



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ULTRAMICROVAL ORACION (UMV) POTENCIO METRICA
DE SULFATO FERROSO AMONIACAL CON TRES
DIFERENTES SISTEMAS OXIDANTES

P
O
R

M
I

R
A
Z
A

H
E
R
E
D
É
E
L

E
S
P
Í
R
I
T
U

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA QUIMICA
P R E S E N T A :
YAZMIN IVETTE VALENCIA AHEDO

ASESORES: M. EN C. JOSE DE JESUS PEREZ SAAVEDRA

Q. SONIA RINCON ARCE



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Esta tesis se llevó a cabo en el laboratorio L-112 de la Sección de Química Analítica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1; bajo la supervisión de Q. Sonia Rincón Arce y M. en C. José de Jesús Pérez Saavedra.

AGRADECIMIENTOS

A la máxima casa de estudios; Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de pertenecer a uno de sus planteles de formación profesional, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Un agradecimiento muy especial a mis asesores Sonia Rincón Arce y José de Jesús Pérez Saavedra, que me aceptaron en este proyecto sin limitaciones ni condiciones, esto es resultado de su apoyo y paciencia. Gracias, sin ustedes no lo hubiera logrado.

A los profesores que contribuyeron en mi desarrollo profesional y personal durante mi transcurso en la carrera de Ingeniería Química, en particular a Celestino Silva Escalona, Guillermo Rodríguez Romero, Ariel Salgado Bautista y a Elvia Mayen, gracias por todo.

A los profesores José de Jesús Pérez Saavedra, Sonia Rincón Arce, María Eugenia Carbajal Arenas, Ofelia Vega Vázquez, Salvador Sambrano Martínez y Bernardo Francisco Torres por las recomendaciones que enriquecieron este trabajo.

A los laboratoristas de la sección de Química Analítica por el apoyo que me brindaron.

Al proyecto PAPIIME 6ª Convocatoria Primera Renovación con clave EN210403, con el proyecto de "Instrumentación de Potenciometría y Absorción UV-Visible a través de una red de computo" cuyos responsables académicos son José de Jesús Pérez Saavedra y Sonia Rincón Arce, por todo el apoyo brindado para la elaboración de la presente tesis.

DEDICATORIAS

Este trabajo esta dedicado a la memoria de MI PADRE, al cual le debo toda mi fortaleza y entrega, se que desde algún lugar bendice siempre mi camino..... Eres lo mejor papi.

A mi Madre por el apoyo incondicional que me brindo siempre y por impulsarme a seguir adelante, para mi tienes una fortalezaincreíble..... Te amo mami.

A mi hermano Victor que sembró en mi el espíritu de superación y que con su apoyo mi sueño se convierte hoy en realidad. Tu me demostraste que los sueños mas lejanos se pueden alcanzar, no me bastara una vida para darte las gracias.....Eres lo máximo.

A mi hermano Edgar que me enseñó que la vida no es fácil, pero que aun así es bello vivirla. Con tus enojos y regaños has sido ejemplo de perseverancia

A mis hermanas Yanira "Pau" y Jacqueline, las cuales me apoyaron en todo momento, supieron soportarme y ser mis mejores amigas.

A mis sobrinos Yeni, Cris y a mi princesa Meli que han llenado de alegría mi existencia.

A mi tía Mary que es una increíble persona la cual me apoya y me consiente siempre.

A Yuli una gran persona que supo ser amiga de alguien que a veces no merecía su amistad.....TQM

A Yaneth y Ana que me brindaron su amistad, apoyo, cariño y confianza siempre que mas lo necesitaba.....Las quiero

A Mar que siempre a estado conmigo, en las buenas y en las malas, gracias por soportarme y tratar de entenderme, tu sabes cuanto te quiero.

A Fortunato "raro" que es un amigo maravilloso al cual nunca podré olvidar.....Gracias rarito.

A Reza por soportarme y apoyarme siempre que lo he necesitado recuerda que eres súper especial en mi vida.

A Miguel R, que es un magnifico amigo y una persona súper especial.....eres ángel en mi vida.

A todos mis amigos Kary, Abi, Romina, Manu, Adolfo, Jorge, Rodrigo, Isra, Pepe y Rene los cuales fueron mi segunda familia e hicieron que este largo camino fuera mas fácil y placentero.

A Alejandro Gaytan..... tu sabes todo lo que significas para mi TQ.

A mis amigos de la "Oficina" Ale, Hugo, Beto y Paris, que hicieron que mis últimos años en la FES fueran inolvidables.

ÍNDICE

TEMA	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1.ANTECEDENTES	4
CAPITULO 2.OBJETIVOS.....	7
2.1) Objetivo general.....	7.
2.2) Objetivos particulares.....	8
CAPITULO 3.EXPERIMENTACIÓN.....	9
3.1) Material y Equipo.....	10
3.2) Metodología Experimental.....	11
3.2.1) Preparación del sulfato ferroso amoniacal de concentración aproximada 0.1N.....	11
3.2.2) Etapa (a). Preparación y estandarización del dicromato de potasio.....	11
Etapa (b). UMV del sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, seguida potenciométricamente.....	11
3.2.3) Etapa (a). Preparación y estandarización del permanganato de potasio.....	14
Etapa (b). UMV del sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, seguida potenciométricamente.....	14

3.2.2) Etapa (a). Preparación y estandarización del sulfato cérico amoniacal.....14

Etapa (b). UM V del sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal, seguida potenciométricamente.....15

CAPITULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS16

4.1) Valoración de 200 µL de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con dicromato de potasio de concentración 0.1N.....20

4.2) Valoración de 200 µL de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con permanganato de potasio de concentración 0.1N22

4.3) Valoración de 200 µL de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con sulfato cérico amoniacal de concentración 0.0952N24

4.4) Concentraciones del sulfato ferroso amoniacal.....26

4.5) Datos de las cantidades utilizadas para cada ultramicrovaloración.27

CAPITULO 5. CONCLUSIONES.....28

BIBLIOGRAFÍA..... 30

GLOSARIO DE ABREVIATURAS..... 32

ANEXO 1: Tablas y gráficos de las valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con cada uno de los sistemas oxidantes33

ANEXO 2: Tablas y gráficos de la obtención de la primera derivada para las valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con cada uno de los sistemas oxidantes.....59

ANEXO 3: CÁLCULOS.....82

INTRODUCCIÓN

Los aspectos ecológicos cada día adquieren mayor relevancia. En la actualidad son parte de los modelos educativos en nuestro país por lo que las universidades que imparten carreras relacionadas con el área de química, cada vez los tratan con mayor énfasis debido a que son generadoras, en menor escala, de desechos y residuos peligrosos que incrementan el problema de la contaminación ambiental, por lo cual la microescala se proyecta cada vez más como el mejor método experimental de enseñanza, investigación y desarrollo.

Recientemente se ha desarrollado una nueva estrategia para salvar el problema de la contaminación ambiental en los laboratorios de universidades donde se imparten carreras relacionadas con el área de química. Esta estrategia consiste en reducir las cantidades de reactivos para experimentación a la gota a valores de 1g para sólidos y 2 mL para líquidos como máximo –más exactamente, de 25 a 1000 mg para sólidos y 100 a 2000 μ L para líquidos-. A esta estrategia se le ha denominado experimentación a nivel microescala (Mainero, 1997). (1) Es importante mencionar que en estas experimentaciones no se utiliza equipo y van guiadas principalmente al ámbito cualitativo y no cuantitativo.

Se tiene conocimiento de que la experimentación a nivel de microescala se aplica en países como Estados Unidos, Alemania, Finlandia, Rusia, Egipto y por supuesto México.

Las ventajas y posibilidades de la química en microescala en México han sido presentadas por muchas personas en diversos foros y publicaciones, de los intentos tempranos para implementarla, sobresale el de la Universidad Nacional Autónoma de México en la década de los setenta, aunque ningún intento sobrevivió por mucho tiempo.

A raíz de la visita del doctor Zvi Szafran entonces director del National Microscale Chemistry Center (NMCC) de Estados Unidos en octubre de 1990 a México, un grupo de personas de las diferentes instituciones que asistieron al taller que impartió se interesó en la microescala, otras instituciones cobraron entonces conciencia de la importancia y las posibilidades de la microescala.

En la década actual ha resurgido un movimiento en todo nuestro país para emplear la química en microescala en los laboratorios de enseñanza en los niveles medio-superior y superior. Esto se debe a la generación de una conciencia ambiental que lleva a cuestionar los métodos tradicionales de vivir y de hacer las cosas.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma de San Luís Potosí (UASLP), la Escuela Superior de Ingeniería Química e Ingeniería Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional (ESIQIE-IPN) y la Universidad Ibero Americana (UIA) han dedicado los principales esfuerzos a ofrecer capacitación en la filosofía y las técnicas de microescala con su propio personal en sus laboratorios y a promover su propia capacitación en el NMCC; estas instituciones mexicanas también han producido ya manuales de laboratorio con enfoque a nivel de microescala. (2)

Además de las ventajas ecológicas que tiene la microescala también es importante mencionar las ventajas económicas. Es importante considerar los precios de los productos químicos en cursos con un gran número de estudiantes; utilizando la microescala se reducen, al máximo, los gastos.

En el presente trabajo se tomaron en cuenta antecedentes de microescala así como las ventajas que esta implica, para estudiar y definir la técnica de Ultramicrovaloración (UMV) para Sulfato Ferroso Amoniacal con tres diferentes sistemas oxidantes, los cuales fueron, dicromato de potasio, permanganato de potasio y sulfato cérico amoniacal, con la finalidad de comprobar (o demostrar) si dicha técnica puede ser implementada como técnica analítica válida de cuantificación.

La técnica de ultramicrovaloración es una innovación que se está llevando a cabo en los laboratorios de Química Analítica de la FES – Cuautitlán, dado que en potenciometría, a la escala de valores que se manejan en este trabajo, no hay nada reportado en la literatura.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

Por la década de los 60's en los laboratorios de química general, la determinación de puntos de fusión se hacía con muestras de unos pocos miligramos en un capilar adosado a un termómetro que se introducía en el tubo de Thiele; en los laboratorios de Química Analítica el reconocimiento de aniones y cationes se realizaba frecuentemente a través de ensayos a la gota y la determinación complejométrica de metales con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) requería utilizar muestras inferiores a 0.1g; en FísicoQuímica con la aparición de las modernas técnicas espectroscópicas las medidas, cuando era posible el acceso a los equipos, se realizaban con dispersiones de unos pocos miligramos de producto en un soporte inerte, o en celdas de pocos mililitros con disoluciones muy diluidas. Pero del mismo modo se puede recordar con que frecuencia se utilizaban matraces de destilación de 250 y 500ml en los laboratorios de Química Orgánica, y vasos y cristalizadores de volumen incluso mayor en Química Inorgánica. Es decir, en química preparativa lo habitual era seguir las recetas descritas en los manuales de prácticas de la época, que raramente partían de cantidades de reactivos inferiores a 5 g.

Hasta bien entrada la década de los 80's se incorporaron en los laboratorios experimentos en microescala.

El nacimiento de la moderna química en microescala se produjo en Estados Unidos a comienzos de la década de los 80's y se debió fundamentalmente al esfuerzo de los profesores S.S. Butcher y D.W. Mayo del Bowdoin College (Brunswick, Maine) y R.M. Pike del Merrimack College (North Andover, Massachusetts). Como reconocen los protagonistas, surgió, al menos en parte, para dar solución al problema de renovación, a un costo asequible, de un laboratorio de química orgánica obsoleto que no cumplía con la reglamentación vigente. Las técnicas y materiales necesarios fueron desarrollados en 1982, los primeros resultados se dieron a conocer en 1984 (Pike et al., 1984; Butcher et al., 1984) (3) y fueron publicados el año siguiente (Butcher et al., 1985; Mayo et al., 1985). (4)

Desde la aparición del libro *Microscale Organic Laboratory* (Mayo et al., 1986) (5) han aparecido más de treinta manuales de prácticas de química en microescala, la mayoría de ellos referidos a química orgánica. Si no fuera por el excelente libro *Microscale Inorganic Chemistry* (Szafran et al., 1991) (6) se tendría la impresión de que microescala pertenece en exclusiva al dominio de la química orgánica. (7)

Las ventajas de la química en microescala ya han sido analizadas y publicadas por numerosos autores; las ventajas más importantes son el cuidado del ambiente, el ahorro en reactivos y la reducción de productos de desecho, lo que abate el riesgo de accidentes y aumenta la seguridad en el manejo de material y reactivos al trabajar con cantidades menores. El uso de microcantidades provee un gran avance en la manipulación segura de sustancias potencialmente peligrosas, por lo que el margen de seguridad se incrementa. (8)

Es importante mencionar que en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán ya se han realizado diversos trabajos a nivel microescala en los laboratorios de Química Analítica,

entre los trabajos realizados tenemos algunas tesis como la de Díaz Ricart Luís Fernando ***“Microvaloración Potenciométrica de Cafeína en Cafegot y Cafiaspirina Mediante la Técnica USP, Utilizando Películas de Oxido Sobre Acero Inoxidable 316, como Electrodo Indicador”*** y la de Trejo Albarran Miriam ***“Microvaloración Potenciométrica de Diazepam en medio no acuoso, con un electrodo indicador alternativo POSAI – POSAI”*** en estos trabajos los volúmenes no eran tan pequeños como los volúmenes utilizados para la realización de esta tesis (se utilizaron volúmenes de 2 a 5 mL).

Los profesores Sonia Rincón Arce y José de Jesús Pérez Saavedra publicaron un artículo llamado ***“Potenciometría con volúmenes a nivel de microescala en educación”*** el cual habla de los beneficios de la potenciometría con volúmenes a nivel microescala como una metodología de enseñanza experimental generadora de preguntas. Este trabajo presenta la opción de desarrollar la potenciometría con volúmenes de 200 L, lo cual presenta cualidades como reducción de desperdicios, de desechos tóxicos, y la minimización de riesgos en los laboratorios y la reducción de costos, esto por los volúmenes tan pequeños que se manejan. (9).

CAPITULO 2

OBJETIVOS

2.1) Objetivo general:

Llevar a cabo ultramicrovaloraciones potenciométricas, mediante el diseño de una metodología experimental adecuada a las características definidas para valorar volúmenes de hasta 200 μ L, con la finalidad de minimizar el uso de reactivos y la consiguiente generación de desechos.

2.2) Objetivos particulares:

Efectuar ultramicrovaloraciones potenciométricas, utilizando un montaje físico experimental adecuado, para reproducir reacciones empleadas en estrategias didácticas, a nivel microescala a muy bajo costo.

Establecer nuevas metodologías experimentales de cuantificación, mediante sistemas de medición propios de ultramicrovaloraciones, para implementarlas a nivel laboratorio.

Disminuir el impacto de la contaminación ambiental, usando cantidades muy pequeñas de reactivos en la actividad experimental, para tener la mínima cantidad de desechos.

Provocar un cambio de actitud en el trabajo experimental, mediante el uso de ultramicrovaloraciones, para generar una conciencia ambiental en los alumnos.

CAPITULO 3

EXPERIMENTACIÓN

3.1) Material y Equipo

Material:

- Soporte universal completo
- 2 Buretas de 5ml con escala de 10 microlitros marca Pyrex
- 1 Pipeta volumétrica de 2ml marca Pyrex
- 1 Pipeta graduada de 1ml marca Pyrex
- 4 Matraces volumétricos de 100ml marca Pyrex
- 2 Vasos de precipitados de 5 mL marca Kimax
- 4 Vasos de precipitados de 50 mL marca Kimax
- 2 Vasos de precipitados de 100 mL marca Kimax
- 5 Vasos tequileros
- 3 Tubos de 4cm. de largo x 1cm. de diámetro
- Puente salino agar
- Piseta
- 1 Espátula de acero
- 3 Catéteres

Equipo :

- 1 Alambre de platino de 7 cm. de largo
- 1 Agitador Magnético marca Corning
- 1 pHmetro marca Oakton modelo RS 232
- 1 Electrodo de referencia de calomel
- 1 Barra magnética pequeña de 5 x 2 mm.
- 2 Barras magnéticas medianas de 1.3 x 0.8 cm.
- 1 Balanza analítica
- 1 Micro pipeta marca Transferpette (100 -1000 μ L)

Reactivos analíticos:

Sulfato ferroso amoniacal marca JT Baker

PM 392.14 g/mol

Pureza 99.44%

Dicromato de potasio marca JT Baker

PM 294.19 g/mol

Pureza 99.97%

Permanganato de potasio marca JT Baker

PM 158.04 g/mol

Pureza 99.4%

Sulfato céricoamoniacal marca JT Baker

PM 632.6 g/mol

Pureza 99.8%

Agua destilada

3.1) METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1) Preparación de sulfato ferroso amoniacal de concentración aproximada 0.1N

Se pesaron 3.91 g de sulfato ferroso amoniacal y se disolvieron en 5 mL. de ácido sulfúrico al 10% (500 μ L de ácido y 4.5 mL de agua), se pasó a un matraz aforado de 100ml, se aforó con agua destilada.

3.2.2) Etapa (a). Preparación y estandarización del dicromato de potasio.

Se pesaron 0.492 g de dicromato de potasio (patrón primario) y se aforaron a 100 mL, para dar una concentración de 0.1N.

Se tomó una alícuota de 2 mL de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N a la cual se agregaron 2 gotas de difenilamina, que sirve como indicador y se tituló con dicromato de potasio para encontrar la concentración exacta del sulfato ferroso amoniacal. Esto se hizo por quintuplicado, dando un resultado de punto de equivalencia repetitivo de 2 mL por lo que la concentración del sulfato ferroso amoniacal es igual a 0.1N.

Etapa (b). UMV del sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, seguida potenciométricamente.

En la figura 1 se indica el montaje.

MONTAJE EXPERIMENTAL

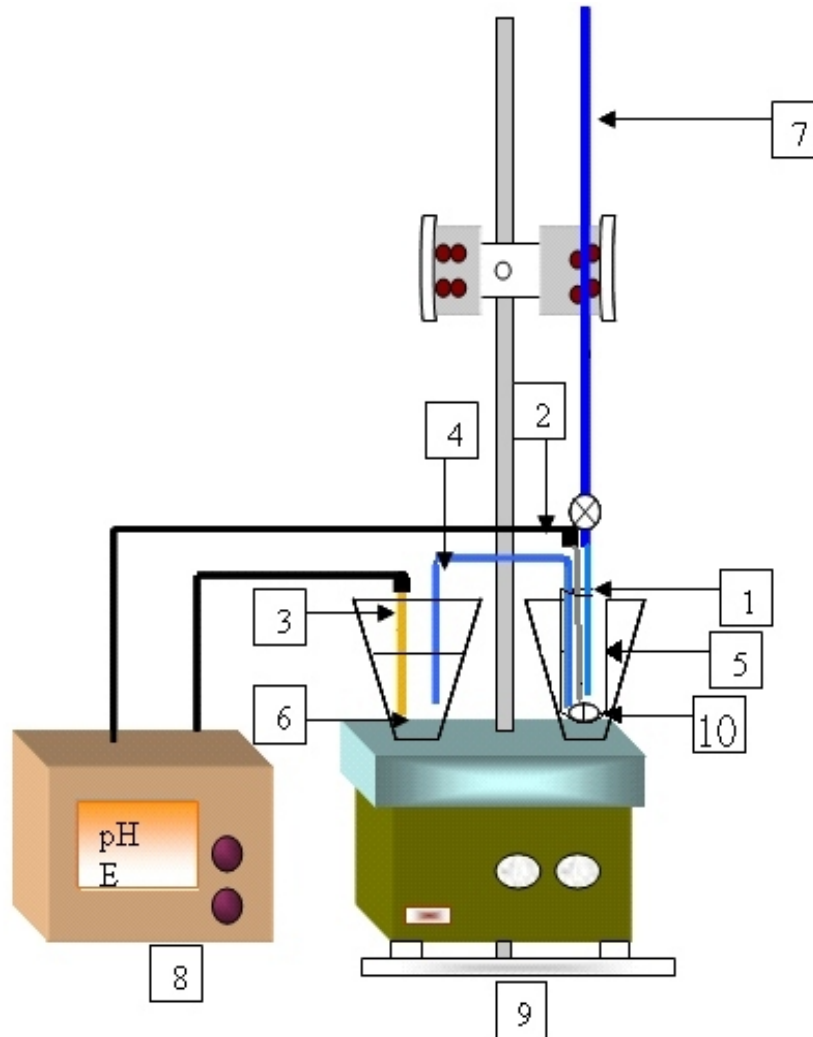


Figura 1 Montaje experimental para las UMV de sulfato ferroso amoniacal con cada sistema oxidante

- 1.- Catéter conectado a la bureta
- 2.- Electrodo de platino
- 3.- Electrodo de referencia
- 4.- Puente salino agar - agar
- 5.- Tubo de 4 cm. de largo x 1cm. de diámetro
- 6.- Vaso de precipitados con solución de Nitrato de Potasio
- 7.- Bureta de vidrio de 5 mL
- 8.- Potenciómetro Oaktor
- 9.- Agitador Magnético
- 10.- Barra Magnética de 5 x 2mm

La figura 2 muestra la fotografía del montaje experimental en el laboratorio de Química Analítica .

