

# “Intercambio iónico el uso en el tratamiento de agua”

## Proyectos Integradores de Recursos Ambientales

Ing. Crescenciano Hernández Colunga- Director de proyectos

Ing. Víctor Hugo Casiano Flores- Director comercial

# Índice de contenido

- Introducción
- Objetivo
- Principales aplicaciones
- Sistemas cocrriente y contracorrente
- Casos prácticos
- Preguntas y respuestas
- Bibliografía
- Agradecimientos

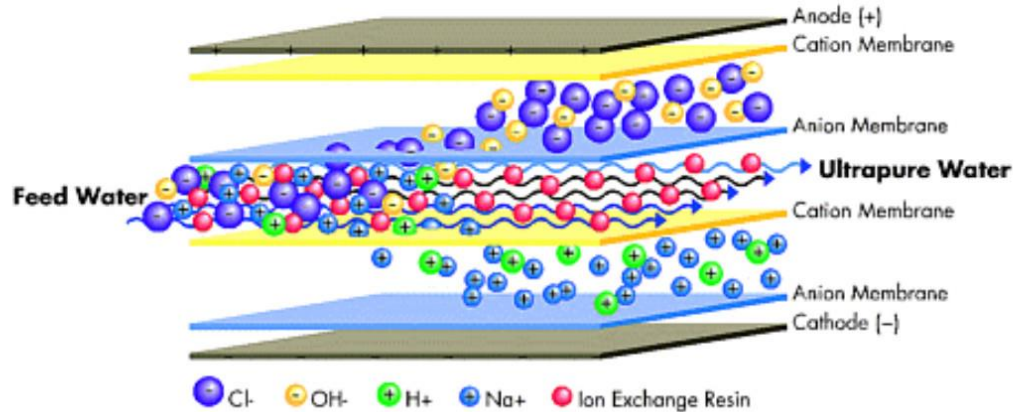
# Introducción

¿Qué es el Intercambio Iónico?



## Intercambio Iónico

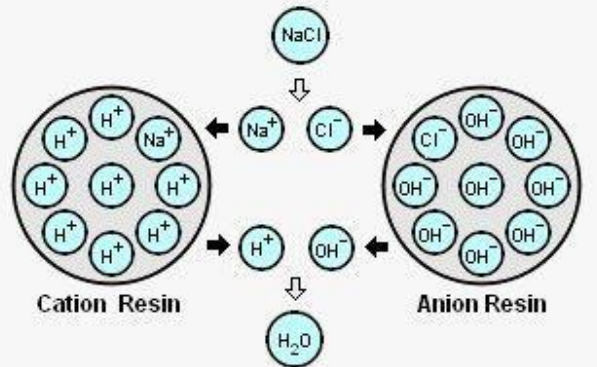
El principio de intercambio iónico consiste en el intercambio de iones entre un sólido y un líquido, en el cuál no se produce ningún cambio sustancial en la estructura del sólido. Al ser el intercambio iónico una reacción reversible, el material de intercambio puede ser regenerado para nuevos procesos.



# Resinas de Intercambio Iónico

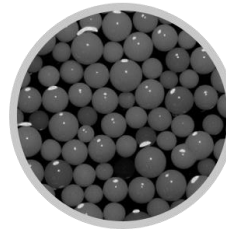
- Las resinas de intercambio iónico son materiales sintéticos, normalmente esferas de 0.5-1.0 mm de diámetro, destinadas al tratamiento de aguas residuales industriales.

Cuando el agua pasa a través de la resina, ésta toma iones del agua (sodio, cloruro, calcio, magnesio, etc.) y cede una cantidad equivalente en cuanto a carga de protones o de hidroxilos.



# Tipos de resina de Intercambio Iónico

- ❖ **Resinas catiónicas:** captan los cationes que contenga el agua ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , y bario) desplazando de la resina las cargas  $\text{H}^+$  o  $\text{Na}^+$ .
- ❖ **Resinas aniónicas:** captan los aniones que contenga el agua ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  y sílice) desplazando de la resina las cargas  $\text{OH}^-$  o  $\text{Cl}^-$ . También captan la sílice del agua, ya que se comporta como un anión débil.





# Objetivo

Muchas de las aplicaciones del intercambio iónico tienen por objeto la eliminación de una determinada especie iónica de una solución líquida, dando como resultado su separación específica y su concentración en la fase sólida. Las aplicaciones industriales de los procesos de intercambio iónico son numerosas: recuperación de cationes metálicos en disolución, separación de mezclas de especies iónicas, purificación de líquidos, liberación controlada de una especie química, recuperación de sales, etcétera.

