

# INGURUGIRO TEKNOLOGIA

Luis M. Camarero Estela  
M. Arritokieta Ortuzar Irigorri  
Natalia Villota Salazar

# **7. EFLUENTE GASEOSOEN TRATAMENDU PROZEDURAK III: TRANSFERENTZIAGATIK KUTSATZAILE GASEOSOEN ELIMINAZIOA**

## **7.1. ABSORTZIOA**

7.1.1. PLATER DORREA

7.1.2. BETETAKO DORREA

7.1.3. DISEINU EKUAZIOAK

7.1.4. APLIKAZIO INDUSTRIALA

## **7.2. ADSORTZIOA**

7.2.1. OHANTZE FINKOA

7.2.2. OHANTZE FLUIDIZATUA

7.2.3. DISEINU EKUAZIOAK

7.2.4. APLIKAZIO INDUSTRIALA

## **7.3. KONDENTSAZIOA**

7.3.1. KONDENTSADORE MOTAK

7.3.2. DISEINU EKUAZIOAK

7.3.3. APLIKAZIO INDUSTRIALA

## PREBENTZIOA

Prozedura, erregai edota erregai sistemetan aldaketak.

Gas-ihesen eliminazioa

## TRATAMENDUA

### TRANSFERENTZIA

✓ Absortzioa

✓ Adsortzioa

✓ Kondentsazioa

### TRANSFORMAZIOA

✓ Kimika: oxidazioa, erredukzioa

✓ Biologikoa

# 7.1. GAS ABSORTZIOA

**OSAGAI BAT (A SOLUTUA)** NAHASTE GASEOSOAN FASE LIKIDORA TRANSFERITZEN DA

## **TRANSFERENTZIA ABIADURA**

Orekara heltzeko beharrezko denbora (ekipoaren tamaina)

## **MATERIA TRANSFERENTZIA**

Interfasea azaleraren proportzionala → kontaktu azalera handiak

## ABSORTZIO OREKA

TRANSFERENTZIA MAXIMOA → OREKAKO KURBAK (P,T)

### HENRY-ren LEGEA

LIKIDOA

$$p_A = H_A x_A$$

GASA

$$p_A = y_A P_T$$

$$x_A = y_A (P_T/H_A)$$

Diluitutako disoluzioak

Erreakzio kimikorik gabeko sistemak

Absortzioa presio altu eta tenperatura baxuetan faboratzen da.

## 7.1.2. PLATER DORREA

Absortzio ekipoa gasa likidoan dispertsatzen delarik

ZILINDRO BERTIKALAK

LIKIDO ETA GASA PLATERREN GAINEAN JARTZEN DIRA KONTAKTUAN

LIKIDOA GRABITATEA DELA ETA JEISTEN DA

GASA GORUNTZ DOA PLATERRETAN DAUDEN ZULOETAN ZEHAR (KORRONTEAREN KONTRA)

**PLATO TEORIKOA EDO IDEALA**

OREKA LORTZEN DEN HORRETAN

## 7.1.2. BETETAKO DORREA

Absortzio ekipoa likidoa gasan dispersatzen delarik

- $\Delta P$  BAINA ERAGINKORTASUN HANDIAGOAK LOR DAITEZKE
- KONTAKTUAN ETENGABE (PLATER DORREAN EZ BEZALA)
- KORRONTEAREN KONTRA (ERAGINKORRAGO)

