



*Tendencias en el tratamiento
Integral de Aguas Residuales*

Congreso Internacional Ambiental Manizales

*“Tendencias en el tratamiento integral de
aguas residuales”*

Manizales, septiembre 18 - 21 de 2017



Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Sede Manizales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Universidad
Católica
de Manizales



ELECTROCOAGULACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COLOR PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN PROCESOS DE DECOLORADO TEXTIL.

Hugo Gerardo Gómez Calderón
Tecnoacademia SENA Risaralda
hggomez@sena.edu.co



TECNOACADEMIA SENA RISARALDA

JOVENES APRENDICES-INVESTIGADORES ENTRE 11 Y 16 AÑOS DE EDAD



Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

INTRODUCCIÓN



<http://www.loisjeans.com/blog/look-relajado-para-salir-pasear-al-perro/>



<http://es.wikihow.com/deste%C3%B1ir-pantalones-cortos>



<http://www.guiademanualidades.com/shorts-destenidos-en-poco-tiempo-22823.htm>

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

PROBLEMA ACTUAL



Quebrada Dosquebradas. Fuente el autor



<http://blog.susanaromeroweb.com/?p=1600>

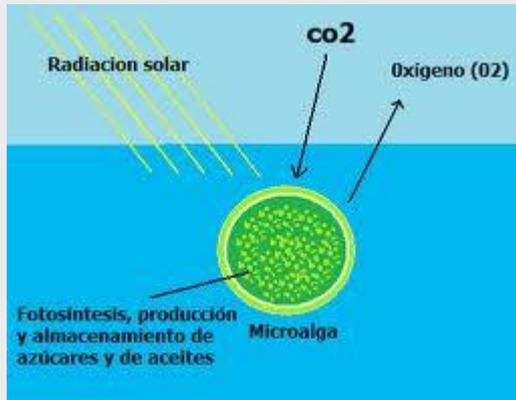
(Manu, 2003)

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

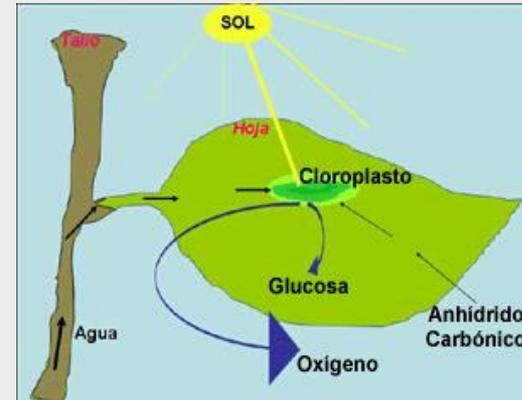
JUSTIFICACION

Consecuencias de la contaminación con color:

Incide negativamente en la realización de procesos fotosintéticos que deben darse en el agua.



<http://jorgedonosogaleon.com/>



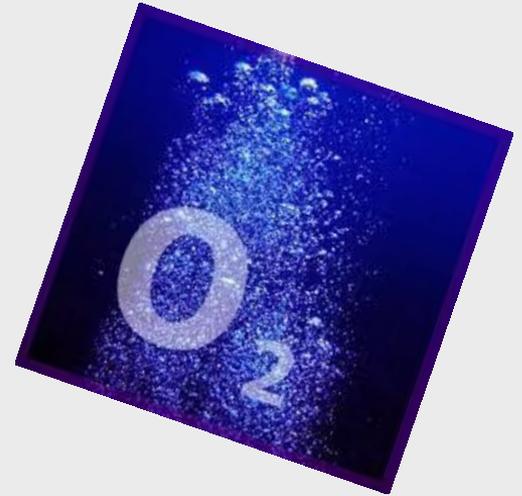
<http://aip-recursos.blogspot.com.co/2012/10/observa-la-siguiente-figura-observamos.html>

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Reduce significativamente la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

Quebrada Frailes: 7,33 mg O₂/L aguas arriba a un valor de 0,79 mg O₂/L. (CARDER, 2014)

(DBO₅): aguas arriba < 1,95 mg O₂/L ,
aguas abajo 59,2 mg O₂/L.
(CARDER, 2014)



Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la electrocoagulación como alternativa para el tratamiento de aguas residuales industriales generadas en procesos de decolorado de prendas textiles.

