

CAPITULO 2: COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS NATURALES

1: Encuentre la concentración expresada en mg/lto, epm y ppm como CaCO_3 cuando se disuelven en un litro de agua pura: 1.5 grs de CaCl_2 y 0.5 grs de NaCl .

Resp: $\text{Ca}^{+2}=27.05 \text{ epm}=541 \text{ mg/lto}=1352.5 \text{ ppm}$ como CaCO_3 .

2: Lo mismo que en el problema anterior cuando en un litro de agua pura se disuelven conjuntamente: 0.95 grs de bicarbonato de sodio Na_2CO_3 , 1.2 grs de KCl y 0.210 grs. de nitrato de sodio NaNO_3 .

3: Cual será la composición en mg/lto y en meq/lto de cada uno de los iones

a): Cuando se disuelven en un litro de agua: 2.2 grs. de CaCl_2 y 1.5 grs. de NaHCO_3 .

b): Cual será la composición en sales, asumiendo que no se sabe que sales se disolvieron originalmente y que la composición se efectúa considerando la abundancia de cationes y aniones de acuerdo a como se tiene establecido en aguas potables.

Por medio de diagrama de barras muestre la composición de cada uno de los cationes y de los aniones.

4: Un laboratorio reporta el siguiente resultado en una muestra de agua potable analizada.

<i>Sustancia</i>	<i>mg/lto</i>	<i>ppm como CaCO_3</i>
Alcalinidad de carbonatos		0
Alcalinidad de bicarbonatos		230
Cloruros		70
Sulfatos	25	
Nitratos	8	
Fosfatos	0.15	
Flúor	0.73	
Calcio	100	
Magnesio	13	
Sodio	22	
Potasio	6	
Fierro	0.88	
Estroncio	>0.10	
Arsénico	>0.03	
Plomo	>0.01	

5: En cada uno de los siguientes problemas llene los cuadros con la información faltante en el análisis correspondiente

MUESTRA 1:

<i>CATIONES</i>	<i>mg/lto o ppm</i>	<i>epm</i>	<i>ppm como CaCO_3</i>
Ca^{+2}	315		
Mg^{+2}	20		
Na^+	15		
K^+	8		
SUMAS			

ANIONES			
HCO ₃ ⁻	530		
Cl ⁻	210		
SO ₄ ⁻²	170		
NO ₃ ⁻	23		
SUMAS			

MUESTRA 2:

CATIONES	mg/lto o ppm	epm	ppm como CaCO₃
Ca ⁺²			540
Mg ⁺²			220
Na ⁺			25
K ⁺			12
SUMAS			
ANIONES			
HCO ₃ ⁻			410
Cl ⁻			235
SO ₄ ⁻²			125
NO ₃ ⁻			(*)
SUMAS			

(*) Lo que resta para la electroneutralidad

MUESTRA 3:

CATIONES	mg/lto o ppm	epm	ppm como CaCO₃
Ca ⁺²		4.65	
Mg ⁺²		1.00	
Na ⁺		0.35	
K ⁺		0.077	
SUMAS			
ANIONES			
HCO ₃ ⁻		4.63	
Cl ⁻		0.82	
SO ₄ ⁻²		0.48	
NO ₃ ⁻		(*)	
SUMAS			

(*) Lo que resta para la electroneutralidad

Respuesta problema 1:1.5 grs CaCl₂ y 0.5 grs de NaClConsiderando CaCl₂:Cl en CaCl₂ 1.5 grs CaCl₂[70.9 grs de Cl/110.9 grs de CaCl₂] = 0.959 grs de ClCa en CaCl₂ 1.5 grs CaCl₂[40 grs de Ca/110.9 grs de CaCl₂] = 0.541 grs de Ca

equivalentes=eq=grs/Peq Peq=Peso equivalente=Peso atómico/carga del ión

para Cl $eq=0.959 \text{ grs}/35.45 \text{ grs}/eq=0.027 \text{ eq}$
 $meq=\text{miliequivalentes o epm}=\text{equivalentes por millón}=eq \times 1000$
 miliequivalentes de cloruros $=0.027 \times 1000$ $meq=27 \text{ meq de Cl}$
 para Ca $eq=0.541 \text{ grs}/20 \text{ grs}/eq=0.027 \text{ eq} = 27 \text{ meq}$
 Para el NaCl
 Na en NaCl $0.5 \text{ grs NaCl} [35.45 \text{ grs de Cl}/58.45 \text{ grs de NaCl}] = 0.303 \text{ grs de Na}$
 Cl en NaCl $0.5 \text{ grs NaCl} [23 \text{ grs de Na}/58.45 \text{ grs de NaCl}] = 0.197 \text{ grs de Cl}$
 $eq \text{ Na}=0.303 \text{ grs}/23 \text{ grs}/eq=0.00855 \text{ eq}=8.55 \text{ meq}$
 $eq \text{ Cl}=0.197 \text{ grs}/35.45 \text{ grs}/eq=0.00855 \text{ eq}=8.55 \text{ meq}$
 Como es un volumen de 1 litro la concentración queda:

	Cationes	Aniones
CaCl ₂	Ca=27 meq/L	Cl=27 meq/L
NaCl	Na=8.55 meq/L	Cl=8.55 meq/L
Suma	35.55 meq/L	35.55 meq/L

Los sólidos disueltos totales STD=35.55 meq/L ó $35.55 \times 50=1777.5 \text{ mg/L}$ ó ppm como CaCO₃

Respuesta problema 2:

2.2 grs CaCl₂ y 1.5 grs de NaHCO₃

Considerando CaCl₂:

Cl en CaCl₂ $2.2 \text{ grs CaCl}_2 [70.9 \text{ grs de Cl}/110.9 \text{ grs de CaCl}_2] = 1.406 \text{ grs de Cl}$

Ca en CaCl₂ $2.2 \text{ grs CaCl}_2 [40 \text{ grs de Ca}/110.9 \text{ grs de CaCl}_2] = 0.793 \text{ grs de Ca}$

para Cl $eq=1.406 \text{ grs}/35.45 \text{ grs}/eq=0.0397 \text{ eq} = 39.7 \text{ meq}$

para Ca $eq=0.793 \text{ grs}/20 \text{ grs}/eq=0.0397 \text{ eq} = 39.7 \text{ meq}$

Para el NaHCO₃

Na en NaHCO₃ $1.5 \text{ grs NaHCO}_3 [23 \text{ grs de Na}/84 \text{ grs de NaCl}] = 0.4107 \text{ grs de Na}$

HCO₃ en NaHCO₃ $1.5 \text{ grs NaHCO}_3 [61 \text{ grs de Na}/58.45 \text{ grs de NaCl}] = 1.089 \text{ grs de Cl}$

$eq \text{ Na}=0.4107 \text{ grs}/23 \text{ grs}/eq=0.0179 \text{ eq}=17.9 \text{ meq}$

$eq \text{ HCO}_3=1.089 \text{ grs}/61 \text{ grs}/eq=0.0179 \text{ eq}=17.9 \text{ meq}$

Como las sales están disueltas en un litro de agua:

	Cationes	Aniones
CaCl ₂	Ca=39.7 meq/L	Cl=39.7 meq/L
NaHCO ₃	Na=17.9 meq/L	HCO ₃ =17.9 meq/L
Suma	57.6 meq/L	57.6 meq/L

Los sólidos disueltos totales STD=57.6 meq ó $57.6 \times 50=2880 \text{ ppm}$ como CaCO₃

PROBLEMA 5			
MUESTRA 1			
CATIONES	mg/lto o ppm	epm	ppm como CaCO₃
Ca ⁺²	315	15.75	787.50
Mg ⁺²	20	1.65	82.30
Na ⁺	15	0.65	32.61
K ⁺	8	0.20	10.23
SUMAS		18.25	912.64

ANIONES			
HCO ₃ ⁻	530	8.69	434.43
Cl ⁻	210	5.92	296.19
SO ₄ ⁻²	170	3.54	177.08
NO ₃ ⁻	23	0.37	18.55
SUMAS		18.52	926.25

PROBLEMA 5 MUESTRA 2			
CATIONES	mg/lto o ppm	epm	ppm como CaCO₃
Ca ⁺²	216	10.80	540.00
Mg ⁺²	53.46	4.40	220.00
Na ⁺	11.5	0.50	25.00
K ⁺	9.384	0.24	12.00
SUMAS		15.94	797.00
ANIONES			
HCO ₃ ⁻	500.2	8.20	410.00
Cl ⁻	166.615	4.70	235.00
SO ₄ ⁻²	120	2.50	125.00
NO ₃ ⁻	33.48	0.54	27.00
SUMAS		15.94	797.00

PROBLEMA 5 MUESTRA 3			
CATIONES	mg/lto o ppm	epm	ppm como CaCO₃
Ca ⁺²	93	4.65	232.50
Mg ⁺²	12.15	1.00	50.00
Na ⁺	8.05	0.35	17.50
K ⁺	3.0107	0.08	3.85
SUMAS		6.08	303.85
ANIONES			
HCO ₃ ⁻	282.43	4.63	231.50
Cl ⁻	29.069	0.82	41.00
SO ₄ ⁻²	23.04	0.48	24.00
NO ₃ ⁻	9.3	0.15	7.50
SUMAS		6.08	304.00

CAPITULO 3: SEDIMENTACIÓN

Nota: a menos que se indique lo contrario considérese los siguientes parámetros de diseño:

$$Q/A=40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times d$$

Nivel del agua en el sedimentador: 4.8 mts.

Espejo de agua a 0.2 mts. de la altura total del sedimentador.

Los sedimentador circulares solo están disponibles en los siguientes diámetros: 10, 20, 40, 50 y 100 pies.

En un tanque rectangular el largo del tanque deberá ser aproximadamente 4 veces el ancho ($L \approx 4A$)

1: Se proyecta darle tratamiento al agua que se empleará como agua de consumo de una pequeña comunidad. El volumen de agua a tratar es de 150 litros por segundo.

a: Dimensione un tanque circular y un tanque rectangular para tratar este volumen de agua.

a: Cual es el tiempo de retención del agua en el sedimentador?

2: Un tanque sedimentador deberá diseñarse para una relación Gasto/Área (Q/A) de $50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times d$. Que cantidad de agua en $\text{mts}^3/\text{día}$ se puede procesar en un tanque rectangular de las siguientes dimensiones:

Largo: 25 mts.

Ancho: 12 mts.

Si la profundidad del sedimentador es de 3.3 mts. Cual será el tiempo de retención en el sedimentador?

3: Para eliminar sólidos suspendidos de un agua que se empleará en un proceso de una planta procesadora de carnes frías, se tomará agua de un río cercano a la planta y se pretende bombear un promedio de 5000 gal/min. ¿Cuales deberán ser las dimensiones del equipo para este proceso, considerando que se hace el proyecto considerando los valores de diseño para dos sedimentadores circulares y otra opción es con dos sedimentadores rectangulares?