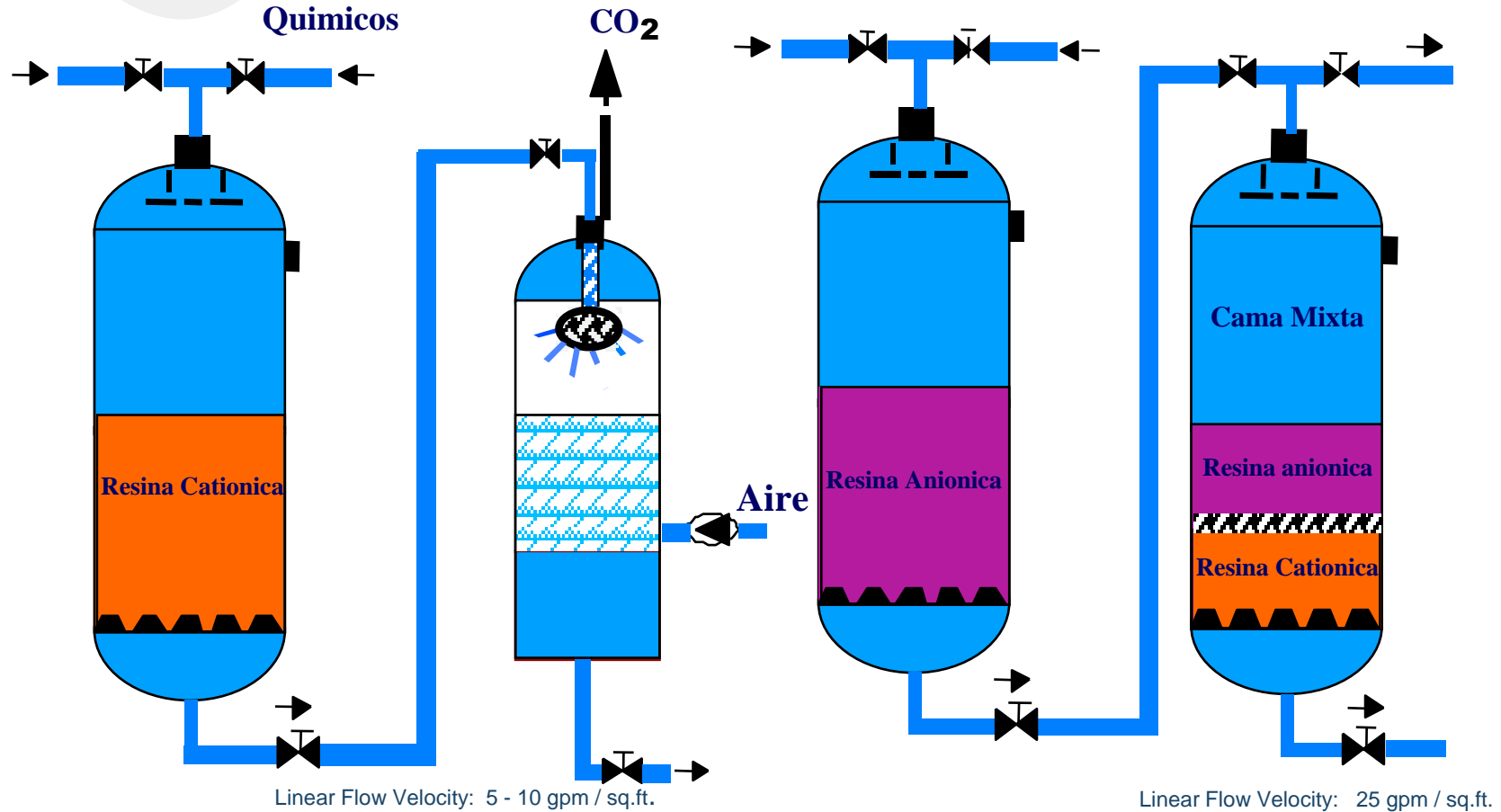


# Principales aplicaciones

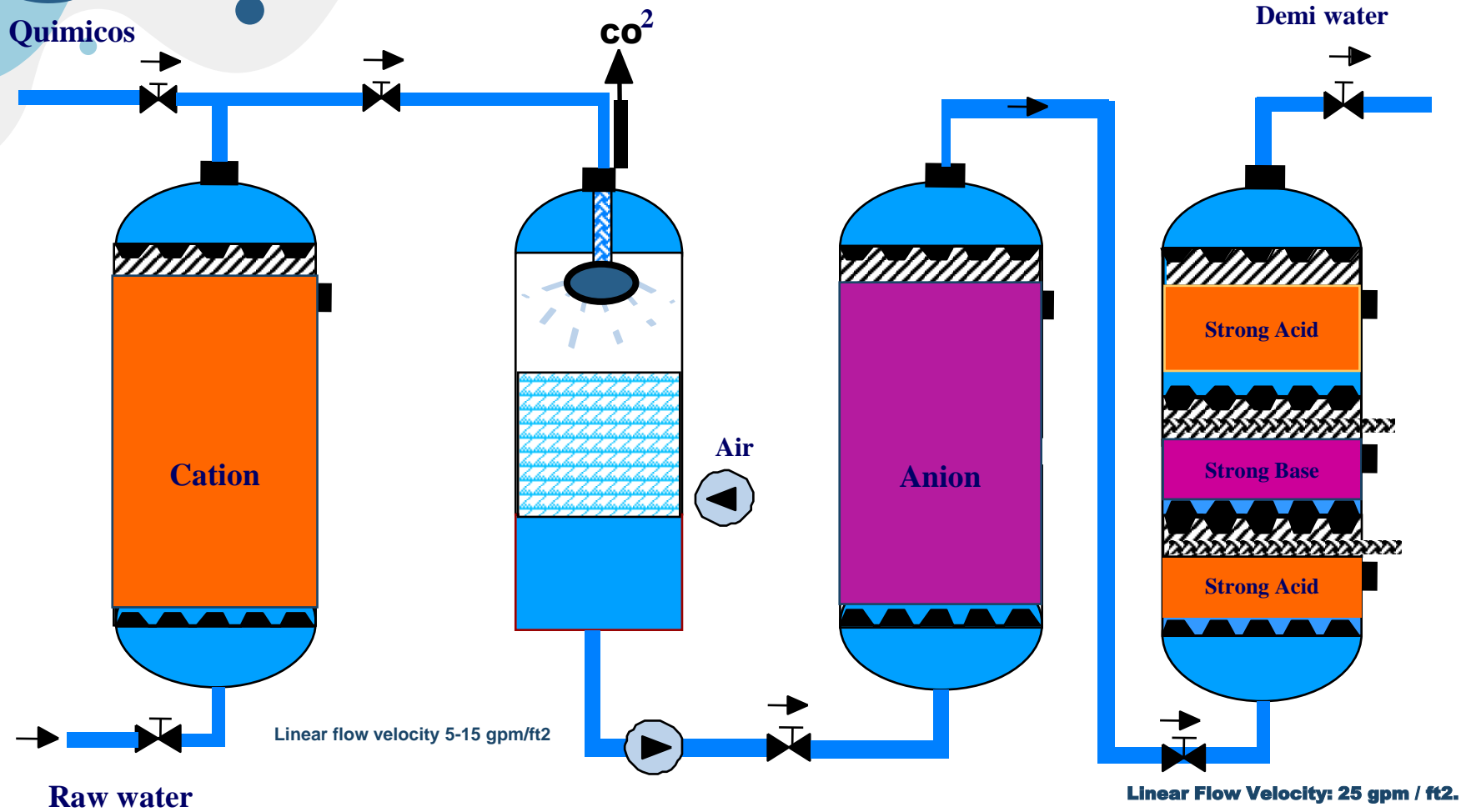
- Ablandamiento de aguas
- Desmineralización de aguas
- Eliminación de alcalinidad
- Eliminación de cationes de metales pesados disueltos en aguas de proceso
- Eliminación de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) del agua residual
- Eliminación de sílice
- Eliminación de sulfatos
- Mejora en sabor de alimentos
- NOM-001-SEMARNAT-2021 y NOM-127-SSA-2021