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

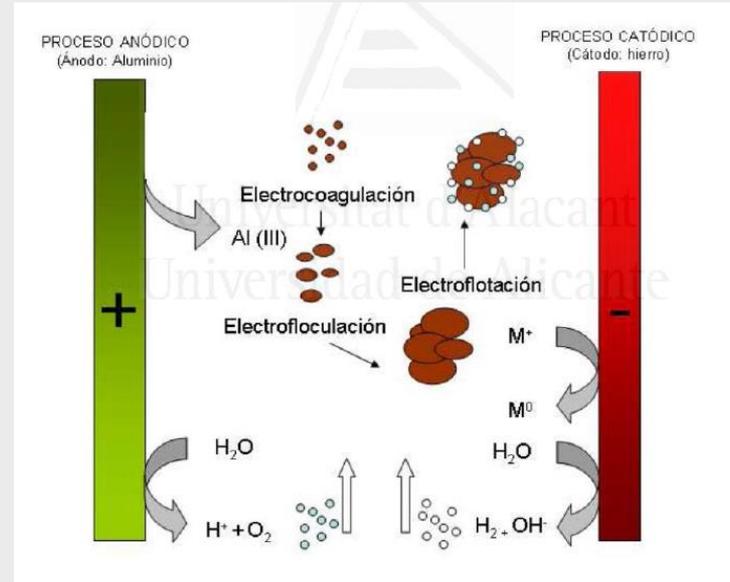
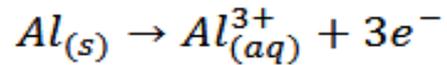
1. Caracterizar las aguas residuales generadas en el proceso de decolorado de prendas textiles.
2. Realizar ensayos piloto en reactores tipo batch, a escala laboratorio, en procesos de electrocoagulación a las aguas residuales en estudio.
3. Evaluar las modificaciones en variables como pH, temperatura, color, DQO y DBO_5 , debidas a procesos de electrocoagulación.

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

MARCO TEÓRICO

Electrocoagulación:

Proceso de coagulación en el que el agente coagulante se genera in situ.



Gráfica No. 1. Procesos en un reactor de electrocoagulación

Tesis de grado David Manuel Valero Valer.
Universidad de Alicante

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

MARCO LEGAL – RESOLUCIÓN 0631 DE 2015

Parámetro	Unidad de medida	Valor admisible
Temperatura	°C	≤ 40
pH	Unidades de pH	6,0 a 9,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L de O ₂	400
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L de O ₂	200
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	≤ 50,0
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	≤ 2,0
Grasa y Aceites	mg/L	20,0
Fenoles	mg/L	≤ 0,2
IONES		
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	≤ 1200,0
Sulfuros (S ²⁻)	mg/L	≤ 1,0
METALES Y METALOIDES		
Cadmio (Cd)	mg/L	0,02
Zinc (Zn)	mg/L	3,00
Cobalto (Co)	mg/L	0,50
Cobre (Cu)	mg/L	1,00
Cromo (Cr)	mg/L	0,50
Níquel (Ni)	mg/L	0,50
OTROS PARAMETROS PARA ANALISIS		
Color real (Medidas de Absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m ⁻¹	ANÁLISIS Y REPORTE

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

MARCO TEÓRICO

$$\% \textit{Decoloración} = \frac{\sum A a - \sum A b}{\sum A a} * 100$$

Londoño (2001)

Donde :

Aa, es la absorbancia de la muestra inicial

Ab, es la absorbancia de la muestra final.

