Ingeniería de Minas

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Modelos de Mezclamiento

Magín Torres

MI42C - Análisis de Sistemas Particulados

Modelos de Mezclamiento y DTR

- **Permiten caracterizar la distribución de tiempos de residencia (DTR) en un reactor.**

✓ Flujo Pistón (Plug – Flow)

✓ Mezcla Perfecta (Perfect Mixing)

✓ Flujo Real (Intermediate Mixing)

El tiempo medio de residencia en un reactor τ, se define como

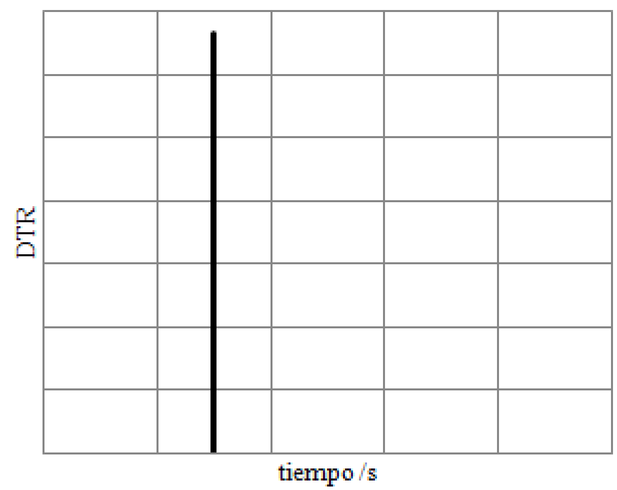
$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{H}{G_S}$$

El término *H (Holdup)*, corresponde a las toneladas de mineral dentro del reactor

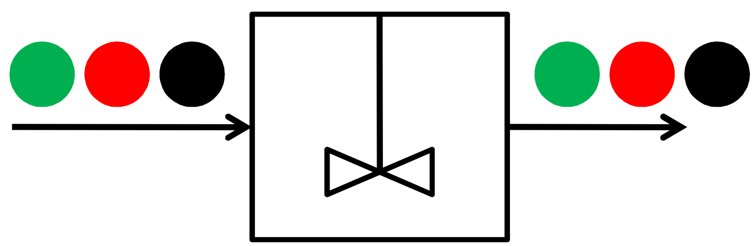
Modelos de Mezclamiento y DTR

- **Flujo Pistón**

Ausencia de mezcla dentro del reactor, las partículas salen según el orden de entrada



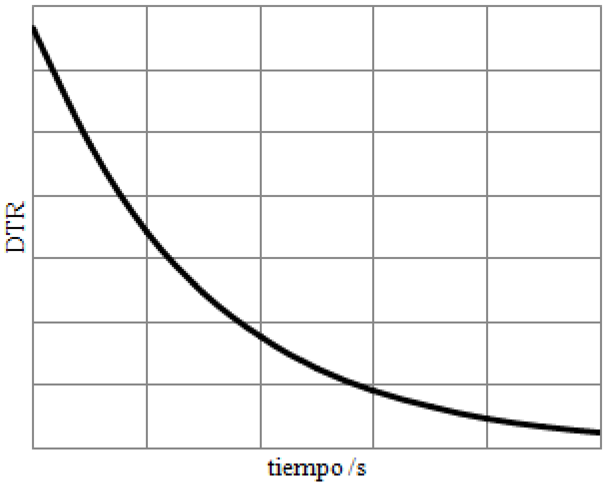
$$E(t) = \delta(\tau)$$



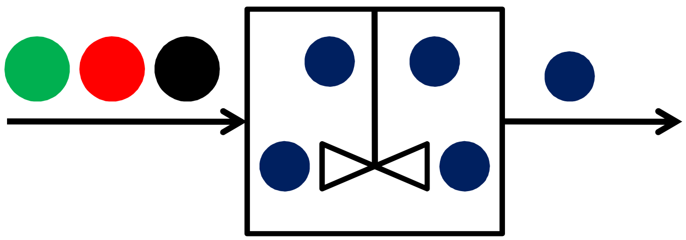
Modelos de Mezclamiento y DTR

- **Mezclamiento Perfecto**

La distribución de partículas es homogénea en el interior del reactor y en la salida



