



Determinación del método más eficiente en la migración del catión potasio en caolinita analítica sometido a un campo eléctrico uniforme.

María Victoria Flórez Guzmán¹, Sandy Yulieht Gómez Fernández¹, Lizzette Viviana González Cuadros¹;
Sandra Rodríguez Naranjo¹ y Juan Ernesto Almeida Ospina².

¹Estudiantes de investigación en Ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro.

victoriaflorez1122@hotmail.com, yulieht_226@hotmail.com, vivianagc70@hotmail.com, sandrarodriguez140697@gmail.com

²Docente Programa Ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro.

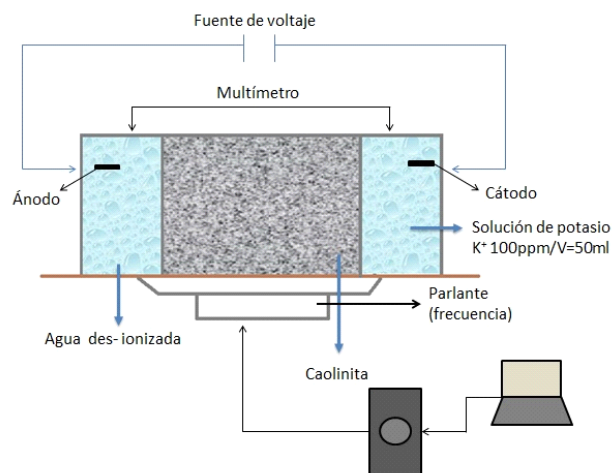
juan.almeida@unilibre.edu.co

INNOVANDO EN LA U ISSN 2216 - 1236

RESUMEN

Debido a la gran contaminación presente en el suelo por acción antrópica, se realizó la evaluación para la remoción de contaminantes del suelo como lo son los metales, a través del sistema de electromigración, el cual consiste en someter iones a diferencial de potencial constante para que estos se transporten al electrodo de carga opuesta. Lo anterior consiste en que los iones de carga positiva (cationes) como el potasio, se transportan hacia el electrodo de carga negativa, y los iones de carga negativa (aniones) se transportan al electrodo de carga positiva. La evaluación de transporte constó de dos métodos, se construyeron dos celdas en acrílico iguales que consta cada una de tres cámaras: la primera catiónica, una solución de potasio de 100ppm, en la cámara central caolinita analítica y finalmente en la tercera cámara anódica agua des ionizada. El primer método se adaptó un sistema de vibración a través de un parlante y el segundo sin vibración. El objetivo de la investigación fue determinar si el método con vibración es más eficiente que el método sin vibración para la migración del catión potasio en caolinita sometido a un campo eléctrico uniforme. De la cual se pudo establecer correlaciones entre las variables y que el método sin

Figura 1. Diseño celda de electro migración con vibración.



vibración es más efectivo para la migración del catión K^+ debido a que es el que menos energía requiere para migrar mayor concentración de este.

Palabras clave Celda electrocinética, electrodo, electromigración, iones

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas se ha incrementado el interés por desarrollar tecnologías que ayuden a solucionar el problema de suelos contaminados. Ramírez M. E. et al (2007) Algunos de estos procesos requieren procedimientos complejos lo cual requiere mayor tiempo y consumo de energía, la electroremediación es una técnica que ha adquirido relevancia en el tratamiento de diferentes tipos de suelos, esta consiste en la descontaminación de metales pesados y otros compuestos únicos mediante un campo eléctrico (uniforme o variado) entre dos electrodos, una forma de estudiar el comportamiento de estos compuestos es el proceso de electro migración de iones. En la presente investigación se estudiará la migración y el comportamiento del catión potasio (K^+) en caolinita (mineral arcilloso) mediante un campo eléctrico uniforme (CIMAD, 2010).

1.1 Descripción del problema

El suelo se ha convertido en un medio receptor de multitud de sustancias potencialmente contaminantes, que resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse, este es el caso de la contaminación por metales pesados dada por distintos factores, ya sean económicos como la minería, agricultura e industria o la composición de los distintos minerales del suelo. El principal problema o riesgo de los metales es que no son químicamente biodegradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años Anon (2016).

