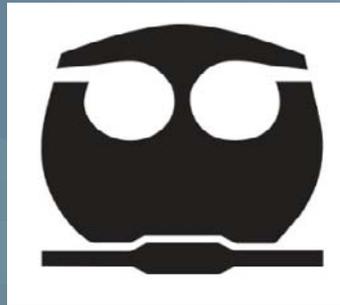


ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UN TRATAMIENTO FISCOQUÍMICO Y LA ELECTROFLOCULACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE METALES EN GALVANOPLASTÍA



AGOSTO, 2011



**La cuenca de México
acerca de 1519**
a la llegada de los españoles



- 1 Calzada de Tepeyacac
- 2 Calzada de Tlacopan
- 3 Calzada de Iztapalapa



**Lago de Texcoco, México
año de 1402**



Lago Texcoco

ESCASEZ Vs CONTAMINACIÓN

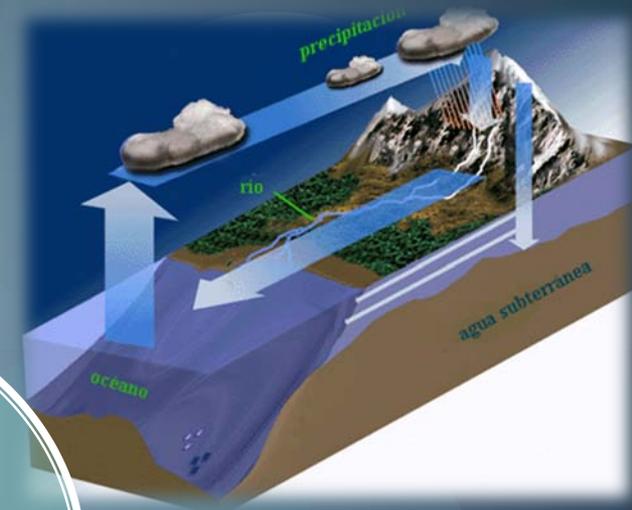
ESCASEZ

MALA
DISTRIBUCIÓN

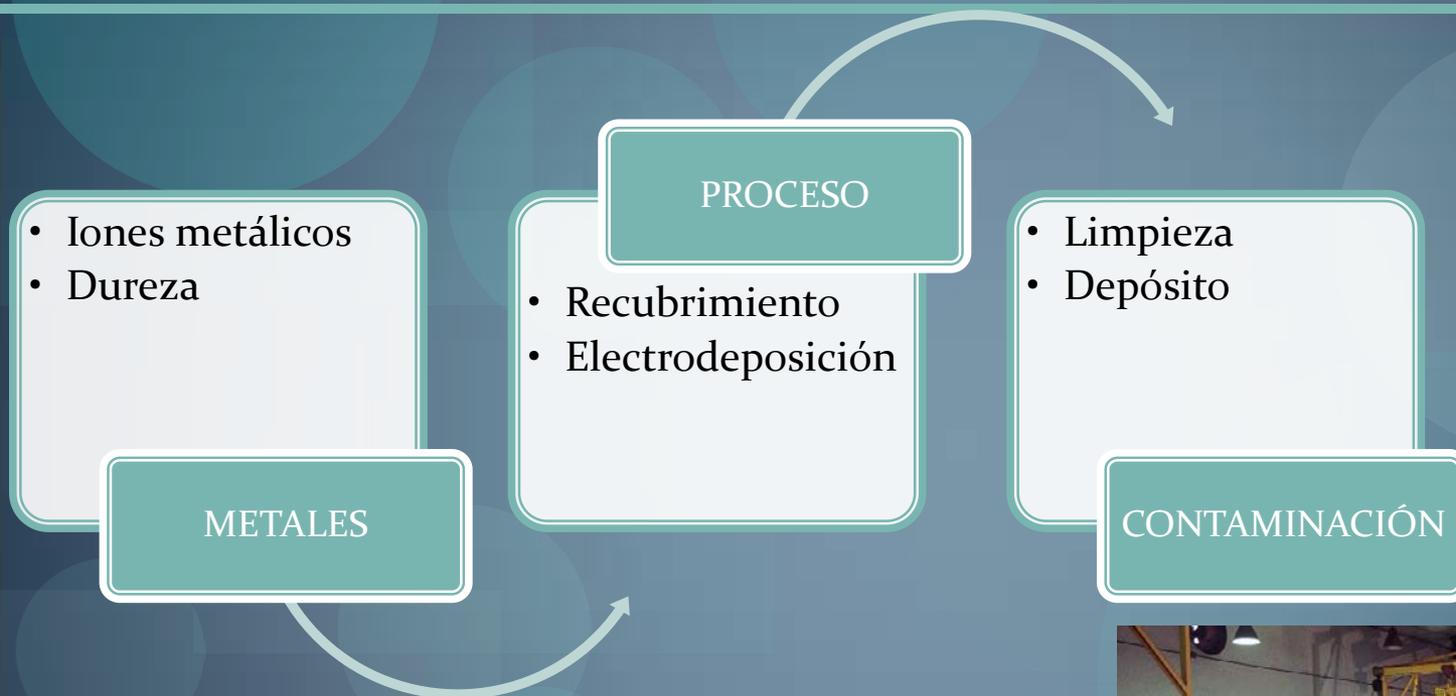
PROBLEMÁTICA
DEL AGUA

CONTAMINACIÓN

SUSTENTABILIDAD

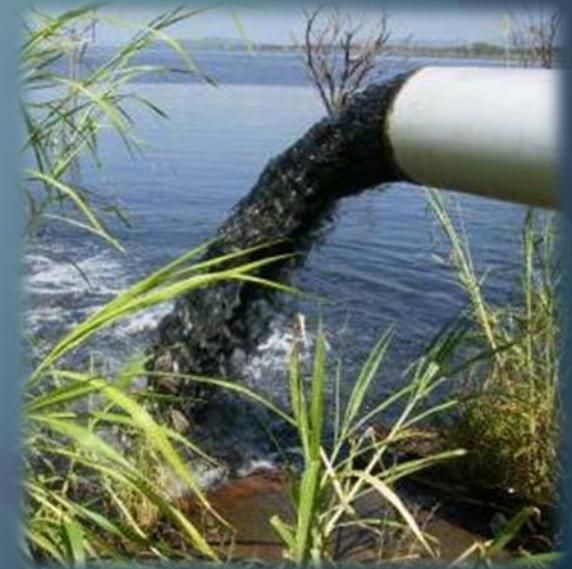


¿QUÉ ES LA GALVANOPLASTIA?



