

**ECUACIONES PARA EL DISEÑO DEL PROCESO DE DESTILACIÓN POR
MULTIEFECTO (M.E.D.)**

Ecoagua Ingenieros Avda. Manoteras, 38, C-314 28050-Madrid (Spain) Tel.: +(34) 913 923 562	HER-002	Edition: 01
		Date: 21/04/09
		Page: 1 de 7

Ecuaciones para el Diseño del Proceso de Destilación por Multiefecto (M.E.D.)

1. ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE M.E.D

En la Figura 1 está representado el esquema del Proceso de Destilación por Multiefecto (MED).



Figura 1. Esquema general del proceso de MED

1.1. NOMENCLATURA

La nomenclatura del proceso es la siguiente:

Q: calor al calentador

AM: caudal de agua de mar

Tam: temperatura del agua de mar de entrada

Cam: concentración de sales del agua de mar

PR: caudal de agua producto

Tpr: temperatura de salida del agua producto

Cp: concentración de sales del agua producto

PU: caudal de purga de salmuera

Tpu: temperatura de purga de salmuera

Cpu: concentración de sales de la purga de salmuera

RZ: rechazo de agua de mar

Trz: temperatura de salida del rechazo de agua de mar

Ecuaciones para el Diseño del Proceso de Destilación por Multiefecto (M.E.D.)

Crz: concentración de sales del rechazo de agua de mar: $Crz = Cam$

AP: caudal de aportación al ciclo

ER: relación de economía

Mv: cantidad de vapor introducida en el evaporador

N: número de efectos

HI: el calor latente de evaporación

Ce: el calor específico del agua de mar

Δt : el incremento de temperatura que sufre la aportación en cada etapa

Balance de masas

Hipótesis: la concentración de sales en el agua producto es igual a cero. $C_p=0$

Si se realiza un balance de masas según la

Figura 1:

$$AM = PR + PU + RZ \quad [1]$$

El caudal de aportación es igual:

$$AP = PR + PU \quad [2]$$

El caudal de rechazo con [1] y [2]:

$$RZ = AM - AP \quad [3]$$

Balance de sales

Si se realiza un balance de sales según la

Figura 1:

Ecuaciones para el Diseño del Proceso de Destilación por Multiefecto (M.E.D.)

$$AM \times Cam = RZ \times Cam + PR \times 0 + PU \times Cpu \quad [4]$$

$$AP \times Cam = PR \times 0 + PU \times Cpu \quad [5]$$

Despejando AP de [5]:

$$AP = \frac{PU \times Cpu}{Cam} \quad [6]$$

Con [2] y [6]:

$$AP = \frac{Cpu}{(Cpu - Cam)} \times PR \quad [7]$$

Con [2] y [7]:

$$PU = \frac{Cam}{Cpu - Cam} \times PR \quad [8]$$

Balance de energía

Hipótesis:

- La cantidad de producto obtenido en cada efecto es la misma
- La caída de temperatura entre efectos es la misma e igual a Δt
- El vapor producido por la salmuera y el producto debido a la evaporación instantánea al haber caída de temperatura entre efectos, es igual al vapor consumido por la Aportación para calentarse.

Si se realiza un balance de energía según la

Figura 1:

$$Q + AM \times Ce \times Tam = RZ \times Ce \times Trz + PR \times Ce \times Tpr + PU \times Ce \times Tpu \quad [9]$$

Si definimos la relación de economía:

Ecuaciones para el Diseño del Proceso de Destilación por Multiefecto (M.E.D.)

$$ER = \frac{Kg \text{ producto}}{Kg \text{ vapor}} = \frac{PR}{Mv} \quad [10]$$

La cantidad de calor que es necesario introducir en cada efecto:

$$Q = \frac{PR}{N} \times Hl + AP \times Ce \times \Delta t \quad [11]$$

El incremento de temperatura que sufre la aportación en cada etapa es igual:

$$\Delta t = \frac{T_{\max} - T_{pu}}{N - 1} \quad [12]$$

y la cantidad de vapor necesaria con [11] es:

$$Mv = \frac{Q}{Hl} = \frac{PR}{N} + \frac{AP \times Ce \times \Delta t}{Hl} \quad [13]$$

con [10] y [11]:

$$\frac{1}{ER} = \frac{1}{N} + \frac{AP \times Ce \times \Delta t}{Hl \times PR} \quad [14]$$