En un suelo la movilidad de metales pesados está condicionada por una serie de factores que influyen en los mecanismos de absorción, como el pH, contenido de materia orgánica, contenido de carbonatos entre otros Navarro, S., et al (S.F). Así pues, investigaciones se han centrado en estudiar la movilidad y comportamiento de los iones en el suelo para encontrar formas de acelerar este proceso aplicando técnicas como la electroremediación.

1.2 Antecedentes

El ingeniero Carlos Francisco Aragón formulo su tesis el cual consiste en el diseño a escalas laboratorio y piloto

de un sistema de remediación electrocinética de suelos contaminados con metales pesados.

La tesis de Rubén López y Vizcaíno López hicieron el estudio e investigación de la remediación electrocinética de suelos de baja permeabilidad contaminados con compuestos orgánicos hidrófobos.

Almeira O. J, Peng C., y Ahmed A. (2013) Estudiaron la migración de cuatro metales (Cd^+ , Cu^+ , Ni^+ , Zn^+) pesados sometidos a dos tipos de campo, realizando dos ensayos. Para el primero construyeron una celda y adaptaron electrodos de titanio que se movían continuamente hacia arriba a y hacia abajo para alternar la orientación del campo eléctrico intercalando el movimiento de estos, es decir el ánodo permanecía quieto y el cátodo se movía y viceversa. En este ensayo se observó que los metales no eran afectados considerablemente por el campo alternado.

Para el segundo ensayo utilizaron un tubo que estaba adaptado a un motor eléctrico para que girara, además se controlaba la velocidad de rotación del tubo. Los electrodos los fijaron al tubo, con este ensaño establecieron que la migración de metales aumentaba a razón de la frecuencia. El método más adecuado para la generación de cloro es la electrólisis de disoluciones acuosas de cloruro de sodio.

La célula electrolítica de la invención contiene un cátodo y un ánodo que producen oxidantes para efectuar la esterilización de agua contaminada. El ánodo está hecho de un metal que actúa como un catalizador para producir oxidantes. En el método una solución de sal se introduce en la célula electrolítica, oxidantes se producen en solución, y la corriente de efluente de ánodo se introduce directamente en el agua a tratar (Engel Thomas, 2006).

1.3 Pregunta problema

¿Tiene la aplicación de vibración algún efecto en la migración del catión potasio en caolinita analítica sometido a un campo eléctrico uniforme?.

1.4 Justificación

La aplicación del electro migración se ha convertido en una técnica popular para la eliminación de metales

pesados de suelo contaminado, es un tratamiento eficiente ya que transporta partículas cargadas como son los metales pesados a electrodos de carga opuesta, esta técnica no es tan compleja ya que utiliza campos eléctricos para cargar las partículas lo cual resulta eficiente tanto económica como energéticamente.

La presente investigación tiene como fin estudiar la migración del catión potasio en solución a través de caolinita (mineral arcilloso) sometido a un campo eléctrico uniforme, con este estudio se busca determinar que voltaje, corriente y pH son óptimos para la migración del catión al electrodo negativo de la cámara de concentración. Este análisis permite determinar qué condiciones se deben dar para que los metales se movilicen en un medio sometidos a un campo eléctrico.

1.5 Objetivo general

Determinar si el método con vibración es más eficiente que el método sin vibración para la migración del catión potasio en caolinita analítica sometido a un campo eléctrico uniforme.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de influencia de la corriente en la migración del catión potasio.
- Analizar la relación de la migración del catión potasio respecto de la frecuencia.
- Determinar la concentración de potasio que contiene la caolinita analítica usada en el ensayo.

2. METODOLOGÍA

2.1 Localización

El proyecto de investigación se realizó en la Hacienda Majavita propiedad de la Universidad Libre localizada en el Socorro Santander, puntualmente en el laboratorio de aguas.