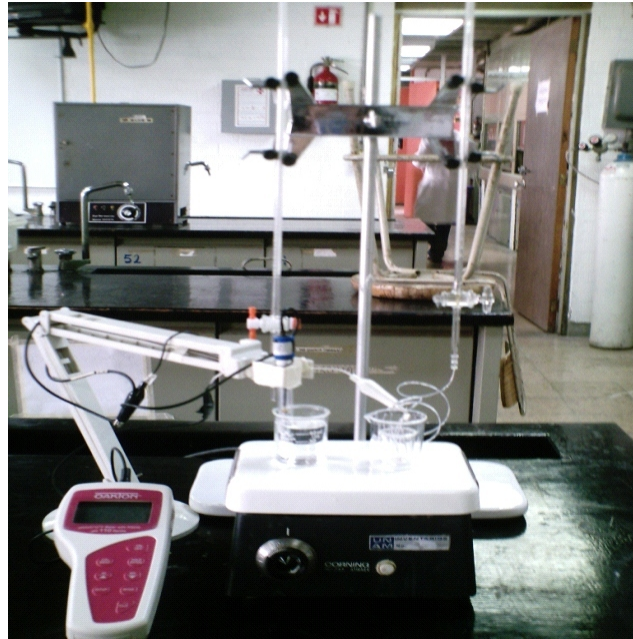


Figura 2 montaje experimental utilizado en las ultramicrovaloraciones potenciométricas

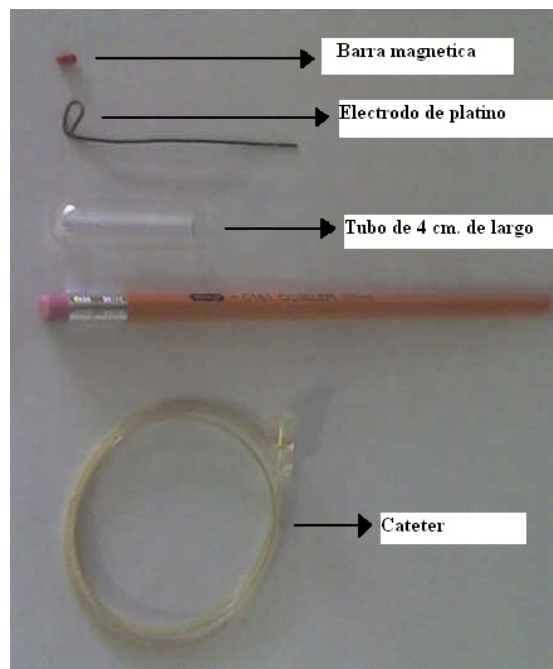


Figura 3. Fotografía de algunos componentes del Montaje experimental.

En la figura 3 se puede observar que los componentes del montaje experimental, como lo son la barra magnética, el electrodo indicador y el tubo en el cual se coloca la lícuita son de tamaño mucho menor al de los ocupados en un montaje convencional.

Se tomaron siete alícuotas de 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con una micropipeta, y se titularon con dicromato de potasio, se llevó a cabo una octava valoración, utilizando una bureta de vidrio de 5 mL.

3.2.3) Etapa (a). Preparación y estandarización del permanganato de potasio.

Se pesaron 0.317g de permanganato de potasio y se aforaron a 100 mL.

Se tomó una alícuota de 2 mL de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N y se tituló con permanganato de potasio para encontrar la concentración exacta del permanganato de potasio, en esta estandarización no se utilizó ningún indicador dado que el permanganato es autoindicador. Esto se hizo por quintuplicado, dando un resultado de punto de equivalencia repetitivo de 2 mL, por lo que la concentración del permanganato de potasio es igual a 0.1N.

Etapa (b). UMV del sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, seguida potenciométricamente.

Se colocó el montaje de igual manera que en la ultramicrovaloración anterior, se tomó una alícuota de 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con una micropipeta y se titula con permanganato de potasio, esto se llevó a cabo 10 veces. (Ver anexo 1, Págs.42-51)

3.2.4.) Etapa (a). Preparación y estandarización del sulfato cérico amoniacal.

Se pesaron 6.34g de sulfato cérico amoniacal los cuales se disolvieron en 5 mL de ácido sulfúrico al 10% (500 μ L de ácido sulfúrico y 4.5ml de agua) se calentó hasta que estuvo disuelto completamente; se dejó enfriar y se pasó a un matraz aforado de 100ml completando hasta la marca con agua destilada.

Se tomó una alícuota de 2 mL de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N a la cual se le colocaron 2 gotas de difenilamina que sirve como indicador, y se tituló con sulfato cérico amoniacal para encontrar la concentración exacta de este. Esto se hizo por quintuplicado, dando un resultado de punto de equivalencia repetitivo de 2.1 mL por lo que la concentración del sulfato cérico amoniacal es igual a 0.0952N.

Etapas (b). U MV del sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal, seguida potenciométricamente.

Se coloca el montaje de igual manera que en la ultramicro valoración anterior, se tomó una alícuota de 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con la micropipeta y se tituló con sulfato cérico amoniacal, esto se llevó a cabo 7 veces (Ver anexo 1, Págs.52-58)

CAPITULO 4

RESULTADOS Y ANÁLISIS

La tabla 1 presenta los resultados obtenidos de la valoración de 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con dicromato de potasio de concentración 0.1N utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, el montaje empleado se muestra en la figura 1; se llevaron a cabo 8 repeticiones.

Tabla 1. Resultados de las 8 valoraciones de 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio utilizando un electrodo de platino.

VALORACIONES DE SULFATO FERROSO AMONICAL CON DICROMATO DE POTASIO										
Valoraci	n 1	2	3	4	5	6	7	8	Vol. Prom. (mL)	S
Vol.P.E. (mL) Electrodo de platino	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.185	0.195	0.0035355

En tabla 1 se pueden observar los puntos de equivalencia que se obtuvieron a partir de los resultados de la primera derivada, prácticamente no hay variación en estos, excepto por la valoración 8 en la cual la alícuota se tomo con bureta y no con micropipeta por lo que la precisión es menor en este caso y de ahí la variación. Podemos decir por tanto que haciendo UMV en vez de valoraciones comunes, los resultados son muy aceptables y homogéneos.

La tabla 2 presenta los resultados obtenidos de la valoración de 200µL de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con permanganato de potasio de concentración 0.1N utilizando un alambre de platino como electrodo indicador y empleando el montaje como se muestra en la figura 1; se llevaron a cabo 10 repeticiones.

Tabla 2. Resultados de las 10 valoraciones de 200µL de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio utilizando un electrodo de platino.

RESULTADOS DE LAS VALORACIONES DE SULFATO FERROSO AMONICAL CON PERMANGANATO DE POTASIO												
Valoraci	n 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vol. Prom. (mL)	S
Vol. P.E. (mL) Electrodo de platino	0.19	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.001581

En tabla 2 se pueden observar los puntos de equivalencia que se obtuvieron a partir de los resultados de la primera derivada para las valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, prácticamente no hay variación en los volúmenes de punto de equivalencia.

La tabla 3 presenta los resultados obtenidos de la valoración de 200µL de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con sulfato cérico amoniacal de concentración 0.0952N utilizando un alambre de platino como electrodo indicador y empleando el montaje como se muestra en la figura 1; se llevaron a cabo 7 repeticiones.

Tabla 3. Resultados de las 7 valoraciones de 200µL de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal utilizando un electrodo de platino.

RESULTADOS DE LAS VALORACIONES DE SULFATO FERROSO AMONICAL CON SULFATO CÉRICO AMONICAL									
Valoración	1	2	3	4	5	6	7	Vol. Prom. (mL)	S
Vol. P.E. (mL) Electrodo de platino	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0

En la tabla 3 podemos ver los puntos de equivalencia que se obtuvieron a partir de los resultados de la primera derivada para las valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal. Se puede observar que no hay variación en los puntos de equivalencia.

En los sistemas anteriores existía una mínima variación, lo cual en este no ocurre, esto se debe a que este sistema es el más cuantitativo.

La tabla 4 presenta los resultados obtenidos de todas valoraciones de 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con cada uno de los sistemas oxidantes.

Tabla 4. Resultados de todas las valoraciones sulfato ferroso amoniacal 0.1N con cada sistema oxidante

RESULTADOS DE LAS VALORACIONES DE SULFATO FERROSO AMONICAL CON CADA SISTEMA OXIDANTE												
Valoraci	n. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vol. Prom. (mL)	S
Vol.P.E. (mL) para la valoraci dicromato de potasio.	0.195 de	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.185	-----	-----	0.195	0.003535
Vol.P.E. (mL) para la valoraci permanganato de potasio.	0.19 de	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.001581
Vol.P.E. (mL) para la valoraci sulfato c amoniacal.	0.205 de	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	-----	-----	-----	0.205	0

En la tabla 4 se pueden observar los puntos de equivalencia que se obtuvieron a partir de los resultados de la primera derivada para cada una de las valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con cada uno de los sistemas oxidantes, nos podemos dar cuenta que los puntos de equivalencia son muy similares entre cada valoración e incluso en las 2 primeras valoraciones los P.E. son los mismos, esto debido a que las concentraciones utilizadas son iguales.

4.1) Valoración de 200 μ L de Sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con dicromato de potasio de concentración 0.1N.

En la tabla 5 se presentan los resultados experimentales obtenidos de una valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, seguida potenciométricamente utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, se realizaron 8 valoraciones, las 7 valoraciones restantes se encuentran en el anexo (Págs. 34-41) En la figura 4 se observa la gráfica correspondiente a la tabla 5.

Tabla 5. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol (ml)	E (mV)
0.00	253
0.02	308
0.04	329
0.06	343
0.08	356
0.10	367
0.12	379
0.14	393
0.16	410
0.18	433
0.19	467
0.20	695
0.21	702
0.22	708
0.24	715
0.26	719
0.28	721
0.30	723

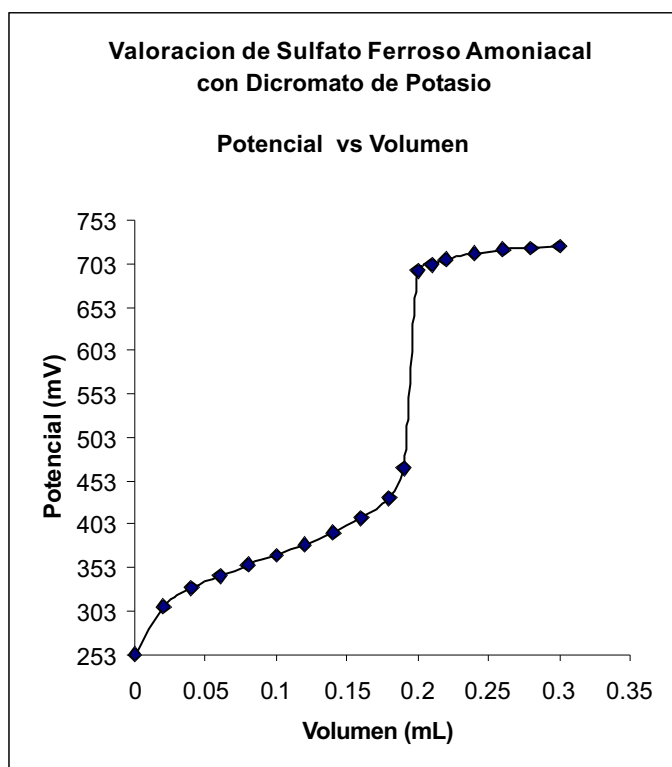


Figura 4. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal 0.1N con dicromato de potasio 0.1N, utilizando un electrodo de platino

En la tabla 6 se presentan los cálculos que se utilizaron para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, mediante la primera derivada y en la figura 5 se muestra su respectiva gráfica, las 7 restantes se muestran en el Anexo.2(Págs.60-66)

Tabla 6. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	253	55	0.02	2750
0.02	0.03	308	21	0.02	1050
0.04	0.05	329	14	0.02	700
0.06	0.07	343	13	0.02	650
0.08	0.09	356	11	0.02	550
0.10	0.11	367	12	0.02	600
0.12	0.13	379	14	0.02	700
0.14	0.15	393	17	0.02	850
0.16	0.17	410	23	0.02	1150
0.18	0.185	433	34	0.01	3400
0.19	0.195	467	228	0.01	22800
0.20	0.205	695	7	0.01	700
0.21	0.215	702	6	0.01	600
0.22	0.23	708	7	0.02	350
0.24	0.25	715	4	0.02	200
0.26	0.27	719	2	0.02	100
0.28	0.29	721	2	0.02	100

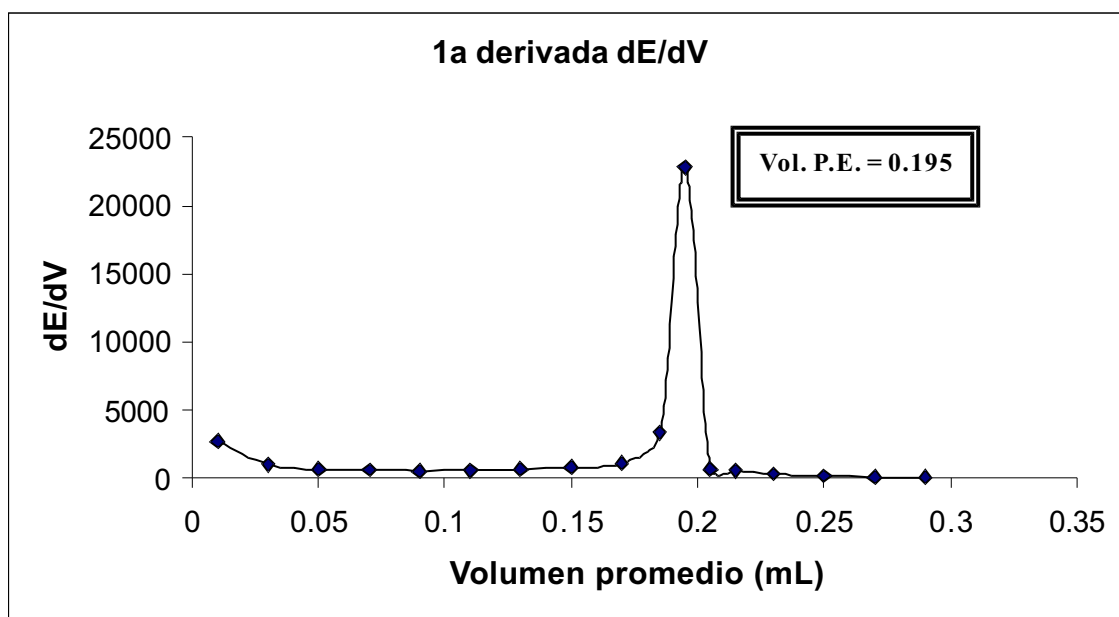


Figura 5. Grafico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

4.2) Valoración de 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1 N con permanganato de potasio de concentración 0.1 N.

En la tabla 7 se presentan los resultados experimentales obtenidos de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio que fueron seguidas potenciométricamente utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, las 9 valoraciones restantes se encuentran en el anexo (Págs. 42-51) En la figura 6 se observa la gráfica correspondiente a la tabla 7.

Tabla 7. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	276
0.02	304
0.04	326
0.06	332
0.08	349
0.10	359
0.12	370
0.14	388
0.16	402
0.18	430
0.19	449
0.20	1075
0.21	1082
0.22	1089
0.24	1090
0.26	1090
0.28	1085
0.30	1082

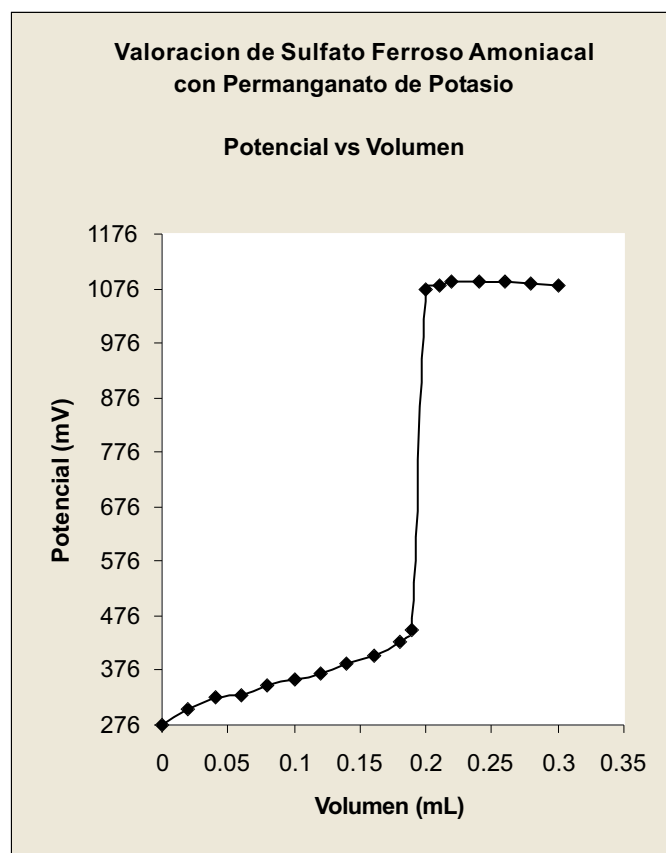


Figura 6. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal 0.1N con permanganato de potasio 0.1N, utilizando un electrodo de platino.

En la tabla 8 se presentan los cálculos que se utilizaron para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, mediante la primera derivada, en la figura 7 se muestra su respectiva gráfica, las 9 restantes se muestran en el Anexo (Págs. 67-75)

Tabla 8. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	Dv	dE/dV
0.00	0.01	276	28	0.02	1400
0.02	0.03	304	22	0.02	1100
0.04	0.05	326	6	0.02	300
0.06	0.07	332	17	0.02	850
0.08	0.09	349	10	0.02	500
0.10	0.11	359	11	0.02	550
0.12	0.13	370	18	0.02	900
0.14	0.15	388	14	0.02	700
0.16	0.17	402	28	0.02	1400
0.18	0.185	430	19	0.01	1900
0.19	0.195	449	626	0.01	62600
0.20	0.205	1075	7	0.01	700
0.21	0.215	1082	7	0.01	700
0.22	0.23	1089	1	0.02	50
0.24	0.25	1090	0	0.02	0
0.26	0.27	1090	-5	0.02	-250
0.28	0.29	1085	-3	0.02	-150

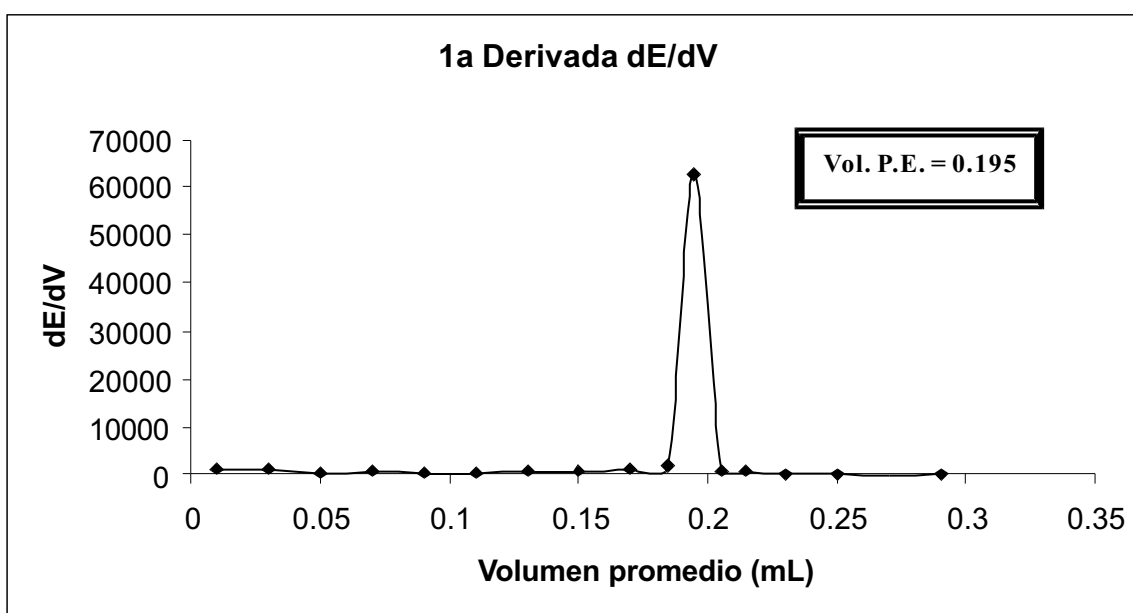


Figura 7. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio

4.3) Valoración de 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal de concentración 0.1N con sulfato cérico amoniacal d concentración 0.0952N

En la tabla 9 se presentan los resultados experimentales obtenidos de una de las 7 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal que fueron seguidas potenciométricamente utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, las 6 valoraciones restantes se encuentran en el anexo 1. (Págs. 52-58) En la figura 8 se observa el gráfico correspondiente a la tabla 9.