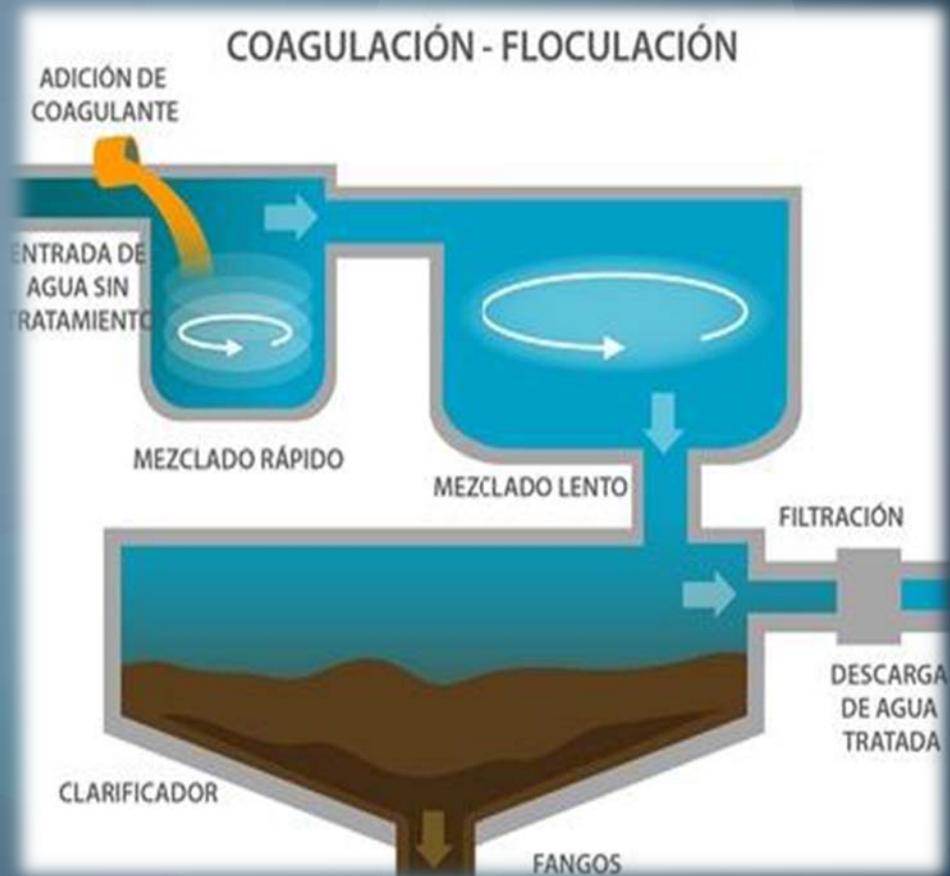
PROBLEMÁTICA

- Comparación de procesos: fisicoquímico y electroquímico para la depuración de metales pesados de aguas residuales provenientes de la industria metalmecánica
- Acondicionamiento de la suspensión
- Establecer una metodología adecuada para la remoción de los contaminantes



TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO

- Coagulación:
- Adición y mezcla rápida
- Desestabilización de coloides y sólidos suspendidos finos
- Precipitación de partículas desestabilizadas
- Floculación:
- Formación de aglomerados o flóculos
- Agitación lenta para formar flóculos de rápida sedimentación



TIPOS DE COAGULANTES Y FLOCULANTES

COAGULANTES	FÓRMULA	DOSIS (ppm)	
Sulfato de aluminio	$Al_2(SO_4)_3$	Potable residual	30-150 100-300
Sulfato férrico	$Fe_2(SO_4)_3$	Potable	20-60
Sulfato ferroso	$FeSO_4$	Potable Residual	20-60 200-400
Cloruro férrico	$FeCl_3$	Potable	5-150
Cal	$Ca(OH)_2$	Residual	100-500
Policloruro de aluminio	$Cl_3n-M(OH)mAln$	Potable	15-100

FLOCULANTES

Polielectrólitos catiónicos. Copolímeros a base de acrilamida con peso molecular $> 1 \cdot 10^6$

No iónicos. Poliacrilamidas

Aniónicos. Poliacrilatos

Sílice activa diluida (SiO_2)

Polielectrólitos naturales: almidones, taninos, alginatos.

FACTORES DEL PROCESO COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Concentración
del coloide

Dosis de
coagulante

Valor de pH

Agitación

Afinidad de
coloides

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

REDUCCCIÓN:

Neutraliza la solución ácida, al llegar a un cierto pH forma precipitados de hidróxidos metálicos

