

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUIMICAS Y AMBIENTALES**  
**PRIMER EXAMEN DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

Nombre y apellido: \_\_\_\_\_ Fecha: Junio 30 de 2014

1. (10 puntos) Con los datos expuestos a continuación, obtenidos para una agua residual industrial, determine las concentraciones de sólidos totales, suspendidos y disueltos:

Sólidos totales:

Peso de cápsula vacía= 85,337 g

Peso de cápsula más sólidos secos= 85,490 g

Volumen de muestra de agua residual= 85 ml

Sólidos suspendidos:

Peso de papel filtro= 0,1400 g

Peso de papel filtro más sólidos secos= 0,1530 g

Volumen de muestra= 200 ml

$$ST = \frac{(85,490 - 85,337) g \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 g}}{85 \text{ ml} \times \frac{1 l}{1000 \text{ ml}}} = 1800 \frac{\text{mg}}{l}$$

3 puntos

$$SS = \frac{(0,1530 - 0,1400) g \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 g}}{200 \text{ ml} \times \frac{1 l}{1000 \text{ ml}}} = 65 \frac{\text{mg}}{l}$$

3 puntos

$$ST = SS + SD$$

$$SD = 1800 \frac{\text{mg}}{l} - 65 \frac{\text{mg}}{l}$$

$$SD = 1735 \frac{\text{mg}}{l}$$

4 puntos

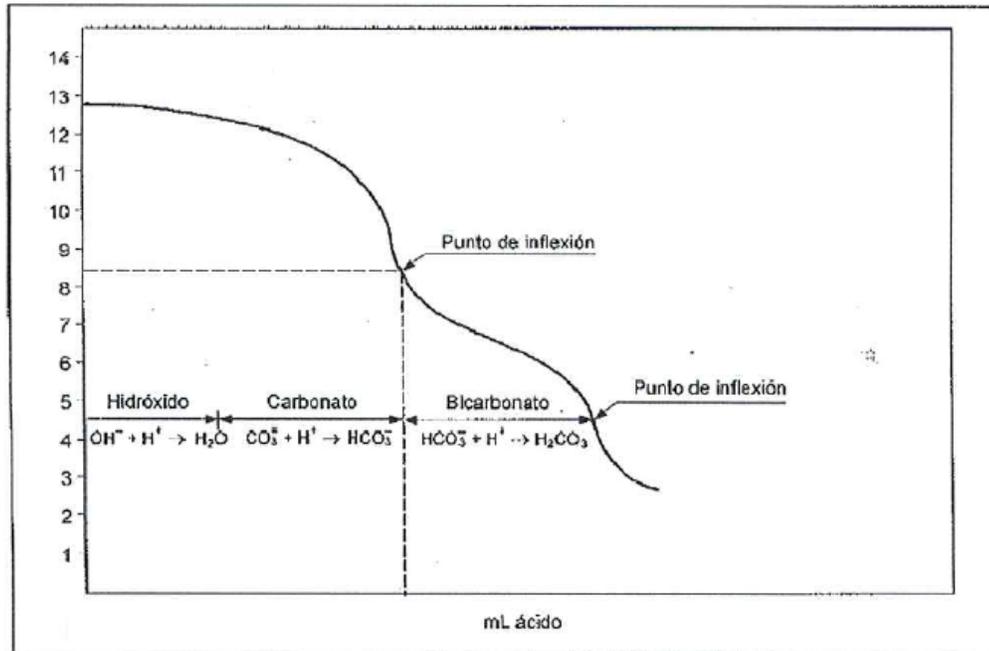
2. (10 puntos) Indique cuál es la forma dominante de alcalinidad en agua natural a pH=7. Cuál o cuáles son las formas presentes a pH=10,5? Ilustre gráficamente su respuesta.

A pH 7 la forma dominante son los bicarbonatos.

2,5 puntos

A pH 10,5 la forma dominante son los carbonatos.