4: Una procesadora metal-mecánica debe procesar y eliminar los sólidos de sus aguas de desecho. Las pruebas piloto indican que la relación Q/A debe ser de $70 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times d$ y el tiempo de retención en el sedimentador debe ser de entre 1.5 y 2.0 horas. Si se ha seleccionado un sedimentador circular, cuales deberán ser las dimensiones de éste.

5: Un gasto de $2000 \text{ mts}^3/\text{día}$ se procesará para eliminar sólidos suspendidos. Cuales serán las dimensiones requeridas en un tanque circular y en un tanque rectangular, considerando los valores de diseño.

6: El área efectiva de sedimentación en un sedimentador de alta eficiencia se determina, considerando el número total de placas y el área horizontal proyectada por cada una de ellas, la cual es igual al coseno del área de la placa inclinada

Encuentre el área de sedimentación efectiva de un sedimentador de este tipo, si las placas miden 10 pies de alto y 4 pies de ancho, y el número de placas es de cinco piezas, a un ángulo de 60° respecto a la horizontal.

La relación gasto área para este tipo de sedimentadores debe ser 0.3 a $0.7 \text{ gpm}/\text{ft}^2$.

a: Cual es el rango en la relación gasto/área (Q/A overflow rate) para este tipo de sedimentadores en $\text{mts}^3/\text{día} \cdot \text{m}^2$ (17.7 a $41.2 \text{ mts}^3/\text{día} \cdot \text{m}^2$).

b: Cual será el flujo de agua en $\text{mts}^3/\text{día}$ que se debe alimentar a un sedimentador de este tipo considerando un valor de $0.5 \text{ gpm}/\text{ft}^2$, como valor de diseño. ($273.6 \text{ mts}^3/\text{día}$).

7: a: Cuantas placas de 15 pies de ancho y 5 pies de alto deberán disponerse a un ángulo de 60° en un sedimentador de placas inclinadas, para manejar un flujo de $2000 \text{ mts}^3/\text{día}$. Considere para diseño una relación Q/A de $40 \text{ mts}^3/\text{día} \cdot \text{m}^2$ (15 placas). b: Cual será la relación Q/A una vez seleccionado el número de placas ($38.3 \text{ mts}^3/\text{día} \cdot \text{m}^2$)

8: En un tanque sedimentador se tienen las siguientes condiciones:

$$Q_0 = \text{flujo de agua} = 300 \text{ lts}/\text{min}$$

SS_1 =sólidos suspendidos en el influente = 170 mg/L

SS_2 =sólidos suspendidos en el efluente = 45 mg/L

δ =densidad de los lodos=1.056 Kg/L

Porcentaje de sólidos secos en los lodos de sedimentación=3.5%

A partir de los datos proporcionados encuentre:

a: La cantidad de sólidos secos removidos en el sedimentador en Kg/día

b: El peso de lodos que se debe manejar en Kgs/día

c: El volumen de los lodos que se producen en L/día

9: Encuentre lo mismo que en el problema anterior, considerando los siguientes datos:

Q_0 =flujo de agua= 220 lts/seg

SS_1 =sólidos suspendidos en el influente = 215 mg/L

SS_2 =sólidos suspendidos en el efluente = 88 mg/L

δ =densidad de los lodos=1.025 Kg/L

Porcentaje de sólidos secos en los lodos de sedimentación=5.5%

10: Por pruebas de jarras se determina que los reactivos que mejor responden al tratamiento de remoción de sólidos suspendidos para un agua de proceso son:

Sulfato de aluminio: 35 grs/ mt^3

Soda ash: 70 grs/ mt^3

FLOC-A33: 1.5 grs/ mt^3

Se preparan estos reactivos para dosificarse en las siguientes concentraciones:

Sulfato de aluminio: 10%

Soda ash: 20%

FLOC-A33: 1.5 grs/Lto

Nota: el % es expresado como peso/volumen

Que cantidad en ml/min de cada uno de estos reactivos deberá agregarse al agua si en el proceso se tiene un flujo promedio de agua de 25 L/seg

11: Se desea construir una planta de tratamiento de agua que tendrá como suministro agua de una presa, la cual contiene 87 mg/L de sólidos suspendidos y se estima que en el sedimentador se tendrá una eficiencia en remoción de sólidos de un 80%.

El diseño del sedimentador es rectangular y sus dimensiones serán de 4 veces la longitud con relación al ancho del mismo.

El flujo de agua a tratar es de 20 lts/seg y el valor de diseño deberá estar aproximadamente dentro de los siguientes valores:

Θ_s =2.0 horas

Q/A =50 mts^3 /dia- mt^2

Flujo en canaletas=250 mts^3 /dia- mt

El coagulante se adicionará en línea y el floculante en un tanque cilíndrico y el tiempo de floculación será de 20 minutos aproximadamente.

En pruebas de jarras se ha determinado que el consumo de reactivos es el siguiente:

Cloruro de aluminio=15 mg/L

Floculante AZ-FLOC-202=2.0 mg/L

El cloruro de aluminio se agrega en solución al 20% y el floculante en solución al 2%.

a: Que dimensiones (largo, ancho y altura) deberá tener el tanque de sedimentación (en números cerrados).

b: Que longitud de canaletas se requiere?

c: Que volumen de tanque de floculación se requiere y que dimensiones deberá tener este tanque cilíndrico si la altura del tanque deberá ser de 2 metros?

d: Que volumen de solución de coagulante y floculante deberá agregarse en ml/min de acuerdo a la concentración con que se preparan las soluciones concentradas.

e: Cual es el volumen de lodos producidos en mts³/día si la densidad de estos es de 1.2 Kg/L y el % de sólidos es de 4.4%

Respuesta problema 1:

$$Q=150 \text{ L/seg}=9000 \text{ L/min}=540 \text{ mts}^3/\text{hra}=12,960 \text{ mts}^3/\text{día}$$

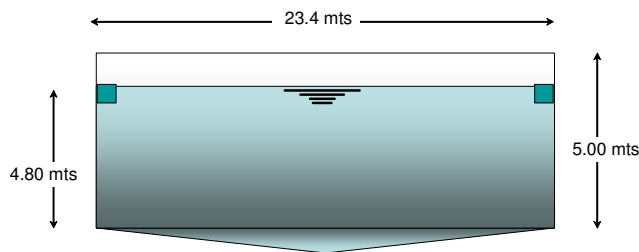
$$Q/A=30 \text{ mts}^3/\text{día}/\text{mt}^2 \text{ (parámetro de diseño)}$$

$$A=Q/30 \text{ mts}^3/\text{dis}/\text{mt}^2=12,960 \text{ mts}^3/\text{día}/30 \text{ mts}^3/\text{día}/\text{mt}^2=432 \text{ mts}^2$$

Para un sedimentador circular $A=\pi D^2/4$ y el diámetro es $D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$

Sustituyendo valores $D=23.4 \text{ mts}$

Como la altura del sedimentador es de 5 mts y la altura del espejo de agua es de 4.8 mts tenemos



V =Volumen del agua en el tanque sedimentador es de: $V=\pi D^2 h/4$ $V=2064 \text{ mts}^3$

θ que es el tiempo de residencia o el tiempo que el agua dura en el sedimentador es:

$Q=V/\theta$ y el tiempo de residencia es de: $\theta= V/Q=2064 \text{ mts}^3/540 \text{ mts}^3/\text{hra}=3.82 \text{ horas}$

Para un sedimentador cuadrado tenemos:

A el área requerida es de 432 mts^2

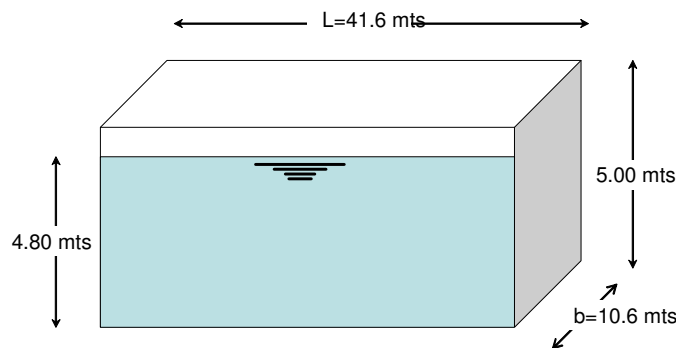
Como el largo debe ser aproximadamente 4 veces el ancho $L=4b$ entonces $A=L \times b=4b \times b$

$A=4b^2$ y despejando $b=10.4 \text{ mts}$ entonces $L=41.6 \text{ mts}$

El volumen de agua en el tanque es de $41.6 \text{ mts} \times 10.4 \text{ mts} \times 4.8 \text{ mts}=2077 \text{ mts}^3$

θ es el tiempo de residencia o el tiempo que el agua dura en el sedimentador es:

$Q=V/\theta$ y el tiempo de residencia es de: $\theta= V/Q=2077 \text{ mts}^3/540 \text{ mts}^3/\text{hra}=3.84 \text{ hora}$



Respuesta problema 3:

$$Q=5000 \text{ gal/min}=2725 \text{ mts}^3/\text{día}=113.5 \text{ mts}^3/\text{hra}$$

$$Q/A=40 \text{ mts}^3/\text{día}/\text{mt}^2 \text{ (parámetro de diseño)}$$

$A=Q/40 \text{ mts}^3/\text{dis}/\text{mt}^2=2725 \text{ mts}^3/\text{día}/40 \text{ mts}^3/\text{día}/\text{mt}^2=68.13 \text{ mts}^2$ El arfea requerida por cada sedimentador es la mitad ya que se instalaran dos unidades y el area por sedimentador es $A=34.1 \text{ mt}^2$

Para un sedimentador circular $A=\pi D^2/4$ y el diámetro es $D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$

Sustituyendo valores $D=6.58 \text{ mts}=21.6 \text{ fts}$

El mecanismo que escogemos es uno de 20 pies=6.1 mts Por lo que el diámetro del sedimentador es de 20 fts=6.1 mts

Como la altura del sedimentador es de 5 mts y la altura del espejo de agua es de 4.8 mts tenemos

$V=\text{Volumen del agua en el tanque sedimentador es de: } V=\pi D^2 h/4 \quad V=140.3 \text{ mts}^3$

θ , el tiempo de residencia o el tiempo que el agua dura en el sedimentador es el volumen del tanque entre el flujo de agua por unidad de sedimentación ($113.5/2=56.75 \text{ mts}^3/\text{hra}$):

$Q=V/\theta$ y el tiempo de residencia es de: $\theta=V/Q=140.3 \text{ mts}^3/56.75 \text{ mts}^3/\text{hra}=2.47 \text{ horas}$

Para un sedimentador cuadrado tenemos:

Si tenemos dos sedimentadores rectangulares, A el área requerida por cada sedimentador es de $A=34.1 \text{ mt}^2$

Como el largo debe ser aproximadamente 4 veces el ancho $L=4b$ entonces $A=L \times b=4b \times b$

$A=4b^2$ y despejando $b=2.92 \text{ mts}$ entonces $L=11.68 \text{ mts}$

Si redondeamos las medidas tenemos: ancho=3 mts Largo=12 mts

El volumen de agua en el tanque es de $3 \text{ mts} \times 12 \text{ mts} \times 4.8 \text{ mts}=172.8 \text{ mts}^3$