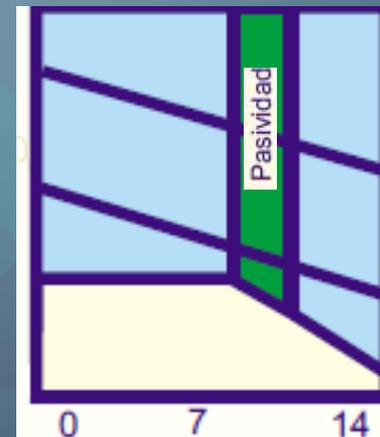
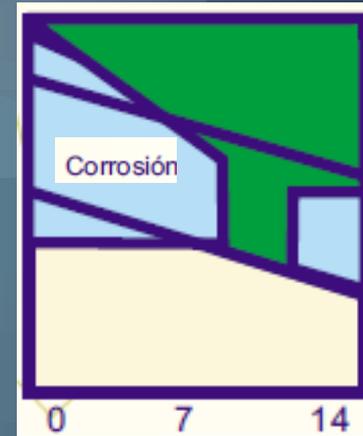
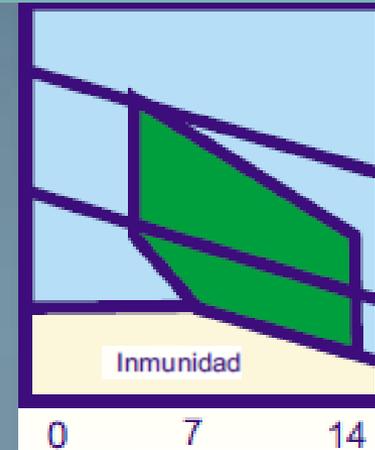
ALCALINIDAD:

Umbral de pH por encima del cual los hidróxidos precipitan se redisuelven y dan aniones o iones complejos.

DIAGRAMAS DE POURBAIX:
Representación del potencial en función del pH.

RANGOS DE pH:

Cromo (*pH 7-14*).
Níquel (*pH 9-12*).
Zinc (*pH 7-11*).



DIAGRAMAS DE POURBAIX

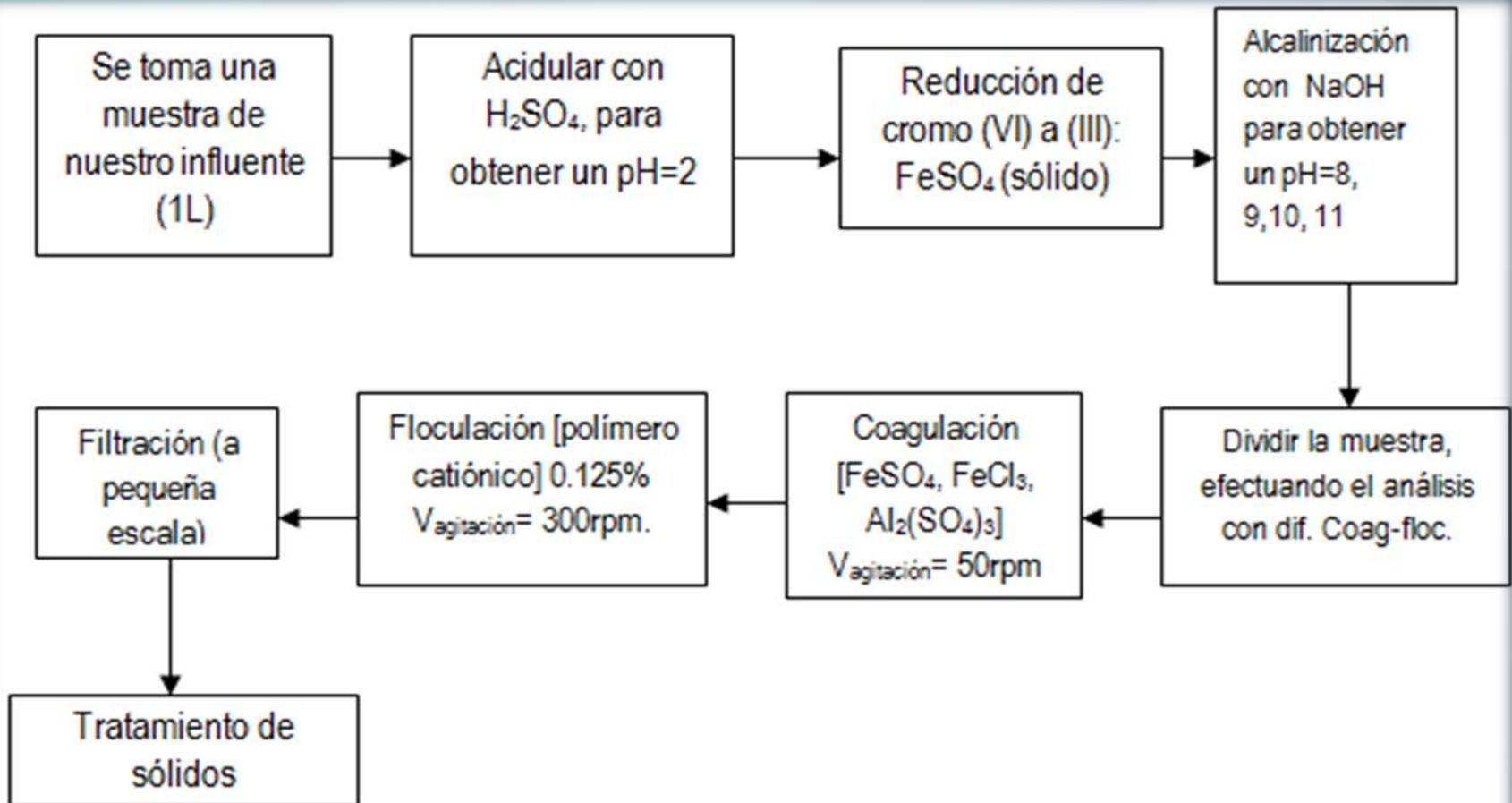
- **ZONA DE INMUNIDAD.** El metal (Me) además de ser atacado, si hay en el medio iones del mismo metal (Me^{++}) estos tenderán a depositarse.
- **ZONA DE CORROSIÓN.** Las fases estables son especies disueltas, la termodinámica predice que el metal tenderá a transformarse totalmente en tales especies (Me^{++} , MeO_2).
- **ZONA DE PASIVIDAD.** Se dan las condiciones que llevan a la formación de productos sólidos
- ($\text{Me}(\text{OH})_2$)