Tabla 9. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico

Vol (mL)	E (mV)
0.00	261
0.02	295
0.04	311
0.06	324
0.08	335
0.10	345
0.12	359
0.14	369
0.16	383
0.18	401
0.19	407
0.20	472
0.21	1018
0.22	1039
0.24	1057
0.26	1068
0.28	1076
0.30	1085
0.32	1091

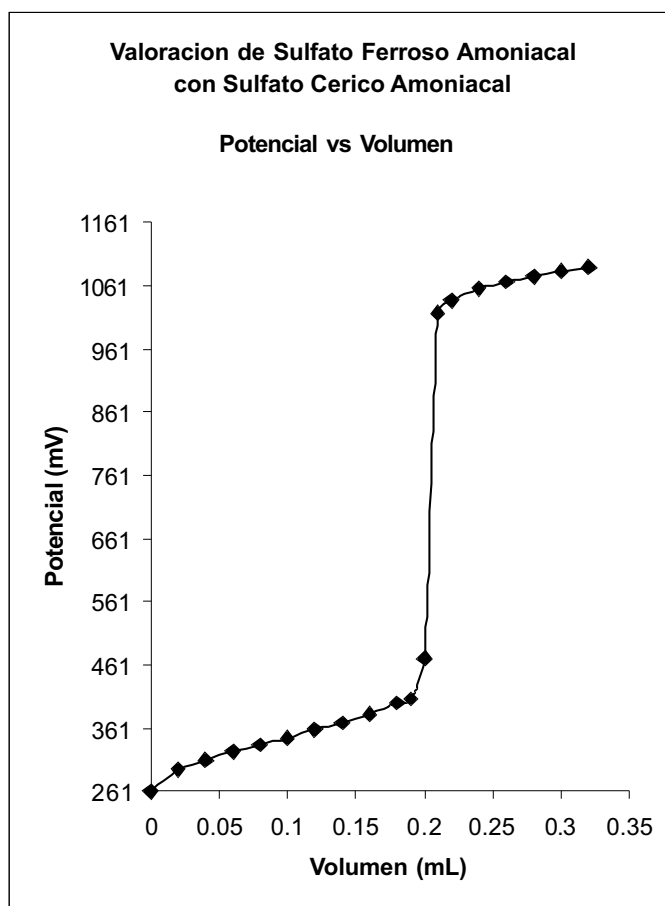


Figura 8. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal 0.1N con sulfato cérico amoniacal 0.0952N, utilizando un electrodo de platino.

En la tabla 10 se presentan los cálculos que se utilizaron para obtener los puntos de equivalencia de una de las 7 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.1N con sulfato cérico amoniacal mediante la primera derivada, en la figura 9 se muestra su respectiva grafica, las 6 restantes se muestran en el Anexo. (Págs. 76-81)

Tabla 10. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 7 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	261	34	0.02	1700
0.02	0.03	295	16	0.02	800
0.04	0.05	311	13	0.02	650
0.06	0.07	324	11	0.02	550
0.08	0.09	335	10	0.02	500
0.10	0.11	345	14	0.02	700
0.12	0.13	359	10	0.02	500
0.14	0.15	369	14	0.02	700
0.16	0.17	383	18	0.02	900
0.18	0.185	401	6	0.01	600
0.19	0.195	407	65	0.01	6500
0.20	0.205	472	546	0.01	54600
0.21	0.215	1018	21	0.01	2100
0.22	0.23	1039	18	0.02	900
0.24	0.25	1057	11	0.02	550
0.26	0.27	1068	8	0.02	400
0.28	0.29	1076	9	0.02	450
0.30	0.31	1085	6	0.02	300

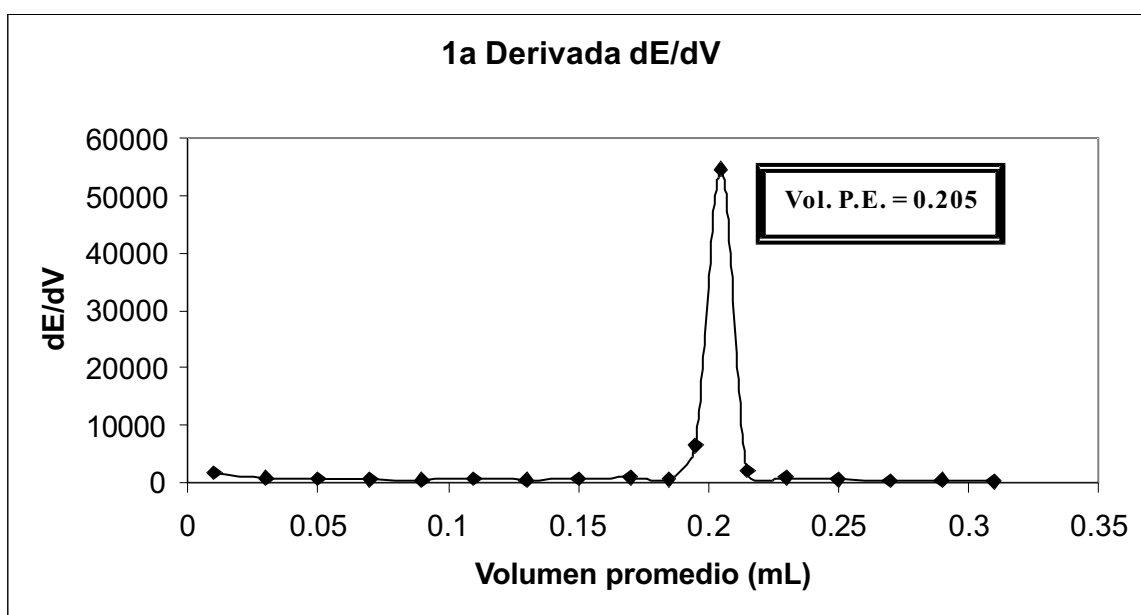


Figura 9. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal

4.4) Concentraciones del sulfato ferroso amoniacal.

Tabla 11. Concentraciones de sulfato ferroso amoniacal obtenidas en cada sistema.

Valoración	Volumen de alícuota valorada (Medido con micropipeta)*	Volumen de punto de equivalencia promedio	Concentración obtenida de sulfato ferroso amoniacal
Con dicromato de potasio (0.1N)	200 L	195 L	0.0975N
Con permanganato de potasio (0.1N)	200 L	195 L	0.0975N
Con sulfato cúprico amoniacal (0.0952N)	200 L	205 L	0.09758N

* Todas las alícuotas tomadas para las valoraciones fueron medidas con micropipeta excepto la valoración 2 de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio que fue tomada con una bureta de vidrio de 5 mL.

4.5) Datos de las cantidades utilizadas para cada ultramicrovaloración

Tabla 12. Cantidades utilizadas para las valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

	mL de sulfato ferroso amoniacal	mL de dicromato de potasio	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.30	0.50
Por las 8 valoraciones realizadas.	1.6	2.40	4.00

Tabla 13. Cantidades utilizadas para las valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

	mL de sulfato ferroso amoniacal	mL de permanganato de potasio	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.30	0.50
Por las 10 valoraciones realizadas.	2.00	3.00	5.00

Tabla 14. Cantidades utilizadas para las valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

	mL de sulfato ferroso amoniacal	mL de sulfato cérico amoniacal	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.32	0.34
Por las 7 valoraciones realizadas.	1.40	2.24	3.64

Las tablas 12,13 y 14 muestran las cantidades utilizadas para cada una de las valoraciones, tomando en cuenta que se realizaron aproximadamente 18 mediciones para cada valoración.

Se realizaron un total de 25 valoraciones en las cuales el total de reactivos utilizados fue de 12.64 mL, lo que nos da una alta reducción de reactivos y por lo tanto una baja generación de desechos.

CONCLUSIONES

Se efectuaron ultramicrovaloraciones potenciométricas (200 μL) de sulfato ferroso amoniacal con tres diferentes sistemas oxidantes, utilizando un montaje adecuado, dando los resultados esperados y pudiendo comprobarse que con este método se reducen los productos de desecho, se minimiza el uso de reactivos con lo que se aumenta la seguridad en su manejo además de disminuirse sustantivamente los costos de experimentación.

Se estableció la metodología experimental para llevar a cabo ultramicrovaloraciones que pueden ser implementadas con mucho éxito en los laboratorios de escuelas que imparten carreras relacionadas con el área química.

Con respecto a las valoraciones se puede observar que no hay variaciones en los puntos de equivalencia obtenidos, lo que nos indica que trabajar con microcantidades es igual de confiable que trabajar con metodologías convencionales (volúmenes por valorar de 10 mL o superiores), siempre y cuando la precisión en las mediciones sea alta para lo que se requiere de un tipo de montaje especial, tal y como se describe en la parte experimental.

Finalmente se puede concluir que el uso de microcantidades además de proveer un gran avance en la manipulación segura de sustancias peligrosas y las ventajas antes mencionadas, también nos lleva a crear una conciencia ambiental en todos los que intervienen en el proceso y a una minimización de gastos en las escuelas que impartan ciencias químicas, porque como se pudo observar en este trabajo aunque el número de valoraciones sea alto el gasto de reactivos es muy bajo.

El impacto académico que esta metodología aporta es muy importante dado que el alumno que la realiza, difícilmente accederá a efectuar macrovaloraciones, porque los resultados que se obtienen a nivel micro son los mismos que a nivel macro y los objetivos de aprendizaje no se pierden.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Torres Espinosa Esperanza y Castellon Santa Anna Juan Pedro *Minimización del impacto ecológico empleando microescala en los laboratorios de enseñanza Química*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 11 Número 2 Abril-2000 pp. 262-266
- 2.- Ibáñez Jorge G. *La Química en microescala en México: hacia una panorámica general*. Revista Educación Química, ISSN 0187 -893-X Segunda Época, Volumen 11 Numero 1 Enero-2000 pp. 168-171
- 3.- Pike R. M.; Mayo D. M.; Butcher S. S.; Hotham J. R.; Foote C. M. *“An Introductory Microscale Organic Laboratory Program”* 187th ACS National Meeting, St Louis, Abril 1984.
- 4.- Butcher S. S.; Mayo D. M.; Pike R. M.; Foote C. M.; Hotham J. R. *“Microscale Organic Laboratory, an approach to improving air quality in Instructional Laboratories”* J. Chem. Education 1985, pp 62-147.
5. - Mayo D. M.; Pike R. M; Butcher S. S. *“Microscale Organic Laboratory”*, John Wiley & Sons, New York 1986.
- 6.- Szafran Z.; Pike R. M.; Singh M. M. *“Microscale In organic Chemistry: A comprehensive laboratory experience”* Wiley, New York, 1991.
- 7.- Arnaiz Francisco J *Química en microescala en los laboratorios de Química Inorgánica y Organometálica*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 16 Numero 4 Octubre-2005 pp. 504-508
- 8.- Villar Maria del Carmen, Rodríguez Margarita y Maribal La *Adaptación de métodos de análisis a microescala para bebidas alcohólicas*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 12 Numero 2 Abril-2001 pp. 113-117.
- 9.- Rincón Arce Sonia y Pérez Saavedra José de Jesús *Potenciometría con volúmenes a nivel de microescala en educación*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 14 Numero Julio-2003 pp. 148-151

10. - Mono M Szafran Zvi y Pike Ronald M. ***"The Philosophy of Green Chemistry as Applied to the Microscale Inorganic Chemistry Laboratory"***. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 11 Numero 1 Febrero – 2000 pp. 262-266
- 11.- Díaz Ricart Luís Fernando ***Microvaloración Potenciométrica de Cafeína en Cafegot y Cafiaspirina Mediante la Técnica USP, Utilizando Películas de Oxido Sobre Acero Inoxidable 316, como Electrodo Indicador*** Tesis UNAM-FESC, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. 2002
- 12.- Trejo Albarran Miriam ***Microvaloración Potenciométrica de Diazepam en medio no acuoso, con un electrodo indicador Posai – Posai*** Tesis UNAM-FESC, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. 2006
- 13.- Laitinen Herbert A. y Harris Walter E. ***Análisis Químico Texto Avanzado y de Referencia***. Segunda Edición. Editorial Reverté, S.A. Impreso en España en 1982.
- 14.- Orozco D. Fernando ***Análisis Químico Cuantitativo***. 20ª Edición. Editorial Porrúa, México D. F. pp. 299-316, 382-387
- 15.- Skoog, Douglas; M. West, Donald; ***Fundamentos de Química Analítica*** 4ª Edición. Editorial Reverté S. A. México. 1988 pp. 402 - 436
- 16.- Berry David E. ***¿Micro escala o reducción de escala? Perspectivas en Química Inorgánica***. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 11 Numero 2 Abril-2000 pp. 256-260.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

cm.....	Centímetros
dE.....	Derivada del potencial
dV.....	Derivada del volumen
DP.....	Dicromato de potasio
EDTA.....	Acido etilendiaminotetraacetico
ESIQIE.....	Escuela Superior de Ingeniería Química
g.....	Gramos
IPN.....	Instituto Politécnico Nacional
L.....	Litros
mg.....	Miligramos
mL.....	Militros
mm.....	Milímetros
mV.....	Milivoltios
n.....	Numero de datos
N.....	Normalidad
NMCC.....	National Microscale Chemistry Center
PE.....	Punto de equivalencia
Págs.....	Paginas
PM.....	Peso molecular
Prom.....	Promedio
RA.....	Reactivo analítico
S.....	Desviación estándar
SFA.....	Sulfato ferroso amoniacal
UASLP.....	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
UIA.....	Universidad Ibero Americana
UMV.....	Ultramicrovaloración
UNAM.....	Universidad Nacional Autónoma de México
Vol.....	Volumen
Vol.PE.....	Volumen de punto de equivalencia
µL.....	Microlitros
%.....	Porcentaje

ANEXO I

TABLAS Y GRÁFICOS DE:

- ♠ *Valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.1 N con dicromato de potasio 0.1N*
- ♠ *Valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.1N con permanganato de potasio 0.1N*
- ♠ *Valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.1N con sulfato cérico amoniacal 0.0952N*

VALORACIÓN 2 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON DICROMATO DE POTASIO 0.1N

Tabla 15. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	252
0.02	310
0.04	329
0.06	342
0.08	355
0.10	365
0.12	378
0.14	392
0.16	410
0.18	436
0.19	467
0.20	699
0.21	703
0.22	706
0.24	712
0.26	716
0.28	720
0.30	723

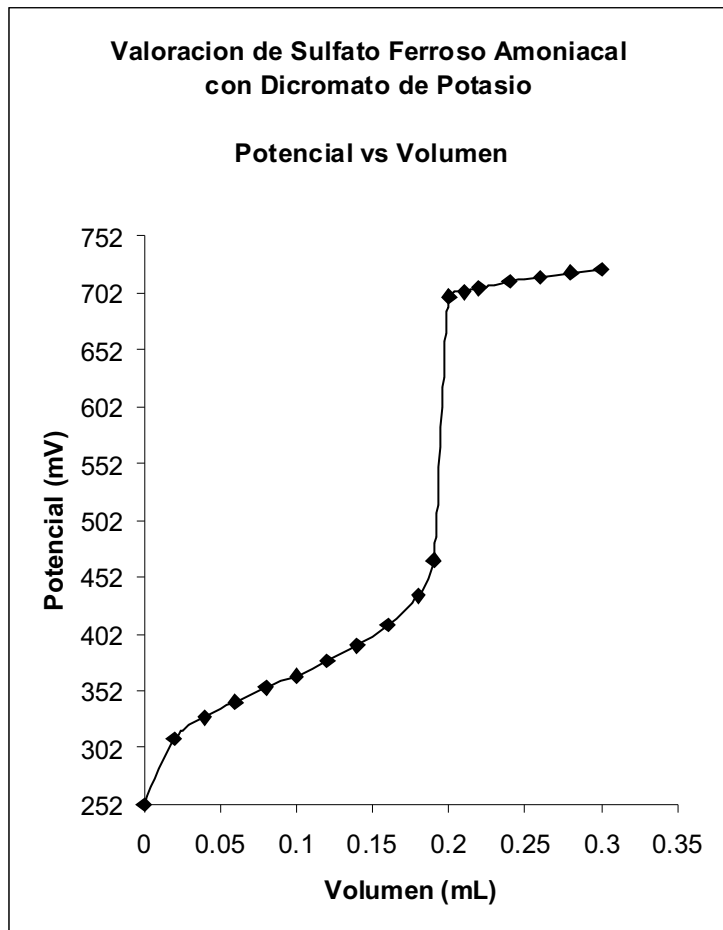


Figura 10. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 3 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON DICROMATO DE POTASIO 0.1N

Tabla 16. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	255
0.02	320
0.04	341
0.06	355
0.08	369
0.10	378
0.12	391
0.14	405
0.16	420
0.18	444
0.19	471
0.20	695
0.21	703
0.22	707
0.24	716
0.26	720
0.28	723
0.30	725

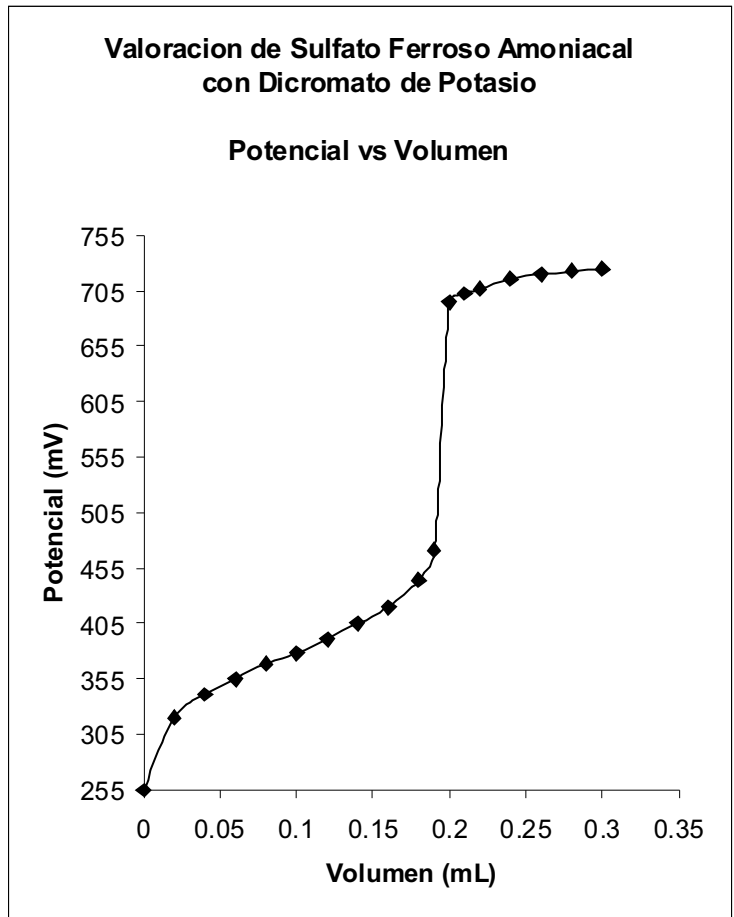


Figura 10. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, utilizando un electrodo de platino

VALORACIÓN 4 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON DICROMATO DE POTASIO 0.1N

Tabla 17. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	250
0.02	315
0.04	337
0.06	350
0.08	361
0.10	374
0.12	386
0.14	400
0.16	426
0.18	436
0.19	472
0.20	703
0.21	705
0.22	707
0.24	714
0.26	720
0.28	722
0.30	724

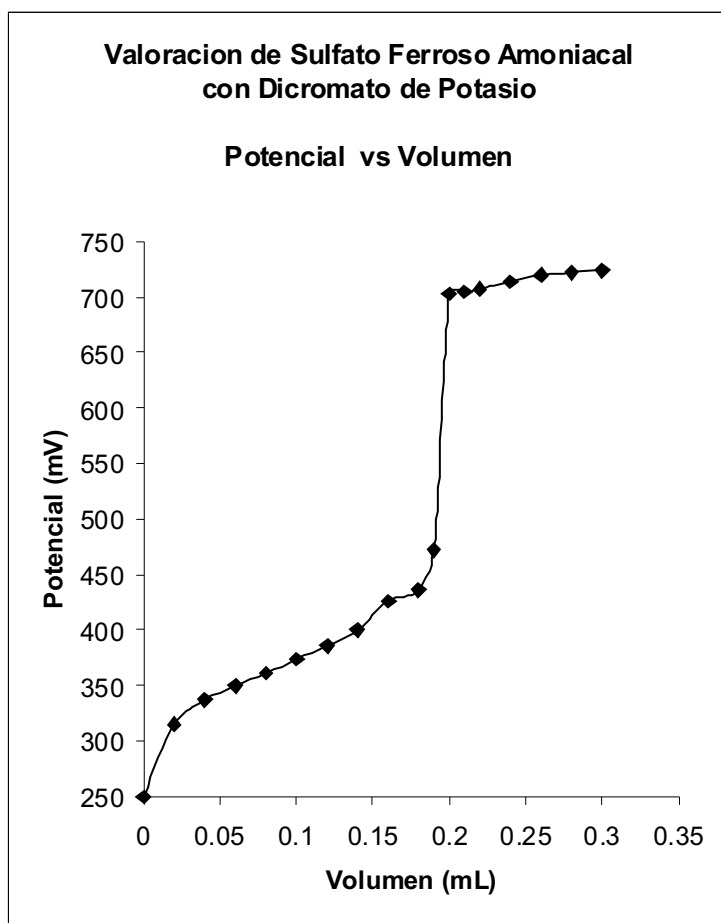


Figura 11. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, utilizando un electrodo de platino

