



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIDAD DE APRENDIZAJE: QUÍMICA
ÁREA: PROPEDEÚTICAS
Ingeniería Mecánica

Aplicaciones de procesos electroquímicos

1

Dra. Guadalupe Vázquez Mejía
Abril 2017

Unidad 4: Estado líquido

4.2.1 Reacciones en medio acuoso

aplicaciones

Guía de diapositivas

Diapositiva

Diapositiva 13

Diapositiva 15

Diapositiva 16

Diapositiva 18

Diapositiva 22

Diapositiva 28

Diapositiva 29

Diapositiva 31

Diapositiva 34

Introducción

Aplicaciones de la electroquímica

Procesos electrocinéticos para el tratamiento de suelos contaminados

Electromigración

Barreras reactivas permeables

Electrolisis

Tratamiento de aguas residuales

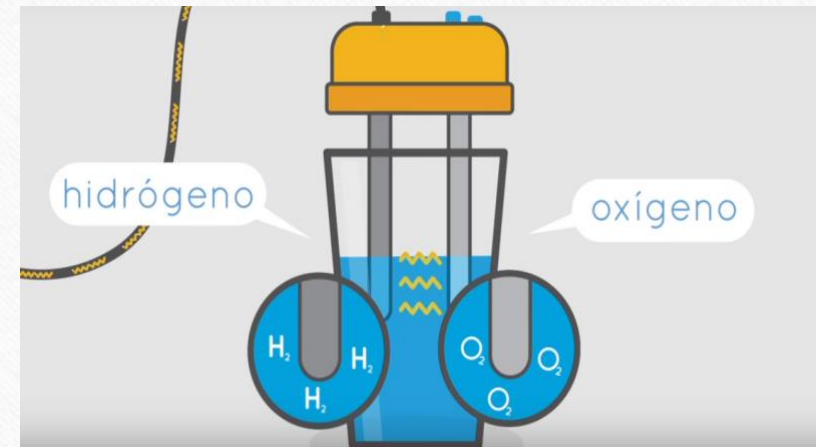
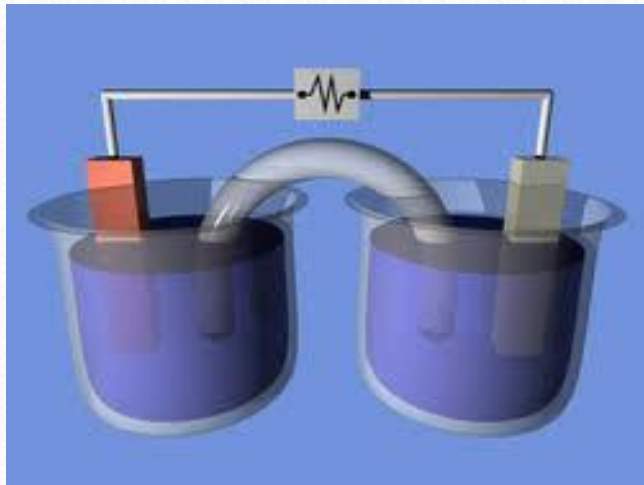
Electrodeposición

Electrocoagulación

Referencias

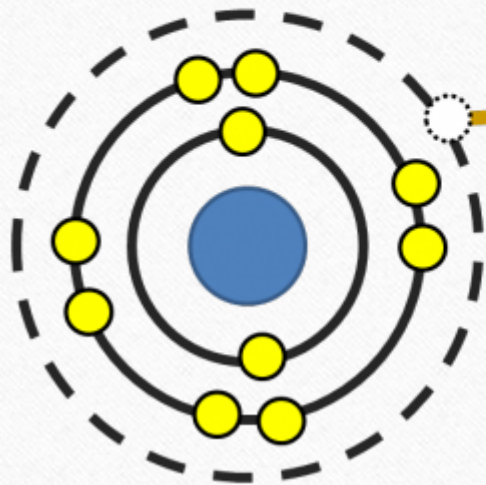
1. Introducción

El área de la química que estudia la conversión entre la energía eléctrica y la energía química es la **electroquímica**.



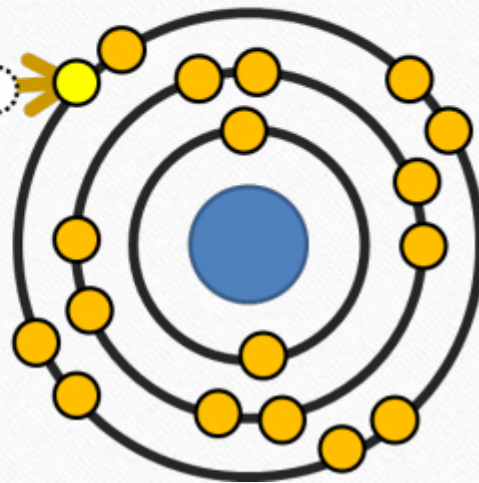
Oxidación

(átomo pierde un electrón)



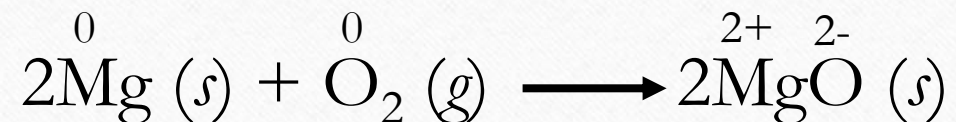
Reducción

(átomo gana un electrón)



Los procesos electroquímicos son reacciones redox en donde la energía liberada por una reacción espontánea se transforma en electricidad, o la electricidad se utiliza para inducir una reacción química no espontánea

Reacciones redox





Ejercicio

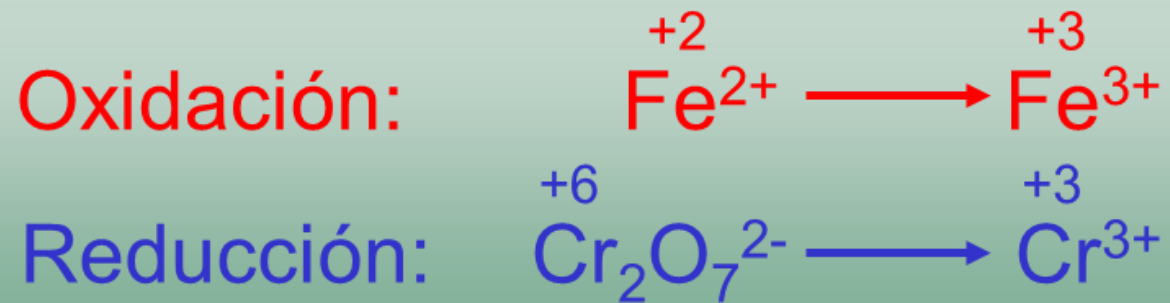
El alambre cobrizo reacciona con el nitrato de plata para formar el metal de plata.
¿Cuál es el agente oxidante en la reacción?