2,5 puntos



5 puntos

3. (10 puntos) Un agua contiene 50 mg/l de ion calcio y 15 mg/l de ion magnesio. Exprese la dureza del agua en mg/l como  $\text{CaCO}_3$ . La alcalinidad del agua consiste de 150 mg/l de ion bicarbonato y 15 mg/l de ion carbonato. Exprese la alcalinidad en mg/l de  $\text{CaCO}_3$ .

$$\text{Dureza} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$$

5 puntos

$$[\text{Ca}^{2+}] = 50 \frac{\text{mg Ca}^{2+}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ mEq}}{20 \text{ mg Ca}^{2+}} \times \frac{50 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ mEq}} = 125 \text{ mg/l de CaCO}_3$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 15 \frac{\text{mg Mg}^{2+}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ mEq}}{12,2 \text{ mg Mg}^{2+}} \times \frac{50 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ mEq}} = 61,48 \text{ mg/l de CaCO}_3$$

$$\text{Dureza} = 186,48 \text{ mg/l de CaCO}_3$$

$$\text{Alcalinidad} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

5 puntos

$$[\text{HCO}_3^-] = 150 \frac{\text{mg HCO}_3^-}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ mEq}}{61 \text{ mg HCO}_3^-} \times \frac{50 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ mEq}} = 122,95 \text{ mg/l de CaCO}_3$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 15 \frac{\text{mg CO}_3^{2-}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ mEq}}{30 \text{ mg CO}_3^{2-}} \times \frac{50 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ mEq}} = 25 \text{ mg/l de CaCO}_3$$

$$\text{Alcalinidad} = 147,95 \text{ mg/l de CaCO}_3$$

4. (10 puntos) Exponga claramente la metodología para determinación de alcalinidad en el agua. Indique además cómo se desarrolla en laboratorio el procedimiento de determinación de dureza del agua.

5 puntos

#### ALCALINIDAD

- Colocar Acido sulfúrico 0.02 N estandarizado en una bureta, verificar el nivel inicial.
- Escoger un volumen mínimo de 25 ml de muestra y medir su pH.
- Si el pH > 8,3 colocar 2-3 gotas de fenolftaleína. Se formara un color violeta.
- Titular gota a gota con acido, registrando el volumen gastado hasta que el pH sea 8,3. La solución se hace transparente.
- Agregar 2-3 gotas de anaranjado de metilo. La coloración será naranja.
- Titular nuevamente y cuantificar el volumen de acido consumido hasta cuando el ph llegue a 4,5 o la solución se torne rosa pálido.
- Expresar los resultados en términos de mg/l CaCO<sub>3</sub> mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Alc. Total} = (V_{\text{total}} * 0.02\text{N} * 50000) / V_{\text{muestra}}$$

$$\text{Alc. F} = (V_1 * 0.02\text{N} * 50000) / V_{\text{muestra}}$$

$$\text{Alc. M} = \text{Alc. Total} - \text{Alc. F.}$$

#### DUREZA

- Colocar una solución de EDTA estandarizadas en una bureta de 50 ml.
- Colocar un volumen de 50 ml de muestra a tratar en un matraz erlenmeyer con 2 ml de solución buffer ph 10.
- Añadir 2-3 gotas negro de eriocromo.
- Cuantificar el EDTA gastado hasta el cambio de coloración de la solución desde violeta a azul.
- Efectuar los cálculos y expresar los resultados en mg/l de CaCO<sub>3</sub> empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Dureza} = (V_{\text{total}} * f_{\text{EDTA}} * 1000) / V_{\text{muestra}}$$

5 puntos

5. (20 puntos) Defina los siguientes términos y explique qué significado tiene su determinación o uso según el caso.

a) Dureza no carbonácea

4 puntos

Es la debida a la presencia de otras especies de calcio y magnesio en el agua diferentes de los carbonatos y bicarbonatos. Esta dada por especies como sulfatos, cloruros de calcio y magnesio.

b) Incrustaciones

4 puntos

Son sales insolubles de calcio y magnesio que se adhieren fuertemente a los dispositivos metálicos de los calderos y se deben a la alta dureza que puede manifestar el agua de proceso o el agua de captación para los sistemas de vapor.

c) Carbonatación.