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

- Color: Verde lechoso.
- Presencia de grasas.
- pH =10.63
- Turbiedad = >50 NTU



DIAGRAMA DE PROCESO



RESULTADOS

MUESTRA FeSO ₄ [g/l]	pH(inicial)	pH(final)	Turbidez [NTU]
.1	10	9.3	8.92
2	9	7.3	10.5



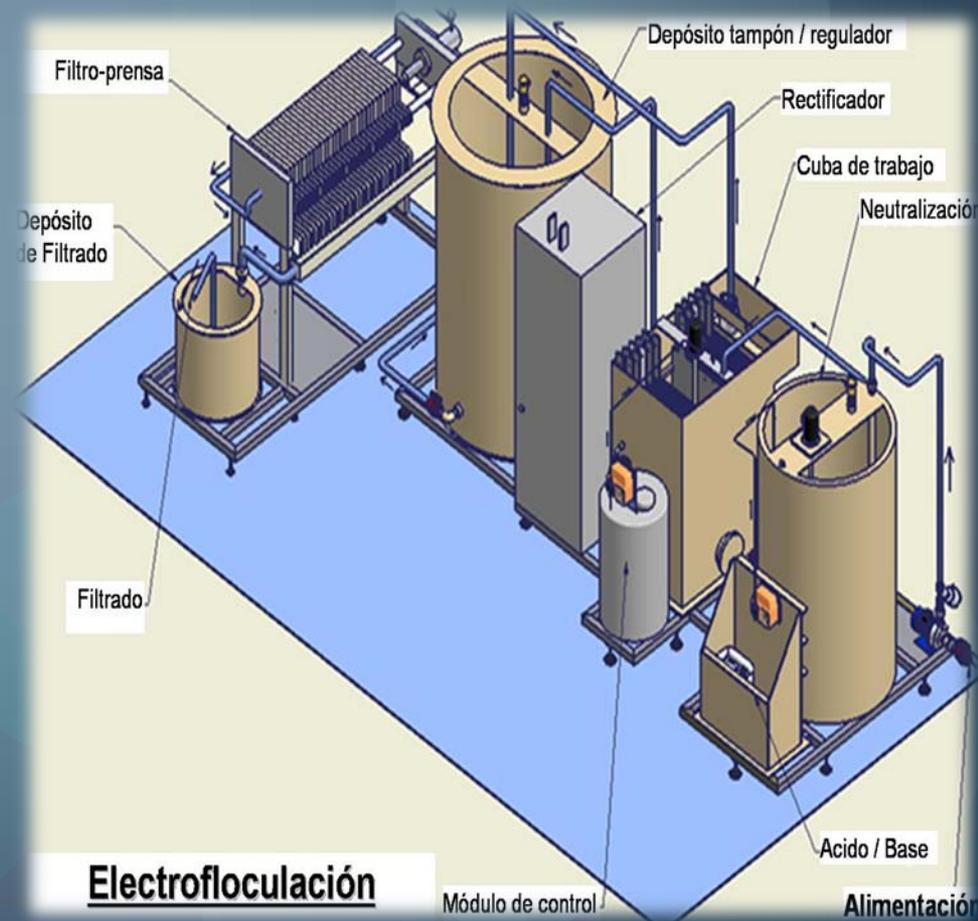
MUESTRA Al ₂ (SO ₄) ₃ [g/l]	pH(inicial)	pH(final)	Turbidez [NTU]
1	9	7	25.1
2	9	4.5	3.55
2	11	5	6.79
4	9	4.4	0.00