Longitudes de onda 436, 525 y 620 nm

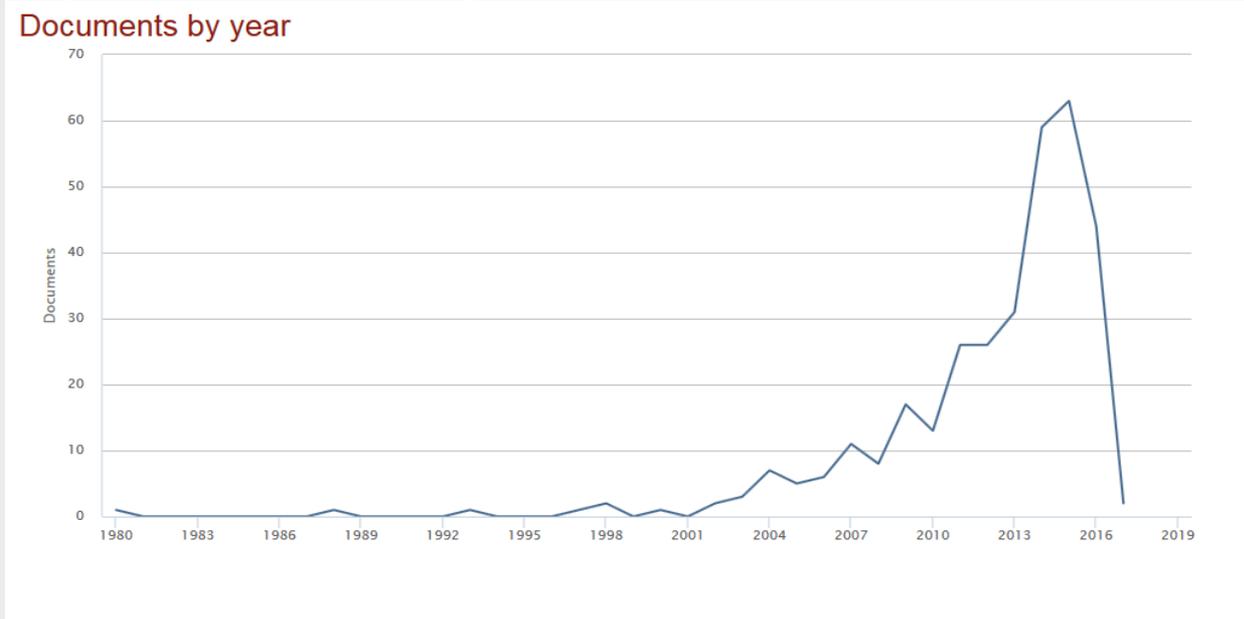
Resolución 631 de Marzo de 2015

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

ESTADO DEL ARTE

SCOPUS

Key Words: electro coagulation , wastewater treatment



Grafica N°2. Resultados obtenidos en SCOPUS. Noviembre de 2016

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

METODOLOGÍA



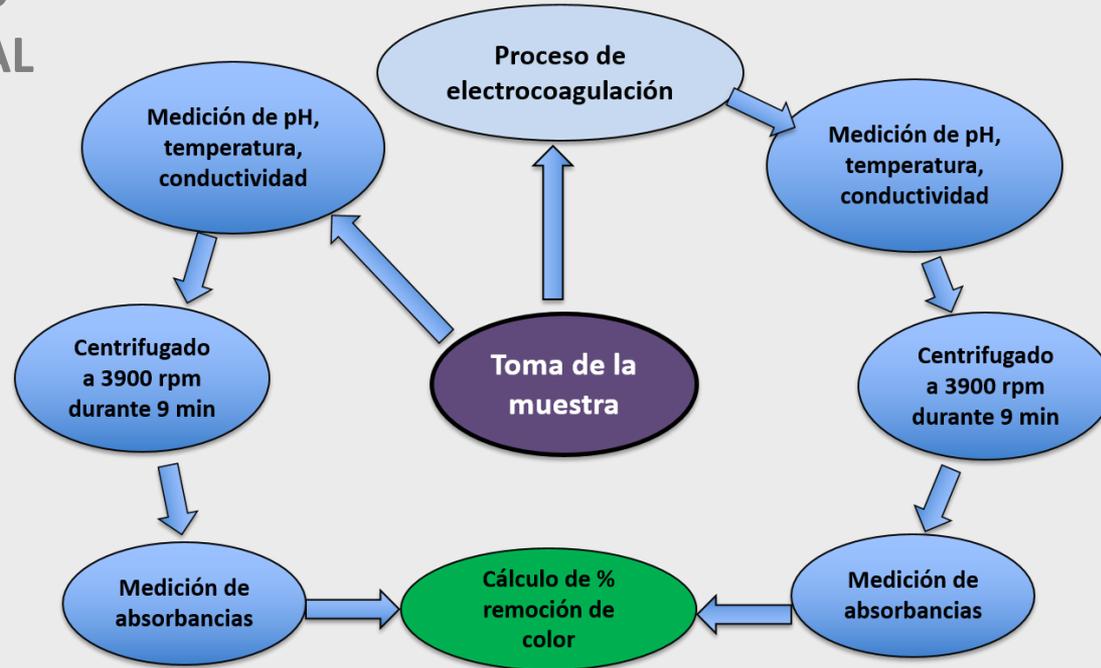
Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

METODOLOGÍA



Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

DESARROLLO EXPERIMENTAL



Gráfica N°3. Diagrama de flujo de procesamiento de muestras.