2.2 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo correlacional porque busca establecer la posible relación entre la concentración de potasio que electromigra respecto de la frecuencia, corriente y tiempo.

2.3 Definición de variables e indicadores

Las variables establecidas a partir de los objetivos son las descritas en la tabla 1, mediante estas se determinará su influencia en la electromigración del catión.

Tabla 1. Variables y su clasificación

Tipo de variable	Variable	Unidad
Dependiente	masa de potasio que electromigra	% ,mg
Independiente	Voltaje	día
	Frecuencia	Hertz
	Corriente	Amperios
Intervinientes	Capacidad de intercambio iónico	Miliquivalentes /gramos

2.4 Técnicas de investigación

La técnica utilizada para la recopilación de la información en la investigación fue el desarrollo de prácticas de laboratorio en las cuales se tomaron muestras de la cámara anódica de la celda de electromigración de un volumen de 0,1 ml, las cuales fueron diluidas y analizadas en el equipo de absorción atómica. Paralelamente durante el muestreo se controlaron las demás variables de estudio, recopilando esta información para su posterior correlación.

2.5 Materiales

Celdas de electromigración, cableado de conexiones, electrodos de titanio recubiertos con oxido de rutenio, balones aforados, pipeta de 10 ml, espátula, vaso de vidrio de 50ml, vidrio reloj, tubos de muestra, desecador.

Los reactivos usados en la investigación fueron: Cloruro de potasio, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico 97% y agua des ionizada.

2.6 Equipos de medición

Equipo de absorción atómica (iCE 3000 AA01154305 v1, 30), balanza digital, horno de secado, multímetro, fuente de voltaje, micropipeta digital

2.7 Procedimiento

- Se construyó la celda con acrílico de 3mm de grosor.
- Se pesaron 247 g de caolinita analítica y se introdujo en la cámara central de cada celda.
- Se adicionó agua des ionizada a la caolinita para humedecerla.
- Se colocó a secar una muestra de KCL- a 105°C durante 8 horas en el horno.
- Se preparó una solución de KCL 100 ppm y soluciones patrón de calibración de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 ppm.
- Se adicionaron 50ml de agua des ionizada a la cama del ánodo (-).
- Se adicionaron 50 ml de KCL en la cámara de cátodo (+).
- Para el método con vibración, se acondicionó el parlante bajo una celda de electromigración

conectado a un computador para el control de frecuencia.

- Se sumergieron los electrodos de titanio en las dos cámaras y se realizaron las respectivas conexiones con la fuente de voltaje.
- Se procedió a realizar el muestreo de 7 horas.
- Se tomó una muestra cada media hora, para un total de 27 muestras, 13 muestras sin vibración y 14 muestras con vibración.
- Cada media hora se tomaron valores de pH, voltaje, Hz y corriente.
- Se diluyeron 27 muestras a 100 veces.
- Se calibró el equipo de absorción atómica con las soluciones patrón.
- Se analizaron las 27 muestras en el equipo de absorción atómica.
- Se realizó el análisis de resultados.