θ el tiempo de residencia o el tiempo que el agua dura en el sedimentador es:

$Q=V/\theta$ y el tiempo de residencia es de: $\theta=V/Q=172.8 \text{ mts}^3/56.75 \text{ mts}^3/\text{hra}=3.04 \text{ horas}$

Respuesta problema 5:

$Q=2000 \text{ mts}^3/\text{dia}=83.33 \text{ mts}^3/\text{hra}$

$Q/A=40 \text{ mts}^3/\text{dia}/\text{mt}^2$ (parámetro de diseño)

$A=Q/40 \text{ mts}^3/\text{dis}/\text{mt}^2=2000 \text{ mts}^3/\text{dia}/40 \text{ mts}^3/\text{dia}/\text{mt}^2=50 \text{ mts}^2$

Para un sedimentador circular $A=\pi D^2/4$ y el diámetro es $D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$

Sustituyendo valores $D=7.98 \text{ mts}=26.2 \text{ fts}$

El mecanismo que escogemos es uno de 20 pies=6.1 mts Por lo que el diámetro del sedimentador es de 20 fts=6.1 mts

Como la altura del sedimentador es de 5 mts y la altura del espejo de agua es de 4.8 mts tenemos

$V=\text{Volumen del agua en el tanque sedimentador es de: } V=\pi D^2 h/4 \quad V=140.3 \text{ mts}^3$

θ es el tiempo de residencia o el tiempo que el agua dura en el sedimentador es:

$Q=V/\theta$ y el tiempo de residencia es de: $\theta=V/Q=140.3 \text{ mts}^3/83.3 \text{ mts}^3/\text{hra}=1.68 \text{ horas}$

Para un sedimentador cuadrado tenemos:

A el área requerida es de 50 mts^2

Como el largo debe ser aproximadamente 4 veces el ancho $L=4b$ entonces $A=L \times b=4b \times b$

$A=4b^2$ y despejando $b=3.53 \text{ mts}$ entonces $L=14.1 \text{ mts}$

Si redondeamos las medidas tenemos: ancho=4 mts Largo=14 mts

El volumen de agua en el tanque es de $4 \text{ mts} \times 14 \text{ mts} \times 4.8 \text{ mts}=268.8 \text{ mts}^3$

θ es el tiempo de residencia o el tiempo que el agua dura en el sedimentador es:

$Q=V/\theta$ y el tiempo de residencia es de: $\theta=V/Q=268.8 \text{ mts}^3/83.3 \text{ mts}^3/\text{hra}=3.22 \text{ horas}$.

Respuesta problema 8:

De acuerdo a los datos tenemos:

$(3.5 \text{ Kg SS/Kg de lodos})(1.056 \text{ Kg Lodos/L})=0.03696 \text{ Kg SS/L}=36.96 \text{ grs SS/L}=63,960 \text{ mg SS/L}$

Y entonces la concentración de sólidos en el sedimentador es: $36,960 \text{ mg/L}$

Efectuando un balance de masa (sólidos) en el sedimentador tenemos: Base de cálculo 1 minuto

$Q_i=300 \text{ L}$

$$Q_1(SS_1) = Q_2(SS_2) + Q_3(SS_3) \quad (1)$$

$$300 \text{ L}(170 \text{ mg/L}) = Q_2(45 \text{ mg/L}) + Q_3(36960 \text{ mg/L}) \text{ También } Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$300 = Q_2 + Q_3 \quad (2)$$

Haciendo ecuaciones simultaneas con (1) y (2)

$$Q_1 = 300 \text{ L} \quad Q_2 = 298.98 \text{ L} \quad Q_3 = 1.016 \text{ L} \text{ este flujo es considerando un minuto. Para las 24 horas el flujo es:}$$

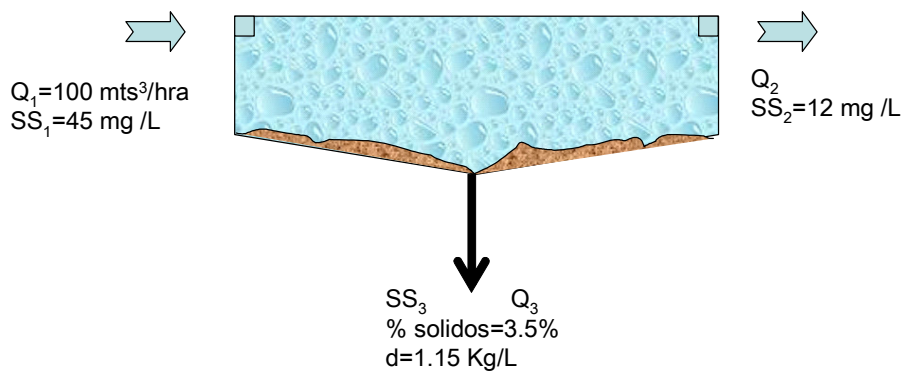
$$Q_1 = 432 \text{ mts}^3/\text{día} \quad Q_2 = 430.5 \text{ mts}^3/\text{día} \quad Q_3 = 1.463 \text{ mts}^3/\text{día}$$

a: Sólidos secos removidos en el sedimentador por día:
 (1463 lts de lodo/día)(1.063 Kg/lts de lodo)=1545 Kg de lodos/día(3.5 Kg SS/100 Kg de lodos)=54.07 Kgs de sólidos secos por día.

b: peso de lodos extraídos por día=1545 Kg/día

c: Volumen de lodos extraídos por día=1463 L/día

Respuesta problema 10:



Solidos en lodo:

$$(3.5 \text{ Kg Solido Seco}/100 \text{ Kg de lodos})(1.15 \text{ Kg lodos}/\text{Lto de lodos})$$

$$= 0.04025 \text{ Kg Solido Seco}/\text{Lto} = 40.25 \text{ grs. Solido Seco}/\text{Lto}$$

$$= 40250 \text{ grs. Solido Seco}/\text{mt}^3$$

Balance de solidos:

$$(SS_1)Q_1 = (SS_2)Q_2 + (SS_3)Q_3$$

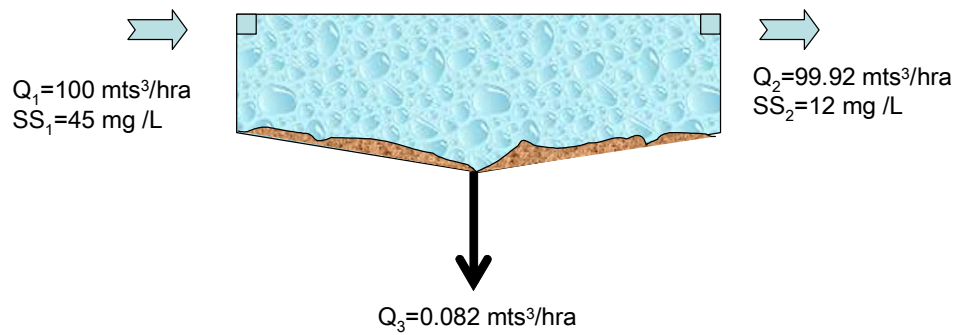
$$(45 \text{ gr}/\text{mt}^3)(100 \text{ mts}^3/\text{hra}) = (12 \text{ gr}/\text{mt}^3)(Q_2) + 40250 \text{ gr}/\text{mt}^3(Q_3)$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Resolviendo las dos ecuaciones simultaneas: $Q_2 = 100 - Q_3$

$$4500 = 12(100 - Q_3) + 40250(Q_3)$$

$$Q_3 = 0.082 \text{ mts}^3/\text{hra} \quad Q_2 = 99.92 \text{ mts}^3/\text{hra}$$



Eficiencia en remocion de solidos: $(45-12)100/45=73.3\%$
 $Q=100 \text{ mts}^3/\text{hra}=2400 \text{ mts}^3/\text{dia}$
 $D=\text{diametro}=30 \text{ pies}=9.14 \text{ mts}$
 $A=\text{area}=65.67 \text{ mts}^2$
 $h=\text{altura}=3 \text{ mts}$
 $V=\text{Volumen}=197 \text{ mts}^3$
 $Q/A=2400/65.67=36.54 \text{ mts}^3/\text{dia}-\text{mt}^2$
 $\Theta_r=\text{tiempo de retencion}=197/2400=0.082 \text{ dias}=1.97 \text{ horas}$
 Longitud minima de canaletas= $2400/250=9.6 \text{ mts}$

CAPITULO 4: FILTRACIÓN EN MEDIOS GRANULARES

NOTA. Excepto que se indique lo contrario, considere los precios y las características de los equipos descritos en la tabla I.

Tabla I: Características y precios de filtros cerrados de un fabricante.

MODELO	DIÁMETRO (PIES)	ÁREA (PIES CUADRADOS)	COSTO (DÓLARES)
SF-3530	3.5	9.6	\$1,450
SF-4030	4.0	12.6	\$1,900
SF-4540	4.5	15.9	\$2,300
SF-5540	5.5	23.8	\$3,300
SF-6040	6.0	28.3	\$3,700
SF-6540	6.5	33.2	\$4,200
SF-7040	7.0	38.5	\$4,750
SF-7540	7.5	44.2	\$5,300
SF-8040	8.0	50.3	\$6,000

1: a: Cual deberá ser el área de filtración que se requiere para filtrar 250,000 litros de agua por día. Considere un filtro de gravedad y un filtro de cerrado o filtro a presión. Para fines de diseño, la relación Q/A para el filtro abierto es de 6 lts/min-mt² y para el filtro cerrado es de 100 lts/min-mt²

b: Si selecciona un filtro de la tabla I, cuál sería el adecuado considerando que la relación Q/A debe ser lo mas cercano al valor de diseño (100 lts/min-mt²), pero menor a este valor.

2: En una comunidad rural se proyecta construir un filtro de arena, para lo cual se considera un flujo de 200 litros por día por habitante. El número de personas en la comunidad es de 375.

a: Con base en esta información obtenga las características de diseño para un sistema de este tipo, en las dos opciones: filtración rápida y filtración lenta. Para fines de diseño, la relación Q/A para el filtro abierto es de 6 lts/min-mt² y para el filtro cerrado es de 100 lts/min-mt²

b: Si selecciona un filtro de la tabla I, cuál sería el adecuado considerando que la relación Q/A debe ser lo mas cercano al valor de diseño (100 lts/min-mt²), pero menor a este valor.

3: Una empresa productora de lácteos desea construir un filtro de arena para un pretratamiento al agua que se emplea en el proceso industrial. El consumo de agua de esta empresa es de 12 lts/seg.

a: Estime el número de unidades de filtración en filtros rápidos, así como el área necesaria para filtros lentos o de gravedad. Para fines de diseño, la relación Q/A para el filtro abierto es de 6 lts/min-mt² y para el filtro cerrado es de 100 lts/min-mt²

b: Si selecciona uno ó mas filtros de la tabla I, cuál sería la mejor opción considerando que la relación Q/A debe ser lo mas cercano al valor de diseño (100 lts/min-mt²), pero menor a este valor, y que los filtros seleccionados deberán ser del mismo modelo.

