciones de cristales; los baffles eliminan casi totalmente el flujo rotacional.

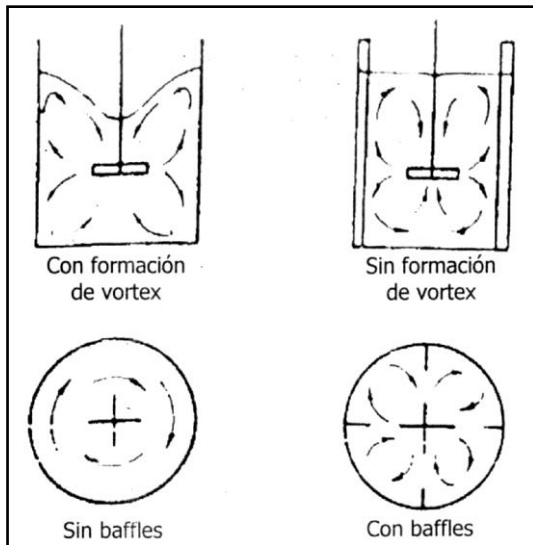


Figura 1: flujos con y sin baffles

- De paletas: tienen un fuerte componente radial y rotacional, usan baffles, giran entre 50 y 200 rpm y ocupan casi el 100% del diámetro del estanque, mezclan líquidos viscosos.

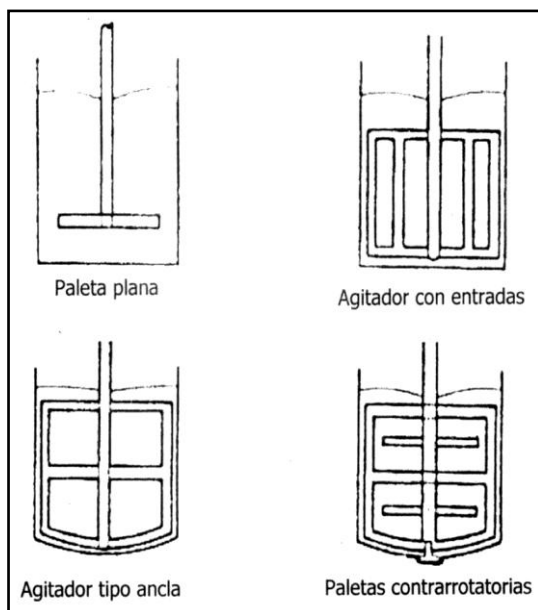


Figura 2: distintos tipos de paletas en mezcladores de líquidos

- De turbina: consisten en un disco con seis o más hojas montadas en el mismo disco y fijadas a un eje rotatorio, trabajan con velocidades de entre 50 y 500 rpm (para homogeneizadores hasta 10000 rpm), sirven para mezclar líquidos de viscosidad media.

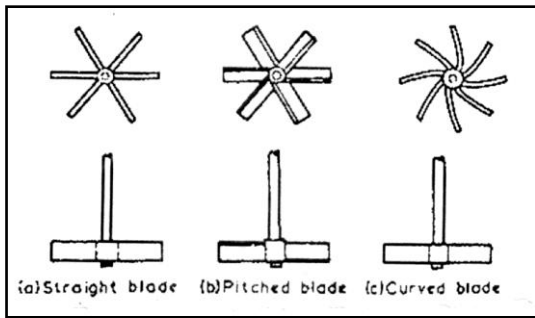


Figura 3: tipos de turbinas

3.2 Para pastas y sólidos plásticos

El principio general es que resultado de esta mezcla depende del contacto efectivo entre los materiales por mezclar y los elementos de mezcla, algunos equipos son las bateas de amasado, batidoras planetarias y amasadores en Z, de esta manera los materiales deben llevarse a los elementos de la mezcla o estos deben girar hasta *envolver* el material.

Mientras mayor sea la consistencia de la mezcla mayor debe ser el diámetro del impulsor, estos equipos son:

- Bateas de amasado(panificadoras)
- Bateas rotatorias
- Mezcladores planetarios
- Amasadores en Z
- Amasadores continuos
- Mezcladores estáticos

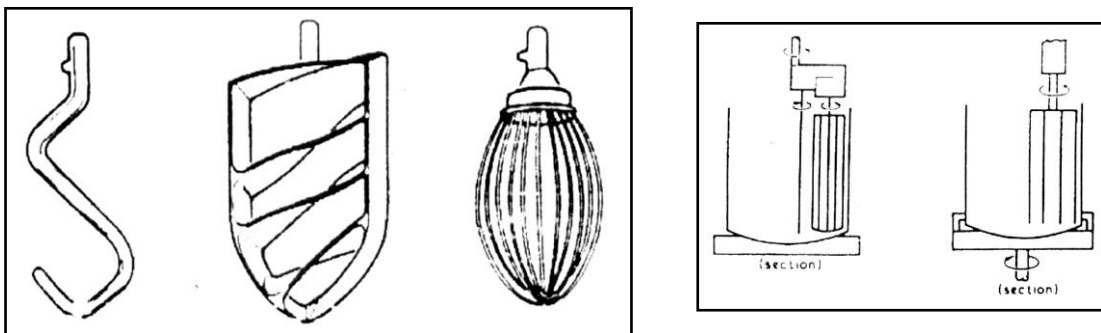


Figura 4: izquierda: bateas de amasado; derecha: tipos de movimiento en mezcladores para pastas