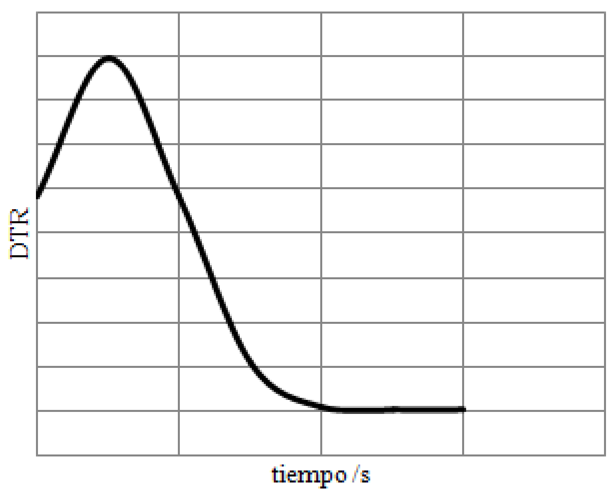
$$E(t) = \frac{1}{\tau} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

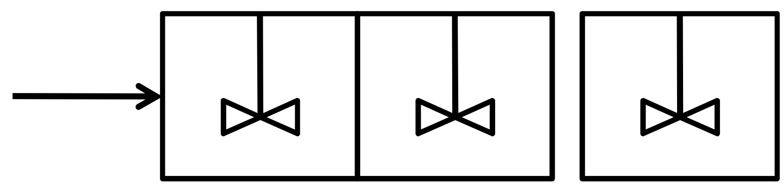


Modelos de Mezclamiento y DTR

- **Mezclamiento Real**

N Mezcladores en Serie, situación intermedia entre flujo pistón y mezclamiento perfecto





$$E(t) = \frac{N^N \left(\frac{t}{\tau}\right)^{N-1} \exp\left(-N\frac{t}{\tau}\right)}{\tau\,\Gamma(N)}$$

Modelos de Mezclamiento y DTR

- ✓ La DTR puede obtenerse experimentalmente añadiendo *trazadores* a la entrada del reactor en tiempo cero. Posteriormente se mide la concentración de estos trazadores a la salida del reactor y se grafica versus el tiempo. Con los datos experimentales, se puede realizar un ajuste de parámetros a los modelos presentados anteriormente.
- ✓ **Ejemplos de Trazadores**

- Mineral irradiado
- Sales inorgánicas (entregan DTR del agua dentro del reactor)
- Sólidos distintos al mineral del reactor y fácilmente identificables

Modelos de Mezclamiento y DTR

- ✓ Para cualquier distribución, se cumple que:

$$\int_0^{\infty} E(t)\,dt = 1$$

- ✓ Principio del flujo segregado: Si existe un modelo batch de una propiedad de un sistema $\phi(t)$ y además todas las partículas se mueven con la misma DTR, no existe clasificación posterior al reactor y la cinética es de primer orden, entonces:

$$\phi_i^{steady-state} = \int_0^{\infty} E(t)\ \phi_i^{batch}(t)\,dt$$

Ejercicio

- **Deducir la expresión para DTR en mezclamiento perfecto, si se considera la adición de un trazador de concentración inicial C_0.**

Inicialmente

$$C_0 = \frac{m_0}{V}$$

Balance en estado estacionario

Acumulación = Entradas - Salidas

$$\frac{d}{dt} C(t) V = 0 - C(t) Q$$

Ejercicio

Puesto que el trazador no se introduce en el reactor constantemente, la cantidad inicial del mismo es cero.

$$\frac{dC(t)}{C(t)} = -\frac{Q}{V}dt \qquad \text{Pero} \quad \tau = \frac{V}{Q} \rightarrow \frac{dC(t)}{C(t)} = -\frac{1}{\tau}dt$$

Resolviendo la ecuación diferencial y aplicando condiciones iniciales

$$\ln\left(\frac{C(t)}{C_0}\right) = -\frac{t}{\tau} \qquad C(t) = C_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Ejercicio

La masa de trazador a la salida es

$$m(t) = C(t)Q$$

Por lo tanto

$$\frac{m(t)}{Q} = \frac{m_0}{V}\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \rightarrow \frac{m(t)}{m_0} = \frac{1}{\tau}\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

$$E(t) = \frac{m(t)}{m_0} \qquad E(t) = \frac{1}{\tau}\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Tarea

- **Demostrar que la esperanza de la DTR en mezclamiento perfecto es igual al tiempo medio de residencia.**

Fecha de Entrega: Hasta Lunes 23 de Junio 2008