Balanced reactions redox: ion-electron method

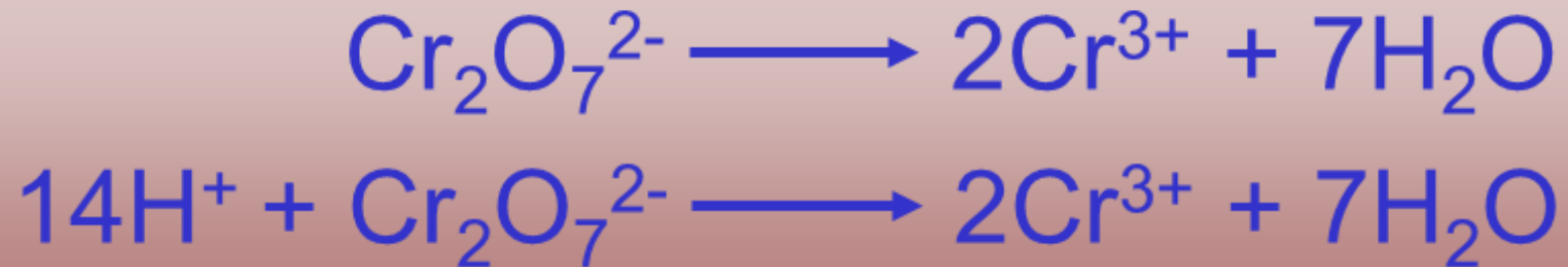
- La oxidations de Fe^{2+} a Fe^{3+} por $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ en solución ácida?
1. Escriba la ecuación no balanceada para la reacción en su forma iónica .



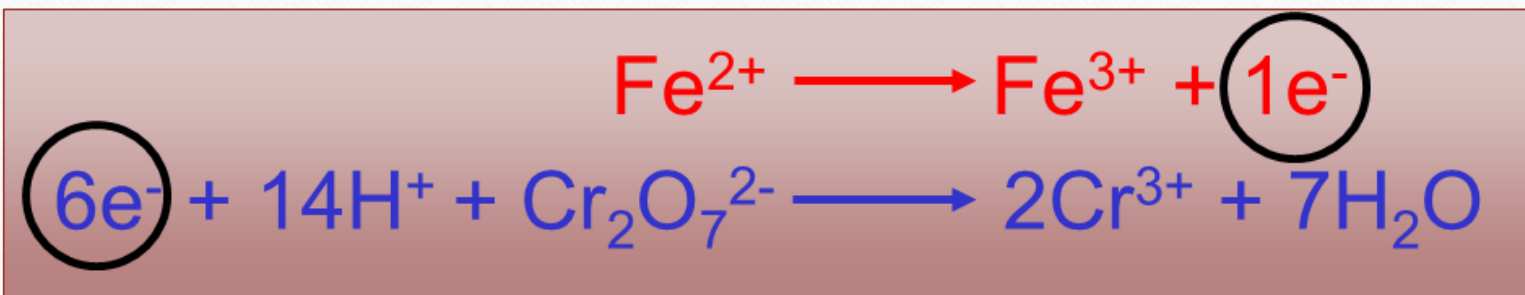
2. Separar la ecuación en dos semirreacciones.



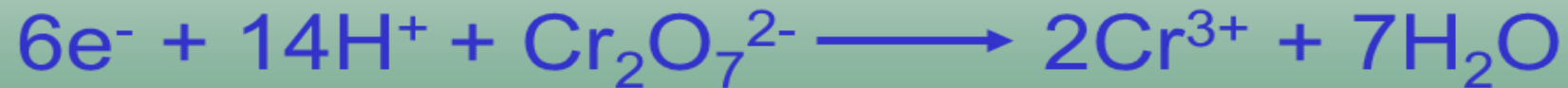
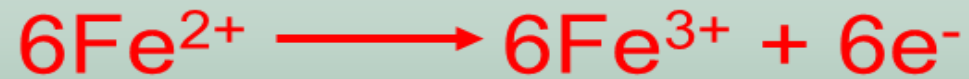
3. Cada semirreacción se balancea de acuerdo con el número, tipo de átomos y cargas. Para las reacciones que se llevan a cabo en un medio ácido, se agrega H_2O para balancear los átomos de O, y H^+ para balancear los átomos de H.
-



4. Agregar electrones a un lado de cada semirreacción para balancear las cargas en la semirreacción.



5. Si es necesario, igualar el número de electrones en las dos semirreacciones multiplicando las semirreacciones por los coeficientes apropiados.



6. Sumar las dos semirreacciones y balancear la última ecuación por inspección. **El número de electrones en ambos lados se debe cancelar.**



8. Para reacciones en disoluciones básicas, agregar OH^- en **ambos lados** de la ecuación para cada H^+ que aparezca en la ecuación final.

Ejercicio:

Escriba la ecuación iónica balanceada para representar la oxidación del ion yoduro (I^-) por el ion permanganato (MnO_4^-) en una disolución básica para formar yodo molecular (I_2) y óxido de manganeso(IV) (MnO_2).