VALORACIÓN 5 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1 N CON DICROMATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 18. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol. (mL)	E (mV)
0.00	252
0.02	312
0.04	332
0.06	349
0.08	360
0.10	376
0.12	384
0.14	404
0.16	428
0.18	440
0.19	470
0.20	702
0.21	704
0.22	706
0.24	715
0.26	721
0.28	723
0.30	725

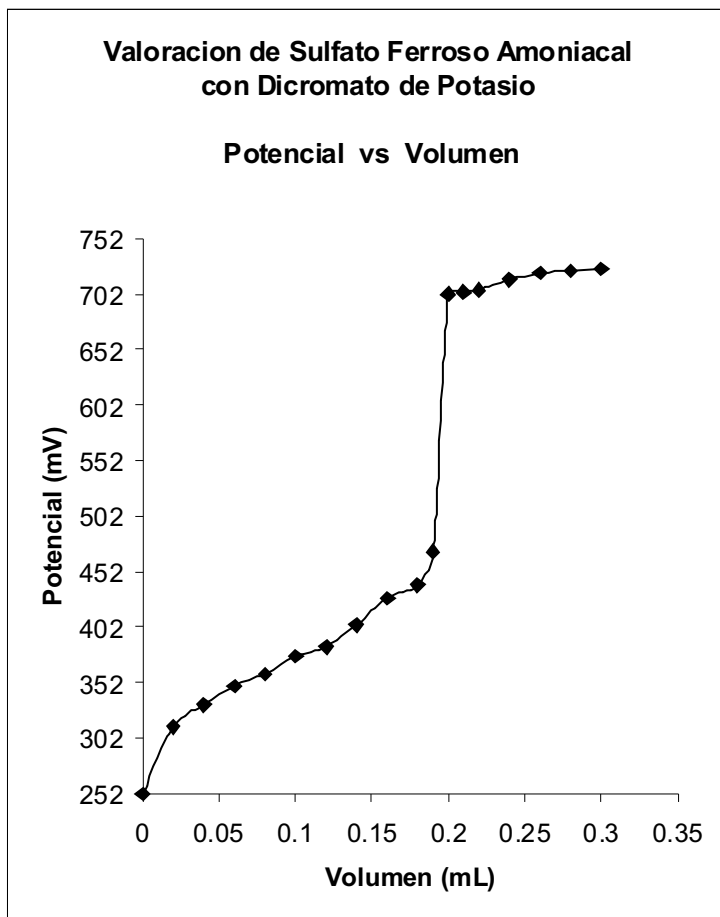


Figura 12. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 6 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON DICROMATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 19. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	252
0.02	308
0.04	330
0.06	344
0.08	358
0.10	367
0.12	375
0.14	393
0.16	410
0.18	440
0.19	471
0.20	705
0.21	708
0.22	713
0.24	718
0.26	722
0.28	726
0.30	728

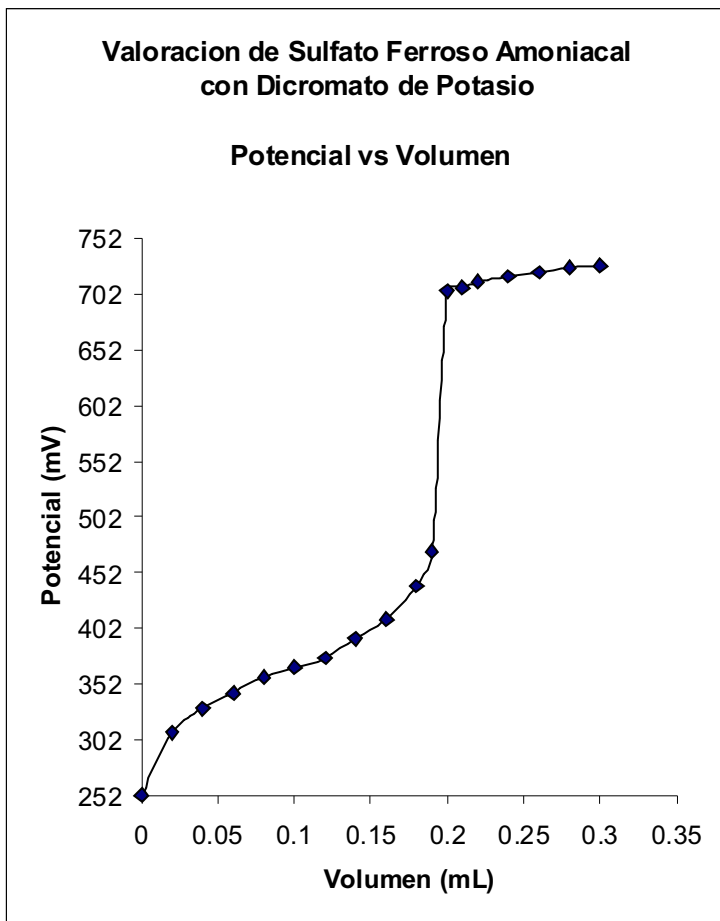


Figura 13. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 7 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON DICROMATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 20. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio

Vol (mL)	E (mV)
0.00	254
0.02	310
0.04	330
0.06	342
0.08	360
0.10	372
0.12	380
0.14	400
0.16	418
0.18	438
0.19	468
0.20	702
0.21	706
0.22	708
0.24	715
0.26	720
0.28	725
0.30	727

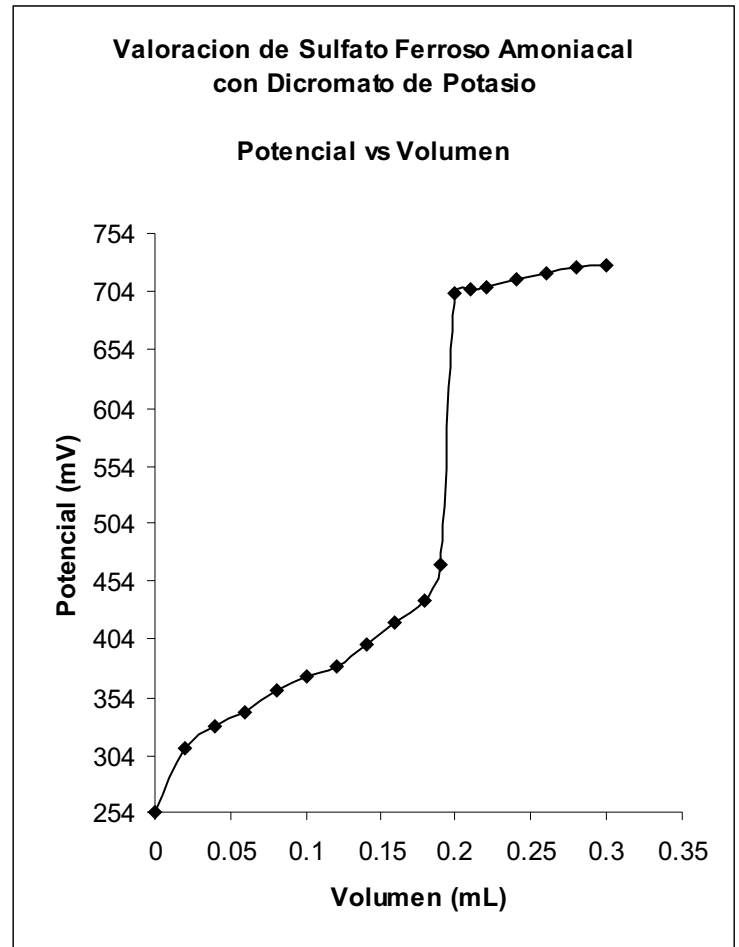


Figura 14. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, utilizando un electrodo de platino

VALORACIÓN 8 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON DICROMATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 21. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio

Vol. (mL)	E (mV)
0.00	250
0.02	300
0.04	319
0.06	335
0.08	349
0.10	359
0.12	373
0.14	385
0.16	402
0.18	438
0.19	685
0.20	690
0.21	696
0.22	702
0.24	706
0.26	710
0.28	713
0.30	715

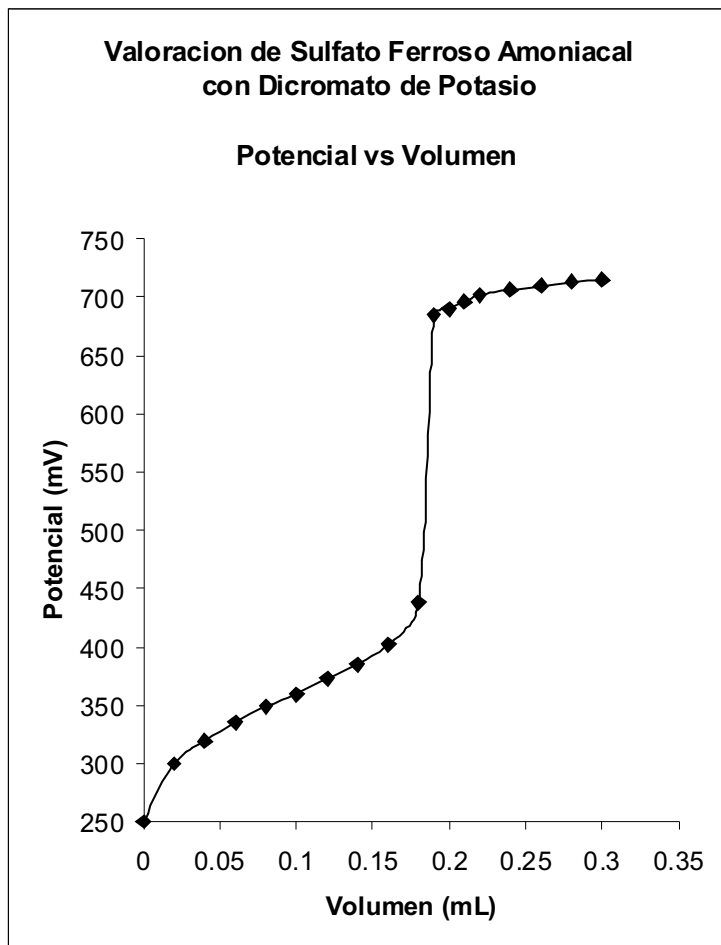


Figura 15. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

**GRAFICO DE LAS 8 VALORACIONES DE SULFATO FERROSO AMONIAL
0.1N CON DICROMATO DE POTASIO 0.1N.**

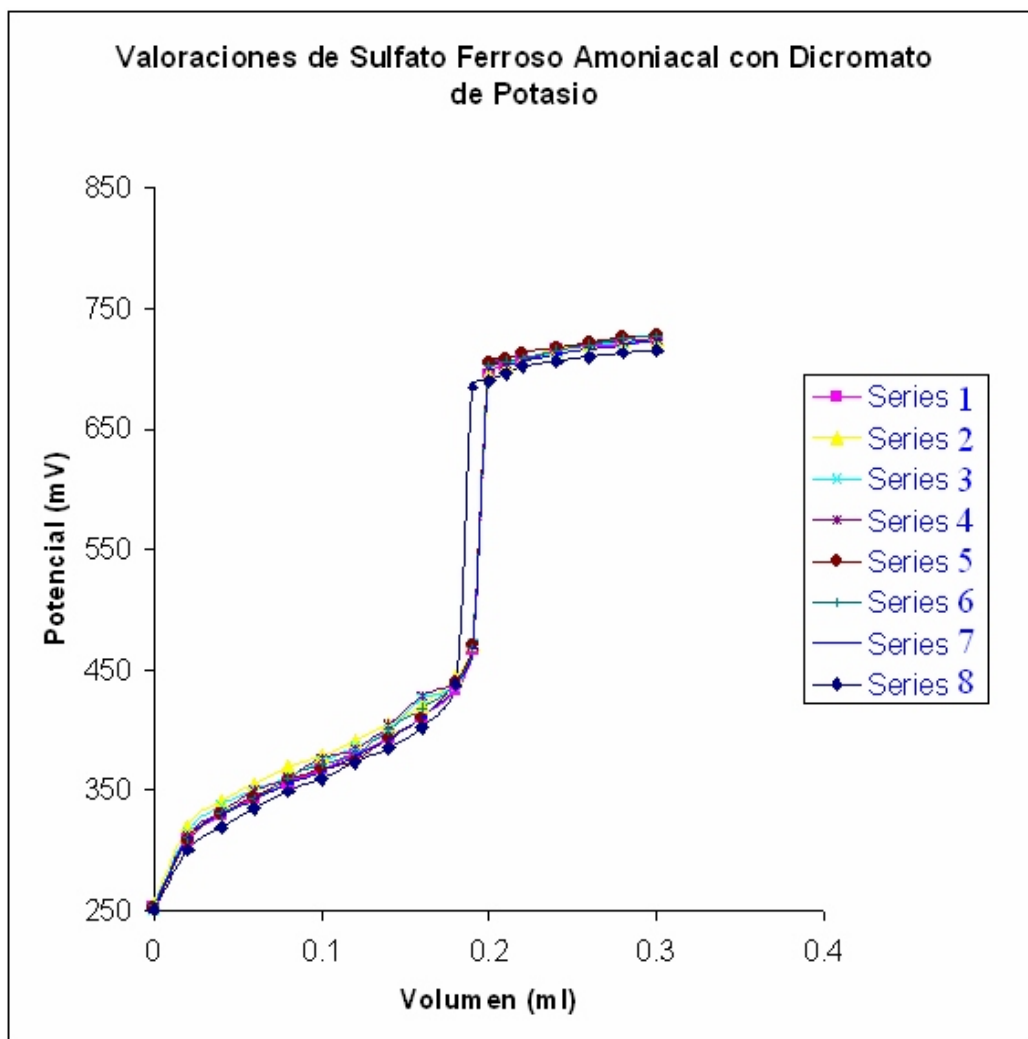


Figura 22. Este gráfico muestra las 8 curvas de valoración de sulfato ferroso amoniacal 0.1N con dicromato de potasio 0.1N, utilizando un electrodo de platino, se puede observar que la variación es mínima.

VALORACIÓN 2 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N

Tabla 23. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio

Vol. (mL)	E (mV)
0.00	246
0.02	294
0.04	315
0.06	330
0.08	342
0.10	353
0.12	367
0.14	379
0.16	395
0.18	417
0.20	1053
0.22	1061
0.23	1066
0.24	1075
0.25	1080
0.26	1082
0.28	1082
0.30	1082

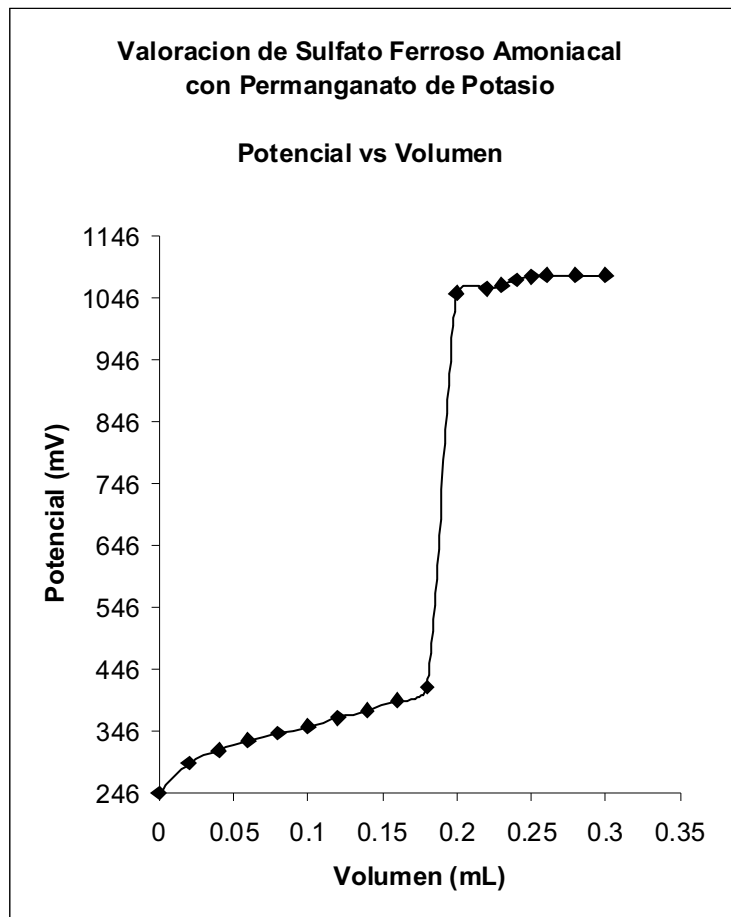


Figura 17. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 3 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 24. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	342
0.02	381
0.04	398
0.06	413
0.08	423
0.10	433
0.12	445
0.14	455
0.16	472
0.18	496
0.20	535
0.22	1126
0.23	1131
0.24	1135
0.25	1139
0.26	1143
0.28	1143
0.30	1141

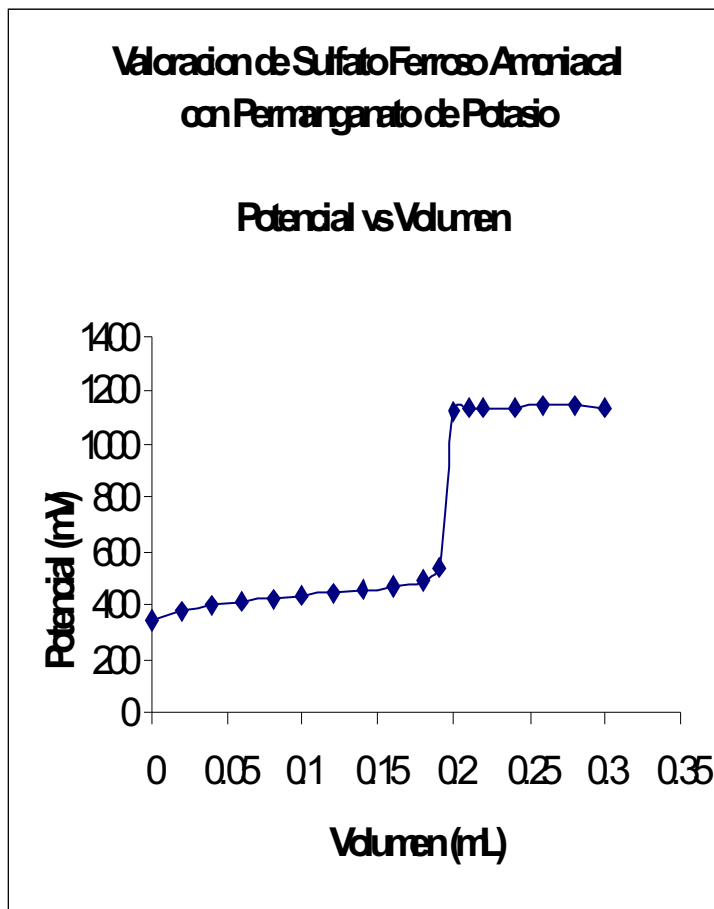


Figura 18. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 4 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 25. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	272
0.02	302
0.04	323
0.06	335
0.08	348
0.10	359
0.12	371
0.14	385
0.16	400
0.18	425
0.20	444
0.22	1063
0.23	1071
0.24	1079
0.25	1085
0.26	1091
0.28	1092
0.30	1087

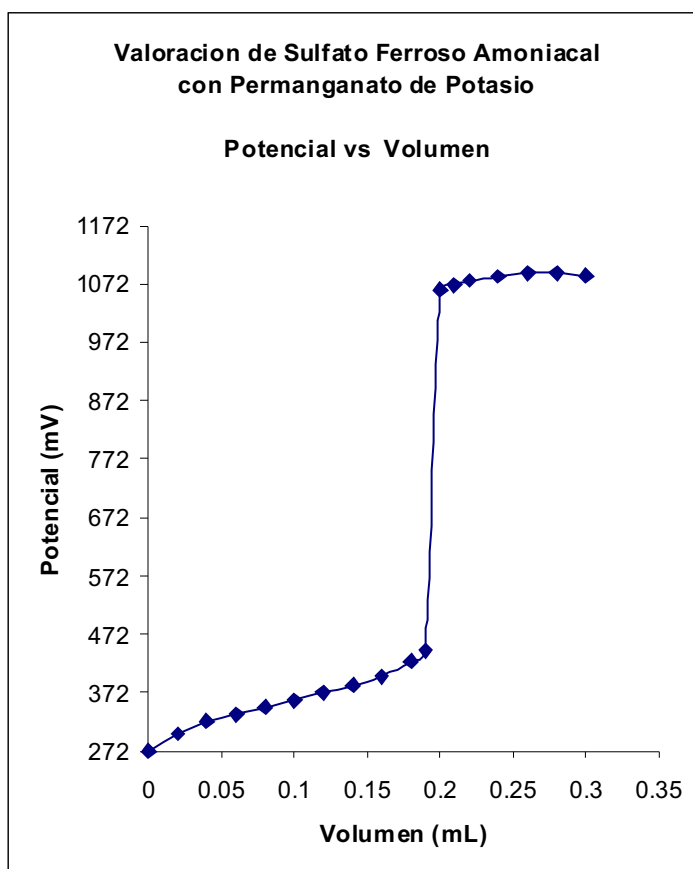


Figura 19. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de Potasio, utilizando un electrodo de platino

