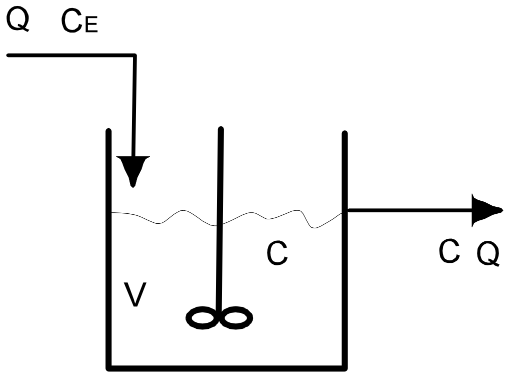
Balance de materia en régimen no estacionario

Objetivos:

- Determinar la variación de la concentración de un soluto con el tiempo en un tanque de volumen constante al aplicar una corriente de agua
- Comprobar el cumplimiento de la ecuación resultante del tratamiento teórico del problema

Esquema:

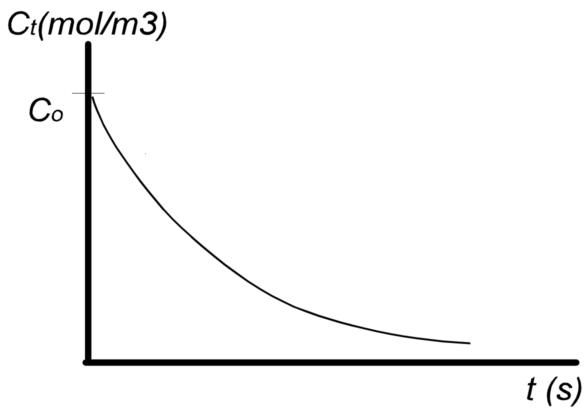


Balance de Materia	
Entrada + *Generación* = *Salida* + *Acumulación*	
Entrada $\left[\frac{mol}{s}\right]$	$Q\left[\frac{m^3}{s}\right]\cdot C_E\left[\frac{mol}{m^3}\right]$
Generación $\left[\frac{mol}{s}\right]$	No hay reacción química
Salida $\left[\frac{mol}{s}\right]$	$Q\left[\frac{m^3}{s}\right]\cdot C\left[\frac{mol}{m^3}\right]$
Acumulación $\left[\frac{mol}{s}\right]$	$V\,[m^3]\cdot\frac{dC}{dt}\left[\frac{\frac{mol}{m^3}}{s}\right]$
Ecuación del balance	$Q\,C_E = Q\,C + V\frac{dC}{dt}$
Entrada agua pura (**C_E = 0**)	$Q\,C = -V\frac{dC}{dt}$
Separación de términos	$dt = -\frac{V}{Q}\frac{dC}{C}$

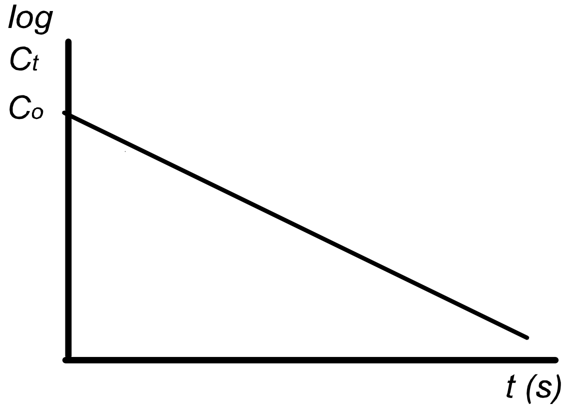
Integración de la ecuación diferencial	
Límites de integración	$t = 0 \quad C = C_o$ $t = t \quad C = C_t$
Ecuación integrada	$t = -\dfrac{V}{Q} \ln \dfrac{C_t}{C_o}$
Concentración como variable dependiente	$C_t = C_o\, e^{-\frac{Q}{V} t}$