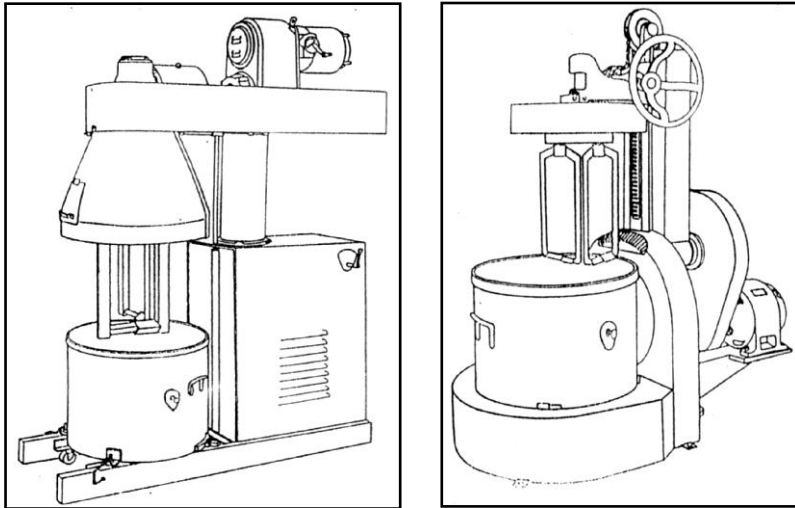


Figura 5: mezcladores-amasadores

3.3 Para sólidos (povos)

En general aquí se dan los tres tipos de mecanismos de mezclamiento: convección, difusión y corte o cizalla.

Al mezclar povos (sólidos) la probabilidad de alcanzar un ordenamiento total es virtualmente cero. Existen mezcladores de:

- **De volteo:** cilindro horizontal, doble cono, cono oblicuo, pantalón y cono en V
- **Horizontales:** De cinta, de doble cinta, de paleta, de barras, de paletas especiales, de cinta con rompedor de terrones, etc.
- **Verticales:** de gusano central, de gusano oblicuo (orbital)

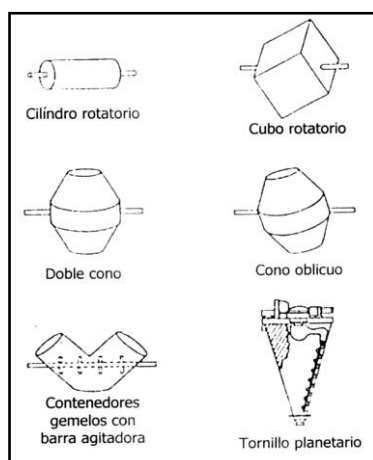


Figura 6: mezcladores para sólidos

3.4 Emulsificación

Es un caso especial de mezclado, se define como la operación en la que dos líquidos normalmente inmiscibles se mezclan íntimamente.

Un líquido (la fase discontinua, dispersa o fase interna) queda dispersa en forma de pequeñas gotas o glóbulos en la otra (fase continua, dispersadora o fase externa)

Emulsiones:

- O/W: oil in water
- W/O: water in oil

Depende de:

- Agente emulsionante
- Proporción de fases
- Método de preparación

Agentes emulsionantes

- Reducen la tensión interfases
- Protegen la emulsión formada, evitando coalescencia de la fase interna

Los emulsionantes son compuestos que contienen grupos polares (hidrofílicos) que se orientan hacia la fase acuosa, y grupos no-polares (liofílicos) que se orientan hacia la fase grasa.

De este modo se forma una película de emulsionante en la interfase actuando como protector de la coalescencia de la fase interna.

En general la fase en que el agente emulsionante es más soluble se convierte en la fase externa, si el emulsionante es demasiado soluble en una de las fases, entonces no actúa como tal.

Métodos para emulsionar

Se debe aplicar trabajo (energía) sobre el sistema para vencer la resistencia a la creación de la nueva fase, el trabajo se hace por medio de fuerte agitación, debe someterse la fase interna a un considerable esfuerzo de corte para transformar las gotas en gotitas en cada vez más pequeñas.

Condiciones de mantención de una emulsión

- Ruptura de las gotas

- Formación de una película protectora de agente emulsionante adsorbido sobre la superficie de las gotitas recién formadas.
- La velocidad de recubrimiento debe ser mayor que la velocidad de agrupación de las gotitas (coalescencia)

Descripción de una operación de emulsionado u homogeneización

La emulsión se logra en virtud del paso a gran velocidad por una pequeña abertura a válvula regulable a través de la que la mezcla es impulsada a alta presión (entre 100 y 700 bar)

La brecha normalmente tiene una dimensión de 25 a 40 micrones; la velocidad puede alcanzar a 300 m/s; para este efecto se usa molinos coloidales.

Molinos coloidales

Son los mismos equipos utilizados para molienda húmeda (o en suspensión) que en este caso actúan como formadores de emulsión, constan de dos superficies (generalmente cónicas), una estacionaria (estator) y una giratoria (rotor) separadas por una pequeña brecha ajustable entre 50 y 150 micrones (hasta 25 micrones), su velocidad varía entre 3000 y 10000 rpm. (*Véase molinos coloidales, Pág. 24*)

Homogeneización en dos etapas

Es necesaria cuando hay una mala distribución del emulsionante o el producto contienen mucha proteína, la que actúa como emulsionante. Se forman grumos que son dispersados con una segunda homogeneización a menor presión.