VALORACIÓN 5 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 26. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	E (mV)
0.00	367
0.02	397
0.04	415
0.06	427
0.08	437
0.10	445
0.12	453
0.14	460
0.16	479
0.18	500
0.20	528
0.22	1115
0.23	1120
0.24	1126
0.25	1132
0.26	1132
0.28	1130
0.30	1128

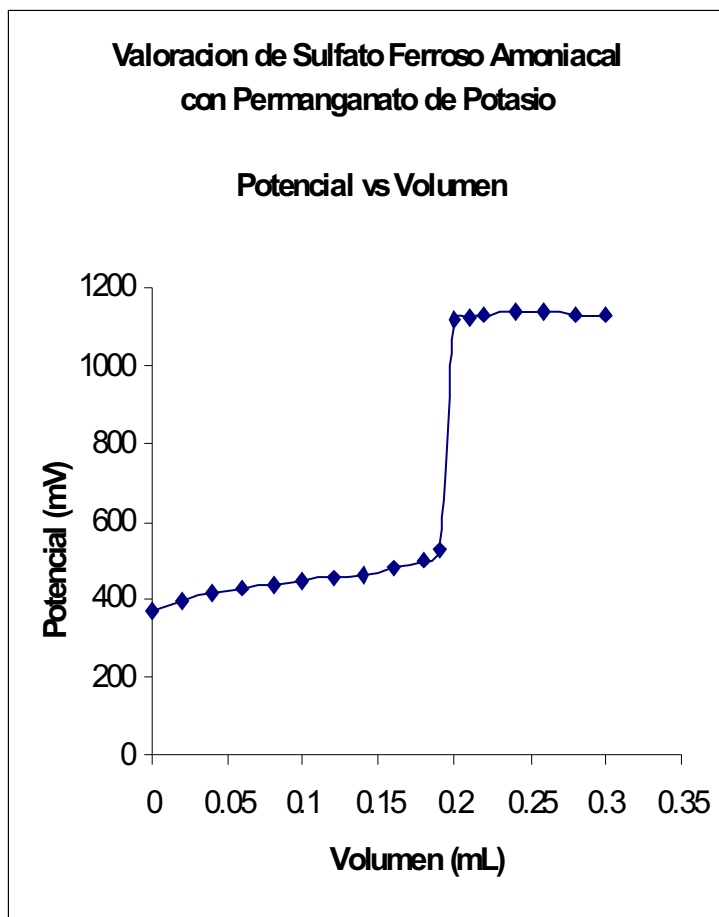


Figura 20. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, utilizando un electrodo de platino

VALORACIÓN 6 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 27. Resultado experimental obtenido de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	252
0.02	300
0.04	312
0.06	332
0.08	340
0.10	355
0.12	362
0.14	380
0.16	392
0.18	422
0.20	455
0.22	1055
0.23	1070
0.24	1077
0.25	1082
0.26	1084
0.28	1084
0.30	1082

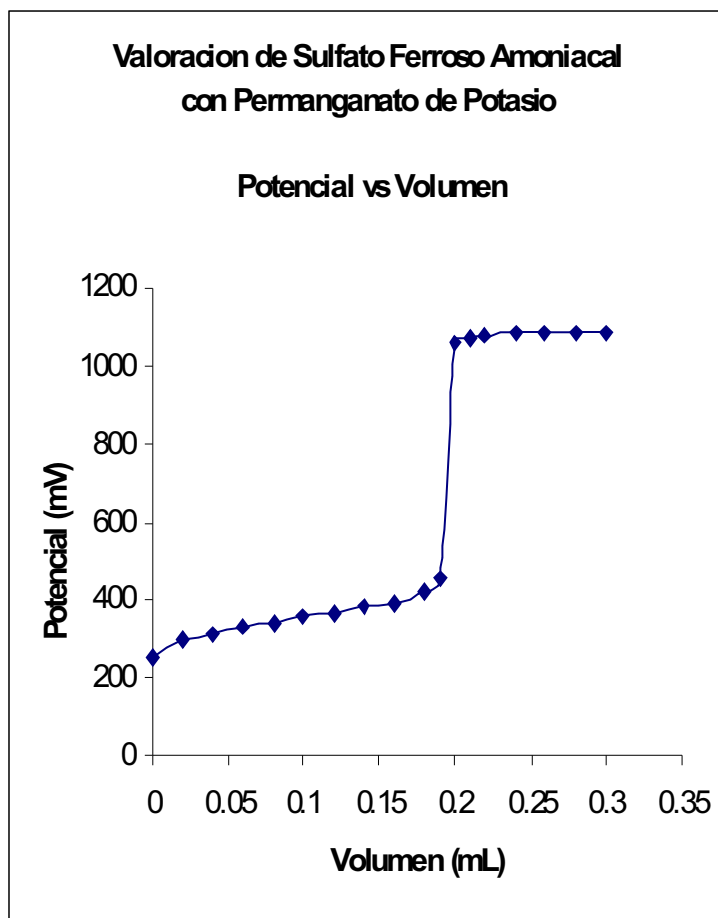


Figura 21. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, utilizando un electrodo de platino

VALORACIÓN 7 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 28. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	302
0.02	324
0.04	342
0.06	353
0.08	364
0.10	375
0.12	381
0.14	396
0.16	416
0.18	437
0.20	463
0.22	1068
0.23	1074
0.24	1082
0.25	1092
0.26	1095
0.28	1096
0.30	1090

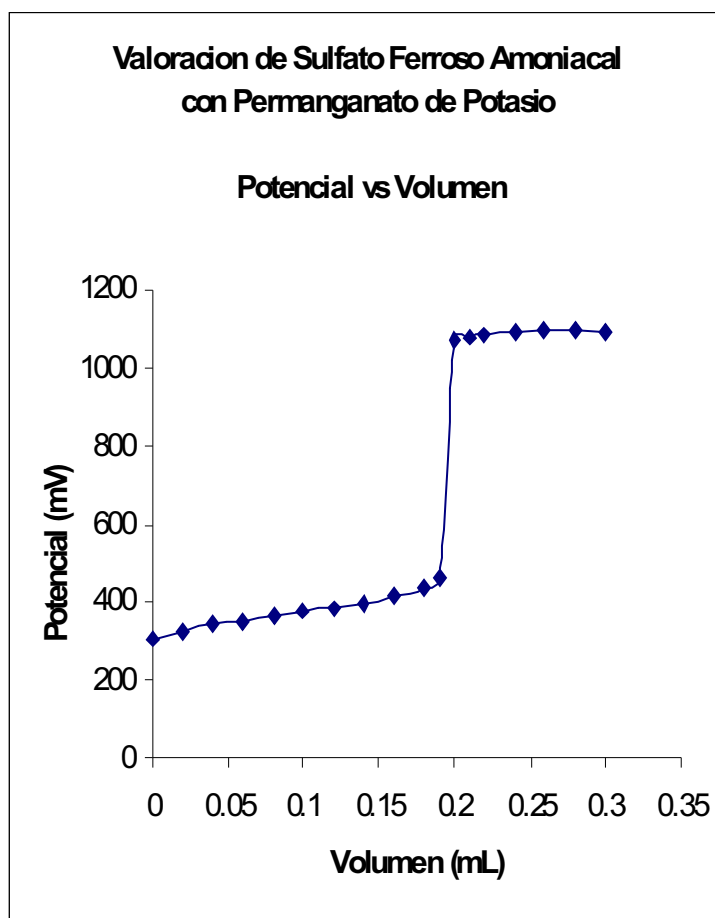


Figura 22. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 8 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 29. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	264
0.02	310
0.04	321
0.06	340
0.08	350
0.10	363
0.12	375
0.14	382
0.16	398
0.18	410
0.20	450
0.22	1057
0.23	1069
0.24	1076
0.25	1082
0.26	1084
0.28	1082
0.30	1079

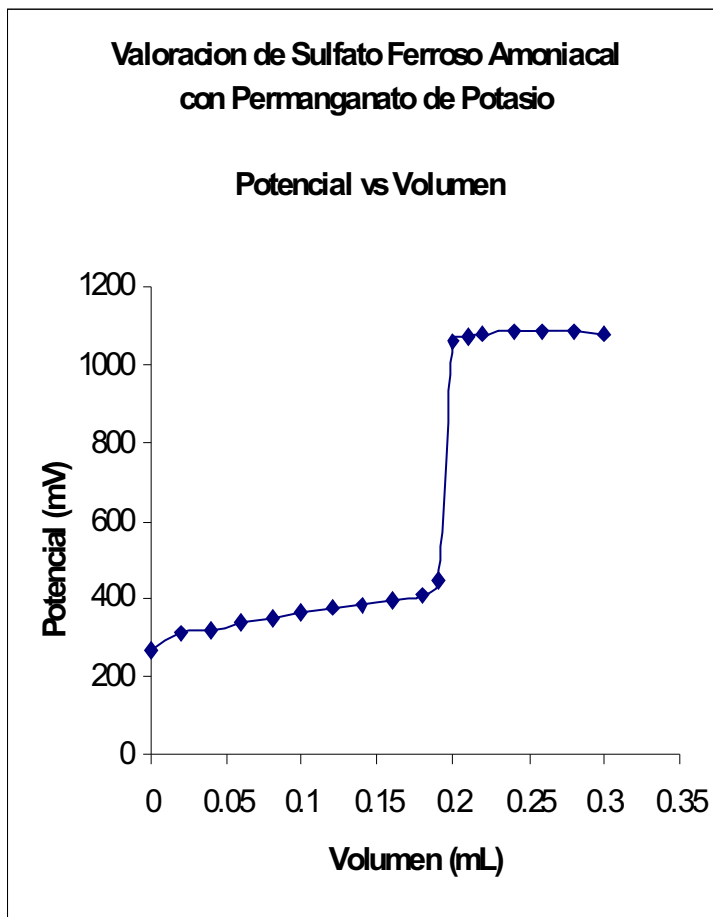


Figura 23. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 9 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 30. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio

Vol (mL)	E (mV)
0.00	351
0.02	395
0.04	415
0.06	427
0.08	439
0.10	445
0.12	455
0.14	458
0.16	470
0.18	503
0.20	525
0.22	1093
0.23	1110
0.24	1118
0.25	1130
0.26	1139
0.28	1138
0.30	1135

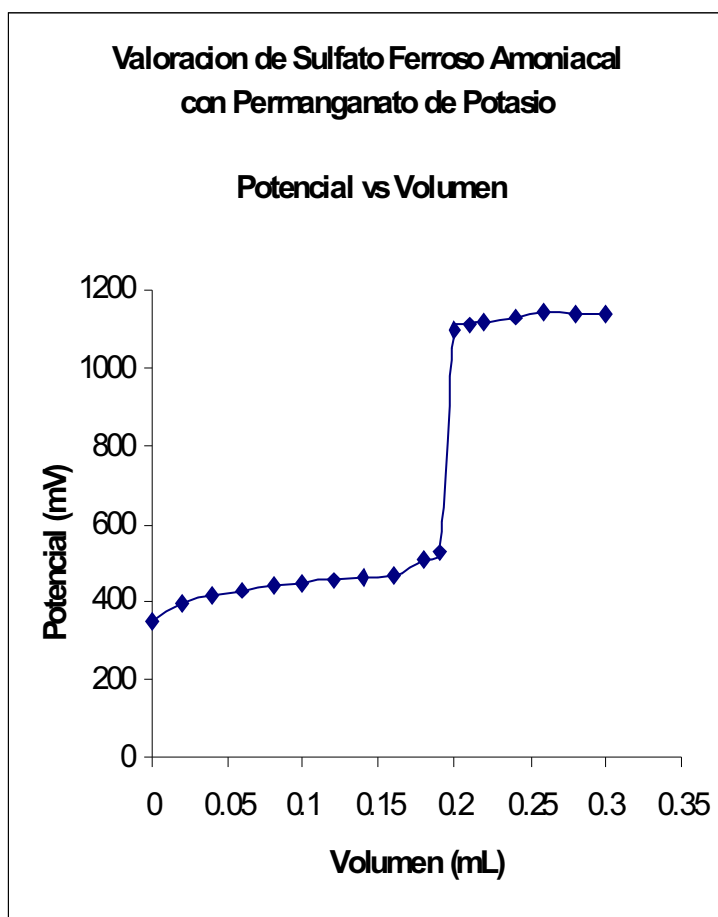


Figura 24. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 10 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON PERMANGANATO DE POTASIO 0.1N.

Tabla 31. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio

Vol. (mL)	E (mV)
0.00	286
0.02	312
0.04	328
0.06	341
0.08	352
0.10	362
0.12	373
0.14	384
0.16	396
0.18	412
0.20	445
0.22	1059
0.23	1067
0.24	1073
0.25	1085
0.26	1090
0.28	1090
0.30	1086

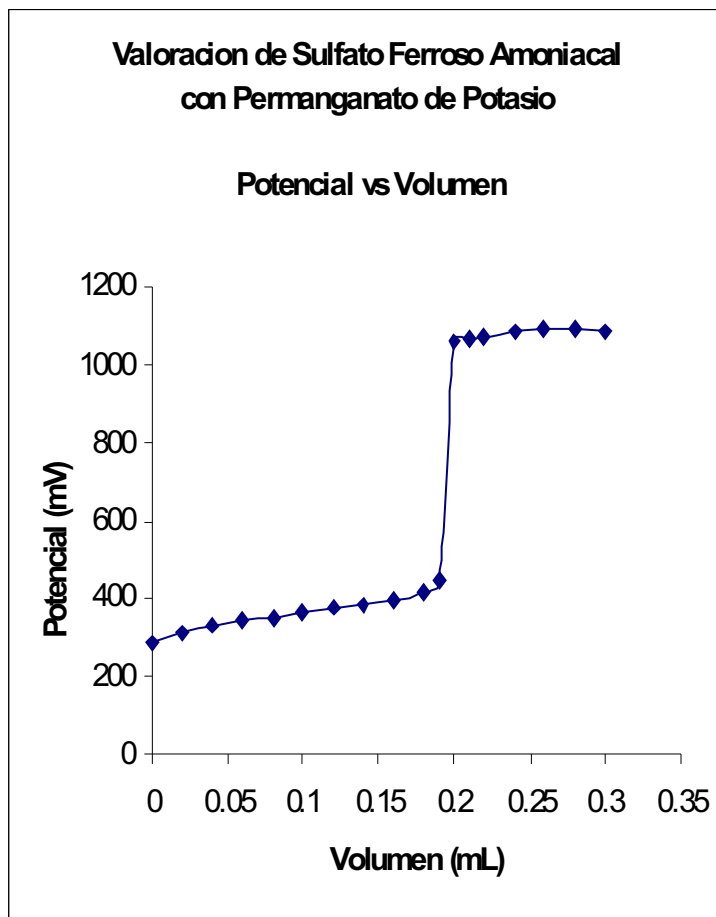


Figura 25. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio, utilizando un electrodo de platino.

GRAFICO DE LAS 10 VALORACIONES DE SULFATO FERROSO AMONICAL CON PERMANGANATO DE POTASIO

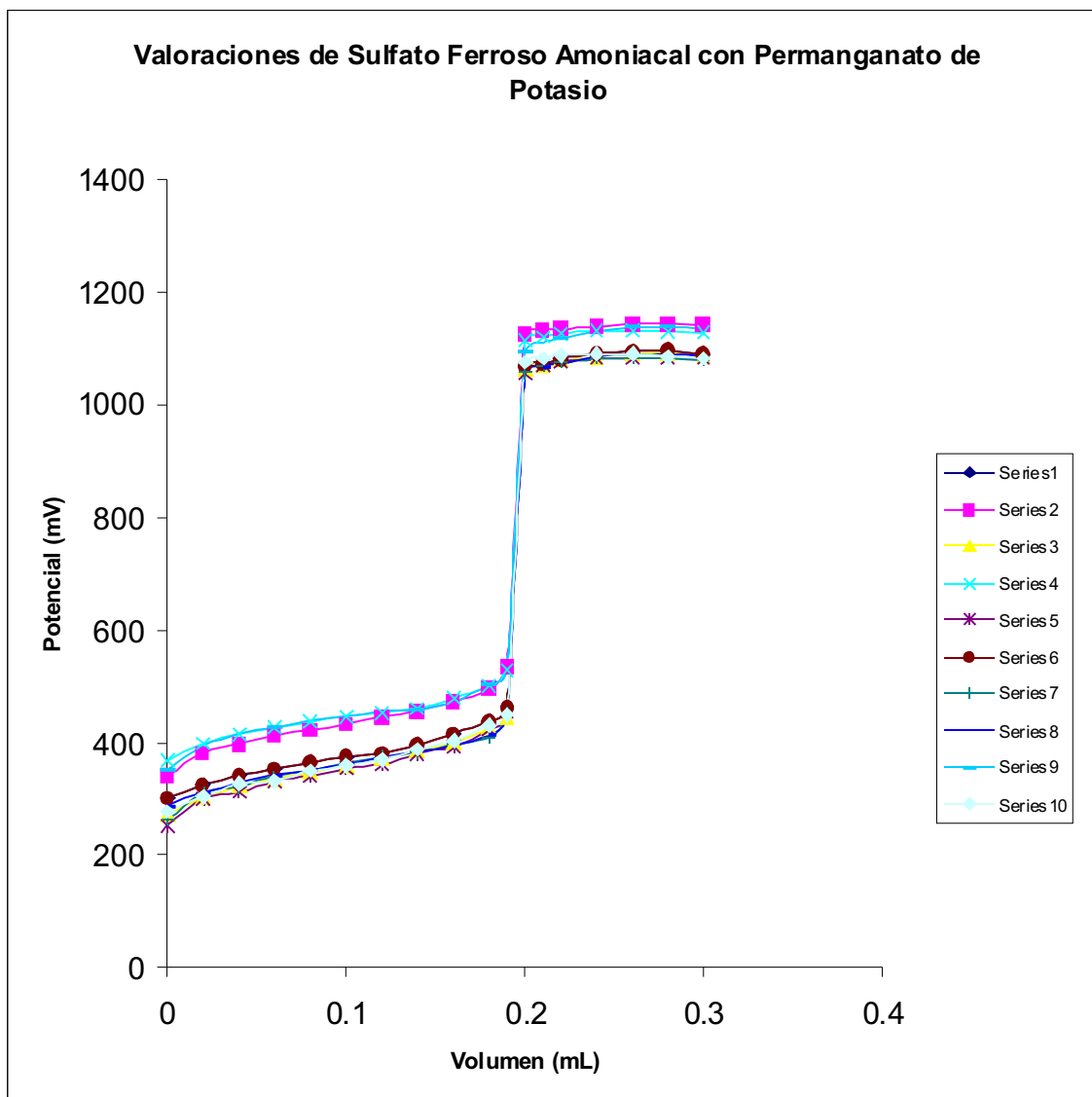


Figura 26. Este gráfico muestra las 10 curvas de valoración de sulfato ferroso amoniacal 0.1N con permanganato de potasio 0.1N, utilizando un electrodo de platino, se puede observar que la variación es mínima.

VALORACIÓN 2 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1N CON SULFATO CÉRICO AMONICAL 0.0952N.

Tabla 32. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	E (mV)
0.00	284
0.02	307
0.04	325
0.06	337
0.08	348
0.10	356
0.12	368
0.14	378
0.16	392
0.18	409
0.19	412
0.20	470
0.21	1024
0.22	1039
0.24	1059
0.26	1072
0.28	1079
0.30	1085
0.32	1091

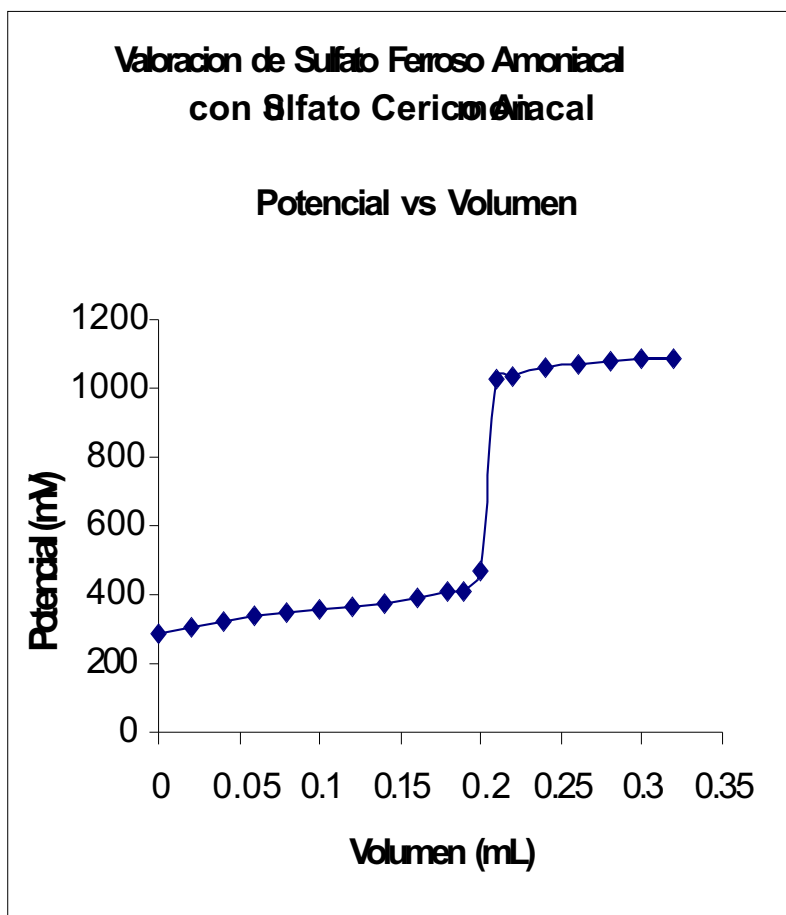


Figura 27. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 3 DE SULFATO FERROSO AMONIACAL 0.1 N CON SULFATO CÉRICO AMONIACAL 0.0952N.