### BETEGARRIA

KONTAKTU AZALERA HANDIA L/G

ZERAMIKA, BEHIRA, METALA, PLASTIKOA

FLUIDOEN IXURIA ERRAZTEN DU

PRESIO GALERA HANDIEGIA EZ ERAGITEA

ERRESISTENTZIA KIMIKOA

ERRESISTENTZIA MEKANIKOA

KOSTE TXIKIA

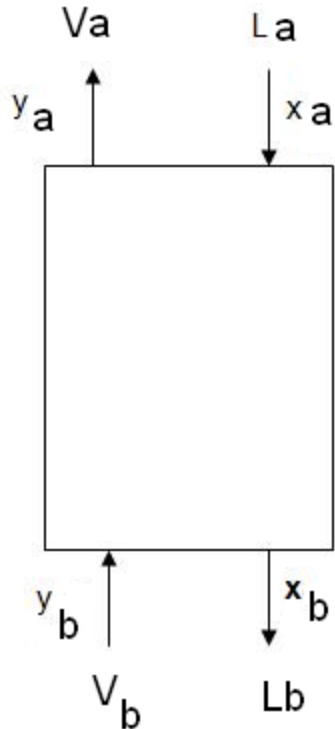
# 7.1.3. DISEINU EKUAZIOAK

## MATERIA BALANTZEAK

**Sartzen diren mol kopuru totala = Irtetzen diren mol kopuru totala**

$$L_a + V_b = L_b + V_a$$

$$L_a x_a + V_b y_b = L_b x_b + V_a y_a$$



**Sartzen diren A mol kopurua = Ateratzen diren A mol kopurua** (dorreaken h altuera batentzat)

$$L_a + V = L + V_a$$

$$L_a x_a + V y = L x + V_a y_a$$

$$y = \frac{L}{V} x + \frac{V_a y_a - L_a x_a}{V}$$

$L_a, L_b$  = denbora unitateko sartu eta ateratzen diren likido mol kopurua

$V_a, V_b$  = denbora unitateko sartu eta ateratzen diren gas mol kopurua

$x_a, x_b$  = frakzio molarrean adierazitako A solutuaren kontzentrazioa irteera eta sarrerako likidoan

$y_a, y_b$  = frakzio molarrean adierazitako A solutuaren kontzentrazioa irteera eta sarrerako likidoan

$V$  = denbora unitateko gas mol kopurua h altueran

$L$  = denbora unitateko likido mol kopurua h altueran

$x$  = frakzio molarrean adierazitako A solutuaren kontzentrazioa h altuerarako likidoan

$y$  = frakzio molarrean adierazitako A solutuaren kontzentrazioa h altuerarako gasean



# OPERAZIO LERROA

L eta V ez dira adierazgarriki prozeduran zehar aldatzen

OPERAZIO LERROA:

$x_a$ ,  $y_a$  eta  $x_b$ ,  $y_b$  pasatzen den zuzena

## LIKIDO ETA GASAREN ARTEKO ERLAZIO MINIMOA ETA DISEINUZKOA

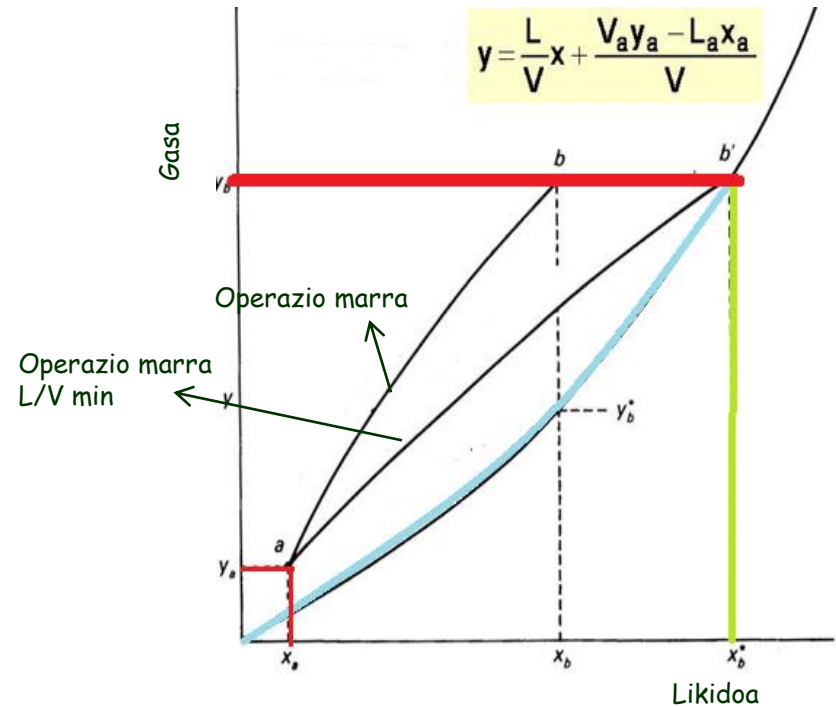
Operazio lerroa hurrengoekin marrazten da:

- Gasaren sarrera eta irteerako kontzentrazioak
- Likidoaren sarrerako kontzentrazioa

Likido kantitate minimoa:

$$MALDA = \left( \frac{L}{V} \right)_{\min}$$

Tasa minimoak banaketa egiteko dorre infinituki altua edukitzeak eskatzen du  
Lan egiteko **TASA LIKIDOA > 30 - 70% TASA MINIMOA**



# DORREAREN ALTUERA

## BOLUMEN ELEMENTU DIFERENTZIAL BATI MATERIA BALANTZEA

Likido mol kopurua  $\cong$  gas mol kopurua

$$\begin{aligned} \text{Gasak galdutako solutua} &= (\text{SARRERA}) - (\text{IRTEERA}) = V(y + dy) - V y = V dy = \\ &= k_g (y - y_i) dA = k_g a S (y - y_i) dZ \end{aligned}$$

$$dZ = \frac{V}{k_g a S} \frac{dy}{(y - y_i)}$$

$$Z = \frac{V}{k_g a S} \int \frac{dy}{(y - y_i)} = H_g N_g$$

$H_g$  = transferentzia unitatearen altuera

$N_g$  = transferentzia unitate kopurua

$$dA = a S dZ$$

$$\text{Transferentzia abiadura} = \left( \frac{\text{transferitutako molak}}{\text{denbora}} \right) = k_g (y - y_i) dA$$