2.8 Método sin vibración

Figura 2 Sistema sin vibración esquematizado

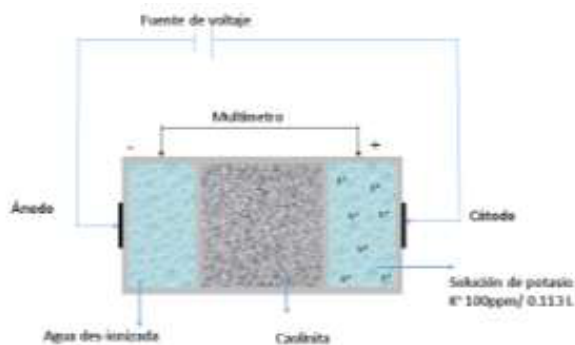


Figura 3 Montaje método sin vibración



2.9 Método con vibración

Figura 4 Sistema con vibración esquematizado

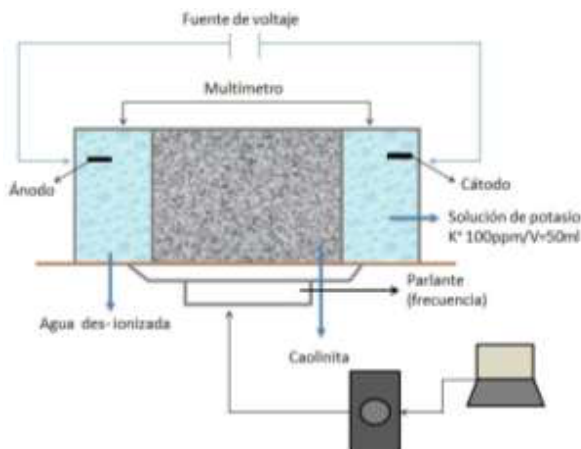


Figura 5 Montaje método con vibración



Figura 6 Sistema de control de frecuencia



3. RESULTADOS

A continuación, se presentan en la tabla 2, los resultados del método sin vibración de la lectura del equipo de absorción atómica y los cálculos realizados:

Tabla 2 Resultados del método sin vibración

SIN VIBRACION										
ID Muestra	Tipo de resultado	Señal	Frecuencia	Concentración	Dilución	[] Corregida	Tiempo	Corriente	Energía	Eacomulada
		Absorbancia	Hz	mg/L	ppm	mg/L	Horas	mA	W-h	W-h
Blanco	Media	-8,0636E-05		0						
Estándar 1	Media	0,17796758		0,5						
Estándar 2	Media	0,32803956		1						
Estándar 3	Media	0,46097454		1,5						
Estándar 4	Media	0,57281876		2						
con v 14	Media	0,11904988	25	0,3345457	100	3,7000	0	0,3	0,000715	0,000715
ID Muestra 1	Media	0,01573926	25	0,0444259	100	4,4426	0,5	1,08	0,01397	0,014685
ID Muestra 1	Media	0,02698402	30	0,0760037	100	7,6004	1	2,31	0,019195	0,03388
ID Muestra 1	Media	0,02824088	30	0,0795333	100	7,9533	1,5	2,89	0,023265	0,057145
ID Muestra 1	Media	0,04177063	40	0,1175279	100	11,7528	2	3,59	0,025135	0,08228
ID Muestra 1	Media	0,03753675	40	0,1056382	100	10,5638	2,5	3,82	0,026675	0,108955
ID Muestra 2	Media	0,05227489	50	0,1470263	100	14,7026	3,5	4,06	0,028215	0,13717
ID Muestra 2	Media	0,04687518	60	0,1318626	100	13,1863	4	4,62	0,02948	0,16665
ID Muestra 2	Media	0,06132672	60	0,1724459	100	17,2446	4,45	4,77	0,03201	0,19866
ID Muestra 2	Media	0,08035301	70	0,2258760	100	22,5876	5	4,8	0,03278	0,23144
ID Muestra 2	Media	0,07914075	70	0,2224717	100	22,2472	5,5	5,14	0,03388	0,26532
ID Muestra 2	Media	0,07305285	80	0,2053755	100	20,5376	6	5,21	0,035255	0,300575
ID Muestra 2	Media	0,07935666	80	0,223078057	100	22,3078057	6,5	5,4	0,03597	0,336545

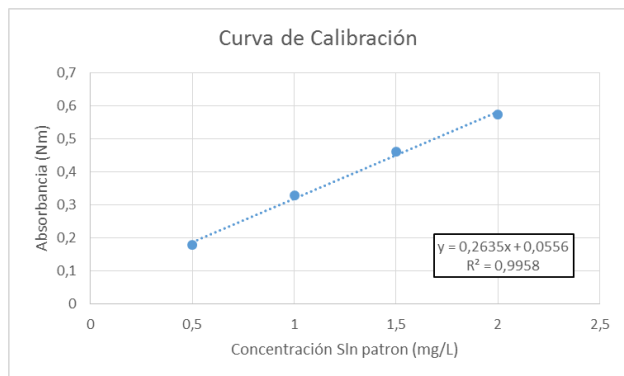
A continuación, se presentan en la tabla 3, los resultados del método con vibración de la lectura del equipo de absorción atómica y los cálculos realizados:

Tabla 3 Resultados método con vibración

CON VIBRACIÓN										
ID Muestra	Tipo de resultado	Señal Absorbancia	Frecuencia Hz	Concentración mg/L	Dilución ppm	[I] Corregida mg/L	Tiempo Horas	Corriente mA	Energía W-h	E acomulada W-h
Blanco	Media	-8,0636E-05		0						
Estándar 1	Media	0,17796758		0,5						
Estándar 2	Media	0,32803956		1						
Estándar 3	Media	0,46097454		1,5						
Estándar 4	Media	0,57281876		2						
con v 14	Media	0,11904988	25	0,3345457	100	3,7000	0	0,3	0,00165	0,338195
ID Muestra 1	Media	0,01573926	25	0,0444259	100	4,4426	0,5	1,08	0,00594	0,344135
ID Muestra 1	Media	0,02698402	30	0,0760037	100	7,6004	1	2,31	0,012705	0,35684
ID Muestra 1	Media	0,02824088	30	0,0795333	100	7,9533	1,5	2,89	0,015895	0,372735
ID Muestra 1	Media	0,04177063	40	0,1175279	100	11,7528	2	3,59	0,019745	0,39248
ID Muestra 1	Media	0,03753675	40	0,1056382	100	10,5638	2,5	3,82	0,02101	0,41349
ID Muestra 2	Media	0,05227489	50	0,1470263	100	14,7026	3,5	4,06	0,02233	0,43582
ID Muestra 2	Media	0,04687518	60	0,1318626	100	13,1863	4	4,62	0,02541	0,46123
ID Muestra 2	Media	0,06132672	60	0,1724459	100	17,2446	4,45	4,77	0,026235	0,487465
ID Muestra 2	Media	0,08035301	70	0,2258760	100	22,5876	5	4,8	0,0264	0,513865
ID Muestra 2	Media	0,07914075	70	0,2224717	100	22,2472	5,5	5,14	0,02827	0,542135
ID Muestra 2	Media	0,07305285	80	0,2053755	100	20,5376	6	5,21	0,028655	0,57079
ID Muestra 2	Media	0,07935666	80	0,223078057	100	22,3078057	6,5	5,4	0,0297	0,60049
ID Muestra 2	Media	0,09592262	80	0,26959905	100	26,959905	5	5,45	0,029975	0,630465

3.1 Curva de calibración

Figura 7. Curva de calibración del equipo de absorción atómica



Teniendo en cuenta la absorbancia ideal para el elemento estudiado (K⁺) 0,4 nm, la curva de calibración obtenida a partir de los patrones con concentraciones 0,5, 1, 1,5 y 2 ppm tiene un comportamiento lineal lo cual es adecuado ya que quiere decir que las soluciones patrones están descontaminadas y por otra parte que la calibración del equipo (Lámpara, rendija y longitud de onda) para la absorción del elemento es adecuada. Lo anterior se corrobora con el coeficiente de determinación obtenido del 99,5%.

3.12 Concentración de potasio que electromigró

Figura 8 Concentración de potasio respecto del tiempo primer ensayo.

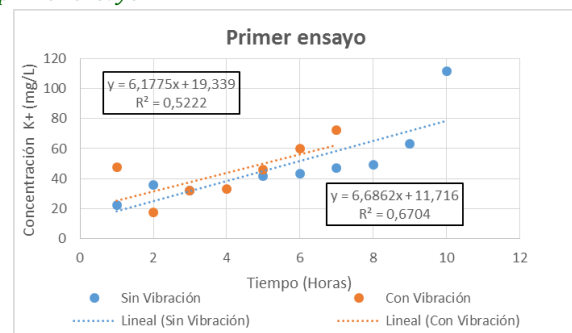
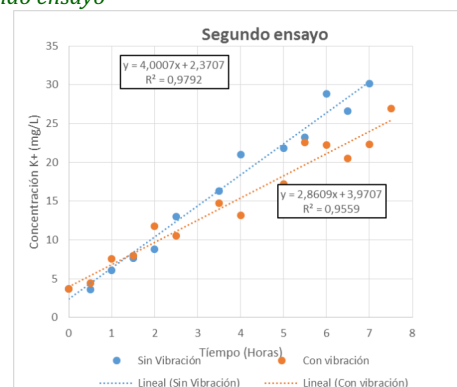