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivos 1 y 3

DESARROLLO EXPERIMENTAL



Centrifuga 3900
rpm 9 minutos



Temperatura
in situ

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA INICIAL BÁSICA



Color Real
(Absorbancia)



Conductividad
eléctrica



pH

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 2

DESARROLLO EXPERIMENTAL



Imagen N° 1 . Fuente: los autores

a) Beaker de vidrio con 800 cc de muestra. b) Cronómetro c) electrodo, d) Multímetro e) Fuente de poder

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 2

DESARROLLO
EXPERIMENTAL

Ensayos



Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 1

RESULTADOS

Tabla N.º 2. Caracterización físico química de la muestra compuesta.

Nº Muestra	pH Promedio	Conductividad ad micro siemens/cm	Temperatura °C Promedio	Abs 436 nm Promedio	Abs 525 nm Promedio	Abs 620 nm Promedio
1	6,56	142	22,7	0,431	0,372	0,612
2	6,94	107	22,7	0,427	0,370	0,511
3	5,17	95	22,8	0,689	0,602	0,607
4	7,09	110	22,8	0,581	0,547	0,944
5	5,91	68,5	21,6	0,443	0,480	0,610

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 2

RESULTADOS

Se han realizado 96 ensayos, modificando las diferentes variables que mayor incidencia tienen en el proceso.



Imagen N.º 2. Modificando intensidades de corriente.
Fuente: autores



Imagen N.º 3. Realizando mediciones a diferentes periodos de tiempo. Fuente: autores