2. Aplicaciones de la electroquímica

Producción industrial

- Producción de cloro y sosa
- Producción de aluminio
- Hidrometalurgia
- Electrosíntesis orgánica

Energía

- Celdas de combustible
- Baterías
- Baterías de reflujo redox
- Almacenamiento de energía

Medio ambiente

- Tratamiento de efluentes líquidos
- Electrorremediación de suelos
- Tratamiento de efluentes gaseosos

Electroquímica ambiental

- Ventajas de la electroquímica ambiental respecto a las tecnología no electroquímicas

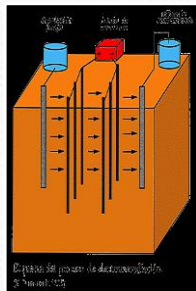
No se utilizan reactivos químicos, dado que el electrón es el único “reactivo” intercambiado

Se suelen desarrollar a presión atmosférica y a temperaturas ambiente

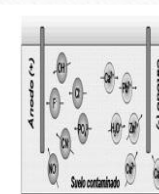
Equipo sencillo a base de un reactor electroquímico

El control del potencial puede permitir un tratamiento selectivo de especies

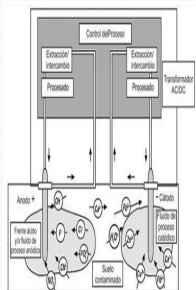
2.1 Procesos electrocinéticos: para el tratamiento de suelos contaminados



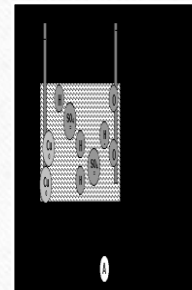
Electromigración



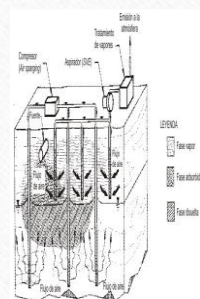
Electroforesis



Electroósmosis

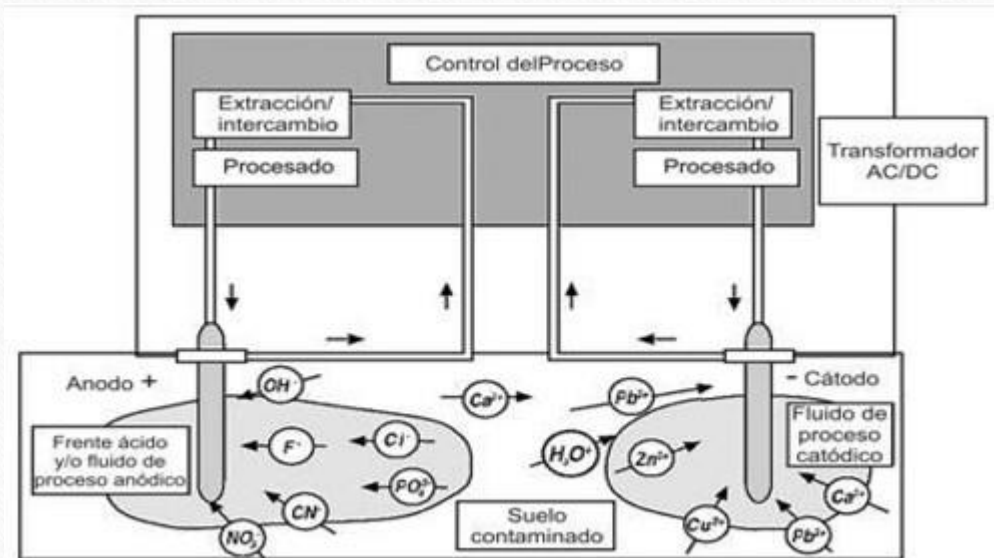


Electrolisis



Calentamiento
eléctrico

2.1.1 Electromigración



Tecnología de electroremediación de suelos más empleada

Eliminación de contaminantes solubles iónicos contenidos en suelos arcillosos; especialmente, metales pesados, radionucleidosos y cianuros

Principal limitación es la humedad del suelo, en cuanto a que, el agua se emplea como soporte para permitir la movilidad de las especies iónicas

