

ANEXOS

Anexo 1. Determinación de DQO

Para ello se determinó absorbancia por concentración de muestras patrón y realización de soluciones para el análisis del agua problema.

- Determinación de absorbancia por concentraciones para las muestras patrón.

Curva de calibración: Para ello se realizaron muestras patrón las cuales se obtuvieron a partir de 4 concentraciones desde 50 hasta 500 mg/L, en las cuales se utilizó 50mL de agua destilada y se añadió 0,0425 g de ftálato ácido de potasio (el cual tiene una DQO teórica de 500mgO₂/L (fuente)), estos se introducen en el horno durante 2 horas a 150°C.

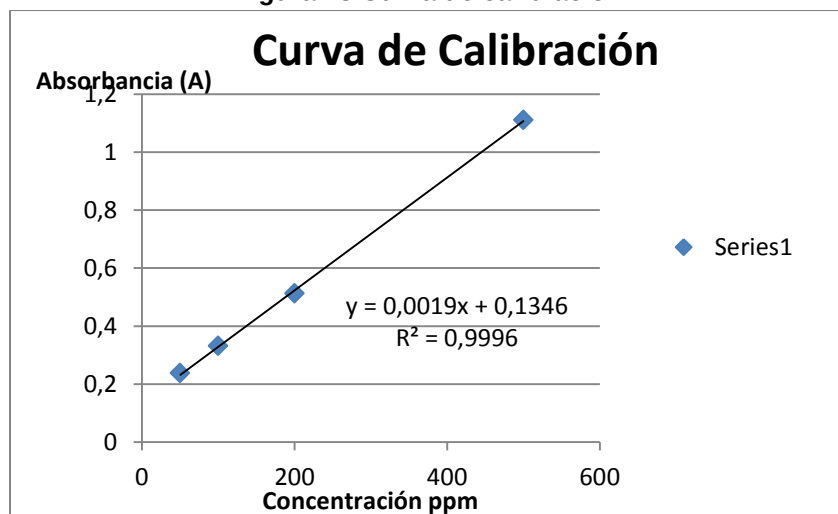
Posteriormente se determina en cada concentración la absorbancia en el espectrofotómetro con una longitud de onda de 600nm, y de esta manera hallar el DQO, mediante regresión lineal (ver tabla 13 y figura 13).

Tabla 13. Concentración y absorbancia para cada patrón.

Concentración (mg/L)	Absorbancia
500	1,1108
200	0,5129
100	0,3312
50	0,2373

Fuente: Autores

Figura 13. Curva de calibración



Fuente: Autores

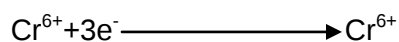
- Realización de soluciones para el análisis del agua problema.
 - Medir un volumen de agua problema de 2.5 mL
 - Se adiciono 1.5 ml de solución digestora (en un volumen 25 ml de agua destilada se adicionó 0.50g de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), 8.35mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y 1.67g de Sulfato de mercurio ($HgSO_4$)).
 - Se adiciono 3.5 mL de solución catalizadora (se diluyo 0,4g de Sulfato de plata (Ag_2SO_4) en 50 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4)).

Posteriormente se colocaron en tubos de digestión que luego se llevaron al horno durante 2 horas a 150°C.

Pasadas las 2 horas se dejan enfriar las muestras se calibra el equipo con el blanco a una longitud de onda de 600nm, se leyó la absorbancia para luego hallar la concentración en mg/L de DQO de cada una de las muestras con la curva de calibración.

La reacción de la solución digestora con materia orgánica del agua problema se muestra a continuación:

Ecuación 10. Reacción de solución digestora



Anexo 2. Determinación de DBO₅

El método para determinar el DBO₅ consiste en llenar con muestra problema 3 frascos winkler, incubarlos a 20 °C por 5 días. Medir el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto final después del periodo de incubación. El cambio en la concentración de oxígeno disuelto medida por el método Winkler resultara en la medida del DBO.

Para la obtención del DBO se realizan 6 soluciones, 5 de estas son nutrientes y la última es una solución buffer las cuales se realizaron de la siguiente manera:

Solución sulfato de magnesio: disolver 22,5 g de sulfato de magnesio (MgSO₄ · 7H₂O) en agua destilada y diluir a un litro.

Solución de cloruro de calcio: disolver 27,5 g de cloruro de calcio (CaCl₂) en agua destilada y diluir a un litro.

Solución cloruro férrico: disolver 0,25 g de cloruro férrico (FeCl₃·6H₂O) en agua destilada y diluir a un litro.

Solución sulfito de sodio: disolver 0,6205 g de sulfito de sodio (Na₂S₂O₃) en un litro de agua. Esta solución no es estable y se debe preparar el mismo día que se va usar.