# Proceso cocorriente



# Proceso contracorriente



## Service



## Regeneration



WS

# Multistep Process

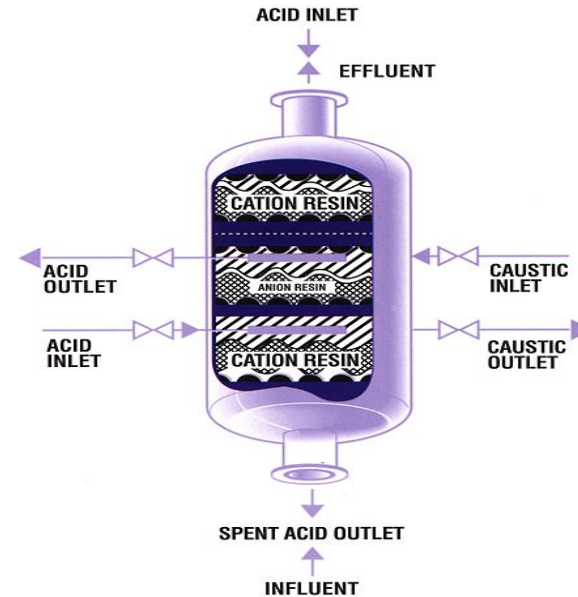
In this process, Lewatit® ion exchange resins with various functions can be accommodated in a single unit. The different resins can be regenerated without cross-contamination. Depending on the types of ion exchange resins used, the Multistep unit is divided into two or more chambers by nozzle plates. Each chamber contains a layer of inert material to ensure optimal distribution of the regenerant solution and to prevent the collector system from becoming plugged.

## Features of Multistep include:

- True countercurrent efficiency
- Used in place of polishing mixed beds/short beds
- High flow rates  
(up to 40 gpm/ft<sup>2</sup>/100m/hr)
- Complete demineralization in one unit
- Upflow service/downflow regeneration

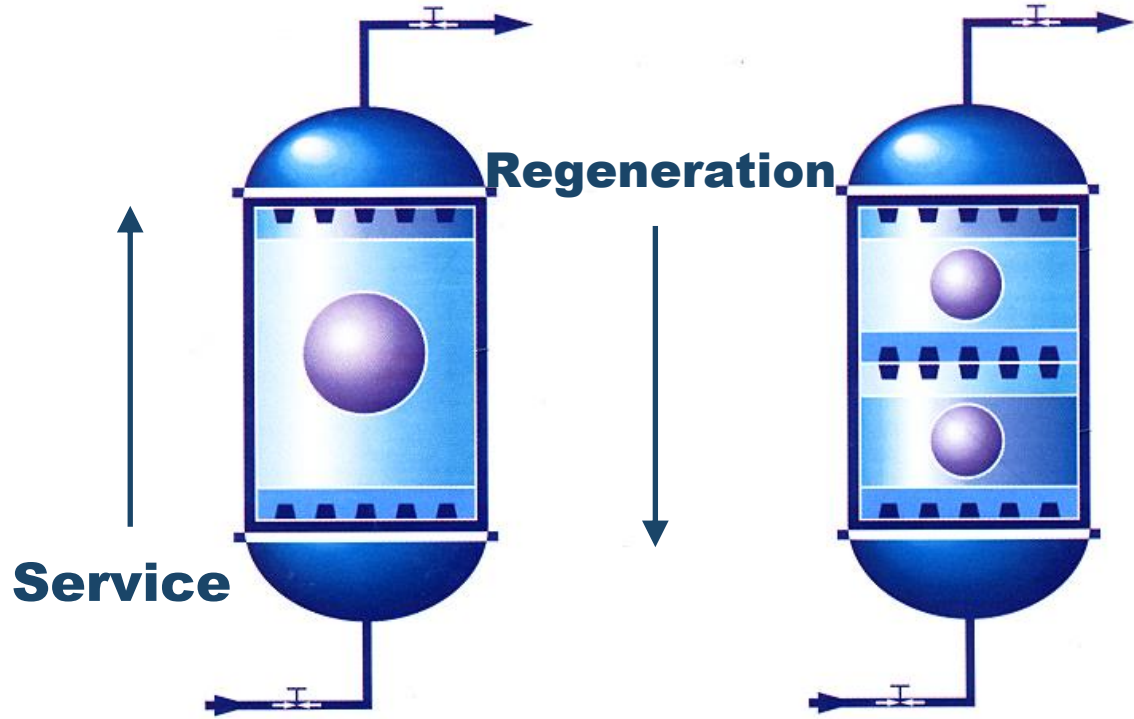


*Bayer's flexible technology offers multiple configurations to meet the wide-ranging needs of its customers.*