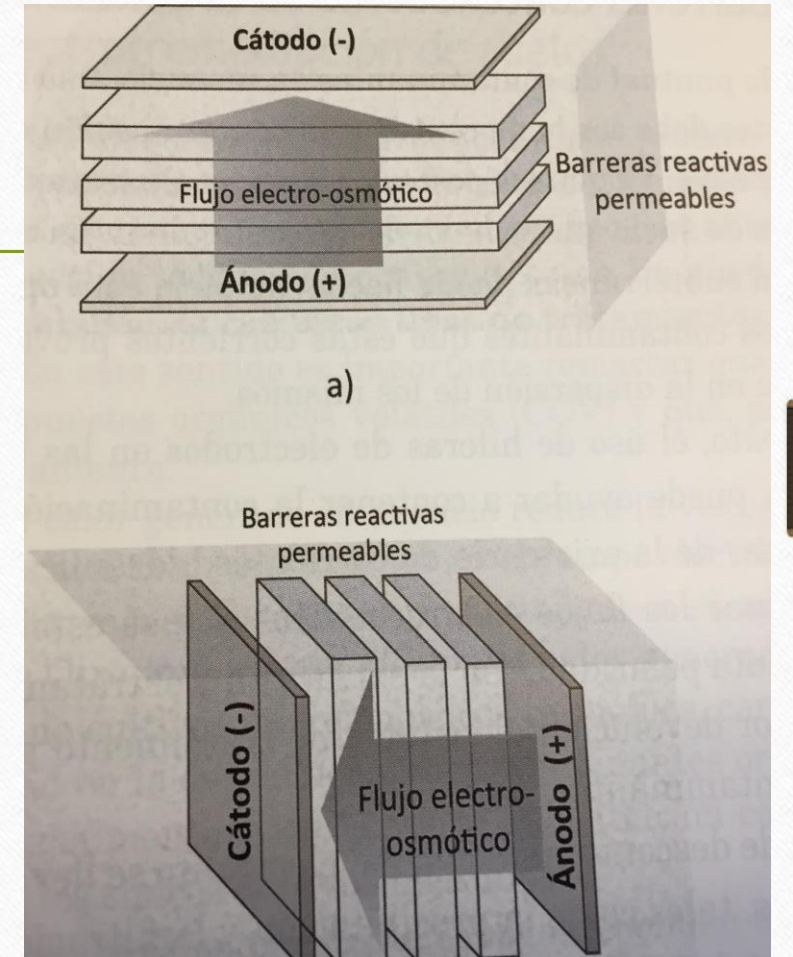
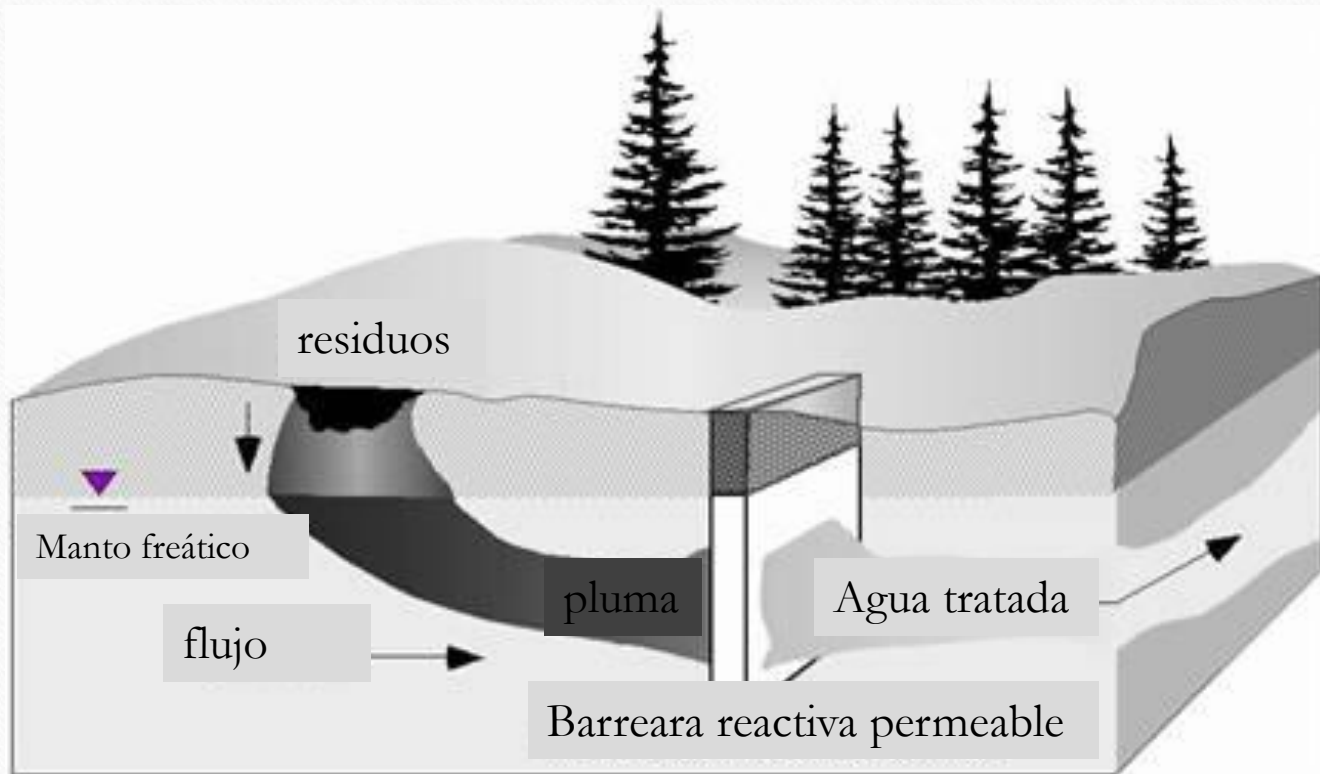
- El tamaño de los electrodos en aplicaciones reales oscila entre 3-10 m para electrodos planos
-
- El gradiente de voltaje que se emplea en estas aplicaciones está en el intervalo 1-10 V/c
 - Rendimientos típicos en la eliminación de iones superan el 70%

2.1.2 Barreras reactivas permeables

- Tratamiento electrocinético, el cual hace pasar agua subterránea retenida en el suelo a través de una barrera más permeable en la que se introduce otro tipo de tratamiento.

Los procesos de electromigración, electroósmosis y electroforesis se pueden aplicar en esta tecnología para que el agua pase repetidas veces a través de la barrera.

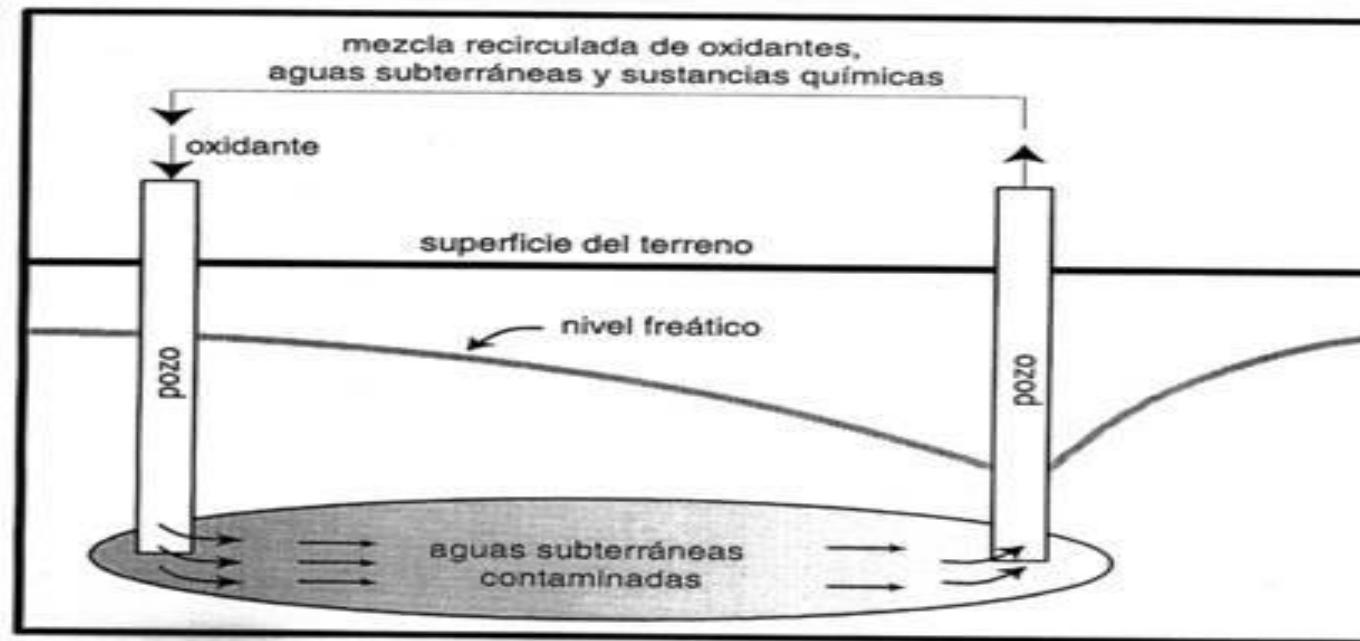
La tecnología combina la electroósmosis (como principal flujo) junto con las barreras permeables reactivas (zonas de tratamiento que se instalan directamente en la zona contaminada del suelo), tanto en disposición horizontal como vertical