Por otro lado:

$$T_{pr} = T_{pu} = T_{rz} + \Delta t \quad [15]$$

Con [9] y [15]:

$$Q = RZ \times Ce \times T_{rz} + PR \times Ce \times (T_{rz} + \Delta t) + PU \times Ce \times (T_{rz} + \Delta t) - AM \times Ce \times T_{am} \quad [16]$$

Con [2], [3] y [16]:

$$Q = AM \times Ce \times (T_{rz} - T_{am}) + AP \times Ce \times \Delta t \quad [17]$$

Si se sustituye Q en [17] por el valor de la ecuación [11], queda:

$$\frac{PR}{N} \times Hl + AP \times Ce \times \Delta t = AM \times Ce \times (T_{rz} - T_{am}) + AP \times Ce \times \Delta t \quad [18]$$

Despejando de [18] AM:

Ecuaciones para el Diseño del Proceso de Destilación por Multiefecto (M.E.D.)

$$AM = \frac{Hl}{Ce \times N \times (T_{rz} - T_{am})} \times PR \quad [19]$$

Si la ecuación [14] se multiplica por N, queda:

$$\frac{N}{ER} - 1 = \frac{AP \times Ce \times \Delta t}{Hl \times PR} \times N \quad [20]$$

Con [11], [12] y [15]:

$$\begin{aligned} \frac{Hl \times PR}{N} &= Q - AP \times Ce \times \Delta t = AP \times Ce \times (T_{\max} - T_{rz}) - AP \times Ce \times (T_{rz} - T_{am}) = \\ &= AP \times Ce \times (T_{\max} - T_{am}) \end{aligned} \quad [21]$$

y sustituyendo queda:

$$\frac{N}{ER} - 1 = \frac{AP \times Ce \times (T_{rz} - T_{am})}{AP \times Ce \times (T_{\max} - T_{am})} = \frac{T_{rz} - T_{am}}{T_{\max} - T_{am}} \quad [22]$$

de donde se obtiene:

$$T_{rz} = T_{am} + (T_{\max} - T_{am}) \times \left(\frac{N}{ER} - 1 \right) \quad [23]$$

$$AP = AM \times \frac{T_{rz} - T_{am}}{(T_{\max} - T_{rz}) - (T_{rz} - T_{am})} \quad [24]$$

En la Figura 2 está representada los incrementos y descensos de las temperaturas a través de las etapas entre los diferentes fluidos, debidos al intercambio de calor en el Proceso de Multiefecto.

Ecuaciones para el Diseño del Proceso de Destilación por Multiefecto (M.E.D.)

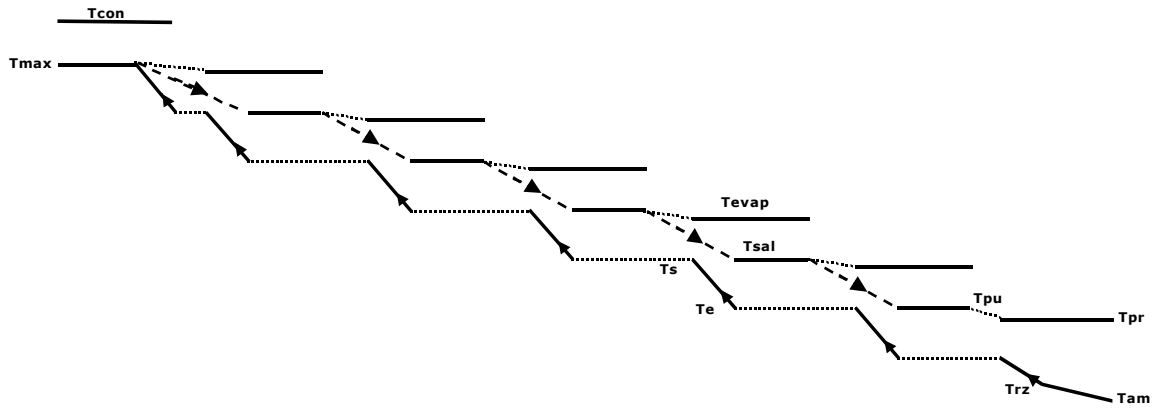


Figura 2. Diagrama de evolución de las temperaturas en las etapas del Proceso de Multiefecto