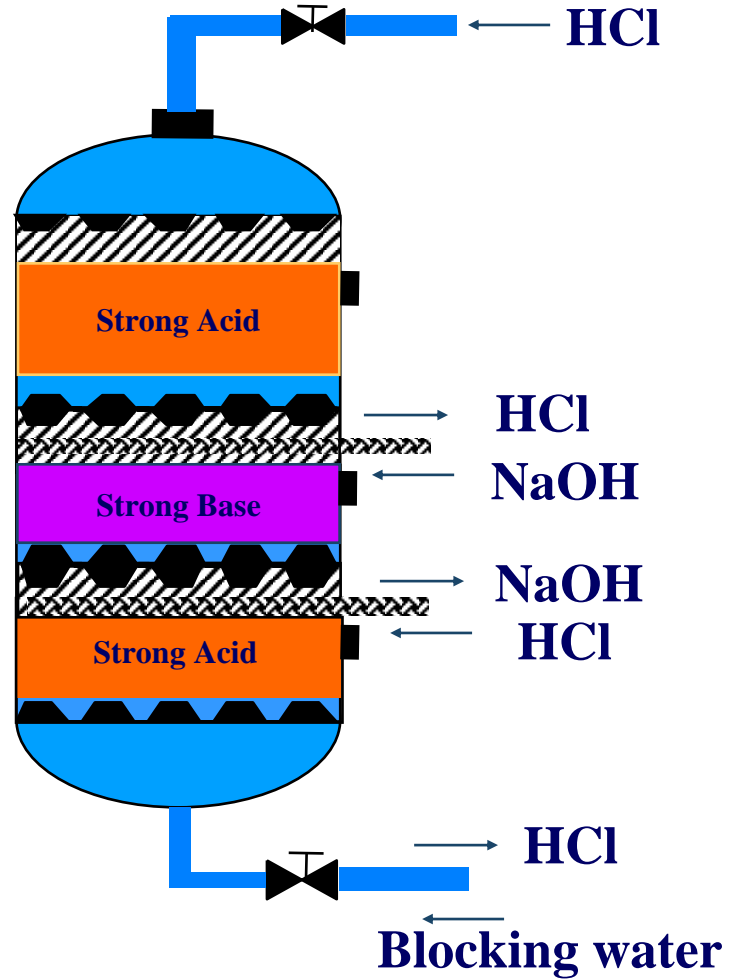
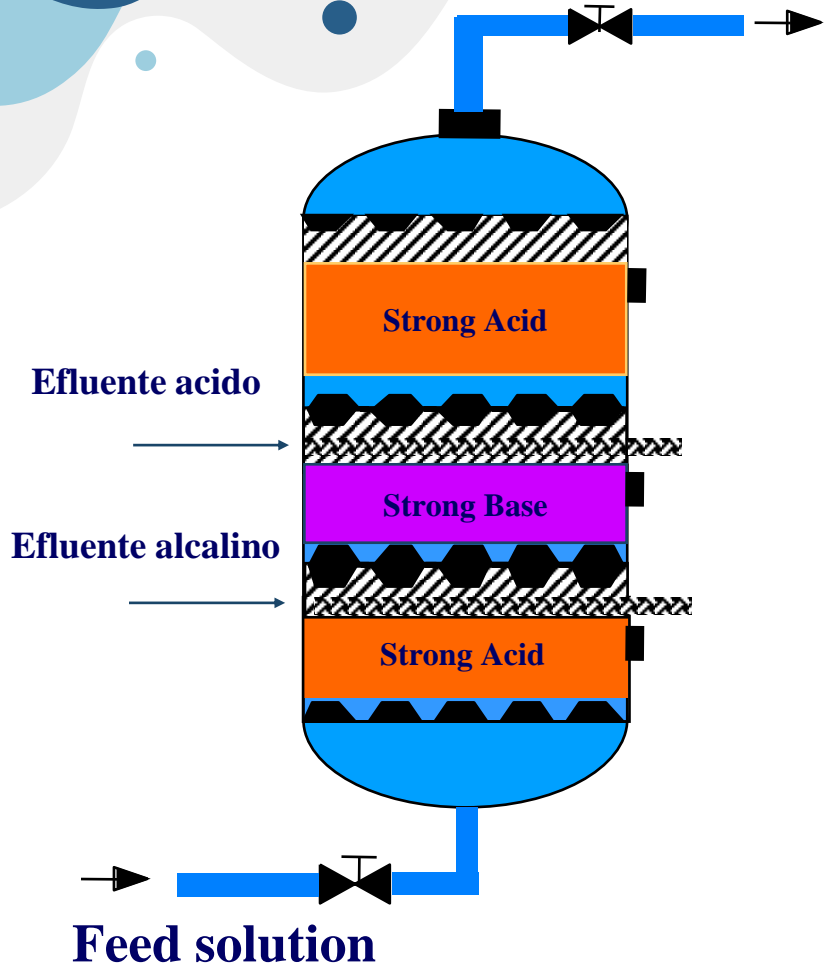