4. Un club de golf requiere de 1 litro por segundo de agua, por cada hectárea de área de riego. El total del campo es de 25 hectáreas. Para este fin empleará aguas residuales tratadas, pero que deberá filtrar previamente antes de enviar a los aspersores de riego, para evitar el taponamiento de las espreas del sistema de riego.

Considerando que usted representa al proveedor de equipo de filtración y tiene filtros de: 1.0, 1.5 y 2.0 metros de diámetro, ¿qué opciones le presentaría al representante del club de golf?. Considere un factor de diseño de 100 lts/min-mt²

5: La unidad deportiva de una ciudad tiene un área de 20 hectáreas de jardines.

La experiencia indica que el agua que se requiere para riego de áreas de este tipo, es de 1 litro por segundo de agua por cada hectárea de jardines a regar.

Considerando esta información y tomando como referencia que para este tipo de filtros cerrados se requiere tener una relación Q/A de aproximadamente 100 lts/min-mt^2 , encuentre el área de filtración y el menor costo en la combinación de uno o más filtros de la tabla que se presenta al inicio de la sección de problemas (de un solo modelo), que sirvan para este propósito, tomando en cuenta además las siguientes restricciones:

- ➔ Al seleccionar el o los filtros requeridos deberá considerarse el menor precio en la opción seleccionada.
- ➔ En la opción que se considere mas favorable también deberá cumplirse el requisito de tener una relación Q/A igual o menor a 100 lts/min-mt^2

6: En la limpieza de albercas se tiene como parámetro de diseño una relación $Q/A=40 \text{ gal/min-ft}^2$. Una alberca tiene las siguientes dimensiones: largo: 25 mts.; ancho: 12 mts; profundidad media: 1.5 mts. Para que el agua se encuentre limpia y cristalina se recomienda que continuamente fluya toda el agua contenida en la alberca durante ocho horas, o en otras palabras, que durante 24 horas en promedio toda el agua contenida en la alberca pase tres veces por el filtro.

En función de los datos presentados, que filtro o filtros recomendaría para esta alberca. Considere las dimensiones de los filtros en la tabla I al principio de la sección de problemas.

Respuesta problema 1:

a: $Q/A=6 \text{ lts/min-mt}^2$ $Q=250,000 \text{ lts/dia}=10,417 \text{ lts/hra}=173.6 \text{ lts/min}$

$A=173.6 \text{ LPM}/6 \text{ LPM/mt}^2 = 28.3 \text{ mt}^2$

b: Filtro cerrado $Q/A=100 \text{ LPM/mt}^2$

$A=173.6 \text{ LPM}/100 \text{ LPM/mt}^2 = 1.74 \text{ mt}^2 = 18.69 \text{ ft}^2$

La selección es el filtro SF-5540 con $28.3 \text{ ft}^2 = 2.21 \text{ mt}^2$ de área de filtración y calculando nuevamente $Q/A=173.6 \text{ LPM}/2.21 \text{ mt}^2 = 78.5 \text{ LPM/mt}^2$

Respuesta problema 2:

a: Filtro abierto $Q/A=6 \text{ lts/min-mt}^2$ $Q=75,000 \text{ lts/dia}=52.1 \text{ lts/min}$

$A=52.1 \text{ LPM}/6 \text{ LPM/mt}^2 = 8.68 \text{ mt}^2$

b: Filtro cerrado $Q/A=100 \text{ LPM/mt}^2$

$A=52.1 \text{ LPM}/100 \text{ LPM/mt}^2 = 0.521 \text{ mt}^2 = 5.6 \text{ ft}^2$

La selección es el filtro SF-3530 con $9.6 \text{ ft}^2 = 0.891 \text{ mt}^2$ de área de filtración y calculando nuevamente $Q/A=52.1 \text{ LPM}/0.891 \text{ mt}^2 = 58.4 \text{ LPM/mt}^2$ (menor que 100 LPM/mt^2)

Respuesta problema 3:

a: Filtro abierto $Q/A=6 \text{ lts/min-mt}^2$ $Q=12 \text{ lts/seg}=720 \text{ lts/min}$

$A=720 \text{ LPM}/6 \text{ LPM/mt}^2 = 120 \text{ mt}^2$

b: Filtro cerrado $Q/A=100 \text{ LPM/mt}^2$

$A=720 \text{ LPM}/100 \text{ LPM/mt}^2 = 7.2 \text{ mt}^2 = 77.5 \text{ ft}^2$

La combinación mas cercana a este valor serian 3 filtros SF-5040 con un area de filtración en cada filtro de 28.3 ft^2 y un area de filtración total de $84.9 \text{ ft}^2 = 7.89 \text{ mt}^2$ de área de filtración y calculando nuevamente $Q/A=720 \text{ LPM}/7.89 \text{ mt}^2 = 91.3 \text{ LPM/mt}^2$

Respuesta problema 4:

Filtro cerrado $Q=25 \text{ lts/seg}=1500 \text{ lts/min}$ $Q/A=100 \text{ LPM/mt}^2$

$A=1500 \text{ LPM}/100 \text{ LPM/mt}^2 = 15 \text{ mt}^2$

De la tabla de filtros tenemos:

<i>Diámetro (mts)</i>	<i>Area (mts²)</i>	<i>Filtros necesarios (*) A_r/A_f</i>
1	0.78	19.2 ≅ 20
1.5	1.77	8.5 ≅ 9
2.0	3.14	4.8 ≅ 5

(*) A_f= Area del filtro

A_r= Area requerida

Entonces las opciones son: 20 filtros de 1.0 mts, 9 filtros de 1.5 mts o 5 filtros de 2 mts.

Respuesta problema 5:

$Q=20 \text{ lts/seg}=1200 \text{ lts/min}$ $Q/A=100 \text{ LPM/mt}^2$
 $A=1200 \text{ LPM}/100 \text{ LPM/mt}^2 = 12 \text{ mt}^2 = 129.2 \text{ ft}^2$

Considerando todos los filtros en sus diferentes modelos y el numero de filtros necesarios para los requerimientos de un flujo menor de 100 LPM/mt² y con filtros del mismo modelo, la opción mas barata es escoger tres filtros SF-7540 y el área de filtración quedaría:

Área total de filtración = 3×44.2=132.6 ft²=12.31 mt²

$Q/A=1200 \text{ LPM}/ 12.31 \text{ mt}^2 = 97.4 \text{ LPM/mt}^2$

<i>Modelo</i>	<i>Area (ft²)</i>	<i>No. de filtros (*) A_r/A_f</i>	<i>Costo Unitario</i>	<i>Costo Total</i>
SF-3530	9.6	13.5 ≅ 14	\$1450	\$20,300
SF-4030	12.6	10.3 ≅ 11	\$1900	\$20,900
SF-4540	15.9	8.2 ≅ 9	\$2300	\$20,700
SF-5540	23.8	5.4 ≅ 6	\$3300	\$19,800
SF-6040	28.3	4.6 ≅ 5	\$3700	\$18,500
SF-6540	33.2	3.9 ≅ 4	\$4200	\$16,800
SF-7040	38.5	3.4 ≅ 4	\$4750	\$19,000
<i>SF-7540</i>	<i>44.2</i>	<i>2.9 ≅ 3</i>	<i>\$5300</i>	<i>\$15,900</i>
SF-8040	50.3	2.6 ≅ 3	\$6000	\$18,000

(*) A_f= Area del filtro

A_r= Area requerida

Respuesta problema 6:

$Q/A=40 \text{ gal/min-ft}^2=1630 \text{ lts/min-mt}^2$

Volumen de la alberca = 25×12×1.5=450 mts³ $Q=3 \times 450 \text{ mt}^3=1350 \text{ mts}^3/\text{dia}=937.5 \text{ LPM}$

$A=937.5 \text{ LPM}/1630 \text{ LPM/mt}^2 = 0.575 \text{ mt}^2 = 6.2 \text{ ft}^2$

Por lo que con un filtro SF-3530 con un área de 9.6 ft²=0.891 mt² sería suficiente

$Q/A= 937.5 \text{ LPM}/0.891 \text{ mt}^2 = 1051 \text{ LPM/mt}^2$ menor que 1630 LPM/mt² que es valor de diseño.

CAPITULO 6: CARBÓN ACTIVADO

1: De acuerdo a los datos de prueba de un carbón al cual se le desea determinar su capacidad adsortiva, para remover un contaminante cuya concentración en el líquido es de 148 $\mu\text{g/lto}$ se tienen los siguientes resultados

	<i>grs de carbón/200 ml.</i>	<i>residual $\mu\text{g/lto}$</i>
Prueba 1	0	148
Prueba 2	0.1	80
Prueba 3	0.20	45
Prueba 4	0.30	25
Prueba 5	0.20	13

Grafique M, la dosis de carbón/lto de solución contra concentración residual de la impureza y determine que dosis de carbón se requiere para tener un máximo residual de 30 $\mu\text{g/lto}$

2: De acuerdo a los datos de prueba de un carbón al cual se le desea determinar su capacidad adsortiva, para remover un contaminante cuya concentración en el líquido es de 300 ppm se tienen los siguientes resultados

	<i>grs de carbón/200 ml.</i>	<i>residual ppm</i>
Prueba 1	0	300
Prueba 2	1	120
Prueba 3	2	53
Prueba 4	3	45
Prueba 5	4	40

Grafique M, la dosis de carbón/lto de solución contra concentración residual de la impureza y determine que dosis de carbón se requiere para tener un máximo residual de 15 ppm.

3: De acuerdo a los datos de prueba de un carbón al cual se le desea determinar su capacidad adsortiva, para remover un contaminante cuya concentración en el líquido es de 2.9 ppm se tienen los siguientes resultados

	<i>grs de carbón/200 ml.</i>	<i>residual ppm</i>
Prueba 1	0	2.9
Prueba 2	0.5	1.2
Prueba 3	1.0	1.0
Prueba 4	1.5	0.85
Prueba 5	2.0	0.60

Grafique M, la dosis de carbón/lto de solución contra concentración residual de la impureza y determine que dosis de carbón se requiere para tener un máximo residual de 0.80 ppm.

4: Se ha determinado en pruebas piloto que se requiere de 1.5 grs de carbón por cada litro de agua a tratar, para remover una impureza desde 15 hasta menos de 1.0 ppb. El tiempo de contacto estimado es de no menos de 5 minutos para una remoción efectiva.

- a: Que cantidad de carbón se requiere para tratar 100,000 lts/día de agua con estas características.
b: Cuales deberán ser las dimensiones aproximadas de un tanque que contenga el carbón requerido.
c: Cual será el tiempo de contacto dado el diseño y el volumen de agua a tratar.

Considere lo siguiente para estimar las dimensiones del tanque:

Relación Aproximada altura:diámetro=3:1

Volumen del carbón 60-80% del volumen del tanque

Relación Gasto/Area=100 lts/min-mt²

5: Determine lo mismo que en el problema 4 anterior, considerando lo siguiente:

Cantidad de carbón que se requiere para disminuir la concentración desde el valor inicial hasta un valor mínimo deseable: 0.80 grs de carbón/lto de agua a tratar.