Tabla 33. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	E (mV)
0.00	272
0.02	297
0.04	320
0.06	328
0.08	340
0.10	348
0.12	358
0.14	372
0.16	387
0.18	403
0.19	413
0.20	465
0.21	1020
0.22	1038
0.24	1056
0.26	1070
0.28	1078
0.30	1083
0.32	1092

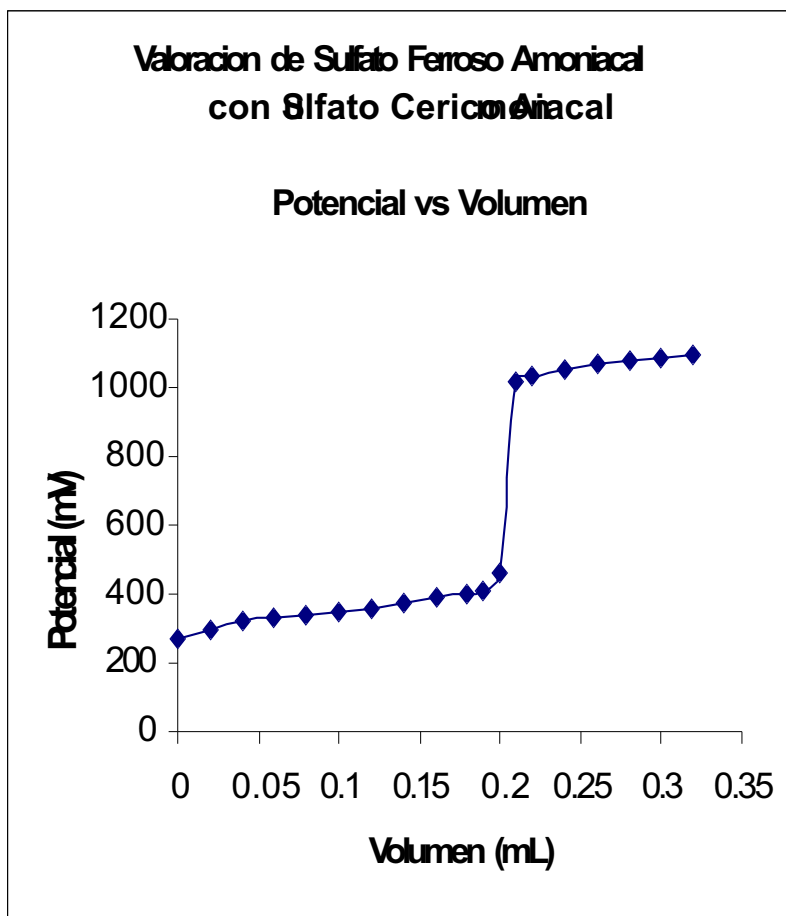


Figura 28. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 4 DE SULFATO FERROSO AMONIACAL 0.1N CON SULFATO CÉRICO AMONIACAL 0.0952N.

Tabla 34. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	299
0.02	319
0.04	333
0.06	345
0.08	353
0.10	359
0.12	369
0.14	380
0.16	389
0.18	401
0.19	413
0.20	471
0.21	1020
0.22	1037
0.24	1056
0.26	1069
0.28	1077
0.30	1085
0.32	1093

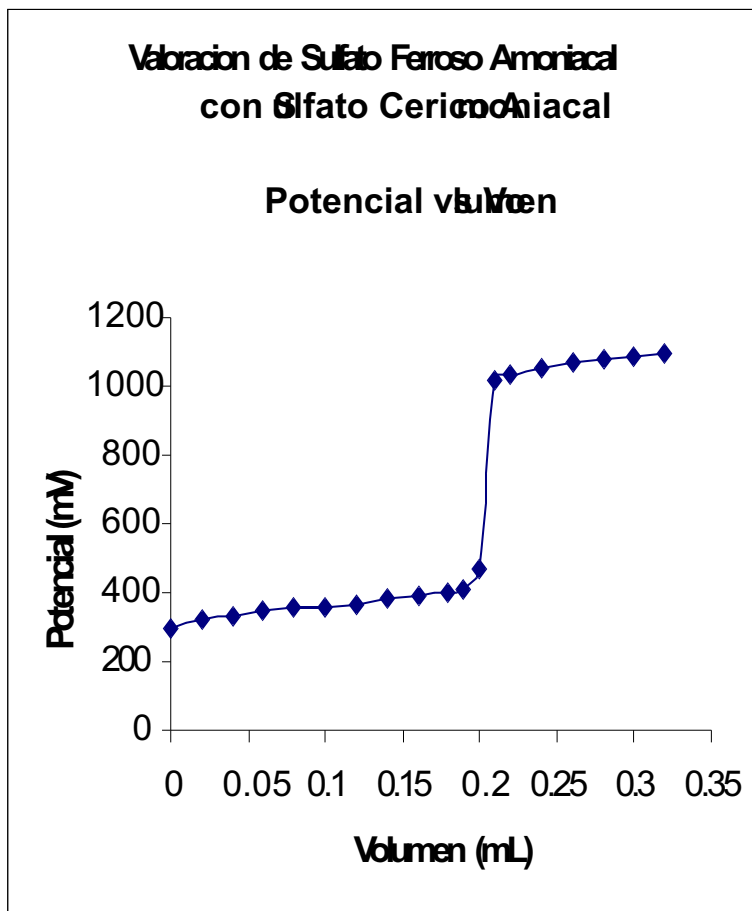


Figura 29. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 5 DE SULFATO FERROSO AMONICAL 0.1 N CON SULFATO CÉRICO AMONICAL 0.0952N.

Tabla 35. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	287
0.02	313
0.04	331
0.06	342
0.08	352
0.10	364
0.12	373
0.14	384
0.16	396
0.18	416
0.19	428
0.20	472
0.21	1028
0.22	1055
0.24	1064
0.26	1072
0.28	1077
0.30	1085
0.32	1092

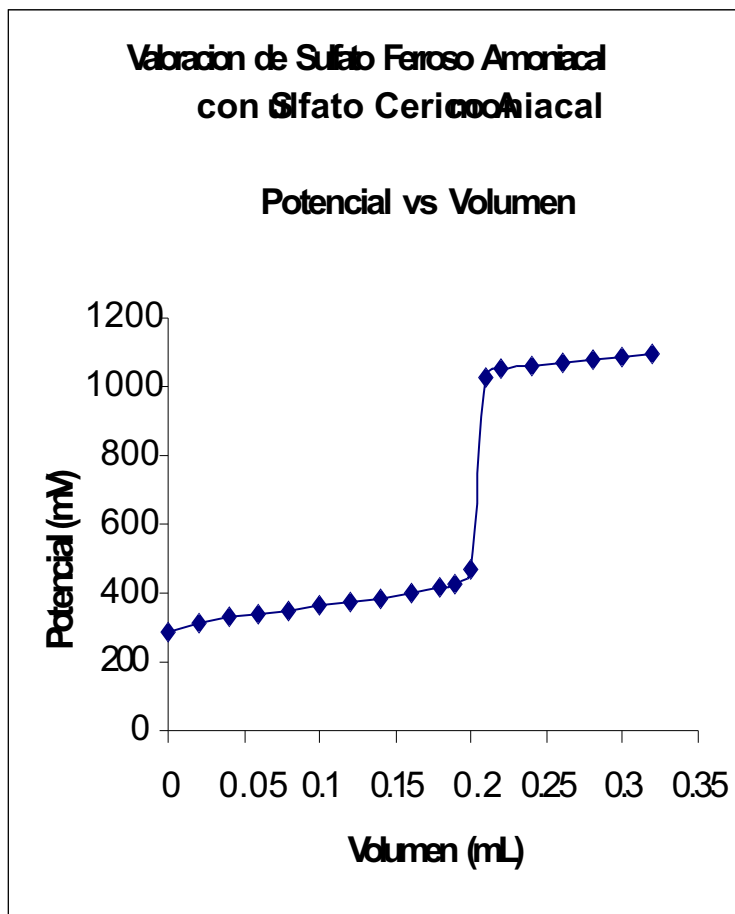


Figura 30. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 6 DE SULFATO FERROSO AMONIACAL 0.1 N CON SULFATO CÉRICO AMONIACAL 0.0952N.

TABLA 36. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	307
0.02	324
0.04	336
0.06	345
0.08	352
0.10	361
0.12	369
0.14	379
0.16	387
0.18	396
0.19	407
0.20	468
0.21	1022
0.22	1042
0.24	1055
0.26	1072
0.28	1078
0.30	1083
0.32	1093

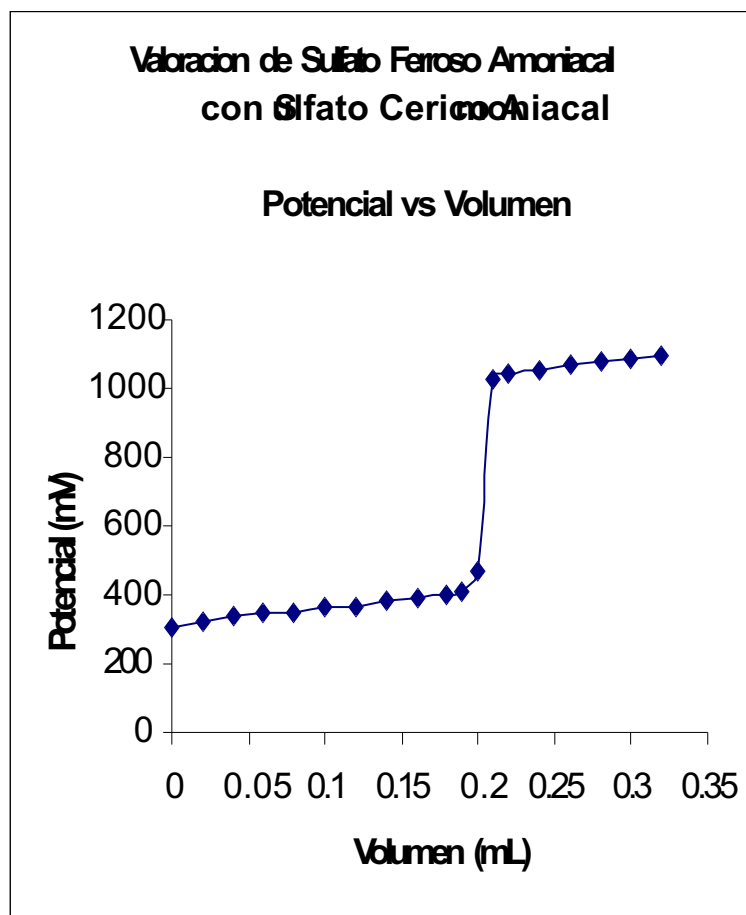


Figura 31. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 7 DE SULFATO FERROSO AMONIACAL 0.1 N CON SULFATO CÉRICO AMONIACAL 0.0952N.

Tabla 37. Resultados experimentales obtenidos de la valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol (mL)	E (mV)
0.00	272
0.02	315
0.04	333
0.06	344
0.08	355
0.10	365
0.12	376
0.14	387
0.16	399
0.18	421
0.19	437
0.20	475
0.21	1028
0.22	1040
0.24	1060
0.26	1072
0.28	1080
0.30	1087
0.32	1092

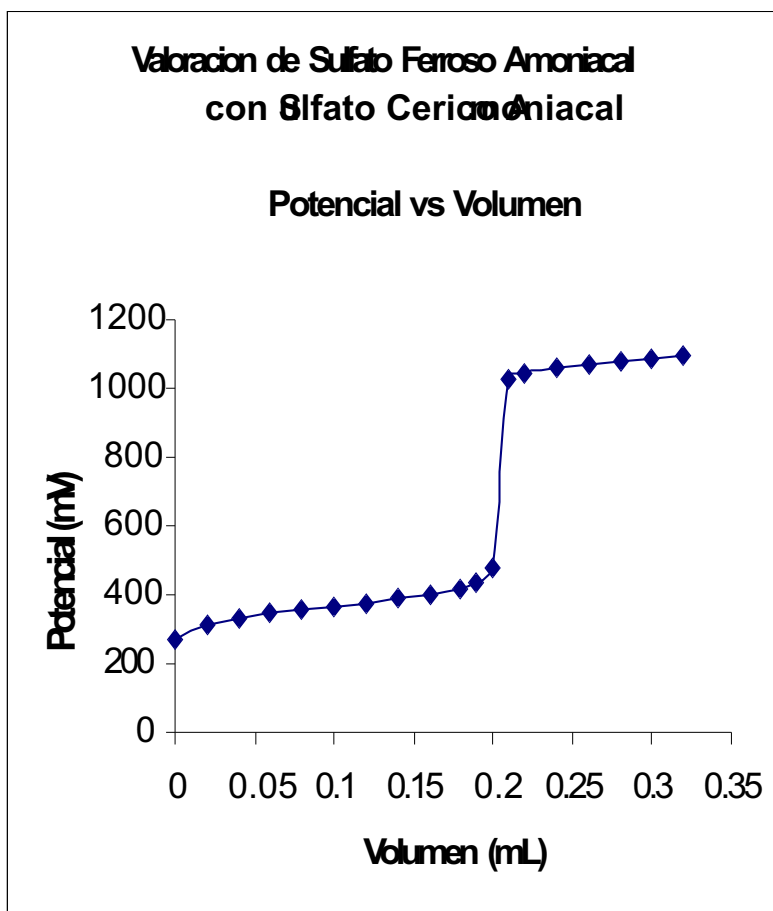


Figura 32. Curva de valoración de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal, utilizando un electrodo de platino

**GRAFICO DE LAS 7 VALORACIONES DE SULFATO FERROSO AMONIAL
CON SULFATO CÉRICO AMONIAL**

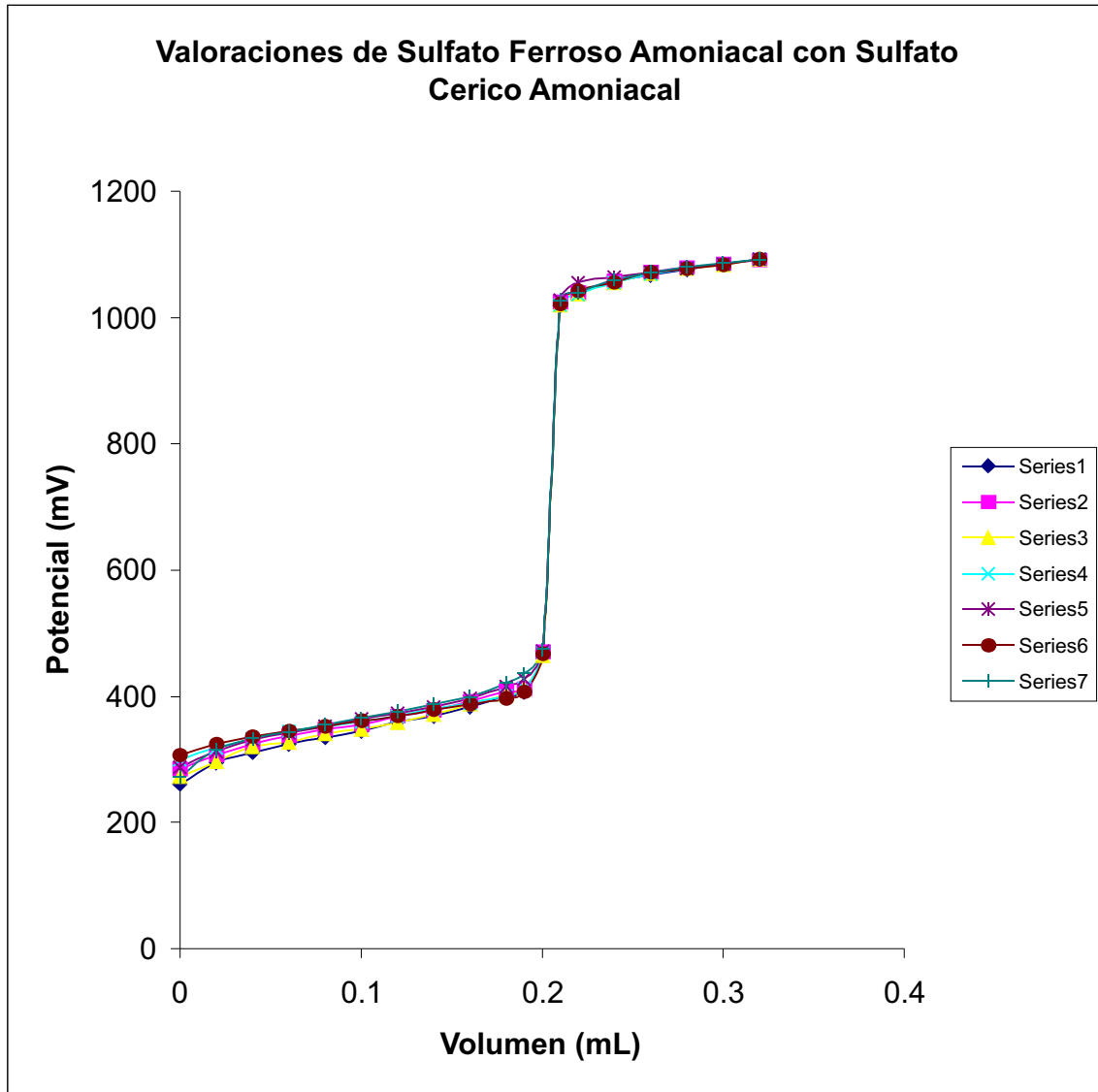


Figura 38. Este grafico muestra las 7 curvas de valoración de sulfato ferroso amoniacal 0.1 N con sulfato cérico amoniacal 0.0952N, utilizando un electrodo de platino, se puede observar que la variación es mínima.

ANEXO II

TABLAS Y GRÁFICOS DE:

- Í *Obtención de la primera derivada para las valoraciones de sulfato amoniacal 0.1N con dicromato de potasio 0.1N*
- Í *Obtención de la primera derivada para las valoraciones de sulfato amoniacal 0.1N con permanganato de potasio 0.1N*
- Í *Obtención de la primera derivada para las valoraciones de sulfato amoniacal 0.1N con sulfato cérico amoniacal 0.0952N*

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE SULFATO FERROSO AMONIACAL CON DICROMATO DE POTASIO.