Solución buffer o amortiguadora de fosfatos: disolver 8,5 g de fosfato di hidrogeno de potasio (KH₂PO₄), 21,75 g de fosfato hidrogeno de potasio (K₂HPO₄), 33,4 g de fosfato hidrogeno de sodio (Na₂HPO₄·7H₂O) y 1,7 g de cloruro de amonio (NH₄Cl) en 500 ml de agua destilada y diluir a un litro.

Sulfato de manganeso: Se pesa 480 g de MnSO₄ · 4H₂O se disuelve en agua y diluir a un litro.

Colocar en un recipiente 10 litros de agua de abastecimiento, y airearla con una bomba aireadora o compresor hasta que se sature de oxígeno (aproximadamente 2 horas).

Colocar en un recipiente 1 ml de cada uno de los nutrientes y diluir con agua oxigenada hasta un litro.

Para aguas residuales no es necesario utilizar inóculos, se toma volúmenes conocidos y se deben realizar 2 y 3 diluciones de la misma muestra y realizar duplicado de cada una de ellas. Se colocan 1, 3 y 5 ml de agua problema en cada frasco respectivamente y se diluye en el frasco winkler hasta 300 ml con agua oxigenada con nutrientes, se tapan todas las botellas hasta el rebose sin dejar burbujas de aire.

Se mide el oxígeno disuelto inicial con el multiparámetro y después de 5 días de incubación se vuelve a medir, y se realiza la siguiente ecuación.

$$DBO = \frac{O2\text{ inicial} - O2\text{ final}}{1ml} * 300ml$$

Anexo 3: Determinación de sólidos.

Para ello se determinaron sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos suspendidos de acuerdo los métodos normalizados para agua potable y residual establecidos por la APHA, AWWA y WPCF [55].

- Determinación de sólidos totales:

Para ello pesa un Erlenmeyer de 100mL vacío, seguidamente se le adiciona 1mL de agua problema y se vuelve a pesar, luego es llevado al horno durante una hora a 100 °C, sacar dejar enfriar y pesar, posteriormente pesar llevar al horno por 5 minutos dejar enfriar y pesar, cuando dos pesadas consecutivas proporcionen valores iguales significa que no hay humedad por tanto se finaliza el proceso.

Ecuación 10: Cálculo sólidos totales.

$$\text{sólidos totales} = \text{masa}_{\text{final EDC}} - \text{masa}_{\text{inicial ES}}$$

Masa_{final} EDC = masa final después de calentar

Masa_{inicial} ES = masa inicial Erlenmeyer solo

- Determinación de sólidos disueltos:

Para ello pesa un Erlenmeyer de 100mL vacío, seguidamente se filtra el agua problema y se saca 1mL el cual es introducido en el Erlenmeyer y se pesa, luego es llevado al horno durante una hora a 100 °C, sacar dejar enfriar y pesar, posteriormente pesar llevar al horno por 5 minutos dejar enfriar y pesar, cuando dos pesadas consecutivas proporcionen valores iguales significa que no hay humedad por tanto se finaliza el proceso. El cálculo se realizó siguiendo la ecuación 10.

- Determinación de sólidos suspendidos

Estos se determinaron hallando la diferencia entre sólidos totales y sólidos suspendidos, mediante la ecuación 11.

Ecuación 11: Cálculo sólidos suspendidos.

$$\text{Sólidos suspendidos: sólidos totales} - \text{sólidos disuelto}$$

Anexo 4. Resultado de análisis del agua residual emitido por laboratorio QUIMIA LTDA.



QUIMIA LTDA.

NIT 830.055.341-4

INFORME DE LABORATORIO

Fecha : Bogotá, Julio 03 de 2014	RQUI No : 14-1048	Página 1 de 1
Remitente :		
Nombre : Srta. Diana Laguna		
Dirección : Cra. 80 N° 17 A - 85 Bogotá D. C.		
Teléfono : 315 545 6921		Fax :
Muestreo por : Cliente	Procedencia : Cliente	No. Muestras : 1

No. QUI-	Su Referencia	Fecha de recepción	Descripción de la muestra
14-1394	Agua azul sin tratamiento	26-06-2014	Líquido color azul envasado en botella plástica transparente tapa plástica

Aluminio en Al mg/L	Hierro en Fe mg/L	Cromo en Cr mg/L
<50	4	33

Método de Análisis

Al, Fe, Cr: Absorción Atómica con Llama

Observaciones:

Los resultados aquí presentados se refieren a la muestra analizada y no a otro material de la misma procedencia. QUIMIA LTDA., no se hace responsable de los resultados a consecuencia de la reproducción parcial del presente informe.

Vo.Bo.