Los elementos fundamentales del proceso son:

- Creación de zonas permeables con cierta proximidad entre ellas, situadas en la región que se va a descontaminar. En estas zonas se implementa un proceso de tratamiento no electroquímico (adsorción, intercambio iónico, reacción química, reacción biológica entre otros)
- Se hace pasar repetidas veces el agua contenida en el suelo a través de las zonas de tratamiento. Esto se consigue mediante un cambio sucesivo de polaridad de los electrodos siendo un modo de incrementar la eficacia del proceso.

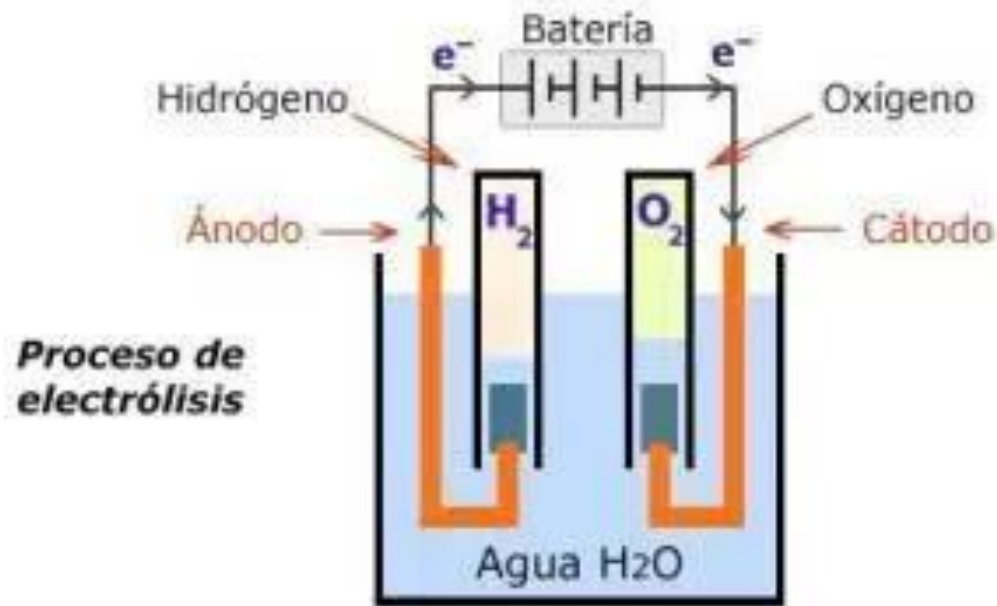
Los gradientes de potencial entre los electrodos suelen estar entre 10-40V/m. Se suelen disponer varias zonas de tratamiento intermedias con un espesor comprendido entre 1-5 cm, separadas entre sí por una distancia entre 0.5 y 1.0 m