Tiempo de contacto mínimo requerido: 2 minutos

Volumen de agua a tratar: 250 mts³/día

Considere lo siguiente para estimar las dimensiones del tanque:

Relación Aproximada altura:diámetro=3:1

Volumen del carbón 60-80% del volumen del tanque

Relación Gasto/Area=100 lts/min-mt²

CAPITULO 7: RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO

NOTA: Para la solución de éstos problemas, y cuando no se indique otra cosa, considere lo siguiente:

La capacidad de la resina es de 50 grs. de CaCO_3 /lto de resina.

La cantidad de sal empleada en la regeneración es de 150 gramos de sal/lto de resina.

El ciclo de regeneración es de 24 hrs.

El equipo disponible a seleccionar es el que se describe en las hojas del apéndice, de un catalogo de equipos de ablandamiento de aguas

1 gramo=1 grs.=15.42 granos

1: a).- Cuál será la capacidad de tratamiento de un sistema que contiene 15 pies cúbicos de resina, la cual por pruebas efectuadas se sabe que tiene una capacidad de 26,000 granos por pié cúbico. (59.6 grs CaCO_3 /lto y la capacidad total es de 25,300 grs CaCO_3)

b).- Que volumen de agua con una dureza de 250 ppm de CaCO_3 , será posible tratar con esta resina. (101.2 mts³)

c).- Que volumen de salmuera al 8% se requiere para regenerar la resina. (63.67 Kg de NaCl; 796 lts de Solución al 8 % de NaCl)

2: Se proyecta instalar un sistema de tratamiento para ablandamiento de agua para una caldera.

La dureza del agua es de 375 ppm como CaCO_3 y se desea regenerar la resina cada 24 hrs. Se requiere de un volumen de 25,000 litros de agua cada día para alimentar a las calderas.

a).- Que volumen de resinas se requiere para darle tratamiento al agua. (187.5 lts)

b).- Que equipo sería el requerido de acuerdo a la información del catalogo.

c).- Que cantidad de sal se requiere para regenerar la resina a un régimen de 150 grs de sal/lto de resina. (28.1 Kgs de NaCl)

d).- Que volumen de solución del salmuera al 10% deberá inyectarse para la regeneración. (281 lts de salmuera al 10%)

3: Considere lo mismo que en el problema anterior, solo que el Gasto es de 250 litros por minuto y la dureza de 210 ppm de CaCO_3 .

4: Igual que el problema 2, para un Gasto de 30,000 litros diarios para un agua que contiene una dureza de 650 ppm de CaCO_3 .

5: Para determinar la capacidad de intercambio de una resina se coloca un volumen de ésta en una columna y se hace pasar a través de ella una solución de dureza conocida, midiéndose la dureza del agua antes y después del paso por la resina.

Un volumen de 50 ml de resina se coloca en la columna y se pasa un volumen de 200 ml de la solución de dureza, la cual tiene un valor inicial de 15,250 ppm de CaCO_3 y después del contacto en la columna la dureza de la solución es de 1,873 ppm. Encuentre:

a).- La cantidad en gramos de dureza como carbonato de calcio que fue retenido por los 50 ml de resina. (2.675 grs. de dureza como CaCO_3)

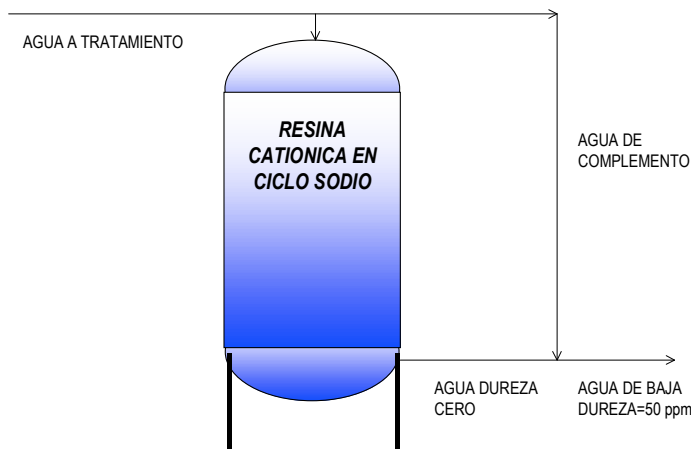
b).- La capacidad de la resina en grs. de CaCO_3 /lto de resina (53.5 grs de CaCO_3 /lto)

c).- La capacidad de la resina en granos. de CaCO_3 / pie cúbico de resina (23346 granos de CaCO_3 /ft³)

6: Un sistema de enfriamiento requiere de agua de una dureza de 50 ppm promedio, para lo cual se pretende darle ablandamiento total en un sistema de resinas y posteriormente mezclar agua cruda con el agua tratada, tal y como se indica en el diagrama.

Si el flujo de agua que se desea tener como producto es de 35 galones por minuto y la dureza esperada en el agua a tratar es de 28.8 granos por galón, encuentre:

- a).- El volumen de resina que se requiere para el tratamiento, suponiendo un ciclo de regeneración de 24 hrs.
 b).- El flujo de agua que debe pasar por la resina y el flujo de agua del complemento para tener la dureza de 50 ppm promedio.



7: Un agua tiene un contenido de 580 ppm de sólidos disueltos, esto expresado como ppm de CaCO_3 . Que cantidad de resina catiónica y aniónica se requerirá para desmineralizar un flujo de 250 litros/min de agua, considerando que las resinas deberán regenerarse cada 24 horas. Las resinas que se emplearán tienen características similares a las de la Tabla III. (Cationica=2320 lts; Aniónica=4176 lts)

8: Considere una muestra de agua que da el siguiente análisis.

CATIONES	mg/lto o ppm	epm	ppm como CaCO_3
Ca^{+2}	315	5.7	
Mg^{+2}	20	2.4	
Na^+	15	0.5	
K^+	8	0.24	
SUMAS			
ANIONES			
HCO_3^-	530	4.7	
Cl^-	210	1.24	
SO_4^{-2}	170	2.5	
NO_3^-	23	(*)	
SUMAS			

(*) Lo que resta para sumas iguales.

Si se deben desmineralizar 20 lts/min de agua con estas características, que cantidad de resina catiónica y que cantidad de resina aniónica se requiere para este propósito.

9: Se desea preparar un lecho mixto o mezclado de resinas catiónicas y aniónicas. Las resinas tienen características similares a las presentadas en la Tabla III. Si el volumen de resina mixta que se desea preparar es de 50 pies cúbicos.

- a).- Que volumen de resina catiónica y que volumen de resina aniónica deberá mezclarse para que la capacidad de ambas resinas sea equivalente.
 b).- Cual será la capacidad de intercambio en epm (o milequivalentes por litro, meq/L) y ppm como CaCO_3 de éste volumen de resina preparado.

10: Que volumen de agua se podrá tratar en un sistema de resinas intercambiadoras que contiene resinas mixtas catiónica/aniónica, en una relación de 1.8 litros de resina aniónica por cada litro de resina catiónica, lo cual proporciona capacidades equivalentes, considerando que estas resinas son similares a las presentadas en la Tabla III

El volumen total de resina es de 10 litros. Los cartuchos de resina se cambiarán cuando se haya alcanzado un 70% del grado máximo de saturación. Considere que el agua a tratar tiene una composición de:

- a).- 330 ppm como CaCO_3
 a).- 15 ppm como CaCO_3

Respuesta problema 1:

$V=15 \text{ fts}^3 = 424.5 \text{ lts.}$

a: capacidad= $26,000 \text{ granos/ft}^3 = 59.6 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{lto de resina}$

La capacidad total de la resina es: $59.6 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{lto de resina} \times 424.5 \text{ lts}=25,292 \text{ grs } \text{CaCO}_3$

b: cantidad de agua que puede procesarse en esta resina en cada ciclo:

dureza del agua = $250 \text{ mg } \text{CaCO}_3/\text{L}=250 \text{ grs/mt}^3$

Agua a procesar: $25,292 \text{ grs } \text{CaCO}_3/250 \text{ grs } \text{CaCO}_3/\text{mt}^3 = 101.1 \text{ mts}^3 \text{ de agua}$

c: salmuera necesaria: $150 \text{ grs } \text{NaCl}/\text{lto de resina} \times 424.5 \text{ lts}=63,675 \text{ grs}=63.68 \text{ Kgs de sal.}$

$63.68 \text{ Kg } \text{NaCl} \times [100 \text{ Kg de salmuera } /8 \text{ Kg } \text{NaCl}]=796 \text{ Kgs de salmuera al } 8\% \approx 796 \text{ lts de salmuera al } 8\%$

Respuesta problema 3:

$Q= 250 \text{ lts/min} = 360 \text{ mts}^3/\text{dia}$ dureza= $210 \text{ mgs } \text{CaCO}_3/\text{L}= 210 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{mt}^3$

a: capacidad de la resina = $50 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{lto de resina}$

dureza a remover por ciclo: $360 \text{ mts}^3/\text{dia} \times 210 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{mt}^3 = 75,600 \text{ grs } \text{CaCO}_3$

cantidad de resina necesaria: $75,600 \text{ grs } \text{CaCO}_3/50 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{lto de resina} = 1,512 \text{ lts de resina} = 53.4 \text{ fts}^3$

b: El equipo mas adecuado de acuerdo a la información proporcionada en las hojas de catálogo son dos equipos con 30 pies cúbicos de resina cada uno para un total de 60 fts^3 que es lo recomendable.

c: salmuera necesaria: Vol. de resina= $30 \text{ fts}^3 = 1698 \text{ lts}$

$150 \text{ grs } \text{NaCl}/\text{lto de resina} \times 1698 \text{ lts}=254,700 \text{ grs}=254.7 \text{ Kgs de sal.}$

d: $254.7 \text{ Kg } \text{NaCl} \times [100 \text{ Kg de salmuera } /10 \text{ Kg } \text{NaCl}]=2547 \text{ Kgs de salmuera al } 8\% \approx 2547 \text{ lts de salmuera al } 10\%$

Respuesta problema 5:

Vol de solución = 200 ml.

dureza agua cruda= $15250 \text{ mgs } \text{CaCO}_3/\text{L}$ dureza agua tratada= $1873 \text{ mgs } \text{CaCO}_3/\text{L}$

dureza removida= $15250 \text{ mgs } \text{CaCO}_3/\text{L} - 1873 \text{ mgs } \text{CaCO}_3/\text{L}=13377 \text{ mg de } \text{CaCO}_3/\text{L}$

a: cantidad total de CaCO_3 removido= $13377 \text{ mg de } \text{CaCO}_3/\text{L} \times 0.2 \text{ lts}=2675.4 \text{ mg de } \text{CaCO}_3$

la resina empleada fueron $50 \text{ ml}=0.05 \text{ lts}$ entonces la capacidad de la resina por litro es:

b: capacidad de la resina = $2.6754 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/0.05 \text{ lts}=53.5 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{lto de resina}$

c: la capacidad en granos/ ft^3 $1 \text{ft}^3 = 28.3 \text{ lts}$ $1 \text{ gramo}=15.42 \text{ granos}$