$k_g$  = materiaren transferentzia koefizientea

$dA$  = kontaktu azalera

$a$  = betegarrien azalera/bolumen erlazioa

$S$  = dorrearen azalera transbertsala

$y_i$  = z-n orekan likidoarekin kontzentrazioa

## 7.1.4. APLIKAZIO INDUSTRIALAK

**KUTSATZAILEAK:**  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HF}$ , alkoholak, fenola, formaldehidoa

### ABANTAILAK

Ura disolbagarri merkea da

↓ $\Delta P$

### DESABANTAILAK

Garestia uretan disolbagarri ez diren gasentzat

Deuseztatzen ez den kutsatzailea fasez aldatzen da  
(baldin eta osagai baliagarria bada hau abantaila da eta  
errekuperatu eta berrerabili daiteke)

↑ mantentze kosteak

### INDUSTRIAK

**Zementu lantegiak** (gas azidoak)

**Kimikoa** (gas azidoak, toxikoak)

**Ongarriak** ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HF}$ , azido organikoak)

**Behira** (gas azidoak)

**Ur tratamendua** ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ )

**Errausketa** (gas azidoak)

**Margoak** (KOL-ak)

**Petrokimika** (anhidrido maleikoa,  $\text{H}_2\text{S}$ )

**Zentral termikoak** ( $\text{SO}_2$ )

**Papertegia** (KOL-ak,  $\text{SH}_2$ ,  $\text{NH}_3$ )

**Farmazeutikoa** (KOL-k)

**Elikadura**

## 7.2. GAS ADSORTZIOA

OSAGAI BAT (ADSORBATOA) NAHASTE GASEOSOAN AZALERA SOLIDORA TRANSFERITZEN DA ETA HELDUTA GERATZEN DA

- Gas kutsatzailea ez da sukoia edo erregaitza da
- Kutsatzailea berreskuratzea interesgarria da
- ↓ [kutsatzailea]

**Lotura intentsitatea izan daiteke :**

- **ADSORTZIO FISIKOA**

(lotura ahulak, zehaztasun gutxikoak, itzulgarriak)

- **ADSORTZIO KIMIKOA EDO KIMISORTZIOA**

(lotura sendoak, zehatzak, itzulezinak)

### ADSORBENTEAK

**Partikula diametroa** 0,1-10 mm

**IKATZ AKTIBOA:** KOL-k eta USAINAK eliminatzeko, DISOLBATZAILEAK errekuperatzeko

**SILIZE GELA,  
AKTIBATUTAKO ALUMINA,  
ZETABE MOLEKULARRAK**  
(aluminosilikato metalikoak)

## 7.2.1. OHANTZE FINKOA

KUTSATUTAKO GASA OHANTZE FINKO ADSORBENTEAN ZEHAR PASATZEN DA

SARRERATIK GERTUEN DAGOEN OHANTZE GERUZA SOLUTUA ADSORBATZEN DU

OPERAZIO DENBORAREKIN ADSORZIO ZONALDEA AURRERA DIHOA ([kutsatzaile] saturatutik zerora pasatzen da)

Apurtze puntua: adsortzio zonaldea ohantzearen azken-aldera ailegatzen da irteerako kontzentrazioa handitzen hasten da

## 7.2.2. OHANTZE FLUIDIZITATUTA

**Ikusi:**

[www.elhuyar.org/elhuyar\\_aldizkaria/pdf/Elhuyar-28-09.pdf](http://www.elhuyar.org/elhuyar_aldizkaria/pdf/Elhuyar-28-09.pdf)

## 7.2.3. DISEINU EKUAZIOAK

### ADSORZIO OREKA

Badira adsortzio orekak deskribatzen duten zenbait modelo baina horietariko bat ere ez ezin da modu unibertsalean aplikatu

Adsortzioa hurrengoek errazten dute:

- ↓T
- ↑P
- ↑**ADSORBATOAREN MASA MOLEKULARRA**

#### FREUNLICH

$$w^* = \alpha p^{\left(\frac{1}{n}\right)}$$

#### LANGMUIR

$$w^* = \frac{K p}{1 + K p}$$

$w^*$  = adsorbentean espezieran orekako kontzentrazioa (mg/g)

