

PRÁCTICA 1

TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN DE UN VERTIDO DE UNA INDUSTRIA DE CROMADOS

Reducción química- Coagulación – Floculación - Decantación

OBJETIVOS

- Aplicar, a escala de laboratorio, procesos de REDUCCIÓN QUÍMICA, COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN y DECANTACIÓN, para reducir al mínimo posible la concentración de cromo hexavalente (Cr^{6+}) de una muestra de agua residual, simulando el proceso de depuración de una planta de tratamiento fisicoquímico.
- Evaluar el efecto de algunas variables operacionales sobre la eficacia de la depuración.

CONTEXTO

El cromo hexavalente (Cr^{6+}) y sus compuestos tienen una gran variedad de aplicaciones en la industria que abarcan, entre otras: procesos de curtido, pigmentos textiles, aleaciones, catalizadores, agentes anticorrosivos, fungicidas, recubrimientos metálicos, galvanizados, etc.

Las aguas residuales procedentes de estos procesos están contaminadas con este metal, con el gran componente de riesgo medioambiental y para la salud humana que esto conlleva. Debido a su problemática ambiental, en algunas industrias el cromo hexavalente ya no se puede utilizar; por ejemplo, en la industria de la automoción (Norma interna: TL217 2009-08).



¿Qué efectos nocivos están asociados a la presencia de metales pesados en las aguas? **Consulta los apuntes de la asignatura y cualquier tipo de información adicional.**

Esto obliga a la mayoría de las empresas relacionadas a aplicar tecnologías de prevención de la contaminación y **tratamientos de eliminación del cromo de sus aguas residuales.**

Se considerará un caso práctico en el que una hipotética **industria de cromado está situada en un polígono industrial de la ciudad de Zaragoza, y vierte sus aguas residuales al alcantarillado.** Como consecuencia, es posible que esté obligada a realizar un tratamiento a sus aguas residuales, previa al vertido al alcantarillado.



¿Qué límite de vertido al alcantarillado se aplica al cromo hexavalente en este caso? **Consulta la normativa** (disponible en Moodle).

A pesar de que en un caso real se debe realizar un seguimiento de la concentración de Cr^{6+} en el agua con el fin de valorar el cumplimiento de los límites de vertido tras el tratamiento, en esta práctica se determinará únicamente de forma cualitativa mediante observación de los cambios que experimenta el agua y la formación de lodos.

Contesta a las preguntas del informe. Apartado 0. Introducción y Normativa

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Temas de teoría asociados:

- **Bloque 1. Contaminación de las Aguas. Tema 3. Operaciones físicas para el tratamiento de aguas:**
 - Decantación
- **Bloque 1. Contaminación de las Aguas. Tema 4. Procesos químicos para el tratamiento de aguas:**
 - Reducción química
 - Coagulación – floculación



El alumno debe **revisar el contenido de estos temas** previamente a la realización de la práctica.

MUESTRA

La muestra de agua a tratar presenta una **concentración inicial de 100 mg Cr⁶⁺/L**, reproduciendo lo que podría ser el vertido sin depurar procedente directamente de una industria de cromados.

MATERIAL, REACTIVOS E INSTRUMENTACIÓN

Material	Descripción
 x 2	Vaso de precipitados 1 L rotulados (con Poli, sin Poli)
 x 2	Vaso de 250 mL rotulados (con Poli, sin Poli)
	Probeta graduada 500 mL
	Varilla para agitar
	Regla

Instrumentación	Descripción
	pH-metro
	Equipo <i>jar test</i>

Reactivos	Descripción	Reactivos	Descripción
	Agente reductor Bisulfito sódico (NaHSO ₃ , 10 g/L)		Coagulante Cal (Ca(OH) ₂ , suspensión)
	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄ , 5%)		Floculante Poli-electrolito

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Midiendo el volumen con la probeta, añadir 600 mL del agua residual con Cr^{6+} , **en uno de los vasos** de litro disponibles.

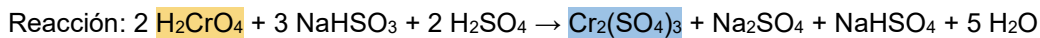
PROCESOS A APLICAR

1. Reducción del Cr^{6+} a Cr^{3+} con bisulfito en medio ácido

Contesta a las preguntas del informe, Apartado 1. REDUCCIÓN QUÍMICA, mientras sigues este procedimiento.

Medir el pH inicial del agua residual y posteriormente se añadirá a la muestra:

- Agente reductor (bisulfito), usando el dosificador automático: 36 ml de NaHSO_3
- Ácido sulfúrico H_2SO_4 : **gota a gota**, hasta alcanzar un pH de 3.0 ± 0.1 .



Observar el cambio de color de agua al producirse la reducción química, pasando de **amarillo** (Cr^{6+}) a **verde** (mezcla de Cr^{3+} y Cr^{6+}) por último a **azul turquesa** (solo Cr^{3+}).



¿Existen diferencias significativas en la peligrosidad asociada al Cr^{6+} frente al Cr^{3+} ?
Consulta los apuntes de la asignatura y cualquier tipo de información adicional.

En paralelo, uno de los grupos realizará un ensayo en el que no llevará a cabo la reducción del Cr^{6+} a Cr^{3+} , sometiendo a la muestra con Cr^{6+} (amarilla) al resto de tratamientos de coagulación y floculación, con el fin de valorar la necesidad o no de realizar este proceso previo en la eliminación del contaminante del agua.