Caudal de entrada, **fijado**	$Q \left(\dfrac{ml}{s}\right)$
Volumen del tanque, **fijado**	$V\,(ml)$
Concentración inicial, **fijada**	$C_o \left(\dfrac{mol}{l}\right)$
Variación de la concentración: **medidas en función del tiempo**	t (min) $C_t \left(\dfrac{mol}{l}\right)$

Variación de la concentración con el tiempo:



Comprobación de la ecuación	
Linealización	$\ln C_t = \ln C_o - \left(\frac{Q}{V}\right) t$
Preparación para papel semilogarítmico	$\log C_t = \log C_o - \frac{1}{2{,}303}\left(\frac{Q}{V}\right) t$
Pendiente	$-\frac{\Delta C}{\Delta t} = -\frac{1}{2{,}303}\left(\frac{Q}{V}\right)$
Comparar Q/V obtenida con la real	$\left(\frac{Q}{V}\right)_{teórica} - \left(\frac{Q}{V}\right)_{real}$



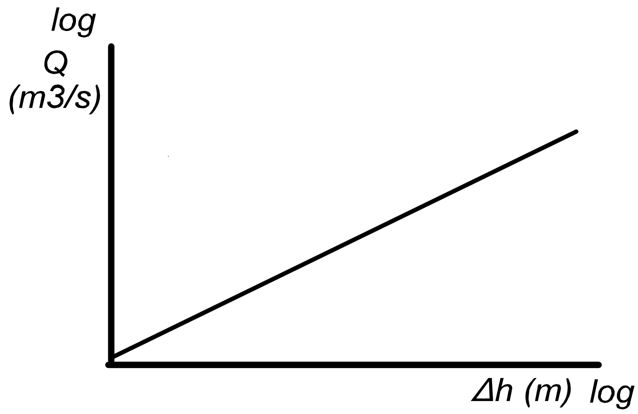
Operaciones adicionales: medida de concentraciones y caudales

1.- Medida de concentraciones: conductímetro

La conductividad varía linealmente con la concentración	$\kappa = a + b\,C$		
Calibrado del conductímetro, con dos puntos experimentales		Agua	Disolución
	C	$C_1 = 0$	$C_2 = 0,2$
	κ	κ_1	κ_2
Dos ecuaciones con dos incógnitas	Determinar **a** y **b**		

2.- Medida de caudales: diafragma

El caudal varía con la caída de presión de la forma	$Q = K\sqrt{\Delta h}$
Linealización (papel doble logarítmico)	$\log Q = \log K + \frac{1}{2}\log \Delta h$
Medida del caudal: volumen de agua recogida por unidad de tiempo	t(s) V(ml) $Q\left(\frac{ml}{s}\right)$
Obtención de la gráfica (varios puntos)	Δh (cm) $Q\left(\frac{ml}{s}\right)$
Recta de calibrado del diafragma (comprobar pendiente **0,5)**	



Balance de materia con **Entrada**:

$$Q\ C_E = Q\ C + V\ \frac{dC}{dt}$$

Integrando:

$$t = -\ \frac{V}{Q}\ \ln\ \frac{C_t - C_E}{C_o - C_E}$$

Poniendo C como variable dependiente:

$$C_t = C_E + (C_o - C_E)\ e^{-\frac{Q}{V}t}$$

Linealización:

$$\ln(C_t - C_E) = \ln(C_o - C_e) - \left(\frac{Q}{V}\right)\ t$$

Balance de materia con **Generación** (**C_E = 0)**:

$$Generación = r\left[\frac{mol}{m^3 \cdot s}\right] \cdot V\,[m^3] = -\ k\ C\ V$$

Ecuación del balance:

$$-\ k\ C\ V = Q\ C + V\ \frac{dC}{dt}$$

Integrando:

$$t = -\ \frac{V}{kV + Q}\ \ln\ \frac{C_t}{C_o}$$

Poniendo C como variable dependiente:

$$C_t = C_o\ e^{-\frac{kV + Q}{V}t}$$

Linealización:

$$\ln\ C_t = \ln\ C_o - \left(\frac{kV + Q}{V}\right)\ t = \ln\ C_o - \left(k + \frac{Q}{V}\right)\ t$$