MUESTRA FeCl ₃ [g/l]	pH(inicial)	pH(final)	Turbidez [NTU]
.15	8	4	0.24
0.1	9	6.2	10.6
0.15	9	4.3	1.85
0.2	9	4.2	0.77
2	9	5.6	2.08
1	10	7.4	20.4



TRATAMIENTO ELECTROQUÍMICO

- Electrofloculación.
- Fuerza electromotriz que desestabiliza partículas
- Suspendidas, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso
- Tecnología limpia
- Aplicada en el tratamiento puntual de contaminantes en aguas residuales
- Técnica con mayores ventajas comparativas con respecto a tecnologías tradicionales de tratamiento



TIPOS DE CELDAS ELECTROQUÍMICAS

Celda Voltaica:

Energía eléctrica a partir de una reacción tipo redox

- Primarias
- Secundarias

Celdas de Combustible:
Potencia,
Alimentada de hidrógeno, carbono e hidrocarburos.

Celdas Electrolíticas:

Energía producida genera reacción particular

- Celda de electrocoagulación

DESCRIPCIÓN DE PROCESO

Electrodo conectado a una fuente de corriente directa

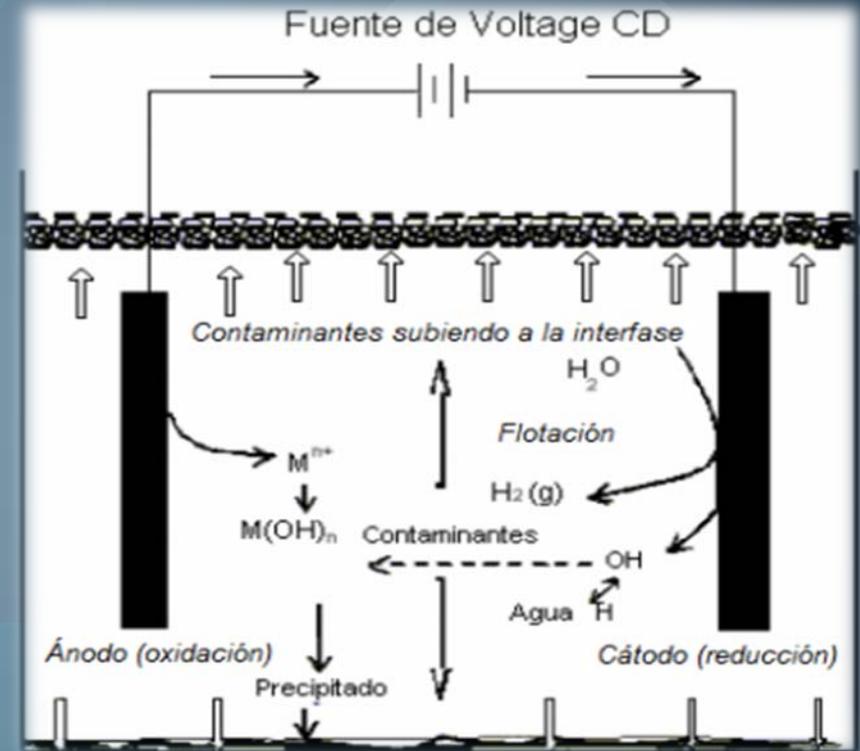
Cantidad de metal disuelto
Cantidad de electricidad