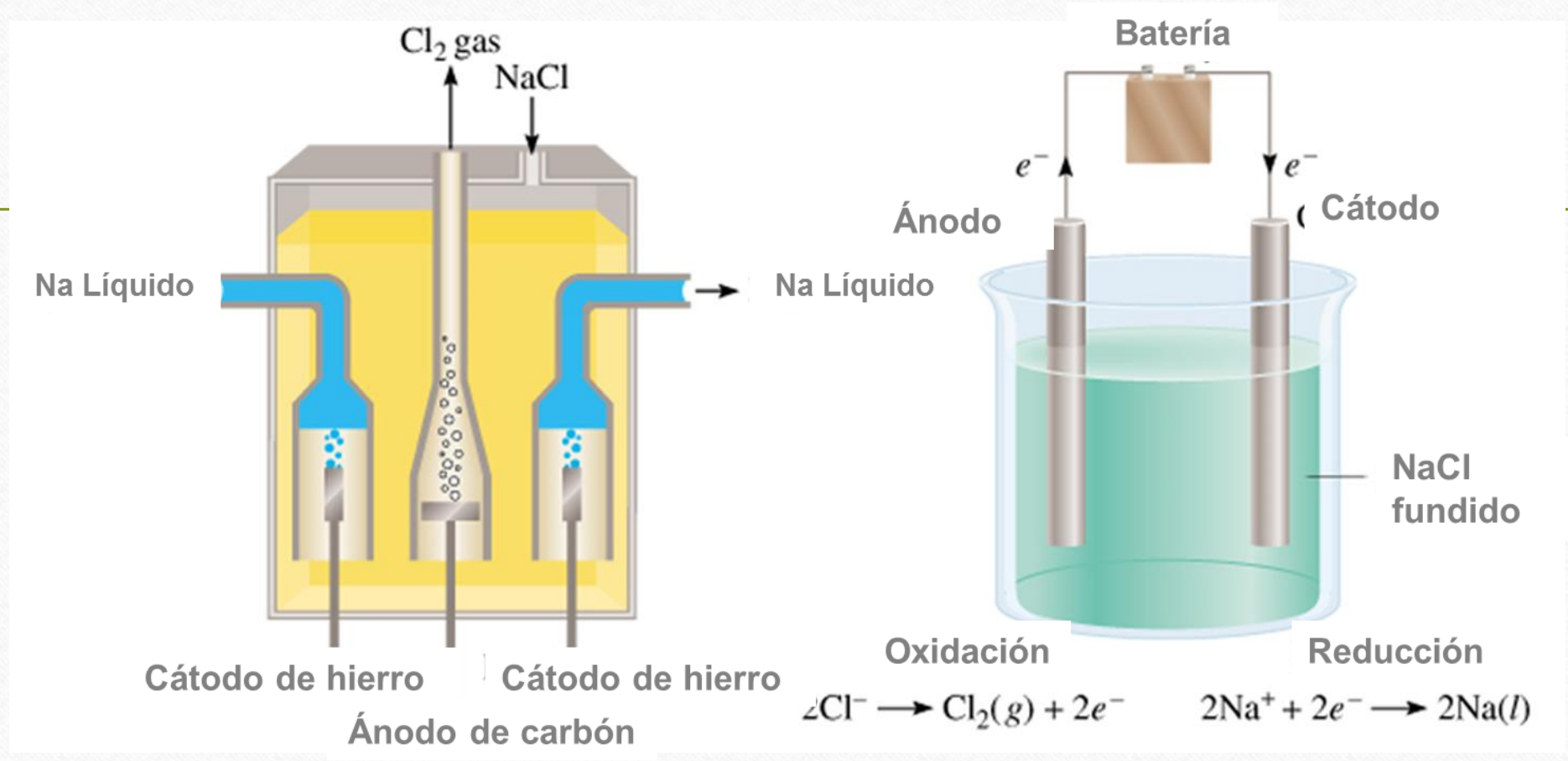
2.1.3 Electrolisis

- Tecnología electroquímica mediante la que se provoca un cambio químico en un líquido por intervención de la energía eléctrica
- La energía eléctrica se introduce mediante la aplicación de una diferencia de potencial entre los electrodos sumergidos en un líquido

El líquido en el que se provoca la reacción química debe ser conductor y contener sustancias capaces de oxidarse y reducirse.

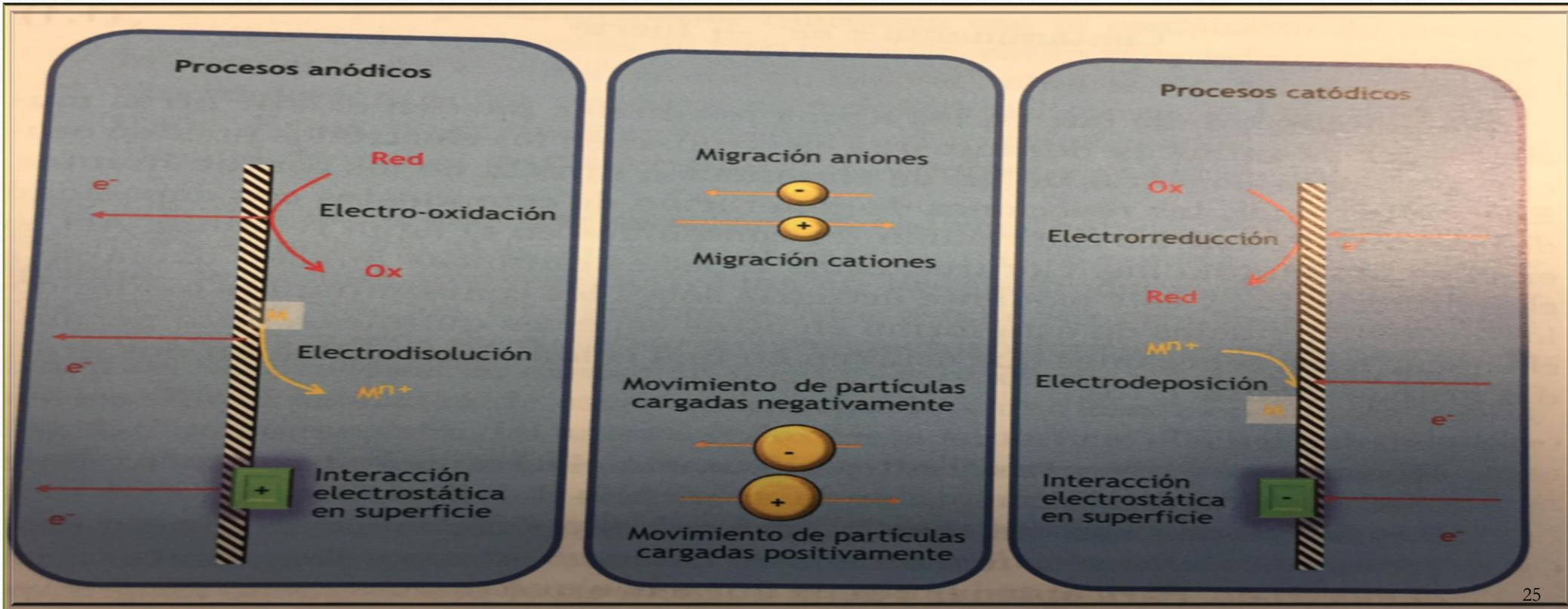


La diferencia de potencial un paso neto de corriente eléctrica entre los electrodos, con la consiguiente oxidación de algunas especies en la superficie de uno de los electrodos (ánodo) y la reducción de otras en el cátodo



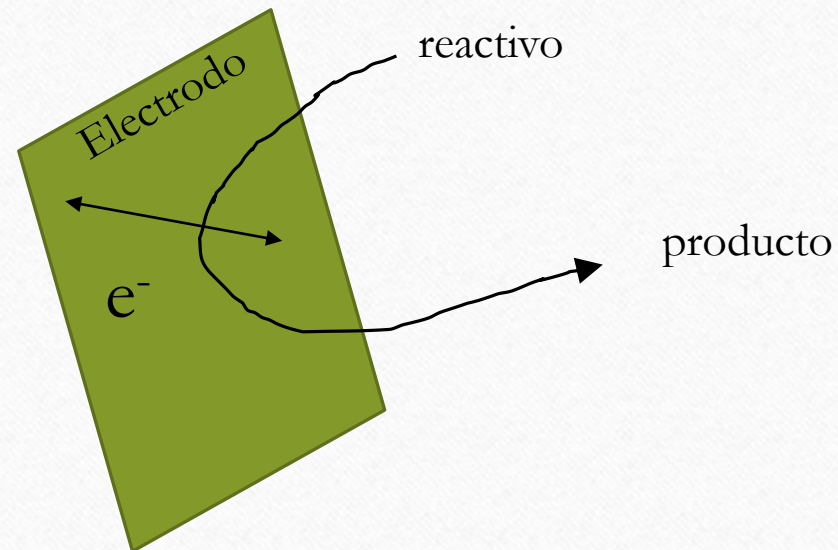
Los dos electrodos están conectados a una fuente de alimentación de corriente continúa, que provoca un transporte de electrones desde uno hasta otro.