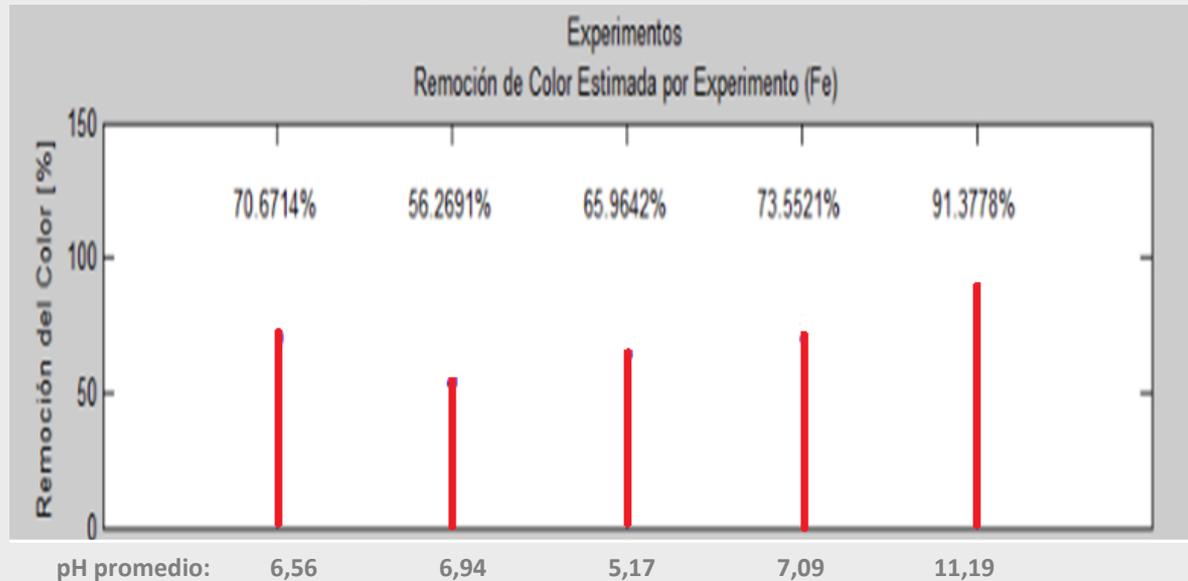


Imagen N.º 4 Electrodos probados. Fuente: autores

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 3

RESULTADOS



Gráfica Nº4. Porcentaje de remoción de color en el proceso

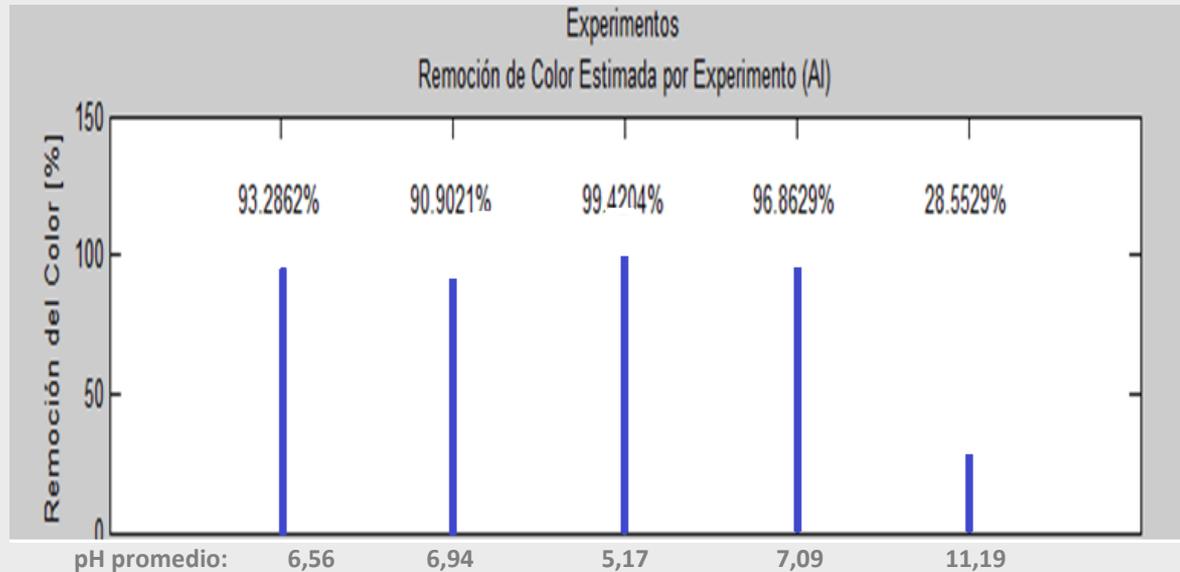
Intensidad de Corriente 3 Amperios. Volumen muestra 800 c.c. Tiempo: 10 minutos

Área efectiva de cada electrodo 60 cm² Separación electrodos 10 mm

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 3

RESULTADOS



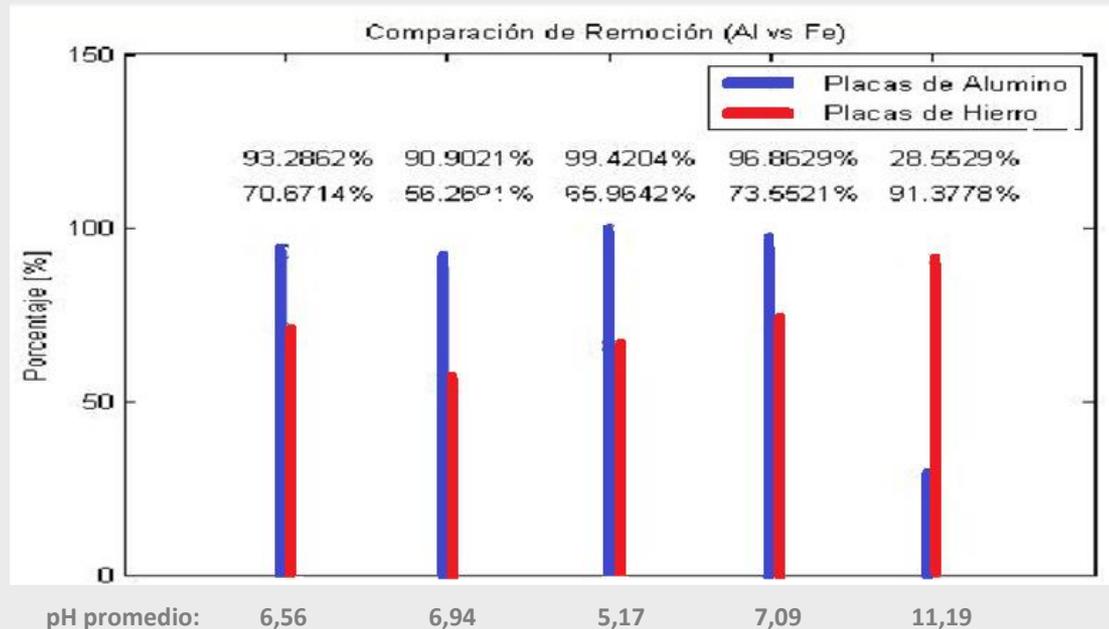
Gráfica N°5. Porcentaje de remoción de color en el proceso