$\text{granos/ft}^3 = 23,346 \text{ granos/ft}^3$

Respuesta problema 7:

$$Q = 250 \text{ lts/min} = 360 \text{ mts}^3/\text{dia}$$

a: capacidad de la resina catiónica en ciclo hidrógeno=90 grs de CaCO_3 /lto de resina

capacidad de la resina catiónica en ciclo hidroxilo=50 grs de CaCO_3 /lto de resina

sólidos totales disueltos en el agua: STD=580 mg de CaCO_3 /lto=580 grs de $\text{CaCO}_3/\text{mt}^3$

STD a remover por ciclo: $360 \text{ mts}^3/\text{dia} \times 580 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{mt}^3 = 208,800 \text{ grs } \text{CaCO}_3$

cantidad de resina catiónica necesaria:

$$208,800 \text{ grs } \text{CaCO}_3 / 90 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{lto de resina} = 2320 \text{ lts}$$

cantidad de resina aniónica necesaria:

$$208,800 \text{ grs } \text{CaCO}_3 / 50 \text{ grs de } \text{CaCO}_3/\text{lto de resina} = 4176 \text{ lts}$$

Relación entre resina catiónica y aniónica $4176 \text{ lts} / 2320 \text{ lts} = 1.8$

Respuesta problema 9:

$$\text{Resina mixta} = 50 \text{ ft}^3 = 1415 \text{ lts}$$

$$\text{Resina catiónica} = X$$

$$\text{Resina aniónica} = 1.8X$$

$$X + 1.8X = 1415 \quad X = 1415 / 2.8 = 505.3 \text{ lts}$$

$$\text{Resina catiónica} = 505.3 \text{ lts}$$

$$\text{Resina aniónica} = 1.8(505.3) = 909.6 \text{ lts}$$

$$\text{Total} = 1414.9 \text{ lts}$$

capacidad total de intercambio de la resina catiónica en ciclo hidrógeno=90 grs de CaCO_3 /lto de resina \times 505.3 lts=45,482 grs CaCO_3

capacidad total de intercambio de la resina aniónica en ciclo hidroxilo=50 grs de CaCO_3 /lto de resina \times 909.6 lts=45,480 grs CaCO_3

En conclusión, la resina mixta tiene una capacidad total de intercambio de sólidos totales disueltos STD=45,480 grs CaCO_3

CAPITULO 8: CAL SODA ASH

1: Encuentre la cantidad de cal y de bicarbonato de sodio que se requiere para precipitar el calcio como carbonato de calcio CaCO_3 y el magnesio como hidróxido de magnesio $\text{Mg}(\text{OH})_2$ de un agua que tiene la siguiente composición:

Ca = 320 mg/L

Mg = 30 mg/L

HCO_3^- = 290 mg/L

Compruebe sus resultados efectuando un balance de materia.

2: Encuentre la cantidad de cal y de bicarbonato de sodio que se requiere para precipitar el calcio como carbonato de calcio CaCO_3 y el magnesio como hidróxido de magnesio $\text{Mg}(\text{OH})_2$ de un agua que tiene la siguiente composición:

Ca = 180 mg/L

Mg = 33 mg/L

HCO_3^- = 135 mg/L

Compruebe sus resultados efectuando un balance de materia.

3: Encuentre la cantidad de cal y de bicarbonato de sodio que se requiere para precipitar el calcio como carbonato de calcio CaCO_3 y el magnesio como hidróxido de magnesio $\text{Mg}(\text{OH})_2$ de un agua que tiene la composición mostrada en la siguiente tabla:

<i>CATIONES</i>	<i>mg/lto o ppm</i>	<i>epm</i>	<i>ppm como CaCO_3</i>
Ca^{+2}			540
Mg^{+2}			220
Na^+			25
K^+			12
SUMAS			
<i>ANIONES</i>			
HCO_3^-			410
Cl^-			235
SO_4^{-2}			125
NO_3^-			(*)
SUMAS			

(*) Lo que resta para la electroneutralidad

Respuesta problema 1:

Análisis del agua	<i>mg/L</i>	<i>epm</i>	<i>ppm CaCO_3</i>	<i>moles</i>	<i>grs</i>
Ca	320.00	16.00	800.00	8.00	320.00
Mg	30.00	2.47	123.46	1.23	30.00
HCO_3^-	290.00	4.75	238.70	4.75	290.00
				250	640
Ca(OH) ₂ necesario	<i>moles</i>	<i>grs</i>			
Ca	8.00				
Mg	2.47				
Suma	10.47	774.72			

HCO ₃ necesario			
Ca		16.00	
Mg		2.47	
Suma		18.47	1126.62

CaCO ₃ producido			
Ca		16.00	
Mg		2.47	
Suma		18.47	1846.91

H ₂ O producido			
Ca		16.00	
Mg		2.47	
Suma		18.47	332.44

Mg(OH) ₂ producido			
Mg		1.23	71.98

HCO ₃ a agregar=NaHCO ₃ a agregar			
		13.72	
HCO ₃		13.72	836.62
Na		13.72	315.45
			1152.06

	Ca	Mg	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	HCO ₃	
ENTRADAS	8.00	1.23	10.47	13.72	4.75	
Moles	320.00	30.00	774.72	1152.06	290.00	
Grs					Suma grs.	2566.78

	CaCO ₃	Mg(OH) ₂	H ₂ O	Na		
SALIDAS	18.47	1.23	18.47	13.72		
Moles	1846.91	71.98	332.44	315.45		
Grs					Suma grs.	2566.78

Respuesta problema 2:

Análisis del agua	<i>mg/L</i>	<i>epm</i>	<i>ppm</i> <i>CaCO₃</i>	<i>moles</i>	<i>grs</i>
Ca	180.00	9.00	450.00	4.50	180.00
Mg	33.00	2.72	135.80	1.36	33.00
HCO ₃	135.00	2.21	110.66	2.21	135.00
				250	348
Ca(OH) ₂ necesario	<i>moles</i>	<i>grs</i>			
Ca	4.50				
Mg	2.72				

	Suma	8.22	533.99			
HCO ₃ necesario						
	Ca	9.00				
	Mg	2.72				
	Suma	11.72	714.68			
CaCO ₃ producido						
	Ca	9.00				
	Mg	2.72				
	Suma	11.72	1171.60			
H ₂ O producido						
	Ca	9.00				
	Mg	2.72				
	Suma	11.72	210.89			
Mg(OH) ₂ producido						
	Mg	1.36	79.17			
HCO ₃ a agregar=NaHCO ₃ a agregar						
		9.50				
	HCO ₃	9.50	579.68			
	Na	9.50	218.57			
			798.25			
ENTRADAS						
		Ca	Mg	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	HCO ₃
	Moles	4.50	1.36	8.22	9.50	2.21
	Grs	180.00	33.00	533.99	798.25	135.00
						Suma
						grs. 1680.23
SALIDAS						
		CaCO ₃	Mg(OH) ₂	H ₂ O	Na	
	Moles	11.72	1.36	11.72	9.50	
	Grs	1171.60	79.17	210.89	218.57	
						Suma
						grs. 1680.23

Respuesta problema 3:

La tabla completa del análisis de agua es la siguiente:

<i>CATIONES</i>	<i>mg/lto o ppm</i>	<i>epm</i>	<i>ppm como CaCO3</i>
Ca ⁺²	216	10.80	540.00
Mg ⁺²	53.46	4.40	220.00
Na ⁺	11.5	0.50	25.00
K ⁺	9.384	0.24	12.00
SUMAS		15.94	798.00

ANIONES

HCO ₃ ⁻	500.2	8.20	410.00
Cl ⁻	166.615	4.70	235.00
SO ₄ ⁻²	120	2.50	125.00
NO ₃ ⁻	33.48	0.54	28.00
SUMAS		15.94	798.00

El balance de materia es el siguiente:

Análisis del agua	<i>mg/L</i>	<i>epm</i>	<i>ppm</i> <i>CaCO₃</i>	<i>moles</i>	<i>grs</i>
Ca	216.00	10.80	540.00	5.40	216.00
Mg	53.46	4.40	220.00	2.20	53.46
HCO ₃	500.20	8.20	410.00	8.20	500.20
				250	769.66

Ca(OH) ₂ necesario	<i>moles</i>	<i>grs</i>
Ca	5.40	
Mg	4.40	
Suma	9.80	725.20

HCO ₃ necesario		
Ca	10.80	
Mg	4.40	
Suma	15.20	928.20

CaCO ₃ producido		
Ca	10.80	
Mg	4.40	
Suma	15.20	1520.00

H ₂ O producido		
Ca	10.80	
Mg	4.40	
Suma	15.20	273.60

Mg(OH) ₂ producido		
Mg	2.20	128.26

HCO ₃ a agregar=NaHCO ₃ a agregar	8.00	
HCO ₃	8.00	428.00
Na	8.00	161.00
		588.00

	Ca	Mg	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	HCO ₃
ENTRADAS	5.40	2.20	9.80	8.00	8.20
moles	216.00	53.46	725.20	588.00	500.20
grs					Suma 2082.86

grs.

SALIDAS	CaCO ₃	Mg(OH) ₂	H ₂ O	Na
Moles	15.20	2.20	15.20	8.00
Grs	1520.00	128.26	273.60	161.00

Suma
grs. 2082.86

CAPITULO 9: FILTRACIÓN EN MEMBRANA

1: Un filtro de cartuchos de 10 micrones de diámetro exterior maneja un gasto de 800 gal/min. El número de cartuchos es de 100 elementos de 2.5" de diámetro y 20" de altura. El área por cartucho es de 6 ft².

- Cual será el gasto en lts/min que se pueda manejar en cada cartucho (Resp. 30.28 lts/min)
- Cual es el área total de filtración en mts² (Resp. 55.74 mt²)
- Cual es el gasto en lts/min-mt² (Resp. 53.3 lts/min-mt²)
- Si en el filtro se manejan en operación 1600 lts/min, cuál será el flujo en lts/min-mt² de operación (Resp. 28.7 lts/min-mt²)

2: Se anexa una tabla con datos para diferentes membranas de ósmosis inversa que se pueden emplear en una unidad de ósmosis inversa para pacientes en diálisis.

<i>Modelo</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Capacidad GPM</i>
HGL-2520	2.5"X20"	0.10
HGL-2540	2.5"X40"	0.25
HGL-4020	4.0"X20"	0.60
HGL-4040	4.0"X40"	1.20

Se desea remover sales y pirógenos del agua, y se requieren 2000 litros por día. La temperatura promedio es de 25°C.

- De acuerdo a los datos de la membrana que flujo de agua podría obtenerse como producto en lts/día
- Si el rendimiento (relación producto/alimentación) es de 35% cuál será el volumen de agua que deberá alimentarse a la membrana en lts/min.
- En cuantas horas de operación se tendrían los 2000 litros de agua necesarios, considerando ciertos datos de la membrana.