Los productos reducidos resultantes pueden pasar a formar parte del cátodo (electrodeposición) o pueden continuar en disolución (electroreducción).



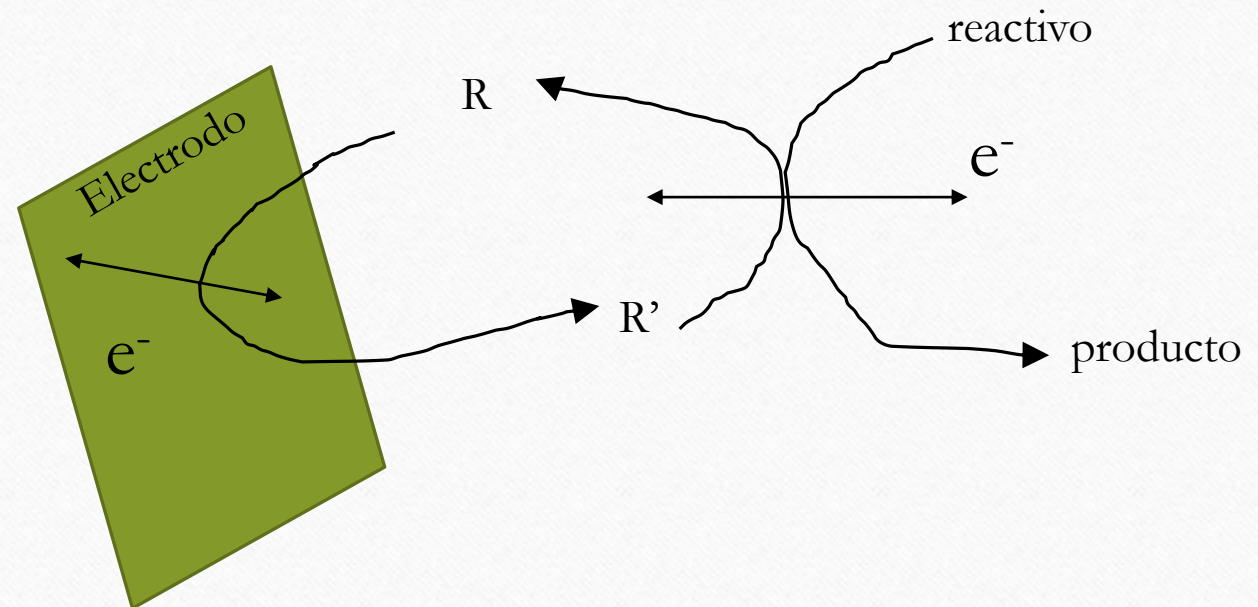
Electrolisis directa:

- La transferencia electrónica al producto de interés sucede directamente en la superficie del electrodo. En este caso, las reacciones son de tipo superficial y, en consecuencia, adquieren gran importancia los fenómenos de transporte de contaminantes hacia el electrodo.



Electrolisis indirecta:

La transferencia electrónica se realiza a un mediador, oxidante o reductor inorgánico (Ti^{3+} , Sn^{2+} , Ce^{4+} , Mn^{3+} , Cl_2 , Br_2), que posteriormente reacciona con el compuesto de interés.



- 2.3 Otra aplicación de las tecnologías electrolíticas es la **regeneración de aguas residuales tratadas**. Esta tecnología electroquímica tiene tres aplicaciones:

Desinfección electroquímica

- Electrolisis del agua residual, conducente a la formación de especies oxidantes a partir de los iones contenidos en el agua tratada. Estos oxidantes atacan a los microorganismos contenidos en el agua, destruyéndolos oxidativamente.

Eliminación de materia orgánica

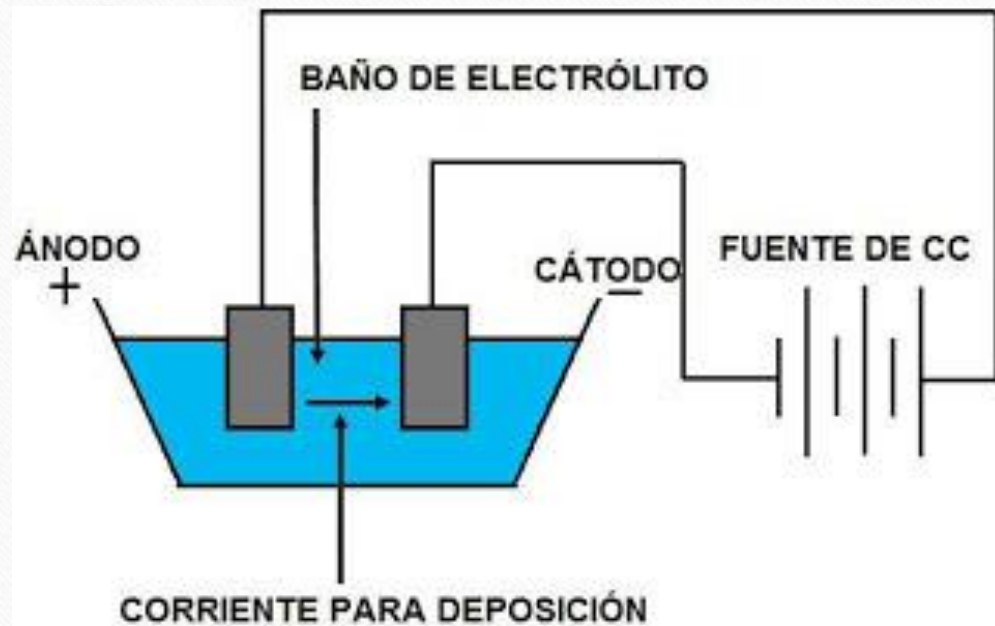
- Destrucción de los contaminantes refractarios a los tratamientos secundarios. Estos compuestos refractarios corresponden con especies de origen antropogénico que suelen estar incluidos en la categoría de contaminantes emergentes

Eliminación de nitrógeno

- La especie nitrato se puede reducir electroquímicamente a nitrógeno gas o a ion amonio. La eliminación es inmediata, si se utilizan reactores de celda única.