Tabla 39. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	252	58	0.02	2900
0.02	0.03	310	19	0.02	950
0.04	0.05	329	13	0.02	650
0.06	0.07	342	13	0.02	650
0.08	0.09	355	10	0.02	500
0.10	0.11	365	13	0.02	650
0.12	0.13	378	14	0.02	700
0.14	0.15	392	18	0.02	900
0.16	0.17	410	26	0.02	1300
0.18	0.185	436	31	0.01	3100
0.19	0.195	467	232	0.01	23200
0.20	0.205	699	4	0.01	400
0.21	0.215	703	3	0.01	300
0.22	0.23	706	6	0.02	300
0.24	0.25	712	4	0.02	200
0.26	0.27	716	4	0.02	200
0.28	0.29	720	3	0.02	150

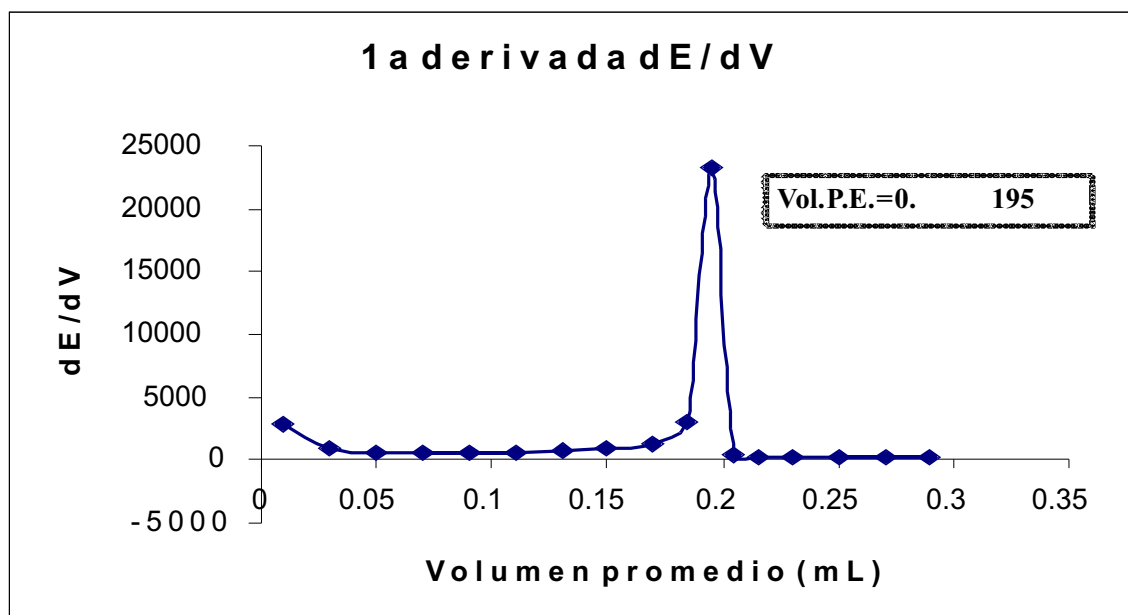


Figura 34. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Tabla 39. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	255	65	0.02	3250
0.02	0.03	320	21	0.02	1050
0.04	0.05	341	14	0.02	700
0.06	0.07	355	14	0.02	700
0.08	0.09	369	9	0.02	450
0.10	0.11	378	13	0.02	650
0.12	0.13	391	14	0.02	700
0.14	0.15	405	15	0.02	750
0.16	0.17	420	24	0.02	1200
0.18	0.185	444	27	0.01	2700
0.19	0.195	471	224	0.01	22400
0.20	0.205	695	8	0.01	800
0.21	0.215	703	4	0.01	400
0.22	0.23	707	9	0.02	450
0.24	0.25	716	4	0.02	200
0.26	0.27	720	3	0.02	150
0.28	0.29	723	2	0.02	100

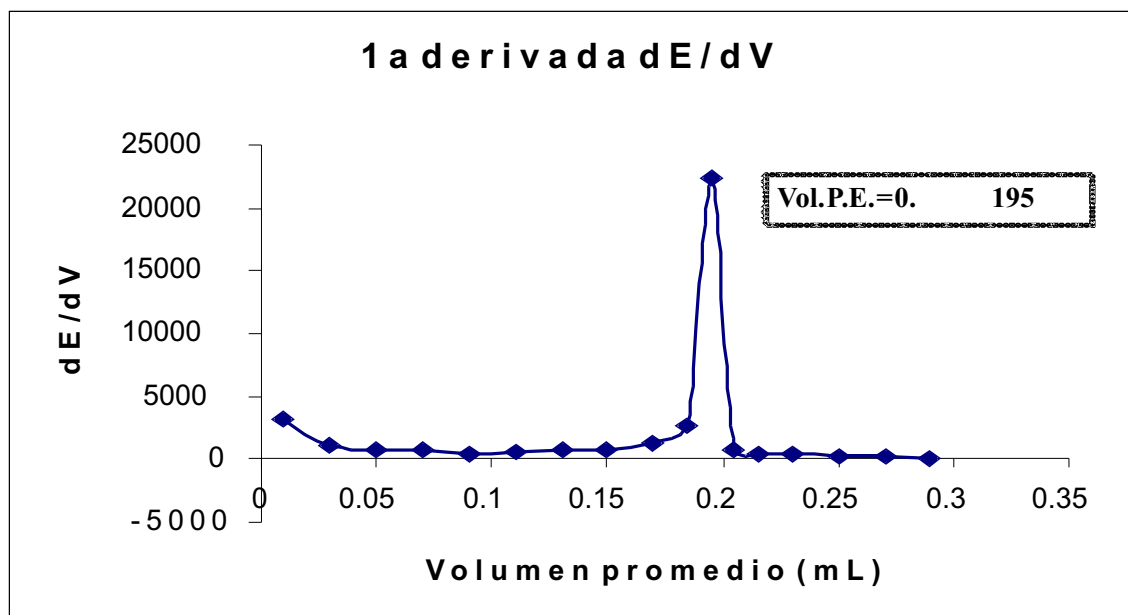


Figura 35. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Tabla 40. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	250	65	0.02	3250
0.02	0.03	315	22	0.02	1100
0.04	0.05	337	13	0.02	650
0.06	0.07	350	11	0.02	550
0.08	0.09	361	13	0.02	650
0.10	0.11	374	12	0.02	600
0.12	0.13	386	14	0.02	700
0.14	0.15	400	26	0.02	1300
0.16	0.17	426	10	0.02	500
0.18	0.185	436	36	0.01	3600
0.19	0.195	472	231	0.01	23100
0.20	0.205	703	2	0.01	200
0.21	0.215	705	2	0.01	200
0.22	0.23	707	7	0.02	350
0.24	0.25	714	6	0.02	300
0.26	0.27	720	2	0.02	100
0.28	0.29	722	2	0.02	100

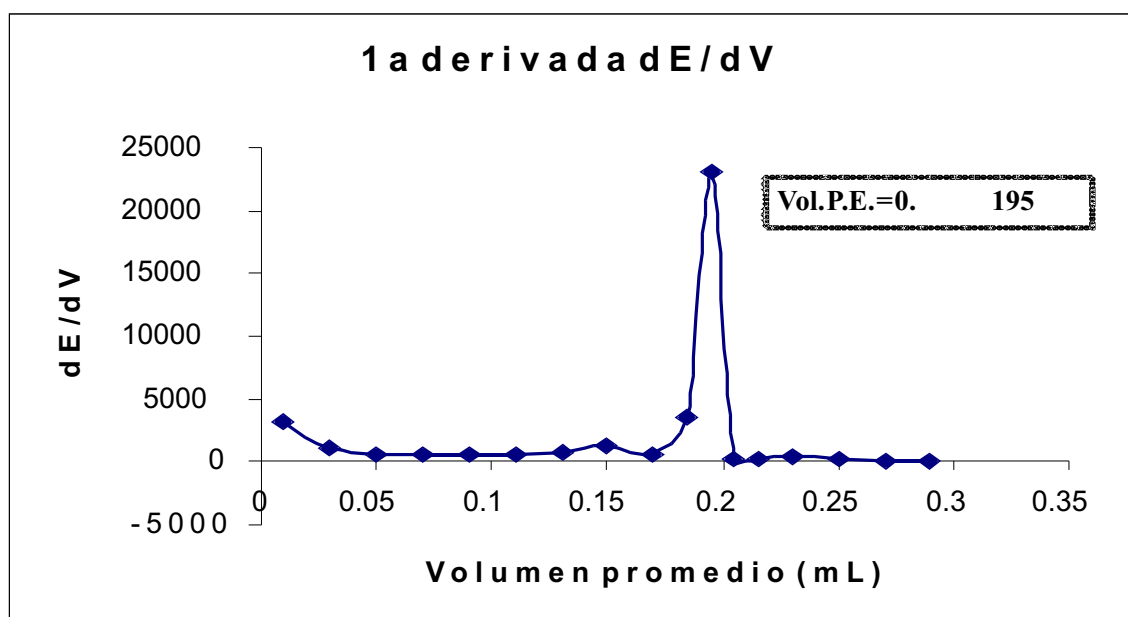


Figura 36. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Tabla 41. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	252	60	0.02	3000
0.02	0.03	312	20	0.02	1000
0.04	0.05	332	17	0.02	850
0.06	0.07	349	11	0.02	550
0.08	0.09	360	16	0.02	800
0.10	0.11	376	8	0.02	400
0.12	0.13	384	20	0.02	1000
0.14	0.15	404	24	0.02	1200
0.16	0.17	428	12	0.02	600
0.18	0.185	440	30	0.01	3000
0.19	0.195	470	232	0.01	23200
0.20	0.205	702	2	0.01	200
0.21	0.215	704	2	0.01	200
0.22	0.23	706	9	0.02	450
0.24	0.25	715	6	0.02	300
0.26	0.27	721	2	0.02	100
0.28	0.29	723	2	0.02	100

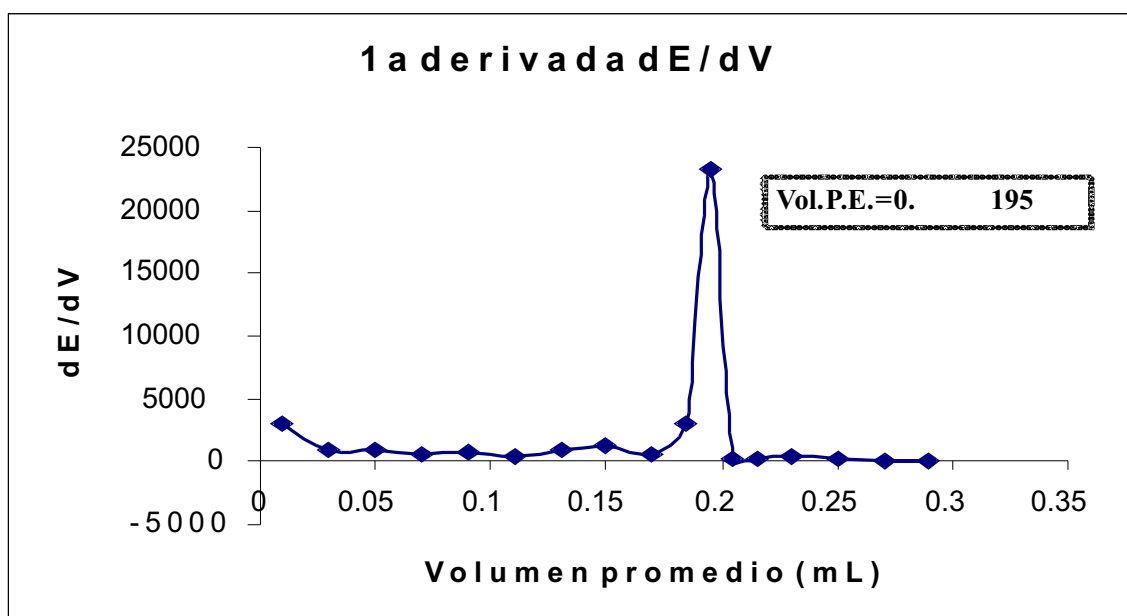


Figura 37. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio

Tabla 42. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	252	56	0.02	2800
0.02	0.03	308	22	0.02	1100
0.04	0.05	330	14	0.02	700
0.06	0.07	344	14	0.02	700
0.08	0.09	358	9	0.02	450
0.10	0.11	367	8	0.02	400
0.12	0.13	375	18	0.02	900
0.14	0.15	393	17	0.02	850
0.16	0.17	410	30	0.02	1500
0.18	0.185	440	31	0.01	3100
0.19	0.195	471	234	0.01	23400
0.20	0.205	705	3	0.01	300
0.21	0.215	708	5	0.01	500
0.22	0.23	713	5	0.02	250
0.24	0.25	718	4	0.02	200
0.26	0.27	722	4	0.02	200
0.28	0.29	726	2	0.02	100

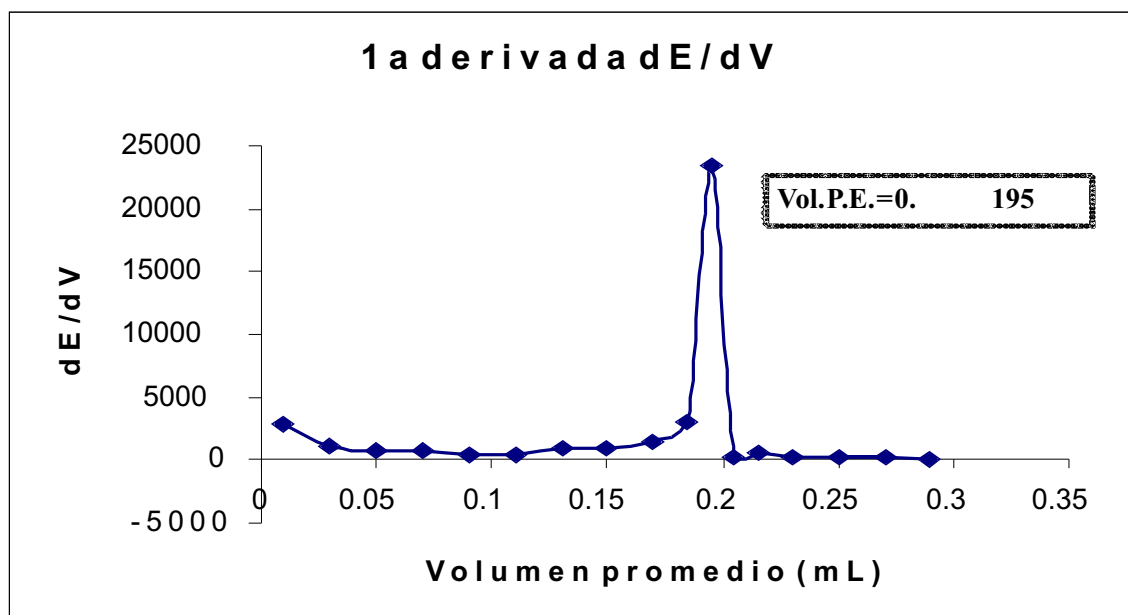


Figura 38. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Tabla 43. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	254	56	0.02	2800
0.02	0.03	310	20	0.02	1000
0.04	0.05	330	12	0.02	600
0.06	0.07	342	18	0.02	900
0.08	0.09	360	12	0.02	600
0.10	0.11	372	8	0.02	400
0.12	0.13	380	20	0.02	1000
0.14	0.15	400	18	0.02	900
0.16	0.17	418	20	0.02	1000
0.18	0.185	438	30	0.01	3000
0.19	0.195	468	234	0.01	23400
0.20	0.205	702	4	0.01	400
0.21	0.215	706	2	0.01	200
0.22	0.23	708	7	0.02	350
0.24	0.25	715	5	0.02	250
0.26	0.27	720	5	0.02	250
0.28	0.29	725	2	0.02	100

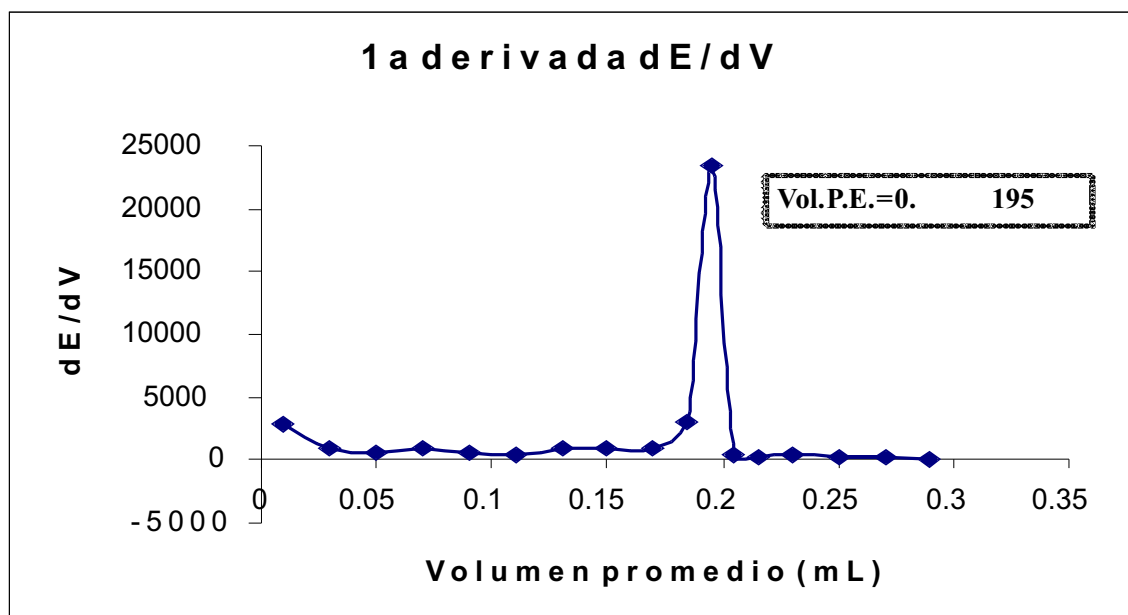


Figura 39. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio

Tabla 44. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 8 valoraciones de Sulfato Ferroso Amoniacal con Dicromato de Potasio

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	250	50	0.02	2500
0.02	0.03	300	19	0.02	950
0.04	0.05	319	16	0.02	800
0.06	0.07	335	14	0.02	700
0.08	0.09	349	10	0.02	500
0.10	0.11	359	14	0.02	700
0.12	0.13	373	12	0.02	600
0.14	0.15	385	17	0.02	850
0.16	0.17	402	36	0.02	1800
0.18	0.185	438	247	0.01	24700
0.19	0.195	685	5	0.01	500
0.20	0.205	690	6	0.01	600
0.21	0.215	696	6	0.01	600
0.22	0.23	702	4	0.02	200
0.24	0.25	706	4	0.02	200
0.26	0.27	710	3	0.02	150
0.28	0.29	713	2	0.02	100

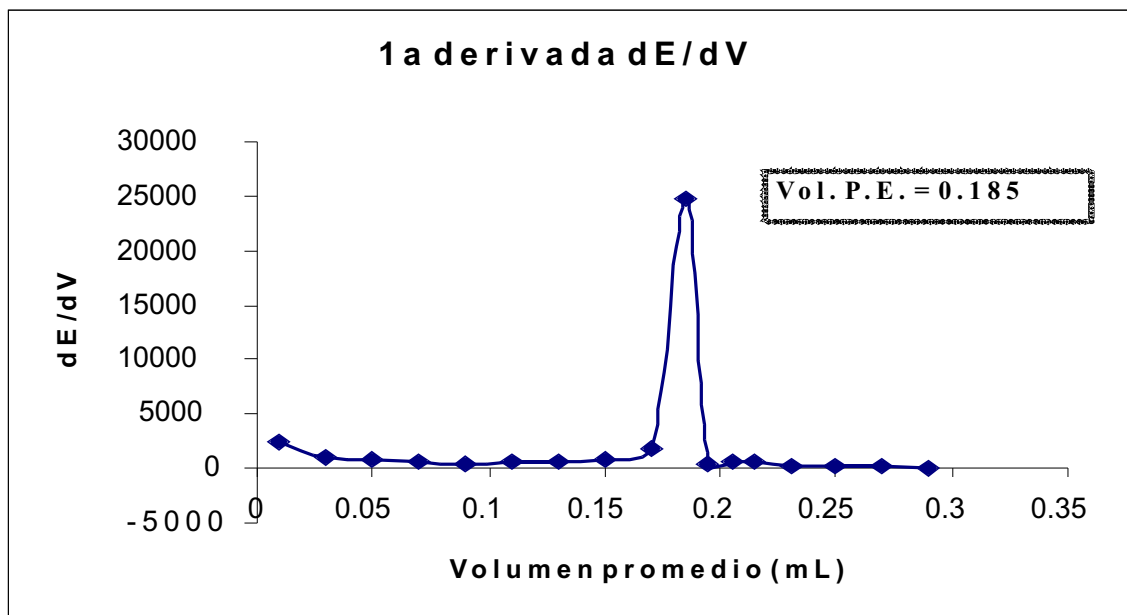


Figura 40. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE SULFATO FERROSO AMONICAL CON PERMANGANATO DE POTASIO.