Figura 9. Concentración de potasio respecto del tiempo segundo ensayo



Según las gráficas se pudo determinar que la migración del catión potasio en el método sin vibración se da con mayor velocidad que en el con vibración. Lo anterior se evidencia debido a que la pendiente en el método sin vibración es mayor en los ensayos realizados.

3.3 Concentración de potasio respecto de la corriente

Figura 10 Concentración respecto de la corriente primer ensayo

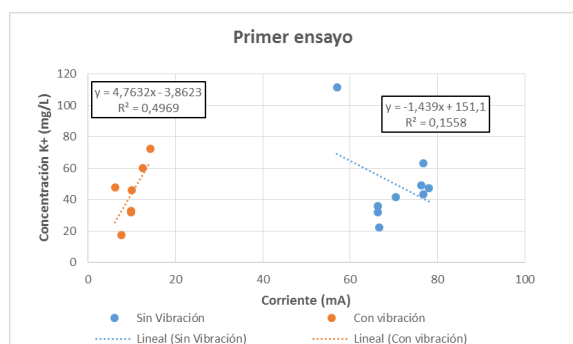
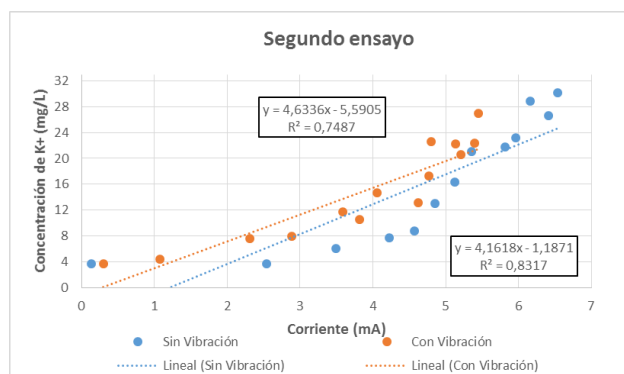


Figura 11 Concentración de potasio respecto de la corriente segundo ensayo.



Se puede observar que la distribución de la concentración respecto de la frecuencia es menos dispersa en el segundo ensayo, por lo tanto, se puede analizar que el muestreo es más apropiado realizarlo cada media hora debido a que se o b tiene mayor cantidad de datos para una mejor visualización del comportamiento de los datos obtenidos. Por otra parte, se analiza que en el primer ensayo a las mismas frecuencias ya había migrado mayor cantidad (mg/L) de potasio que en el segundo. Para el final del muestreo en la frecuencia 80Hz en el segundo ensayo el potasio migró 66% menos que en el primer ensayo.