Intensidad de Corriente 3 Amperios. Volumen muestra 800 c.c. Tiempo: 10 minutos
Área efectiva de cada electrodo 60 cm² Separación electrodos 10 mm

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

RESULTADOS

Objetivo 3



Gráfica N.º 6. Comparativo desempeño de los electrodos de hierro y aluminio en el proceso de electrocoagulación

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 3

RESULTADOS



Imagen N.º 5. Iniciando prueba de electrocoagulación con electrodos de 30 cm² Fuente: autores

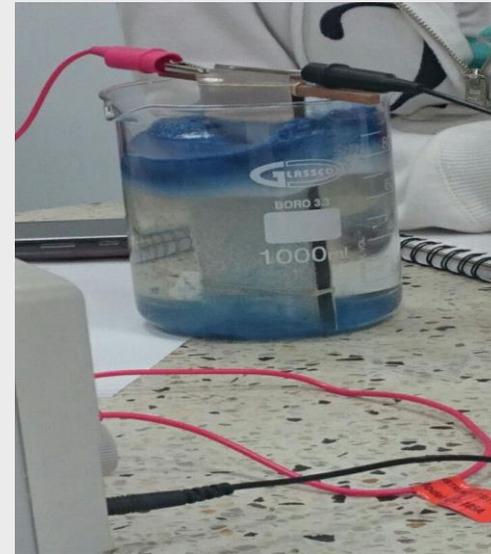


Imagen N.º 6. Muestra de agua después de proceso de electrocoagulación, con electrodo de aluminio. Fuente: autores

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 3

RESULTADOS

Tabla N.º 4. incidencia de la intensidad de corriente en el proceso de electrocoagulación

Muestra	Intensidad corriente (Amperios)	pH Inicial/Final Promedio	Conductividad $\mu\text{S/cm}$ Promedio	% Remoción Promedio
1	1	5,91 – 7,41	68,5	42,4
2	3	5,91 – 8,52	66,9	82,1
3	5	5,91 – 8,98	67,3	95,2
4	6	5,91 – 9,12	67,9	96,3
5	6,40	5,91 – 9,08	68,0	97,6

Volumen muestra 800 cc Conductividad Inicial 68,5 $\mu\text{S/cm}$
Área efectiva de cada electrodo 90 cm^2 Separación electrodos 5 mm
Electrodos de aluminio. Tiempo 5 minutos.

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 3

RESULTADOS

Tabla N.º 5. Incidencia del pH en el proceso de Electrocoagulación

Muestra	Intensidad corriente (Amperios)	pH Inicial/Final Promedio	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ Promedio	% Remoción Promedio
1	5	3,75 – 8,34	69,8	84,61
2	5	6,36 – 8,94	66,2	76,86
3	5	9,54 – 9,54	82,5	52,7

Volumen muestra 800 cc Conductividad Inicial 65,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Electrodos de Aluminio. Tiempo 03 minutos

Área efectiva de cada electrodo 90 cm^2 Separación electrodos 5 mm

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 3

RESULTADOS

Tabla N.º 5. Incidencia del área del electrodo en el proceso de electrocoagulación.