2. Coagulación mediante agente coagulante + agitación rápida

Contesta a las preguntas del informe, Apartado 2. COAGULACIÓN, mientras sigues este procedimiento.

Se añadirá a la muestra anterior:

- Agente coagulante (lechada de cal, $\text{Ca}(\text{OH})_2$), **gota a gota**, hasta alcanzar un pH de 7, 8.5 u 11 (según grupos).

Tras alcanzar el pH asignado mediante la adición del reactivo, someter a la muestra a agitación rápida en el equipo Jar Test, a **200 rpm durante 3 minutos**. Observar el proceso de coagulación.

3. Floculación Mecánica Simple (agitación suave) y Floculación Asistida (con adición previa de agente químico floculante)

Contesta a las preguntas del informe, Apartado 3. FLOCULACIÓN, mientras sigues este procedimiento.

Homogeneizando bien la muestra anterior con una varilla, **repartir los 600 ml en dos vasos** de un litro (300 ml en cada uno), debidamente rotulados: Vaso 1: sin Poli, Vaso 2: con Poli.

En el vaso 2 rotulado "con Poli" añadir:

- Agente floculante: 10 mL de polielectrolito (Poli) usando el dosificador automático. En este caso se tratará de floculación asistida.

Someter ambas muestras a agitación lenta en el equipo Jar Test, a **40 rpm durante 15 minutos**. Observar el proceso de floculación en ambos casos (floculación mecánica simple frente a floculación asistida).

4. Decantación y medida de parámetros de control

Contesta a las preguntas del informe, Apartado 4. DECANTACIÓN Y PARÁMETROS DE CONTROL, mientras sigues este procedimiento.

Al parar la agitación en el equipo Jar Test, los fangos en ambos vasos empezarán a decantar e **inmediatamente**:

- Determinar la **velocidad de sedimentación** de los fangos, midiendo el **avance de la interfase** sólido/líquido **en función del tiempo**, durante los primeros segundos-minutos de decantación. Datos en cm/s.
- Medir el **tiempo** total necesario en la **decantación**, para conseguir una buena clarificación del efluente. Datos en minutos.
- Determinar la **V30**: utilizando el propio vaso haciendo uso de una regla o mediante una probeta, medir el **volumen de fangos** generados **por cada litro de muestra tratada** (definición de V30, volumen de fangos a los 30 minutos). Datos expresados en mL/L.
- Conociendo el color que presenta el cromo y sus compuestos, estima razonadamente el **destino de este contaminante** tras el tratamiento aplicado (fangos precipitados y/o líquido clarificado)
- Separar los fangos del agua** mediante decantación cuidadosa, vertiendo el líquido clarificado en dos vasos de 250 mL debidamente rotulados: Vaso 1: sin Poli, Vaso 2: con Poli. Establecer de manera cualitativa la **calidad del agua tratada** en cada vaso, comparando visualmente el color (presencia/ausencia de cromo residual), la turbidez y/o la presencia de sólidos en suspensión.

RESULTADOS Y CRITERIOS DE OPERACIÓN A ESCALA REAL

Contesta a las preguntas del informe, Apartado 5. CRITERIOS DE OPERACIÓN A ESCALA REAL, en el que tendrás que plasmar la siguiente información, derivada de la experimentación en el laboratorio.

Comparando los resultados obtenidos por los distintos grupos y el obtenido por la Profesora, valorar de manera cualitativa la posible eficacia del tratamiento completo, en la depuración el agua residual, en las distintas condiciones ensayadas. A partir de esa comparativa, **definir las condiciones concretas del tratamiento completo**, que se aplicarían a escala real, estableciendo:

- Reducción**: especificar la necesidad de aplicar el proceso previo de reducción del Cr^{6+} a Cr^{3+} , con el fin de eliminar totalmente este contaminante del agua residual. En caso de ser necesario, establecer el valor de pH consigna y dosis de agente reductor (expresado en mg de reactivo/L agua tratada), en la balsa de reducción.
- Coagulación**: establecer el **pH óptimo de coagulación** y el **tiempo de retención hidráulico** asociado a esta etapa (minutos) con el que se debería dimensionar la balsa de coagulación.
- Floculación**: valorar la necesidad de utilizar o no agente floculante (**floculación asistida o mecánica simple**). Establecer el **tiempo de retención hidráulico** asociado a esta etapa (minutos) con el que se debería dimensionar la balsa de floculación y la **dosis de agente floculante** en caso de elegir la floculación asistida (expresado en mg de reactivo/L agua tratada).
- Decantación**: definir el **tiempo de retención hidráulico** mínimo con que se debería diseñar el decantador (minutos), para conseguir una buena clarificación del efluente. Establece el destino final de los fangos generados.

MANEJO DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS

Una vez finalizada la experimentación, el agua clarificada que presente ausencia total de cromo (totalmente incolora), puede verterse por la fregadera. El agua en la que se identifique Cr^{3+} (color azul turquesa) y los fangos separados, se verterán en los bidones colocados para su recogida y posterior gestión.

En el caso de identificar alguna muestra que presente trazas de Cr^{6+} (color amarillo o verde), deberá ser tratada mediante la adición extra de bisulfito y ácido, hasta observar el cambio de color a azul turquesa, previamente a su vertido en los bidones.

ENTREGA DE INFORMES DE LA PRÁCTICA

Finalizada la sesión práctica, entrega el informe a la Profesora, antes de salir del laboratorio.