3.4 Concentración de potasio respecto de la energía.

Figura 12 Concentración de potasio respecto de la energía primer ensayo

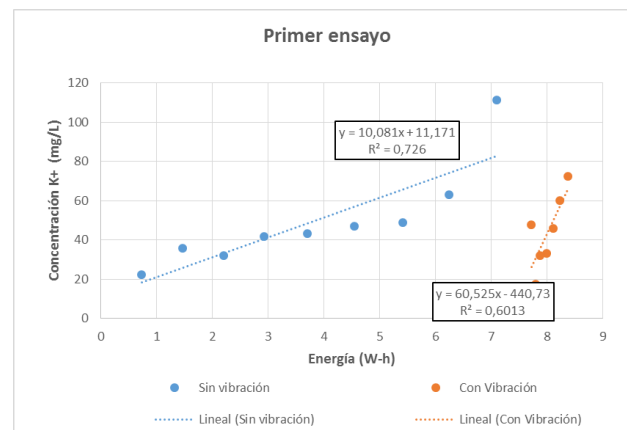
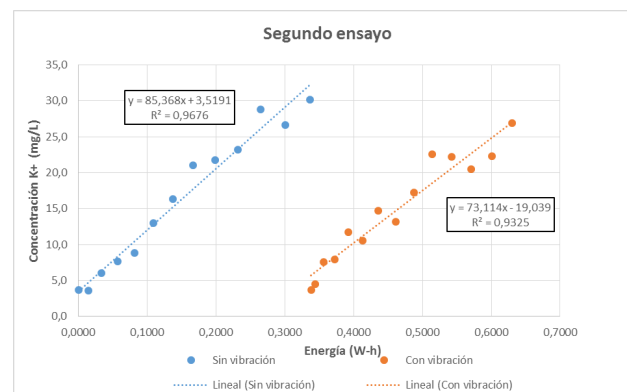


Figura 13 Concentración de potasio respecto de la energía segundo ensayo.



El método sin vibración requiere menos energía (W.h) en comparación con el método con vibración para migrar la misma cantidad de K⁺. Por otra parte, se puede analizar que en el segundo ensayo se requirió menos energía que en el primero, siendo la energía máxima consumida 0,34 W-h y de 8,3 W-h respectivamente. Finalmente se puede expresar que en el segundo ensayo la energía consumida influye en mayor porcentaje (>90%) la concentración del potasio que migra en los métodos respecto del primer ensayo (<75%).

4. CONCLUSIONES

- Al analizar el comportamiento de todas las variables estudiadas en los ensayos para cada uno de los métodos, se pudo establecer que el método más efectivo para la migración del catión K^+ es la técnica sin vibración, debido a que es el que menos energía requiere para migrar mayor concentración de este, teniendo una pendiente de velocidad de migración superior en el método sin vibración en los dos ensayos.
- Se pudo establecer una relación directa y proporcional entre la concentración de K^+ respecto de la corriente en los dos métodos para los dos ensayos realizados. Así como las corrientes bajas (8mA) influyen en mayor porcentaje la concentración de potasio que migra respecto de las corrientes altas (78,1mA).
- Se determinó que la relación de la concentración del catión potasio que migra respecto de la frecuencia es directamente proporcional en los dos ensayos.
- Se determinó que la concentración de potasio que contiene la caolinita es de 14mg/L.

4.1 Recomendaciones

- Aumentar la frecuencia (Hz) cada media hora suministrando valores superiores a 80 Hz.
- Realizar el muestreo cada media hora para tener mayor cantidad de datos y poder tener mejor visualización del comportamiento de las variables a lo largo del tiempo.
- Mejorar la estructura de la celda de electro migración para que la muestra de estudio no contamine las cabinas del cátodo y ánodo.
- Tomar la temperatura en principio y final de la toma de muestras.

5. AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al personal del laboratorio de aguas de la Universidad Libre seccional socorro campus Majavita por el espacio, equipos y reactivos suministrados.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Tesis Lòpez-Vizcaino López.Pdf. remediación electrocinética de suelos de baja permeabilidad contaminados con compuestos orgánicos hidrófobos. Ciudad real 2013.
- Tippens, P. E. (2005). Física Conceptos y Aplicaciones, México, Editorial Mc Graw Hill., p. 479-485.
- Calvo de Anta R. 1997. El conocimiento del suelo como principio básico de la gestión de suelos contaminados. 50 Aniversario de la SECS.
- David A., Maura M., Ramirez M.E. Electroremediación de suelos contaminados, una revisión técnica para su aplicación en campo. Int. Contam. Ambient (130).
- Almeira O. J, Peng C., y Ahmed A. (2013) Aumento de la migración iónica en medios porosos mediante el uso de campos eléctricos. Elsevier B.V.
- Engel Thomas, R. P. (2006). Química Física. Murcia: Addison Wesley