4 puntos

Es un proceso por el cual se realiza la difusión de  $\text{CO}_2$  en el agua para elevar los niveles de carbonato presentes en el agua y mejorar las condiciones de pH del agua para permitir su tratabilidad posterior o hacerla apta para el consumo humano.

d) Grado alemán de dureza

4 puntos

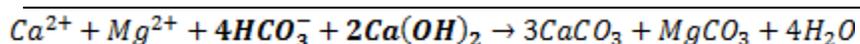
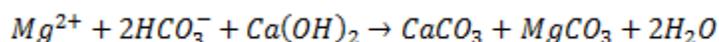
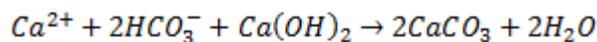
Es una forma de expresar la dureza del agua, equivalente a 17,86 mg/L de dureza expresada como  $\text{CaCO}_3$ .

e) Acidez mineral

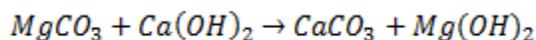
4 puntos

Es la forma de acidez que obedece a la presencia de  $\text{CO}_2$  en el agua y que presenta a niveles de pH menores que 4,5.

6. (10 puntos) Algunas aguas de ríos, al ser utilizadas para lavar no hacen espuma debido a su alto contenido salino, sobretodo de carbonatos, bicarbonatos, y sulfatos de calcio y magnesio. Esas aguas se llaman aguas duras. Para eliminar la dureza del agua en el tratamiento de las aguas utilizadas en calderas o generadores de vapor se utiliza hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  y carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . La llamada dureza temporal proviene de los bicarbonatos y puede eliminarse con hidróxido de calcio. Además, el hidróxido de calcio transforma al  $\text{MgSO}_4$ , que es el principal causante de la dureza permanente, en  $\text{CaSO}_4$ . A su vez, el  $\text{CaSO}_4$  formado más el que pueda existir en el agua, se eliminan al reaccionar con el carbonato de sodio formado. Si se desea tratar las aguas de un rio para que puedan ser utilizadas en calderas y se sabe que estas aguas tienen 180 mg/l de bicarbonatos, 20 mg/l de carbonato de magnesio y 15 mg/l de sulfato de calcio. ¿Cuánto de hidróxido de calcio y carbonato de sodio se tiene que agregar para eliminar la dureza del agua en su totalidad? Utilice todas las relaciones estequiométricas vistas en clase.

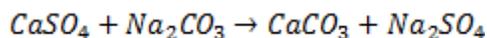


$$\text{Relación molar } \frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{4}{2} = \frac{2}{1}$$



$$\text{Relación molar } \frac{\text{MgCO}_3}{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{1}{1}$$

1 punto



$$\text{Relación molar } \frac{\text{CaSO}_4}{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{1}{1}$$

$$\text{Cal} = 180 \text{ g HCO}_3^- \times \frac{1 \text{ mol HCO}_3^-}{61 \text{ g HCO}_3^-} \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{2 \text{ mol HCO}_3^-} \times \frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} = 109,18 \text{ g Ca(OH)}_2$$

3 puntos

$$\text{Cal} = 20 \text{ g MgCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol MgCO}_3}{84,3 \text{ g MgCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol MgCO}_3} \times \frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} = \mathbf{17,55 \text{ g Ca(OH)}_2}$$

3 puntos

$$\text{Car. de sodio} = 15 \text{ g CaSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol CaSO}_4}{136 \text{ g CaSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol CaSO}_4} \times \frac{106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} = \mathbf{11,69 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}$$

3 puntos

Se deberán agregar:

$$\text{Cal} = 109,18 + 17,55 = \mathbf{126,73 \text{ g Ca(OH)}_2}$$

$$\text{Carbonato de sodio} = \mathbf{11,69 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}$$