# Single Bed

# Compound Bed



# Agua Desmineralizada



## MULTISTEP

### General Operating Parameters of Multistep and Mixed-Bed

Parameter	Mixed-Bed	Multistep
<b>Recommended maximum flow rate speed</b>	25 gpm/ft <sup>2</sup> (60 m/h)	25 gpm/ft <sup>2</sup> (60 m/h)
<b>Maximum recommended diameter</b>	10 ft 6 in* (11 ft) 3200 mm* (3400 mm)	12 ft (12 ft 6 in) 3600 mm (3800 mm)
<b>Maximum throughput capacity</b>	2070* (2330)gpm 470 m <sup>3</sup> /h * (530 m <sup>3</sup> /h)	2640 (2900) gpm 600 m <sup>3</sup> /h (660 m <sup>3</sup> /h)
<b>Regeneration system</b>	Co-current flow	Counter current flow (fluidized bed)
<b>Specific quantity of regeneration agent SAC</b>		
<b>HCl</b>	5 lbs HCl 100% / ft <sup>3</sup> resin (80 g HCL 100% / ltr. resin)	3,75 lbs HCl 100% / ft <sup>3</sup> resin (60 g HCL 100% / ltr. resin)
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	7,5 lbs H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 100% / ft <sup>3</sup> resin (120 g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 100% /ltr. resin)	5,6 lbs H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 100% / ft <sup>3</sup> resin (90 g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 100% /ltr. resin)
<b>SBA</b>		
<b>NaOH</b>	5 lbs NaOH 100% / ft <sup>3</sup> resin (80 g NaOH 100% / ltr. resin)	3,75 g NaOH 100% / liter resin (60 g NaOH 100% / ltr. resin)
<b>Average service water **</b>	Approximately 15 BV	Approximately 5 BV

\*for mixed beds with internal regeneration

\*\*with recirculated rinses



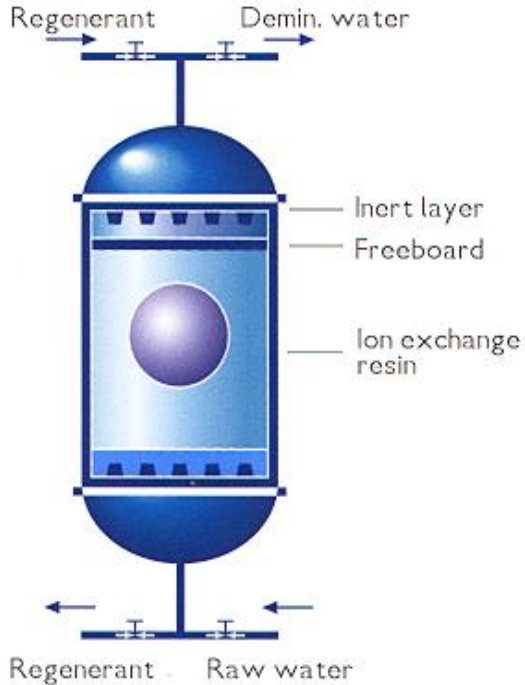
Bayer Chemicals

# Comparison ...



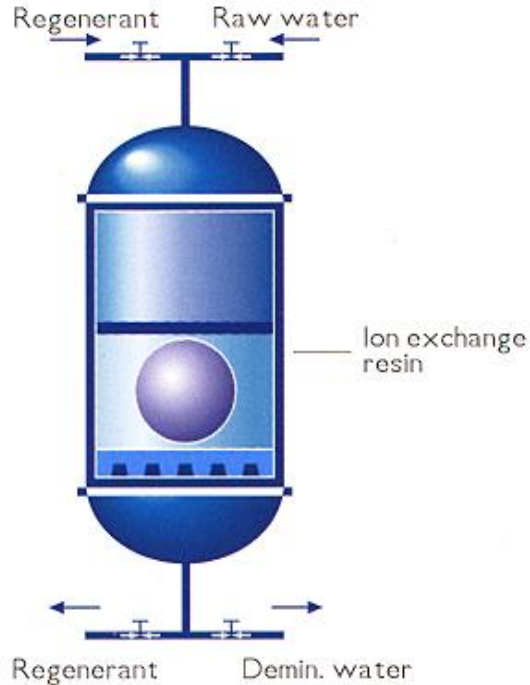
Up-Flow Service  
Down-Flow Regeneration

Fluidized bed



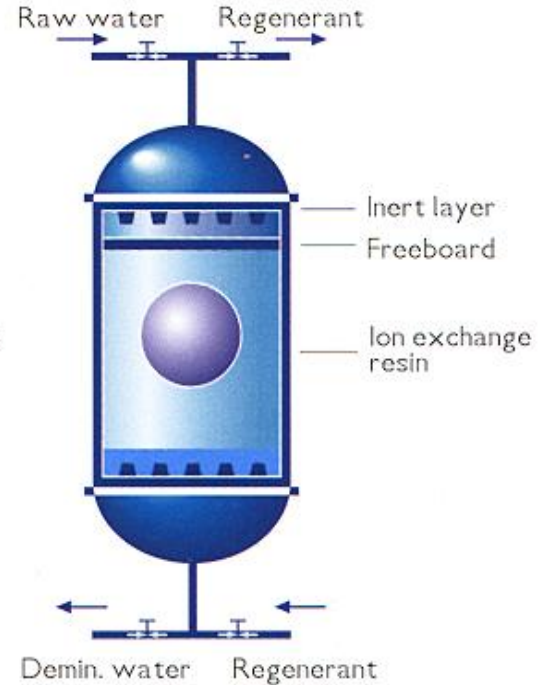
Down-Flow Service  
Down-Flow Regeneration

Co-current



Down-Flow Service  
Up-Flow Regeneration

UP.CO.RE.