Placas de metal (Fe/Al) aportan iones al sistema

Son liberados y dispersados en el medio líquido

Óxidos metálicos atraen eléctricamente a contaminantes desestabilizados

Componentes hidrofóbicos que se precipitan o flotan, facilitando su remoción



FACTORES DEL PROCESO DE ELECTROFLOCULACIÓN

Voltaje

Densidad de
corriente

Consumo del
electrodo

Material del
Electrodo

Tiempo de
residencia

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

- Color: Verde lechoso.
- Presencia de grasas.
- pH =10
- Turbiedad = >50 NTU
- Conductividad=513
- Intensidad de corriente=1 A
- Separación de electrodos=4 cm

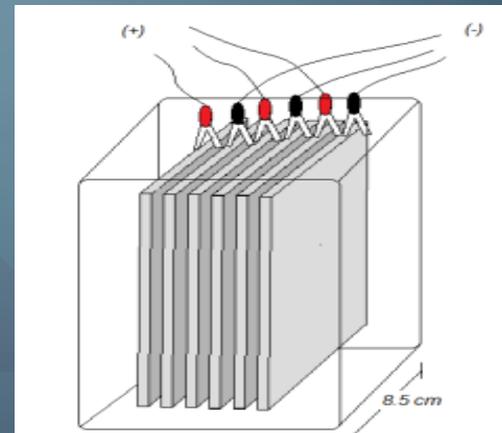
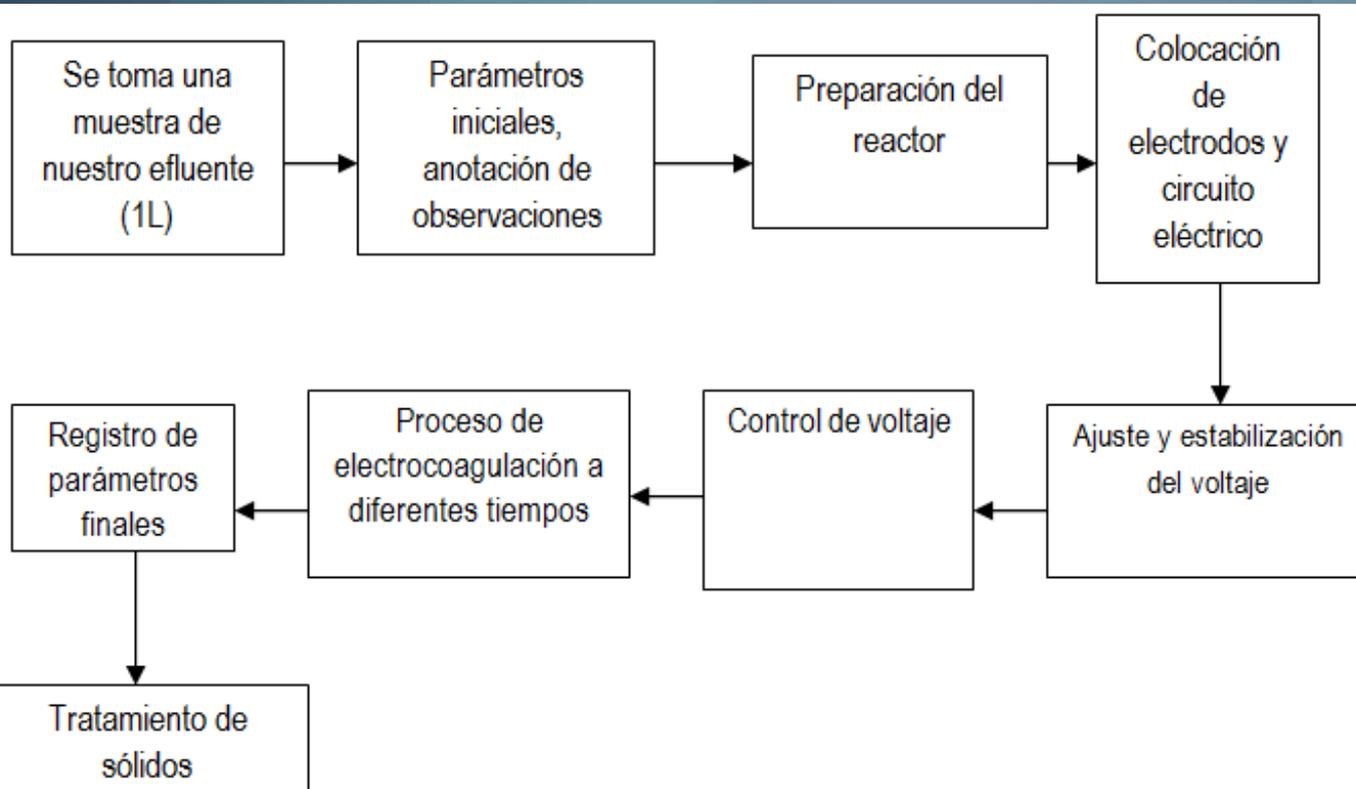