Nataly Angel R
Qca. NATALY ANGEL RINCON
MPQ- 4497

[Signature]
Qco. ORLANDO VARGAS ZARATE
MPQ-0410
Director Técnico y de Calidad

Aq

Anexo 5. Resultado de análisis del agua tratada con electrocoagulación emitido por laboratorio QUIMIA LTDA.



QUIMIA LTDA.

NIT 830.055.341-4

INFORME DE LABORATORIO

Fecha : Bogotá, Julio 03 de 2014	RQUI No : 14-1049	Página 1 de 1
Remitente :		
Nombre : Srta. Diana Laguna		
Dirección : Cra. 80 N° 17 A - 85 Bogotá D. C.		
Teléfono : 315 545 6921 Fax :		
Muestreo por : Cliente	Procedencia : Cliente	No. Muestras : 1

No. QUI-	Su Referencia	Fecha de recepción	Descripción de la muestra
14-1395	Agua azul tratada	26-06-2014	Líquido color ámbar claro envasado en botella plástica transparente tapa plástica

Aluminio en Al mg/L	Hierro en Fe mg/L	Cromo en Cr mg/L
160	112	2.8

Método de Análisis

Al, Fe, Cr: Absorción Atómica con Llama

Observaciones:

Los resultados aquí presentados se refieren a la muestra analizada y no a otro material de la misma procedencia. QUIMIA LTDA., no se hace responsable de los resultados a consecuencia de la reproducción parcial del presente informe.

Vo.Bo.

Nataly Angel R
Qca. NATALY ANGEL RINCON
MPQ- 4497

[Signature]
Qco. ORLANDO VARGAS ZARATE
MPQ-0410
Director Técnico y de Calidad

Aq

Anexo 6. Resolución 1003 de acreditación del laboratorio QUIMIA LTDA.



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

RESOLUCION No.

1903

24 AGO 2012

"Por la cual se otorga la acreditación a la sociedad QUIMIA LTDA., para producir información cuantitativa, física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes"

EL DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM-

En uso de sus facultades legales y en especial de las conferidas por la Ley 99 de 1993, Decreto 1277 de 1994, Decreto 1600 de 1994 y Decreto 291 de 2004, y en especial,

CONSIDERANDO

Que de acuerdo con lo establecido en la Ley 99 de 1993, artículo 17, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, es el establecimiento público encargado del levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país, así como de establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de planificación y ordenamiento del territorio. Corresponde a este Instituto efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación, especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.

Que de acuerdo con el Decreto 1600 de 1994, artículo 5º, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, es la institución competente para establecer los sistemas de referencia para el sistema de acreditación e intercalibración analítica de los laboratorios cuya actividad esté relacionada con la producción de datos fisicoquímicos y bióticos del medio ambiente en toda la República de Colombia,

Que de conformidad con el parágrafo 2º del artículo 5º, del Decreto 1600 de 1994, los laboratorios que produzcan información cuantitativa, física y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, y los demás que produzcan información de carácter oficial relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, deberán poseer certificado de acreditación correspondiente otorgado por el IDEAM,

Que mediante la Resolución 0176 del 31 de Octubre de 2003, se derogaron las Resoluciones 0059 de 2000 y 0079 de 2002 y se estableció el procedimiento de acreditación de laboratorios ambientales en Colombia así como los costos del proceso,

Que según el artículo 15 del Decreto 291 de 2004, corresponde al IDEAM, a través de la Subdirección de Estudios Ambientales, acreditar los laboratorios ambientales del sector público y privado que produzcan información física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Que la sociedad QUIMIA LTDA., solicitó ante el IDEAM la acreditación, para lo cual se ajustó a las etapas, procedimientos, auditorías y verificación del desempeño del Laboratorio en mención, culminando dicho proceso el día 15 de agosto de 2012, de conformidad con la información remitida a la Oficina Asesora Jurídica por parte de la Subdirectora de Estudios Ambientales quien certifica que la sociedad QUIMIA LTDA. cumplió con todas las etapas y requisitos establecidos por la resolución 0176 de octubre de 2003, para la obtención de la acreditación inicial solicitada, de acuerdo con la información preparada por la Coordinación del Grupo de Acreditación.

Que los documentos de la solicitud y desarrollo del proceso de acreditación de la sociedad QUIMIA LTDA. reposan en la dependencia del Grupo de Acreditación, de la Subdirección de Estudios Ambientales.