2.3.1 Electrodeposición

- Proceso de reducción en el que la especie reducida se deposita como metal sobre la superficie catódica de una celda electroquímica.
- Su principal aplicación en el tratamiento de efluentes industriales es la recuperación de metales
- En este proceso no es necesario añadir reactivos al agua residual, con lo que el agua tratada frecuentemente se vuelve a reciclar



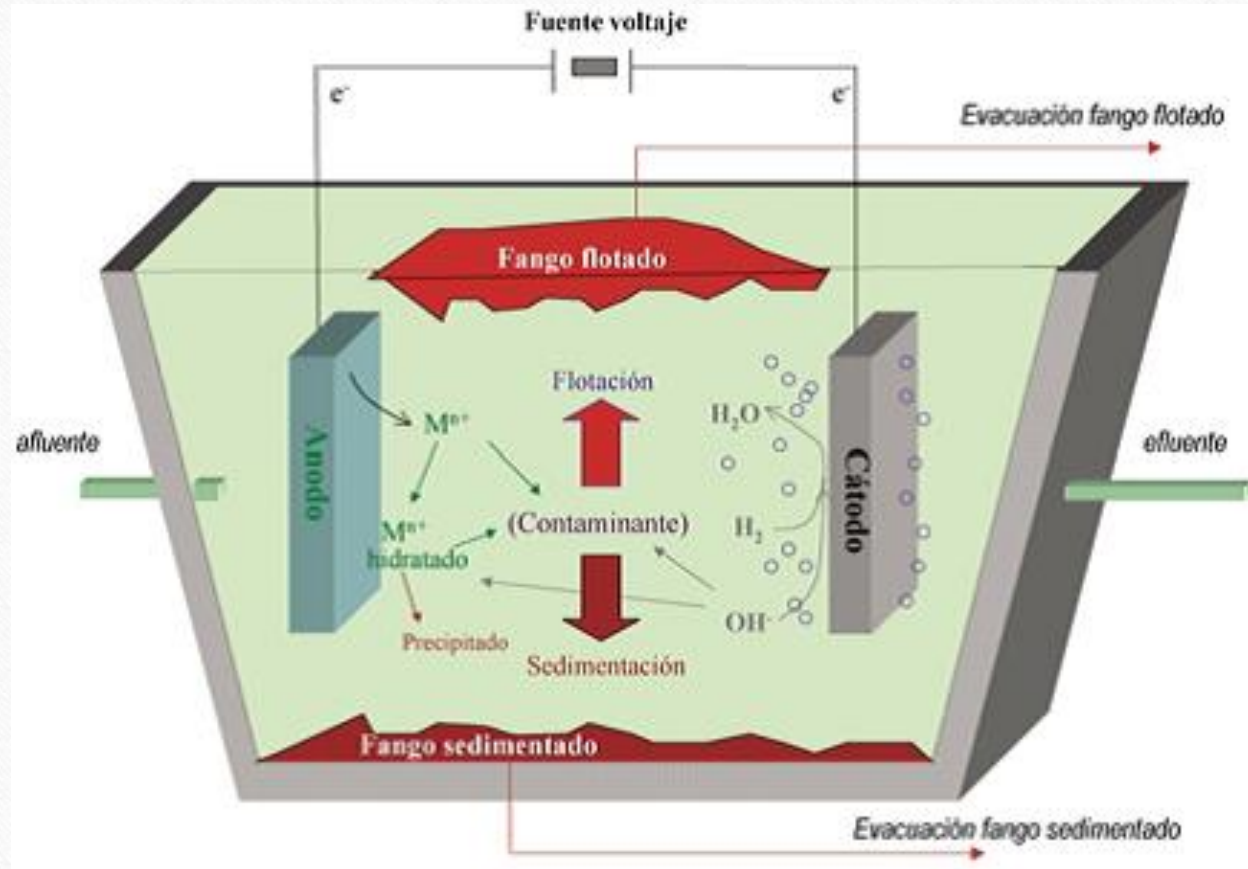
- ✓ Costos operativos bajos.
- ✓ Producción de lodos mínima
- ✓ Deposición selectiva de un metal mediante el control de condiciones operativas

2.3.2 Electrocoagulación

- Proceso electroquímico en el que, a partir de compuestos procedentes de la disolución de un ánodo, se agrupa la materia coloidal existente en un agua residual tratada, lo que posibilita su conversión en sólidos suspendidos
- Como consecuencia de su disolución, los ánodos van desapareciendo a medida que transcurre el tratamiento

Generalmente, el material anódico enlerdado son planchas de aluminio o de acero.

Al establecerse una diferencia de potencial sobre los electrodos de la celda, comienza los procesos de reducción en el cátodo; generándose el Al^{3+} si el ánodo es de aluminio o el Fe^{3+} si es de acero



- La pequeña demanda de corriente eléctrica permite que estos procesos se puedan abastecer mediante sistemas “verdes”, entre los que considerarían los basados en energía solar, eólica o incluso celdas de combustible



Courtesy of The National Renewable Energy Laboratory (NREL)

Referencias

- **R. Chang. “Química”. Ed. Mc Graw Hill. España. 2001.**
- **C. E. Barrera Díaz. “Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales. Ed. Reverté. 2014.**
- **C. Comninellis and C. Guohua. “Electrochemistry for the Environment”. Ed. Springer. 2010.**