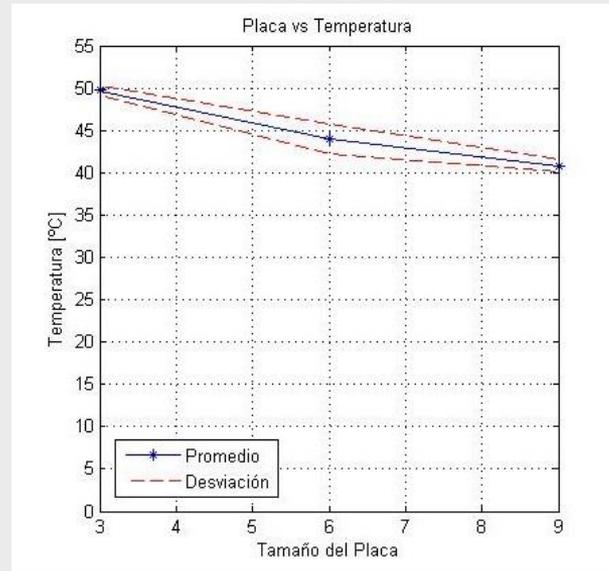
Muestra	Área de los electrodos cm ²	pH Inicial/Final Promedio	Conductividad $\mu\text{S/cm}$ Promedio	% Remoción Promedio
1	30	5,91 – 8,99	62,7	96,62
2	60	5,91 – 9,20	61,5	97,88
3	90	5,91 – 9,24	60,6	98,70

Volumen muestra 800 cc Conductividad Inicial 65,3 $\mu\text{S/cm}$
Electrodos de Aluminio. Tiempo 10 minutos
Intensidad de corriente: 3 amperios Separación electrodos 5 mm

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

Objetivo 1

RESULTADOS



Temperatura inicial 21,6 °C

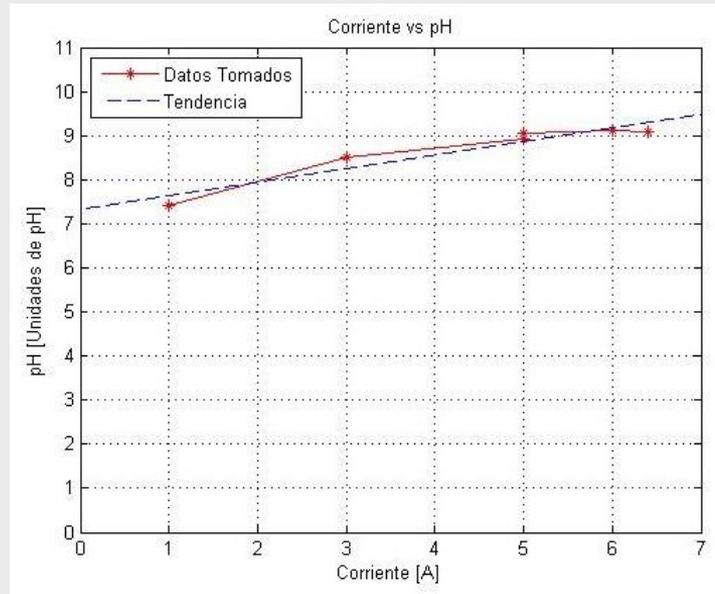
Grafica N.º7. Incidencia del área de electrodo en el incremento de temperatura generado en el proceso de electrocoagulación.

Tiempo: 10 minutos, Intensidad de corriente 3 amperios

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

RESULTADOS

Objetivo 1



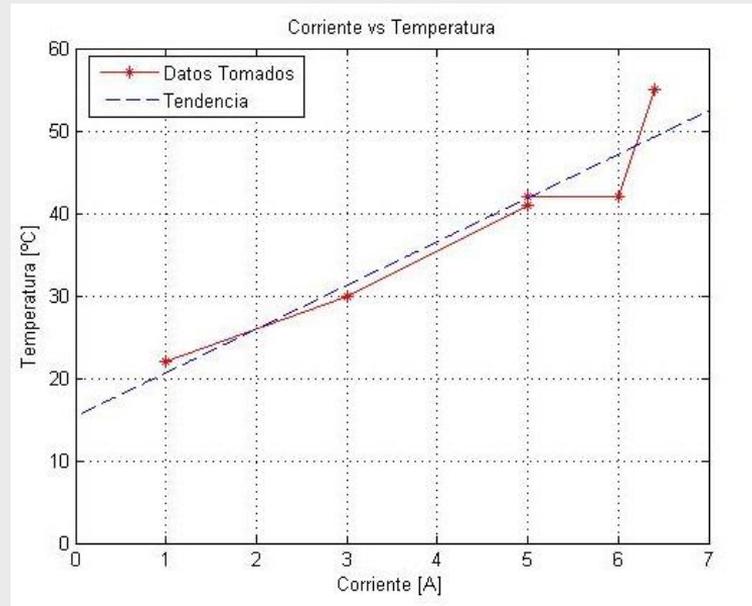
pH inicial 5, 91

Gráfica N.º 8. Incidencia de la intensidad de corriente aplicada, sobre el incremento del pH, en el proceso de electrocoagulación