$p$  = espeziearen presio partziala

$K, \alpha, n$  = konstantes

## **ADSORTZIO EKIPU BATEN DISEINU ETA AUKERAKETAN BALDINTZA OROKORRAK**

- **ERRETENTZIO DENBORA NAHIKOA (0,6-6 s)**
- **GASAREN KORRONTEAREN PRETRATAMENDUA ADSORBITU EZIN DEN MATERIA ELIMINATZEKO. MATERIA HONEK ADSORTZIO OHANTZEAN OPERAZIOA KALTETU EZ DEZAN.**
- **ADSORTZIO SISTEMAREN GAINKARGA EKIDITZEKO GAS KONPETITZAILEEN KONTZENTRAZIO ALTUEN ELIMINAZIOA PRETRATAMENDUAREN BIDEZ.**
- **OHANTZEAN ZEHAR FLUXUAREN DISTRIBUZIO ONA (ABIADURAK=6-30 m/min)**
- **OHANTZE ADSORBENTEAREN REGENERAZIOA: TENPERATURA / INERTE (UR LURRUNA)**

## 7.2.4. APLIKAZIO INDUSTRIALA

### KUTSATZAILEAK

BENZENO, TOLUENO, AZETATO, KARBONO TETRAKLURO, DIKLUOROETILENO, METILENO, PERKLUOROETILENO, TRIKLUOROETILENO, TRIKLUOROETANO, HEPTANO, PENTANO, HEXANO, ALKOHOLAK, HIDROGENO SULFUROA, ESTERRAK, KLUOROFORMOA, USAINAK

#### ABANTAILAK

ELEMNTUEN AZTARNEN ELIMINAZIOA  
ADSORBENTEAK (IKATZ AKTIBOA)  
TRATAMENDU TERMIKOAREN BIDEZ onera datoz

#### DESABANTAILAK

T BAXU EDO ERTAINETAN ERAGINKORRA (t  
ALTUTAN DESORZIOA DAGO)  
ADSORBENTEA DEGRADATZEN DA, TRATAU  
BEHAR DA  
KOSTE HANDIA

#### INDUSTRIAK

UR TRATAMENDUA (USAINAK)  
KONPOSTAJEA (USAINAK)  
ERRAUSKETA (KOL-ak)  
ELIKADURA (USAINAK)  
MARGOAK (DISOLBATZAILEAK)  
PLASTIKOAK (KOL-ak)



## 7.3. KONDENTSazio SISTEMAK

Korronte gaseoso baten lurrun eta gasak eliminatzea likido moduan kondentsatuz eta gero grabitatearen bitartez banatu

- $\uparrow$  P
  - $\downarrow$  T (merkeago eta arruntago)
- HOZTAILEAK: URA/ HOZTAILE KRIOGENIKOAK (NITROGENO LIKIDOA)

### 7.3.1. KONDENTSADORE MOTAK

#### KONTAKTU ZUZENEKOA

Hoztaile eta gasaren artean kontaktua zuzena

#### AZALEKOA

(BERO TRUKATZAILEAK)

Hoztaile eta gasaren artean ez dago kontaktu zuzenik

## 7.3.2. DISEINU EKUAZIOAK

### ENERGIA BALANTZEA

Behar den hoztaile kantitatea gakoa da

Orokorrean erabiltzen da:

**KOL-ak**  $T_{eb} > 50^{\circ}\text{C}$  eta  $T_{cong} < -150^{\circ}\text{C}$   
**Gasak**  $\uparrow$  [KOL-k] ( $> 5 \text{ g/Nm}^3$ ) eta  $\downarrow$  **EMARIA** ( $0-3000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ )

### BERO TRANSFERENTZIAREN AZALERA:

$$Q = U A T_m$$



**BERO ELKARTRUKAKETAREN EKUAZIOA**

Q = bero elkartrukatzearen tasa (W)

A = kontaktu azalera ( $\text{m}^2$ )

U = transferentzia koefizientea ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )

$T_m$  = batazbesteko tenperatura diferentzia (K)

### BANAKETAREN ERAGINKORTASUNA

- Ur hotza ( $T = 4 - 10^{\circ}\text{C}$ ) erabiltzen duten sistemetan: eraginkortasunak = **90-99%**
- Hozkaile kriogenikoekin sistemak ( $T = -50 \text{ y } -100^{\circ}\text{C}$ ): eraginkortasunak **>99%**
- Lortutako tenperaturaren araberakoa

## 7.3.3. APLIKAZIO INDUSTRIALA

### KUTSATZAILEAK

AZETONA  
METANOLA  
ETANOLA  
TOLUENOA  
DIKLOROMETANO  
DIKLOROETANO  
GASOLINA

### INDUSTRIAK

KIMIKA  
PETROKIMIKA  
FARMAZEUTIKOA

### DESABANTAILAK

Berreskuratutako kutsatzailea erabiltzen ez bada garestia da

↓ eraginkortasuna

Zikintzen du (partikulak)

### ABANTAILAK

Xinple eta merkea

Pretratamendua (↓V gas totala) errausketa, absorzioa edo adsorzioa KOL-k

Zisternetako gasolinaren berreskuratzea

Adsorzio prozeduran desorbitutako kutsatzaileen berreskuratzea