## Upper Nozzle Plate

1. 60 - 80 nozzles per sq.m.
2.  $1.9 \text{ cm}^2$  / nozzle open surface area
3. 0.2 slot width

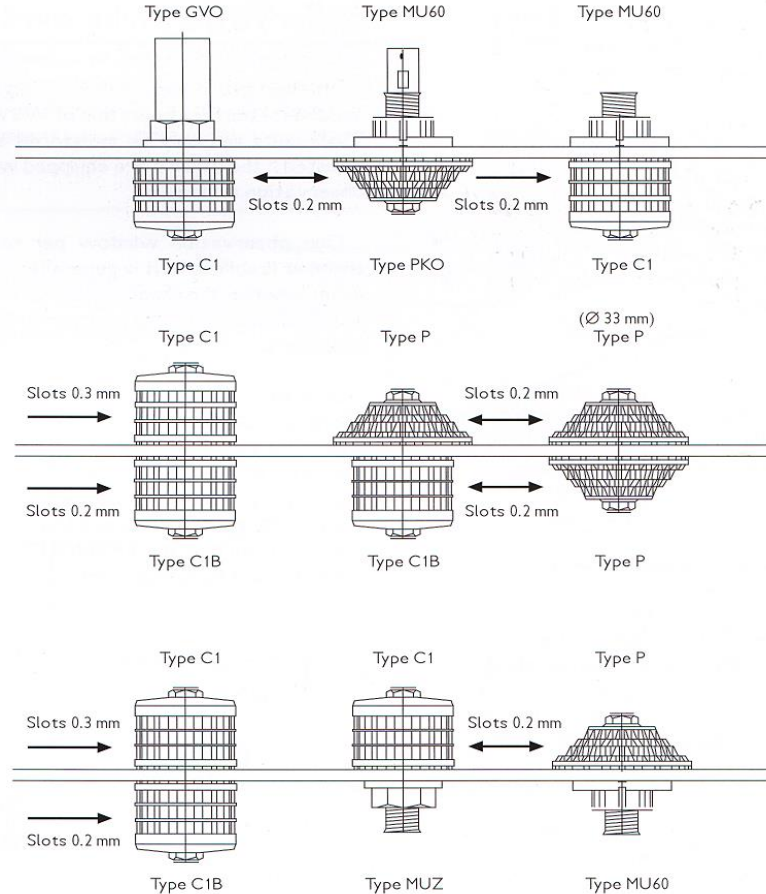
## Center No Nozzle Plate

1. 80 nozzles per sq.m.
2.  $1.9 \text{ cm}^2$  / nozzle open surface area
3. 0.2 mm slot width, bottom plate
4. 0.3 mm slot width, upper plate

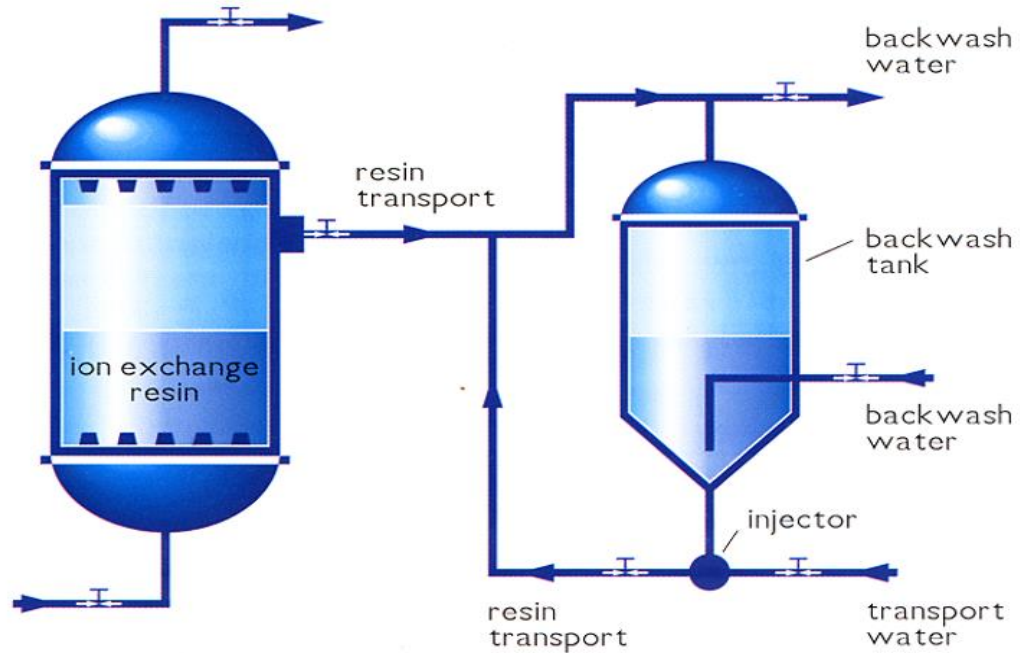
## Bottom No Nozzle Plate

1. 60 - 80 nozzles per sq.m.
2. 0.2 mm slot width
3.  $100 \text{ cm}^2$  / sq.m. free cross section of nozzle plate

Hole diameter of the nozzle plate, 25 mm dia



## Backwash System . . .



Resin Transfer Velocity = 1 m / sec

Mixing Ratio, Water to Resin > 2 : 1

### Calculation of Pressure Drop

**Table 1. Resin Factor ( specific pressure drop )**

The figures listed are valid for classified resin layers, free of mechanical impurities @ 15 C.