DIAGRAMA DE PROCESO

Referencia	Conductividad (μs)
Muestra sin tratar	513
Muestra después del tratamiento	507
Agua destilada	508



Se utilizó un volumen de efluente de 1 L para las pruebas realizadas, empleando como reactor un vaso de precipitados de 1 L de plástico, se suministró energía eléctrica con ayuda de una fuente de poder GW INSTEK GPC-1850D.

RESULTADOS

T = 15 min

MUESTRA	CANTIDAD NaCl [g/L]	pH (final)	TURBIEDAD [NTU]	OBSERVACIONES
A	13	7.35	>50	El agua se tornó muy turbia, además de que se generaron muchos lodos, formándose 3 fases en la muestra.



T = 30 min

MUESTRA	CANTIDAD NaCl [g/L]	pH (final)	TURBIEDAD [NTU]	OBSERVACIONES
B	S/E	7.64	45	El agua se mostró más clara que la anterior, se aglutinó la grasa y la nata del efluente, sin formación de lodos.



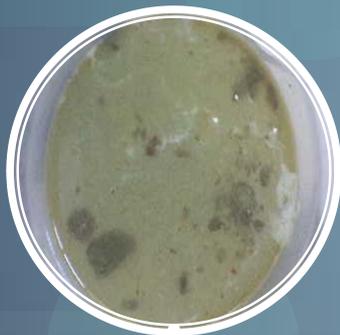
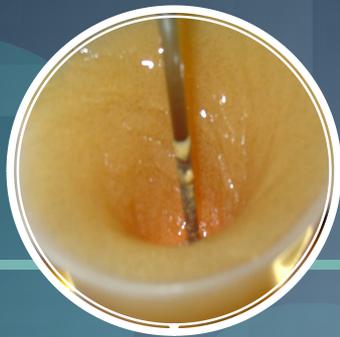
RESULTADOS

T = 60 min

MUESTRA	CANTIDAD NaCl [g/L]	pH (final)	TURBIEDAD [NTU]	OBSERVACIONES
C	S/E	7.9	41.6	El agua se tornó menos turbia, se eliminó la grasa y se formaron conglomerados de los residuos que contenía la muestra inicial.



CONCLUSIONES



CONTACTO

P.I.Q. Edna Atenea Sánchez Maldonado
ednaatenea.sanchezmaldonado@ext.cemex.com

**"Los obstáculos son esas cosas que las
personas ven cuando dejan de mirar sus
metas"**

Joseph Cossman