3: Una membrana de ósmosis inversa tiene una capacidad de rechazo de 93 y 86% en fierro y sílice respectivamente. Si en la alimentación se tiene una composición de 2 ppm de fierro y 1.10 ppm de sílice, cuál será la composición en estos dos elementos en el producto y en el rechazo considerando:

- 1:2 relación producto rechazado
- 1:3 relación producto rechazado
- Con una recuperación del 45% en el producto.

4: Se desea producir agua de alta pureza en un sanatorio para usos diversos Se mide el gasto a la entrada a la membrana y este registra 6.5 lts/min. El producto tiene un gasto de 1.8 lts/min

- Cual es el porcentaje de recuperación del producto y cuál será el porcentaje de rechazo
- Si la dureza original del agua es de 150 ppm y se tiene un % de rechazo de 96% en este parámetro.Cuál será la dureza en ppm en el producto y en el rechazo.

5: En los datos técnicos de una membrana de ósmosis inversa se dan como características de la membrana de 4"x 40" una producción de 3000 galones por día de agua con un mínimo contenido de sales. La superficie de filtración de la membrana es de 85 ft².

- Cuál será el número de membranas mínimo que se requiere para tener agua como producto en un volumen de 20 lts/min.
- Cuál es el flujo en lts/min-mt² de área de membrana en el valor de diseño y en el valor de operación, considerando las membranas seleccionadas.

6: Se emplearán una o más membranas, según se requiera para producir agua de bajo contenido de sales. El contenido de sólidos disueltos totales en el agua cruda es de 1200 ppm y deberá disminuirse este valor a cuando menos 300 ppm en el agua que se obtenga como producto. El agua se empleará para usos como agua potable en una comunidad que no tiene otra fuente de abastecimiento y requiere de un volumen promedio de 50,000 litros diarios, el cual será manejado a una temperatura de 28°C promedio.

En base a los criterios descritos y a la hoja de datos anexa encuentre:

- El volumen de agua que se deberá alimentar al arreglo de las membranas considerando una recuperación de un 40% con respecto a la alimentación.
- Cual sería el contenido de STD en el producto y en el rechazo, considerando el valor nominal de rechazo de sólidos
- El número de membranas y de que tipo de membranas seleccionaría para cubrir la demanda y el gasto de agua obtenida como producto, suponiendo ciertos los datos de la membrana.

7: Un pozo agrícola tiene 520 ppm de sulfatos. Se desea disminuir el contenido de éstos al menos a un valor de 20 ppm, para poder emplear el agua para consumo del ganado.

- Cual deberá ser la eficiencia mínima de remoción para lograr el propósito. (96.2%)
- Si se requieren de 50,000 litros por día y hay disponibles membranas de 3,000 gal/día de capacidad. Cuantas membranas se requieren para producir el agua requerida. (4.4 o sea 5 membranas)

8: Se desea recuperar agua de un efluente en una industria y reciclar parte de ésta para riego y otros usos. El principal contaminante del agua es el cromo el cual está presente en una concentración de 3.5 ppm.

El volumen de agua producido en la planta es de 25 mts³/hora y de acuerdo al fabricante de membranas se podría tener un 95% de rechazo del cromo, cuando la relación producto/rechazo es de 1/2.5

- Bajo estas condiciones cual sería el volumen de agua en la alimentación, en el producto y en el rechazo.
- Cual sería la concentración del cromo en el producto y en el rechazo.

9: Dados los datos en la siguiente figura encuentre:

- La relación Producto/Rechazo (1:3)
- El porcentaje de remoción de: calcio, sodio y potasio (Calcio=94.8%; Sodio=92.7%; Potasio=98.7%)
- La concentración de: calcio, sodio y potasio en el rechazo. (Calcio=329 ppm; Sodio=39.3 ppm; Potasio=19.9 ppm)



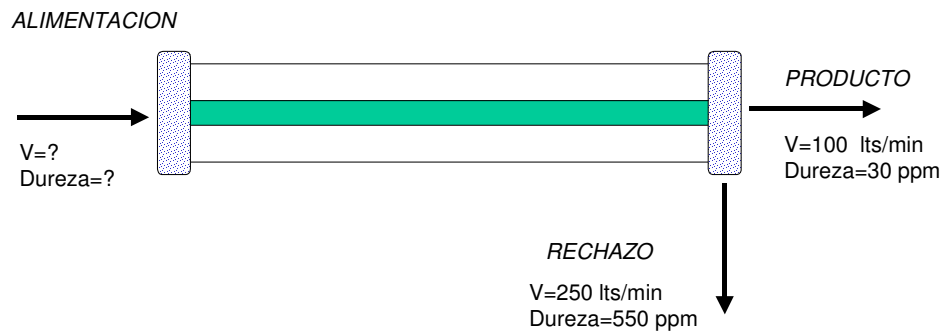
10: Un pozo rural tiene un contenido de 1500 ppm como Sólidos Totales Disueltos (STD) y se desea disminuir su valor hasta valores tolerables para que el agua pueda ser consumida como agua potable.

El volumen de agua que se requiere es de 2,000 gal/día y el rechazo en STD es de 92% promedio.

- Si la relación Producto/Rechazo es 1/2, cual será el volumen de agua a alimentar y el volumen de agua de rechazo.
- Cual es la concentración de STD en el producto y en el rechazo.

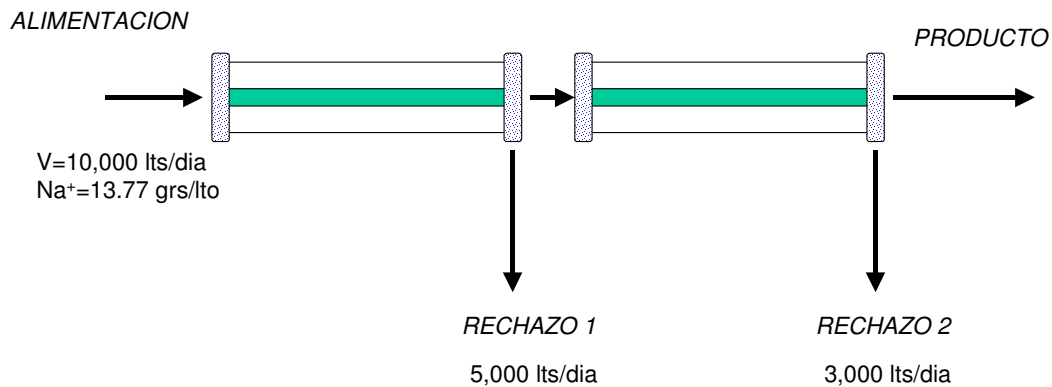
11: Una membrana de nanofiltración se empleará para remover dureza del agua para emplearla en un proceso industrial. Experimentalmente los datos que se obtienen son los que se encuentran en la figura.

Encuentre el volumen de agua alimentado y la dureza en ppm en la alimentación a la membrana ($V=350$ lts/min; Dureza=401.4 ppm)



12: Un yate turístico empleará membranas para tratar directamente agua de mar y emplearla para consumo como agua potable. El rechazo se regresará al mar y el agua producida se empleará como agua potable. Para esto al agua se le darán dos pasos de tratamiento en una disposición similar a la mostrada en el dibujo anexo.

En este esquema, el agua producida en el primer paso de osmosis, pasa a un segundo paso de tratamiento para disminuir aún mas el contenido de sal, obteniéndose finalmente el agua tratada.



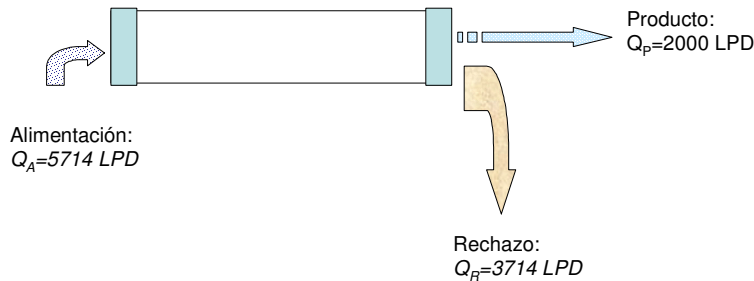
La eficiencia en remoción de sodio, que es el principal componente a remover es de 90% en la primer membrana y de 95% en la segunda membrana

- a).- Cual es el contenido de sodio en el primero y segundo rechazo, así como en el agua producida.
- b).- Cual es la relación Producto/Rechazo en la primera y en la segunda membrana

RESPUESTAS A PROBLEMAS DE FILTRACIÓN EN MEMBRANA

Respuesta problema 2:

$$Q_p = 2000 \text{ LPD} = 1.39 \text{ lts/min} = 0.36 \text{ gal/min}$$



a: Por lo tanto se requiere una membrana HGL-4020 que produce 0.6 gal/min

b: El flujo de esta membrana es de 0.6 gal/min = 2.28 lts/min = 3283 lts/día

c: Flujo en el producto es de 2000 LPD y solo es el 35% de la alimentación, entonces el flujo de agua a alimentar es $Q_A = 2000 / 0.35 = 5714 \text{ LPD}$

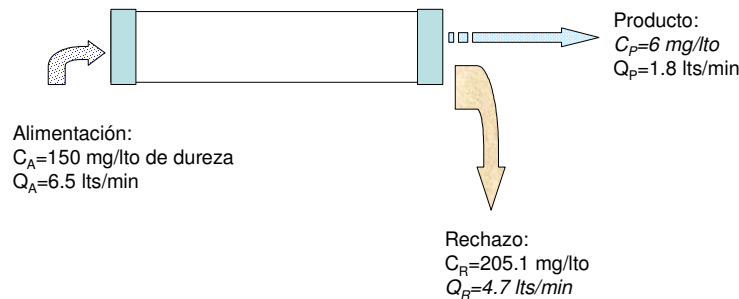
El flujo de agua en el rechazo $Q_R = 0.65 \times 5714 = 3714 \text{ LPD}$

d: El tiempo requerido para producir 2000 LPD es:

$$t = 2000 \text{ lts} / 2.28 \text{ lts/min} = 877 \text{ minutos} = 14.6 \text{ horas.}$$

Respuesta problema 4:

Eficiencia en la membrana 96%



Flujo de entrada $Q_A = 6.5 \text{ lts/min}$ Flujo en producto $Q_p = 1.8 \text{ lts/min}$ entonces: $Q_A = Q_p + Q_R$

$Q_R = 4.7 \text{ lts/min}$ % de recuperación de producto = $1.8 \times 100 / 6.5 = 27.7$

% en rechazo = $4.7 \times 100 / 6.5 = 72.3$

% de rechazo en base a concentración en el producto:

% de rechazo = $(C_A - C_p) \times 100 / C_A$

$96 = (150 - C_p) \times 100 / 150$ y despejando $C_p = 6 \text{ mg/lto}$

Concentración de dureza en el producto es como sigue:

Balance de materia: dureza en alimentación = dureza en producto + dureza en rechazo

$$Q_A C_A = Q_p C_p + Q_R C_R$$

$$6.5 \text{ lts/min} \times 150 \text{ mg/lto} = (1.8 \text{ lts/min} \times 6 \text{ mg/lto}) + (4.7 \text{ lts/min} \times C_R)$$

$$C_R = 205.1 \text{ mg/lto}$$

% de rechazo en base al balance de materia

dureza en rechazo $\times 100 /$ dureza en alimentación

$$\% \text{ de rechazo} = (205.1 \text{ mg/lto} \times 4.7 \text{ lts/min}) \times 100 / (6.5 \text{ lts/min} \times 150 \text{ mg/lto}) = 98.9\%$$

Respuesta problema 6:

Eficiencia en el rechazo 95%

a: Flujo en producto $Q_P = 50 \text{ mts}^3/\text{día}$ y es el 40% del flujo de alimentación, entonces: Flujo de entrada $Q_A = 50 \text{ mts}^3/\text{día} / 0.4 = 125 \text{ mts}^3/\text{día}$

$$Q_A = Q_P + Q_R \quad Q_R = 75 \text{ mts}^3/\text{día} \quad \% \text{ de recuperación de producto} = 50 \times 100 / 125 = 40\%$$

% de rechazo en base a concentración en el producto:

$$\% \text{ de rechazo} = (C_A - C_P) \times 100 / C_A$$

$$95 = (1200 - C_P) \times 100 / 1200 \text{ y despejando } C_P = 60 \text{ mg/lto}$$

Concentración de STD en el producto es como sigue:

Balance de materia: STD en alimentación = STD en producto + STD en rechazo

$$Q_A C_A = Q_P C_P + Q_R C_R$$

$$125 \text{ mts}^3 \times 1200 \text{ grs/mt}^3 = (50 \text{ mts}^3 \times 60 \text{ grs/mt}^3) + (75 \text{ mts}^3 \times C_R)$$

$$C_R = 1960 \text{ mg/lto}$$

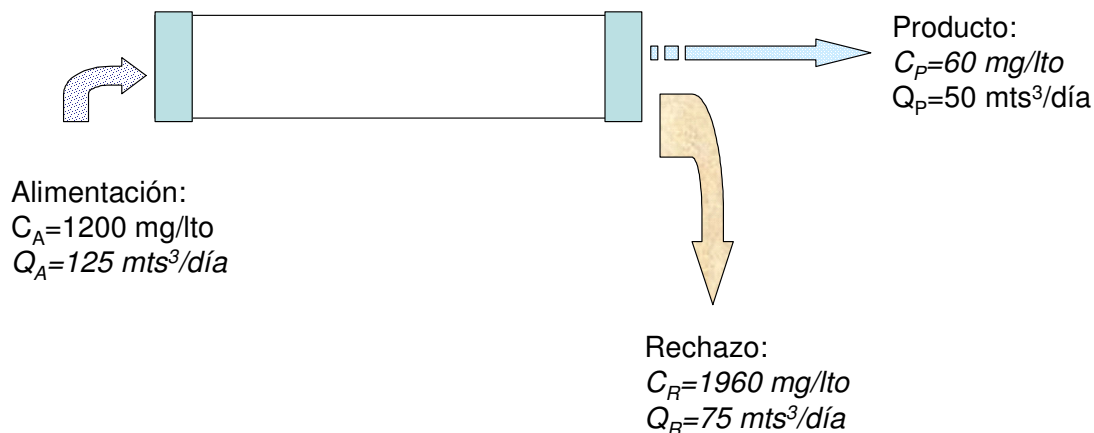
% de rechazo en base al balance de materia

STD en rechazo $\times 100 /$ STD en alimentación

$$\% \text{ de rechazo} = (75 \text{ mts}^3 \times 1960 \text{ mg/lto}) \times 100 / (125 \text{ mts}^3 \times 1200 \text{ grs/mt}^3) = 98\%$$

c: El flujo en gal/min de producto es: $50000 \text{ lts/día} = 9.14 \text{ gal/min}$ y cada membrana HGL-4040 produce 1.2 gal/min ó sea que con $9.14 / 1.2 = 7.6 = 8$ membranas se puede satisfacer el flujo requerido.

El gasto o flujo a obtener con las 8 membranas es $1.2 \text{ gal/min} \times 8 = 9.6 \text{ gal/min} = 52,531$ litros por día.

**Respuesta problema 8:**

a: Flujo de entrada $Q_A = 25 \text{ mts}^3/\text{hora}$. Con un balance de materia tenemos de acuerdo a los datos de relación producto rechazo: $Q_A = Q_P + Q_R$ ó $25 \text{ mts}^3/\text{hora} = Q_P + 2.5Q_P$

y despejando $Q_P = 25 / 3.5 = 7.143 \text{ mts}^3/\text{hora}$

El flujo en el rechazo es: $Q_R = 25 - 7.143 = 17.857 \text{ mts}^3/\text{hora}$

b: % de rechazo en base a concentración en el producto:

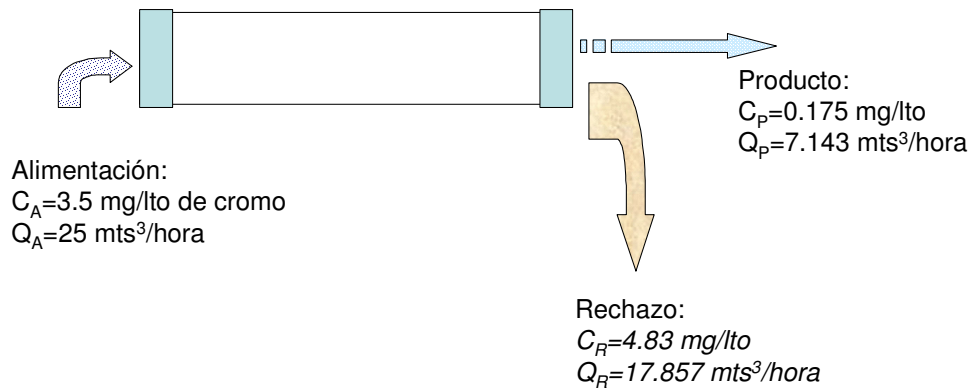
$$\% \text{ de rechazo} = (C_A - C_P) \times 100 / C_A$$

$$95 = (3.5 - C_P) \times 100 / 3.5 \text{ y despejando } C_P = 0.175 \text{ mg/lto}$$

Concentración de cromo en el producto es como sigue:

Balance de materia: cromo en alimentación = cromo en producto + cromo en rechazo

$$Q_A C_A = Q_P C_P + Q_R C_R$$



$$25 \text{ mts}^3/\text{hora} \times 3.5 \text{ grs}/\text{mt}^3 = (7.143 \text{ mts}^3/\text{hora} \times 0.175 \text{ grs}/\text{mt}^3) + (17.857 \text{ mts}^3/\text{hora} \times C_R)$$

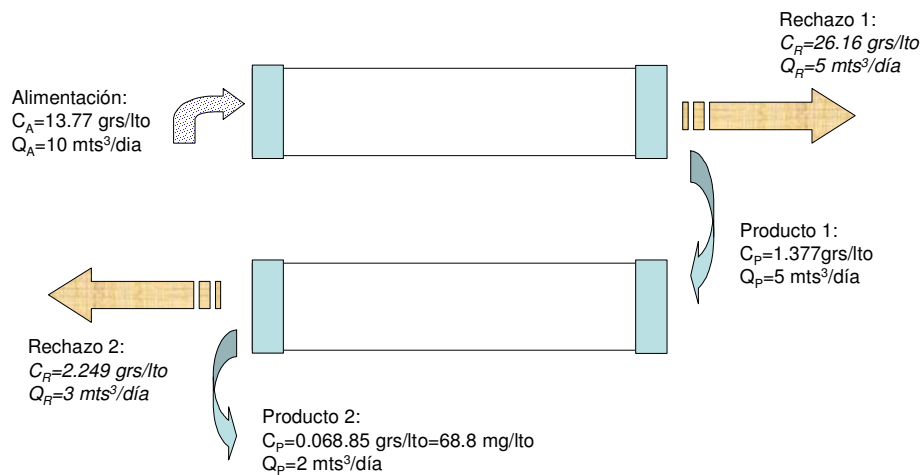
$$C_R = 4.83 \text{ mg/lto}$$

% de rechazo en base al balance de materia

cromo en rechazo $\times 100$ / cromo en alimentación

$$\% \text{ de rechazo} = (17.857 \text{ mts}^3/\text{hora} \times 4.83 \text{ mg/lto}) \times 100 / (25 \text{ mts}^3/\text{hora} \times 3.5 \text{ grs}/\text{mt}^3) = 98.5\%$$

Problema 10:



Primera membrana:

a: Flujo en producto primer membrana $Q_P=5$ mts³/día.

El flujo en el rechazo también es $Q_R=5$ mts³/día

% de rechazo en base a concentración en el producto:

$$\% \text{ de rechazo} = (C_A - C_P) \times 100 / C_A$$

$$90 = (13.77 - C_P) \times 100 / 13.77 \text{ y despejando } C_P = 1.377 \text{ grs/lto}$$

Concentración de Na en el producto es como sigue:

Balance de materia: Na en alimentación = Na en producto + Na en rechazo

$$Q_A C_A = Q_P C_P + Q_R C_R$$

$$10000 \text{ lts/día} \times 13.77 \text{ grs/lto} = (5000 \text{ lts/día} \times 1.377 \text{ grs/lto}) + (5000 \text{ lts/día} \times C_R)$$

$$C_R = 26.16 \text{ grs/lto}$$

% de rechazo en base al balance de materia

Na en rechazo $\times 100$ / STD en alimentación

$$\% \text{ de rechazo} = (5000 \text{ lts/día} \times 26.16 \text{ grs/lto}) \times 100 / (10000 \text{ lts/día} \times 13.77 \text{ grs/lto}) = 95\%$$

Segunda membrana:

a: Flujo en producto en segunda membrana $Q_p=2 \text{ mts}^3/\text{día}$.

El flujo en el rechazo es $Q_R=3 \text{ mts}^3/\text{día}$

% de rechazo en base a concentración en el producto:

$$\% \text{ de rechazo} = (C_A - C_P) \times 100 / C_A$$

$$95 = (1.377 - C_P) \times 100 / 1.377 \text{ y despejando } C_P = 0.06885 \text{ grs/lto} = 68.85 \text{ mg/lto}$$

Concentración de Na en el segundo producto es como sigue:

Balance de materia: Na en entrada 2ª membrana = Na en producto + Na en rechazo

$$Q_A C_A = Q_P C_P + Q_R C_R$$

$$5000 \text{ lts/día} \times 1377 \text{ mg/lto} = (2000 \text{ lts/día} \times 68.85 \text{ mg/lto}) + (3000 \text{ lts/día} \times C_R)$$

$$C_R = 2249.1 \text{ mg/lto}$$

% de rechazo en base al balance de materia

Na en rechazo $\times 100 / \text{STD en alimentación}$

$$\% \text{ de rechazo} = (3000 \text{ lts/día} \times 2249.1 \text{ mg/lto}) \times 100 / (5000 \text{ lts/día} \times 1377 \text{ mg/lto}) = 98\%$$