The pressure drop for non-classified resin layers, e.g. mixed bed units is approximately 20% higher.

Additional pressure drop from the operating unit, due to the nozzle plate, gravel layer, distributors / collectors and valves must be considered.

#### Cation Exchange Resins

Lewatit MonoPlus	Suffix ( screen grade )	Resin Factor KPa X m <sup>2</sup> x h ( Bar X m <sup>2</sup> x h )
MonoPlus S 100	Monodispersed	1.0 ( 0.1 )
MonoPlus SP 112	Monodispersed	0.8 ( 0.08 )
S 1467	Monodispersed	1.0 ( 0.1 )
S 1468	Monodispersed	1.0 ( 0.1 )
MonoPlus S 200	Monodispersed	1.0 ( 0.1 )
S 100	WS	1.1 ( 0.11 )
SP 112	WS	1.1 ( 0.11 )
CNP 80	WS	1.1 ( 0.11 )
CNP 80	ST	1.4 ( 0.14 )
IN 42 ( inert )		0.4 ( 0.04 )

#### Anion Exchange Resins

Lewatit MonoPlus	Suffix ( screen grade )	Resin Factor KPa X m <sup>2</sup> x h ( Bar X m <sup>2</sup> x h )
MonoPlus MP 64	Monodispersed	1.0 ( 0.1 )
MonoPlus M 500	Monodispersed	1.0 ( 0.1 )
MonoPlus MP 500	Monodispersed	0.8 ( 0.08 )
MonoPlus M 600	Monodispersed	1.0 ( 0.1 )
MonoPlusM 800	Monodispersed	1.0 ( 0.1 )
MP 62	WS	1.1 ( 0.11 )
MP 64	WS	1.1 ( 0.11 )
MP 500	WS	1.1 ( 0.11 )
MP 600	WS	1.1 ( 0.11 )
Polyacrylic		
VP OC 1071		1.1 ( 0.11 )
VP OC 1072		1.1 ( 0.11 )
VP OC 1073		1.1 ( 0.11 )
VP OC 1074		1.1 ( 0.11 )

Diagram 1. Velocity factor

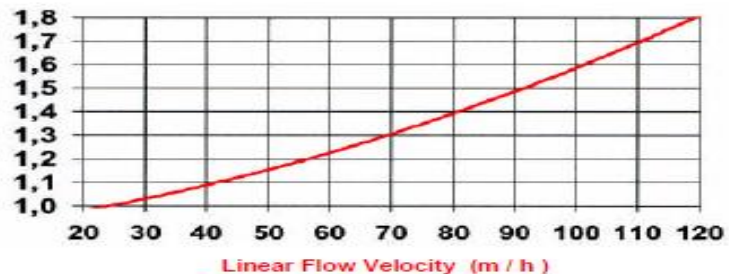
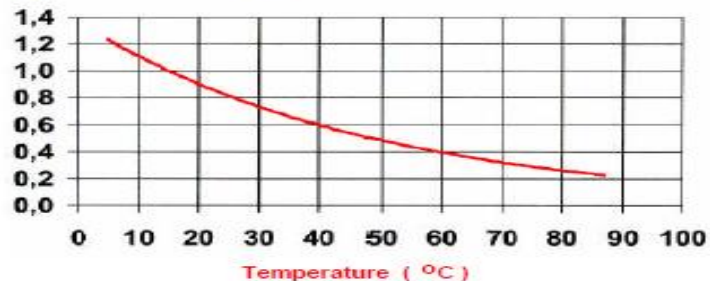


Diagram 2. Temperature factor



## Technical Notes

### Ion Exchange Resins

#### Calculation of Pressure Drop



The pressure drop of ion exchange resin beds is calculated according to the following formula:

$$\Delta p \text{ [kPa]} = h \text{ [m]} \times v \text{ [m/h]} \times F_V \times F_T \times F_R$$

$h$  = Resin bed depth [ m ]

$v$  = Linear velocity [ m/h ]

$F_V$  = Velocity factor [ diagram 1 ]

$F_T$  = Temperature factor [ diagram 2 ]

$F_R$  = Resin factor (specific pressure drop) [ Table 1 ]

meters (M) = feet  $\times$  0.3048

m/h = gpm / ft<sup>2</sup>  $\times$  0.41

psi = kPa  $\times$  0.1450377

psi = bar  $\times$  14.50377

# Calidad de los regenerantes

Food Application

## Regenerant chemical standard

<b>NaOH</b>	DIN-Norm	wt. %	Cl <sup>-</sup>	Oxidants	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Alkaline earth
	19616			as O <sub>2</sub>				as Ca <sup>2+</sup>
			max. 0,2 %	max. 0,001 %	max. 0,1 %	max. 0,001 %	max. 0,005 %	SiO <sub>2</sub>
		50 +/- 1	max. 1525 ppm	max. 7.6 ppb	max. 763 ppb	max. 7,6 ppm	max. 38 ppm	max. 76 ppm
<b>HCl</b>	DIN-Norm	wt. %	Cl <sub>2</sub>	Chlorinated Organics	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sup>3+</sup>		
	19610			as Cl				
			max. 0,01 %		max. 0,5 %	max. 0,002 %		
		mind. 30	max. 34,5 ppm	max. 0,02 g/l	max. 1725 ppm	max. 6,9 ppm		
<b>NaCl</b>	DIN-Norm	wt. %	share of build salt I/II	Alkaline earth	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sup>3+</sup>		
	19604		insoluble in water	als Ca <sup>2+</sup>		water insoluble		
		> 97 %	0,1 - 1 %	< 0,4 %	< 1%	< 0,001 %		
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	DIN-Norm	wt. %	Cl <sup>-</sup>	Total Nitrogen	SO <sub>2</sub>	Fe <sup>3+</sup>	Ni / Cr	Pb / Hg
	19618			as N				
		94,5 - 96,5	< 5 mg/kg	< 50 mg/kg	< 100 mg/kg	< 30 mg/kg	< 1 mg/kg	< 0,5 mg/kg