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

RESULTADOS

Objetivo 1



Temperatura inicial 21,6 °C

Grafica N.º9. Incidencia de la intensidad de corriente aplicada, en el incremento de temperatura generado en el proceso de electrocoagulación
Tiempo: 5 minutos, electrodos de 90 cm²

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

CONCLUSIONES

Bajo las siguientes condiciones de operación, a nivel piloto, en el proceso de electrocoagulación se logró reducir, en cinco minutos, el 90 % o más del color presente en 800 cc de agua residual generada en los procesos de decolorado textil:

Electrodos de Aluminio con un área efectiva sumergida por cada electrodo de 90 cm², separados 5 mm, bajo una intensidad de corriente de 5 amperios y con un pH inferior a 7,5.

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se puede concluir que el proceso de electrocoagulación es una excelente alternativa para el tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en los procesos de decolorado textil en empresas de Dosquebradas, en cuanto a la remoción de color respecta

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

BIBLIOGRAFÍA

- Arango, A. Uso de electrocoagulación para la remoción de tartrazina en soluciones acuosas. *Producción + Limpia*, vol. 6, no 2, pp. 58-68. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S190904552011000200006&lng=en&tlng=es (2011).- Arango, A., Garcés, L.F., Molina, S. y Piedrahita, J.S. Análisis de costos de la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. *Producción + Limpia*, vol. 3. no 2, pp. 9-21. Recuperado de http://www.metropol.gov.co/ProduccionLimpia/Documents/Revista%20PL/Vol3_No2_Julio_Diciembre_2008.pdf. (2008)
- [9] Gilpavas, E., Arbeláez, E.D., Sierra, L.M., White, C., Oviedo, C., Restrepo, P.A. Aplicación de la electroquímica en el tratamiento de aguas residuales. Cuadernos de Investigación Universidad EAFIT. Documento 65 – 072008, p 73. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/cuadernosinvestigacion/article/download/1279/1158>, 2008.
- [10] García M. C., García, C. A., de Plaza. J.S. Estudio exploratorio del tratamiento de agua de lavado de tintas por método de electrocoagulación/electroflotación. *Tecnura*, 20(47), 107-117. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/10087/11160>, 2016.

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

GRACIAS

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

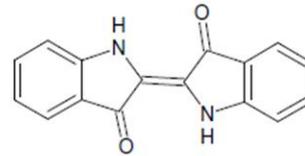
ALGUNAS MEDICIONES DE REMOCIÓN DE DQO

PROCESO DE DESENGOMADO			
(5 Amperios - 5 minutos)			
DQO ANTES	DQO DESPUÉS	% REMOCIÓN	% REMOCIÓN
(mg/L)	(mg/L)	DQO	COLOR
3145	1805	42,61%	93,21
3170	1720	45,74%	96,63
PROCESO DE BLANQUEO			
(5 Amperios - 6 minutos)			
DQO ANTES	DQO DESPUÉS	% REMOCIÓN	% REMOCIÓN
(mg/L)	(mg/L)	DQO	COLOR
6105	4320	29,24%	95,35%
6110	4265	30,20%	97,90%
6320	4305	31,88%	98,20%

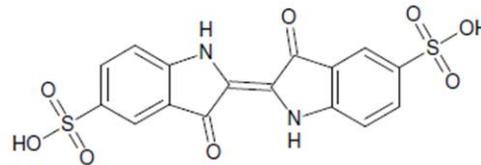
Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color

MOLECULAS DE COLOR

Revista Colombiana de Materiales N.4. Abril de 2013, pp. 93 - 108



A



B

Figura 1. Estructuras químicas de los colorantes índigo (A) e índigo carmín (B)

Primera Fase del proyecto: evaluación de la remoción de color