Que por todo lo anteriormente expuesto, el Director General del Instituto,

RESUELVE

ARTICULO PRIMERO.- Otorgar la acreditación para producir información cuantitativa, física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad QUIMIA LTDA., identificada con NIT 830.055.341-4, con domicilio en la Diagonal 53 D No 21-47 de la ciudad de Bogotá D.C., para las siguientes variables bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz Agua:

1. **Cloruros:** Volumétrico – Argentométrico, SM 4500-Cl B
2. **Conductividad:** Electrométrico, SM 2510 B
3. **Metales Totales [Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Manganese, Níquel, Plomo y Zinc]:** Digestión Ácido Nítrico – Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa aire – acetileno, SM 3030 E, 3111 B
4. **Metales Disueltos [Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Manganese, Níquel, Plomo y Zinc]:** Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa aire – acetileno, 3111 B
5. **Metales Totales [Aluminio]:** Digestión Ácido Nítrico – Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa óxido nítrico – acetileno, SM 3030 E, 3111 D
6. **Metales Disueltos [Aluminio y Calcio]:** Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa óxido nítrico – acetileno, 3111 D
7. **Metales Disueltos [Potasio y Sodio]:** Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa aire – acetileno, SM 3111 B

Los métodos relacionados anteriormente tienen como referencia Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA – WEF, 21st Edition 2005.

ARTICULO SEGUNDO.- La vigencia de la presente Resolución es de tres (3) años contados a partir de su notificación, sin embargo, la sociedad QUIMIA LTDA., deberá cumplir y mantener las condiciones bajo las cuales obtuvo la acreditación, para lo cual el IDEAM realizará un seguimiento según lo estipulado en la resolución 0176 de 2003. Para la renovación de la acreditación, el laboratorio deberá notificar al IDEAM su intención de continuar como Organismo Evaluador de la Conformidad acreditado con ocho (8) meses de anticipación al vencimiento de esta vigencia.

ARTICULO TERCERO.- Notificar personalmente el contenido de la presente Resolución al representante legal o apoderado de la sociedad QUIMIA LTDA., haciéndole saber que contra este acto administrativo procede el recurso de reposición el cual se deberá interponer ante el Director General del IDEAM, dentro de los cinco (5) días siguientes a la notificación de conformidad con lo dispuesto en los artículos 44 a 52 del Código Contencioso Administrativo.

ARTÍCULO CUARTO.- La presente Resolución rige a partir de la fecha de su notificación.

NOTIFIQUESE Y CUMPLASE

Dada en Bogotá, D.C., a los

24 ABO. 2012

RICARDO JOSE LOZANO P.
Director General

Resolución de Acreditación QUIMIA LTDA.
Proyecto/Resolución: M-11
Revisó/Aprobó: [Firma]
Revisó: MCC [Firma] Subdirectora de Estudios Ambientales
Revisó/Aprobó: [Firma] Oficina Asesora Jurídica

Anexo 7. Registro fotográfico del proceso de electrocoagulación

Figura 14. Conexión en paralelo de 4 electrodos dentro de la celda.



Para la conexión en paralelo de los electrodos, se utilizaron 2 de hierro como cátodo y 2 de aluminio como ánodo.

Figura 15. Montaje experimental



Se puede apreciar los materiales utilizados como son: Batería de carro, multímetro, pesa electrónica, múltiparametro, cables de conexión y celda descrita en figura 14.

Figura 16. Medición de conductividad



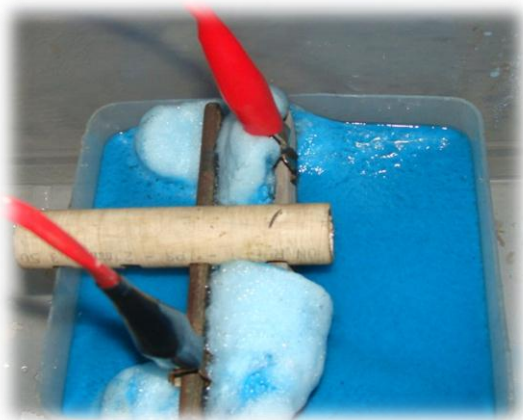
Se puede observar la medición de la conductividad en mS/cm antes de electrocoagular, parámetro determinante en la elección del mejor ensayo.

Figura 17. Medición de turbiedad



Equipo utilizado para medición de la turbiedad en NTU, antes de electrocoagular, parámetro determinante en la elección del mejor ensayo.

Figura 18. Formación de lodos de flotación y flóculos



En esta imagen se puede apreciar la formación del flóculos y una espuma superficial llamada lodo de flotación.

Figura 19. Lodos de flotación al finalizar el proceso.



En esta imagen se observa el efecto de la electrocoagulación sobre el agua residual, donde el lodo de flotación es principalmente grasas y material orgánico.

Figura 20. Flóculos formados y sedimentación de los mismos.



En esta imagen se observa el efecto de la electrocoagulación sobre el agua residual, en la formación de flóculos y lodos de sedimentación que se depositan en el fondo.

Figura 21. Aguas residuales por tinta antes y después de la electrocoagulación.



En el proceso de electrocoagulación se utilizaron aguas residuales tinta negra y azul del proceso de teñido de cuero en Bombo, observándose las aguas electrocoaguladas (EC) con mayor traslucidez.