# Casos prácticos

<b>1. Suavizacion de Agua</b>		
Volumen resina ft3/ Suavizador	90	
	<b>Sistema Tradicional</b>	<b>Sistema contracorriente</b>
Ib NaCl/ Ft3 resina	10.00	8.00
Consumo Sal /Regen (Kg)	408.60	326.88
Ahorro en sal		81.72
No regeneraciones/dia	2.00	2.00
Consumo Sal Kg/d	817.20	653.76
Ahorro en sal kg		163.44
Costo el kg Sal	5.50	5.50
Ahorro en MN /Mes		26,967.60
<b>Ahorro en agua por regeneracion</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Sistema Tradicional</b>	<b>Sistema contracorriente</b>
Retrolavado	21.69	0.00
Tiempo (minutos)	10.00	0.00
Volumen agua (m3)	3.61	0.00
No regeneraciones	2.00	2.00
Ahorro agua (m3/d)		7.23
Costo de agua de pozo (MN/m3)		40.00
Ahorro (MN/mes)		8,675.10
Ahorro total (MN/Año)		427,712.40



## Desmineralización de agua Lecho Mixto-Multistep

<b>2 Desmineralización de agua (820 m3/d)</b>		
<b>Volumen resina Catiónica ft3</b>	<b>21</b>	
<b>Resina Catiónica</b>	<b>Sistema Lecho Mixto</b>	<b>Sistema Multistep</b>
<b>Ib de Acido H2SO4 100% lb / Ft3 resina</b>	<b>7.50</b>	<b>5.60</b>
Consumo de acido 100% (lb)	157.50	117.60
Consumo acido al 98% (kg)	72.96	54.48
Costo del acido sulfúrico (MN/Kg)	15.60	15.60
Costo Acido Sulfúrico 98% (MN)	1,138.24	849.89
Numero de regeneraciones / Dia	0.25	0.25
Costo Acido Sulfúrico 98% (MN/Dia)	284.56	212.47
Ahorro en MN /Mes		<b>2,162.66</b>
<b>Volumen resina Anionica ft3</b>	<b>35</b>	
<b>Resina Anionica</b>	<b>Sistema Lecho Mixto</b>	<b>Sistema Multistep</b>
<b>Ib de Sosa 100% lb / Ft3 resina</b>	<b>5.00</b>	<b>3.75</b>
Consumo de sosa 100% (lb)	175.00	131.25
Consumo sosa al 50% (kg)	158.90	119.18
Costo de sosa 50% (MN/Kg)	13.50	13.50
Costo Sosa al 50% (MN)	2,145.15	1,608.86
Numero de regeneraciones / Dia	0.67	0.67
Costo Sosa 50% (MN/Dia)	1,430.10	1,077.94
Ahorro en MN /Mes		<b>10,564.86</b>
( Costo de químicos /m3)	2.09	1.57
<b>Ahorro total (MN/Año)</b>		<b>152,730.30</b>

# Desmineralizacion de agua Sistema Multistep



# Sistema de suavización 900 m<sup>3</sup>/día



# Remoción de nitratos de agua residual





# Preguntas y respuestas

# Bibliografía

- Chougule, M. B., Sonaje, N. P. (2013). Cost-benefit analysis of wastewater recycling plant for textile wet processing. *International Journal of Computational Engineering Research* 3(2) 27-31.
- Corbitt, R. (2003). *Manual de referencia de la ingeniería ambiental*. McGraw-Hill/Interamericana de España.
- Karcher, S., Kornmuller, A., Jekel, M. (2001). Anion exchange resins for removal of reactive dyes from textile wastewaters. *Water Research*, 36(19) 4717-4724.
- Nalco Chemical Company (1988). "The NALCO Water Handbook". New York: McGraw-Hill ISBN 0-07-045872-3
- Perry, R. H. (ed.) (2001). *Manual del ingeniero químico*. 7ª ed., (4ª ed. en español). Madrid: McGraw-Hill, 2001. ISBN: 84-481-3008-1
- Raglu, S., Basha, C. A. (2007). Chemical or electrochemical techniques, followed by ion exchange, for recycle of textile dye wastewater. *Journal of Hazardous Materials* 149(2) 324-30 reactive dyes. *Dyes and Pigments* 51, 111-125
- Wawrzkiwicz, M. (2013). Removal of C.I. Basic Blue 3 dye by sorption onto cation exchange resin, functionalized and non-functionalized polymeric sorbents from aqueous solutions and wastewaters. *Chemical Engineering Journal* 217:414-425

# Gracias por su atención



[www.prointra.mx](http://www.prointra.mx)



+52 81 2723 9023



[ccolunga@prointra.mx](mailto:ccolunga@prointra.mx)  
[vcasiano@prointra.mx](mailto:vcasiano@prointra.mx)

Ing. Crescenciano Hernández  
Cel. 81 2347 2577  
[ccolunga@prointra.mx](mailto:ccolunga@prointra.mx)

Ing. Víctor Casiano Flores  
Cel. 22 2362 3674  
[vcasiano@prointra.mx](mailto:vcasiano@prointra.mx)