Tabla 46. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	246	48	0.02	2400
0.02	0.03	294	21	0.02	1050
0.04	0.05	315	15	0.02	750
0.06	0.07	330	12	0.02	600
0.08	0.09	342	11	0.02	550
0.10	0.11	353	14	0.02	700
0.12	0.13	367	12	0.02	600
0.14	0.15	379	16	0.02	800
0.16	0.17	395	22	0.02	1100
0.18	0.19	417	636	0.02	31800
0.20	0.21	1053	8	0.02	400
0.22	0.225	1061	5	0.01	500
0.23	0.235	1066	9	0.01	900
0.24	0.245	1075	5	0.01	500
0.25	0.255	1080	2	0.01	200
0.26	0.27	1082	0	0.02	0
0.28	0.29	1082	0	0.02	0

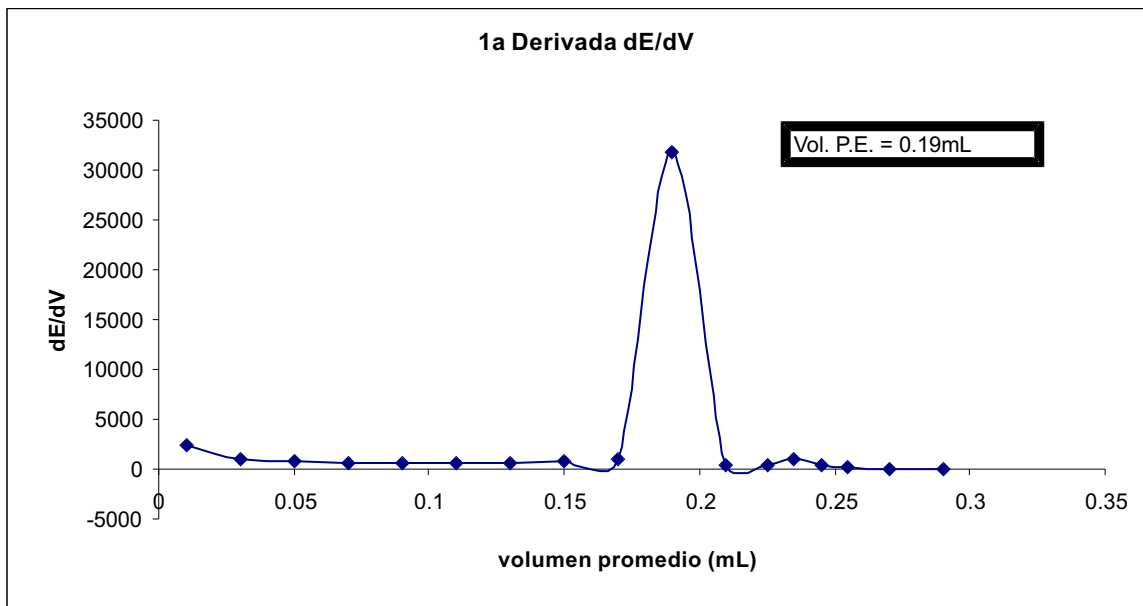


Figura 41. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 47. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	342	39	0.02	1950
0.02	0.03	381	17	0.02	850
0.04	0.05	398	15	0.02	750
0.06	0.07	413	10	0.02	500
0.08	0.09	423	10	0.02	500
0.10	0.11	433	12	0.02	600
0.12	0.13	445	10	0.02	500
0.14	0.15	455	17	0.02	850
0.16	0.17	472	24	0.02	1200
0.18	0.185	496	39	0.01	3900
0.20	0.195	535	591	0.01	59100
0.22	0.205	1126	5	0.01	500
0.23	0.215	1131	4	0.01	400
0.24	0.23	1135	4	0.02	200
0.25	0.25	1139	4	0.02	200
0.26	0.27	1143	0	0.02	0
0.28	0.29	1143	-2	0.02	-100

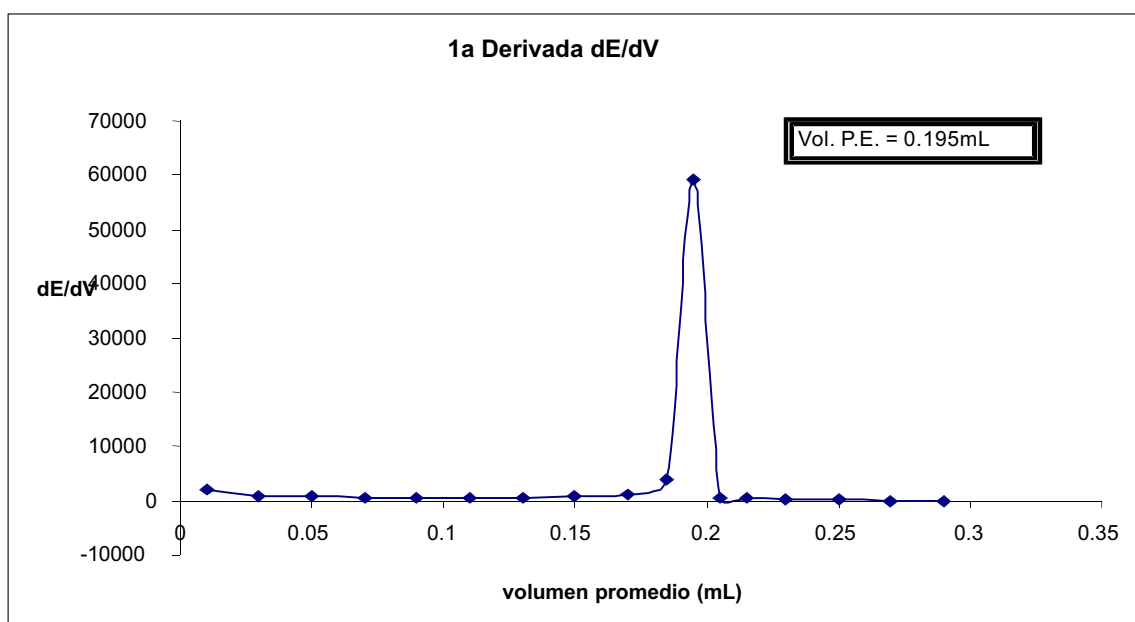


Figura 42. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio

Tabla 48. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	272	30	0.02	1500
0.02	0.03	302	21	0.02	1050
0.04	0.05	323	12	0.02	600
0.06	0.07	335	13	0.02	650
0.08	0.09	348	11	0.02	550
0.10	0.11	359	12	0.02	600
0.12	0.13	371	14	0.02	700
0.14	0.15	385	15	0.02	750
0.16	0.17	400	25	0.02	1250
0.18	0.185	425	19	0.01	1900
0.19	0.195	444	619	0.01	61900
0.20	0.205	1063	8	0.01	800
0.21	0.215	1071	8	0.01	800
0.22	0.23	1079	6	0.02	300
0.24	0.25	1085	6	0.02	300
0.26	0.27	1091	1	0.02	50
0.28	0.29	1092	-5	0.02	-250

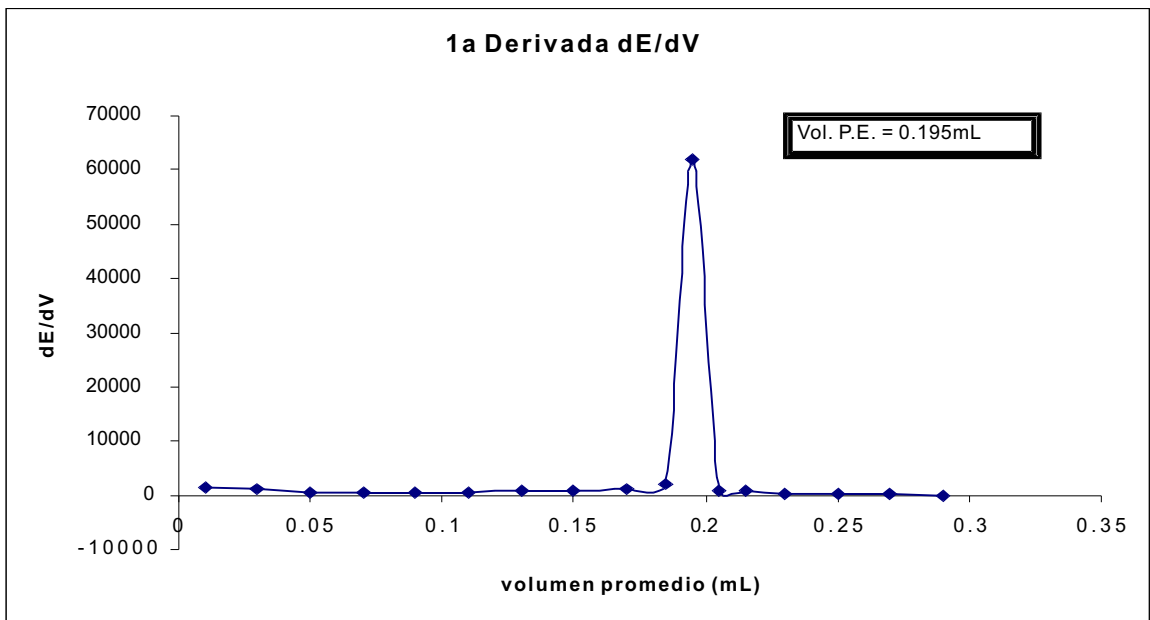


Figura 43. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 49. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	367	30	0.02	1500
0.02	0.03	397	18	0.02	900
0.04	0.05	415	12	0.02	600
0.06	0.07	427	10	0.02	500
0.08	0.09	437	8	0.02	400
0.10	0.11	445	8	0.02	400
0.12	0.13	453	7	0.02	350
0.14	0.15	460	19	0.02	950
0.16	0.17	479	21	0.02	1050
0.18	0.185	500	28	0.01	2800
0.19	0.195	528	587	0.01	58700
0.20	0.205	1115	5	0.01	500
0.21	0.215	1120	6	0.01	600
0.22	0.23	1126	6	0.02	300
0.24	0.25	1132	0	0.02	0
0.26	0.27	1132	-2	0.02	-100
0.28	0.29	1130	-2	0.02	-100

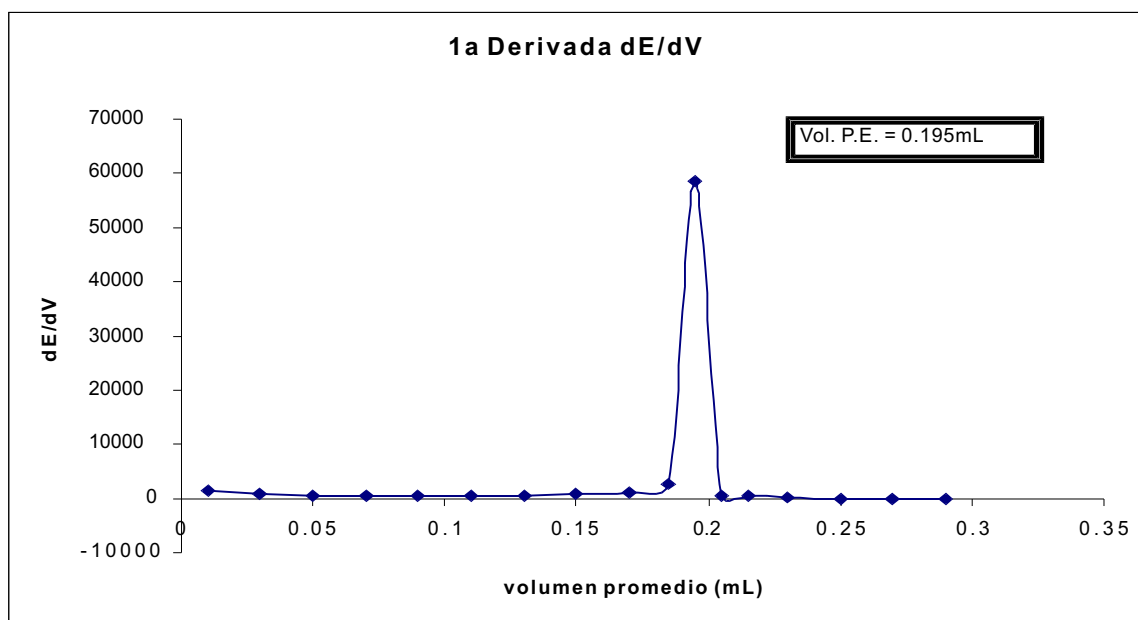


Figura 44. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 50. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	252	48	0.02	2400
0.02	0.03	300	12	0.02	600
0.04	0.05	312	20	0.02	1000
0.06	0.07	332	8	0.02	400
0.08	0.09	340	15	0.02	750
0.10	0.11	355	7	0.02	350
0.12	0.13	362	18	0.02	900
0.14	0.15	380	12	0.02	600
0.16	0.17	392	30	0.02	1500
0.18	0.185	422	33	0.01	3300
0.19	0.195	455	600	0.01	60000
0.20	0.205	1055	15	0.01	1500
0.21	0.215	1070	7	0.01	700
0.22	0.23	1077	5	0.02	250
0.24	0.25	1082	2	0.02	100
0.26	0.27	1084	0	0.02	0
0.28	0.29	1084	-2	0.02	-100

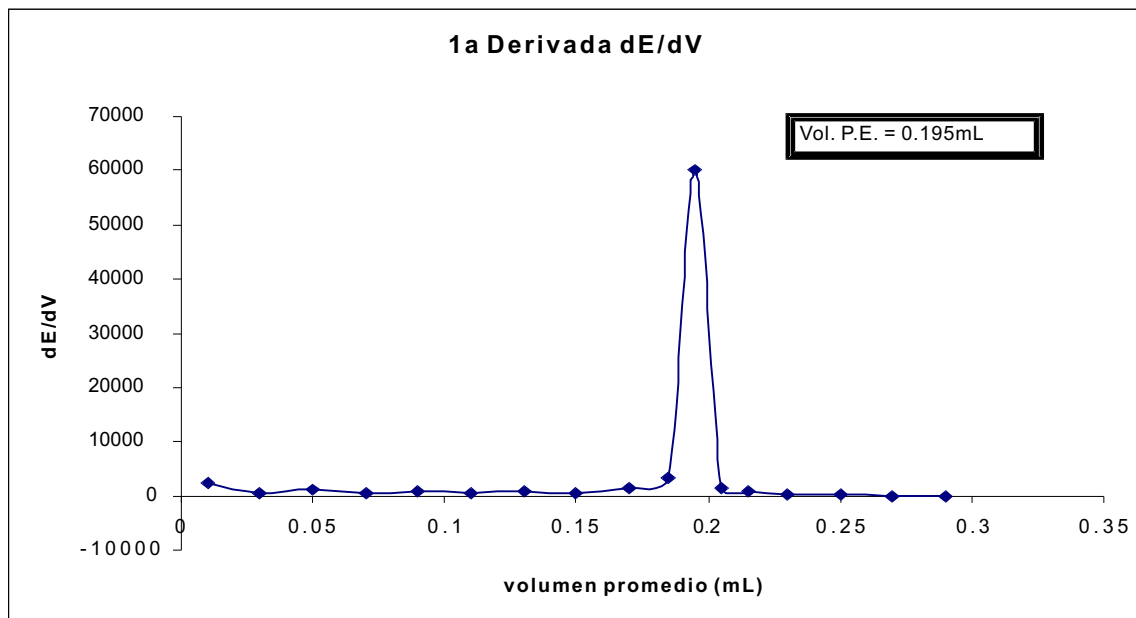


Figura 45. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de Sulfato Ferroso Amoniacal con Permanganato de Potasio

Tabla 51. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	302	22	0.02	1100
0.02	0.03	324	18	0.02	900
0.04	0.05	342	11	0.02	550
0.06	0.07	353	11	0.02	550
0.08	0.09	364	11	0.02	550
0.10	0.11	375	6	0.02	300
0.12	0.13	381	15	0.02	750
0.14	0.15	396	20	0.02	1000
0.16	0.17	416	21	0.02	1050
0.18	0.185	437	26	0.01	2600
0.19	0.195	463	605	0.01	60500
0.20	0.205	1068	6	0.01	600
0.21	0.215	1074	8	0.01	800
0.22	0.23	1082	10	0.02	500
0.24	0.25	1092	3	0.02	150
0.26	0.27	1095	1	0.02	50
0.28	0.29	1096	-6	0.02	-300

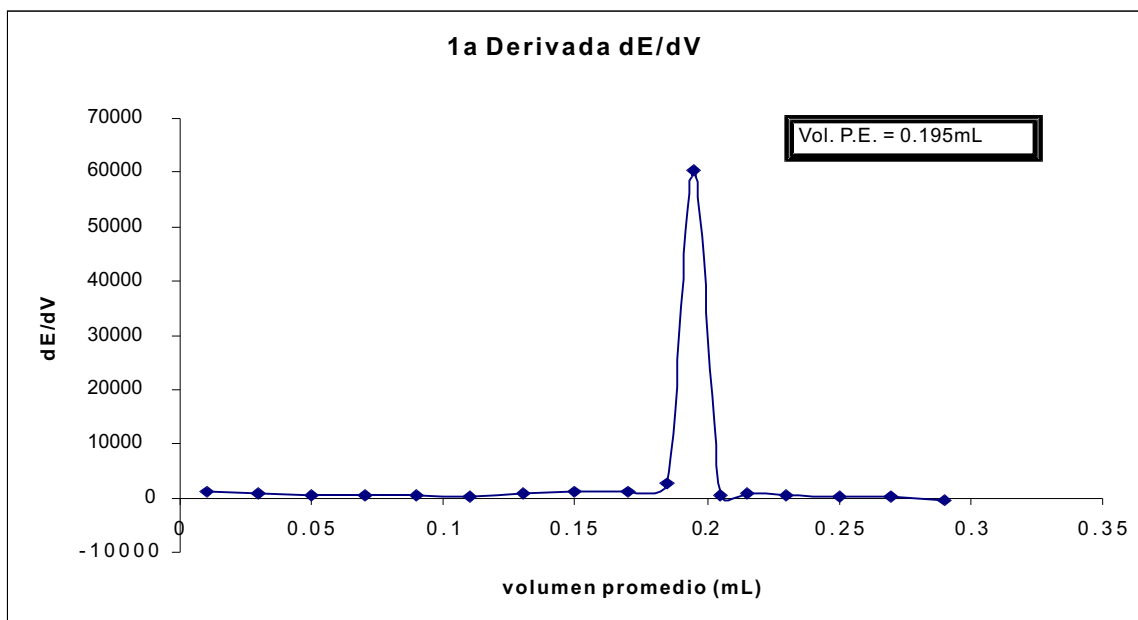


Figura 46. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de Sulfato Ferroso Amoniacal con Permanganato de Potasio

Tabla 52. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de Sulfato Ferroso Amoniacal con Permanganato de Potasio

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	264	46	0.02	2300
0.02	0.03	310	11	0.02	550
0.04	0.05	321	19	0.02	950
0.06	0.07	340	10	0.02	500
0.08	0.09	350	13	0.02	650
0.10	0.11	363	12	0.02	600
0.12	0.13	375	7	0.02	350
0.14	0.15	382	16	0.02	800
0.16	0.17	398	12	0.02	600
0.18	0.185	410	40	0.01	4000
0.19	0.195	450	607	0.01	60700
0.20	0.205	1057	12	0.01	1200
0.21	0.215	1069	7	0.01	700
0.22	0.23	1076	6	0.02	300
0.24	0.25	1082	2	0.02	100
0.26	0.27	1084	-2	0.02	-100
0.28	0.29	1082	-3	0.02	-150

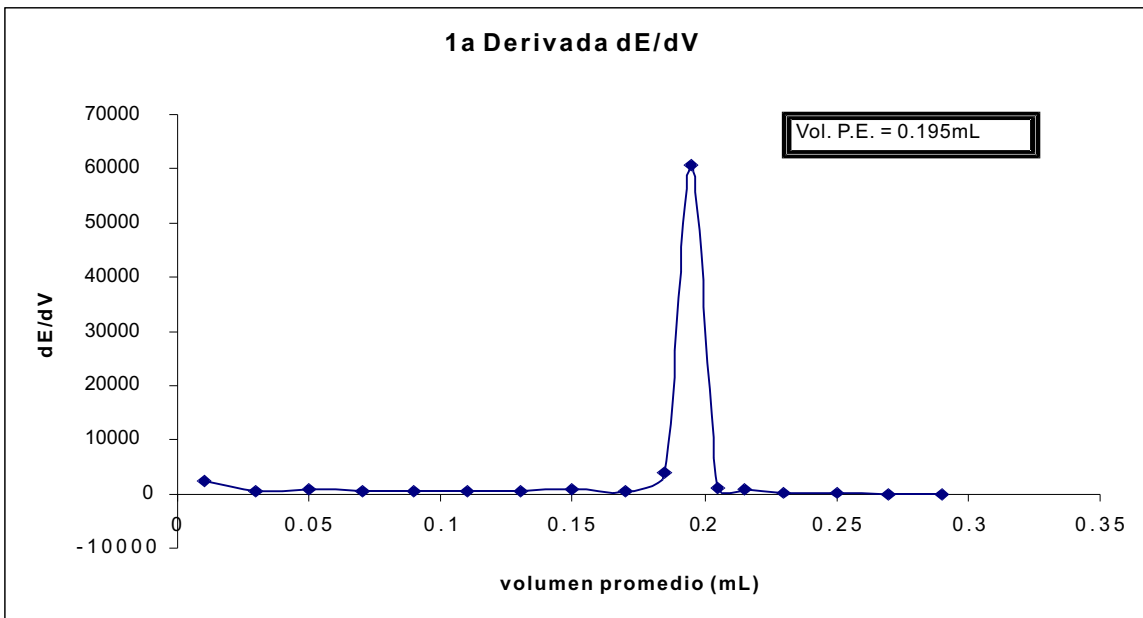


Figura 47. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio

Tabla 53. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	351	44	0.02	2200
0.02	0.03	395	20	0.02	1000
0.04	0.05	415	12	0.02	600
0.06	0.07	427	12	0.02	600
0.08	0.09	439	6	0.02	300
0.10	0.11	445	10	0.02	500
0.12	0.13	455	3	0.02	150
0.14	0.15	458	12	0.02	600
0.16	0.17	470	33	0.02	1650
0.18	0.185	503	22	0.01	2200
0.19	0.195	525	568	0.01	56800
0.20	0.205	1093	17	0.01	1700
0.21	0.215	1110	8	0.01	800
0.22	0.23	1118	12	0.02	600
0.24	0.25	1130	9	0.02	450
0.26	0.27	1139	-1	0.02	-50
0.28	0.29	1138	-3	0.02	-150

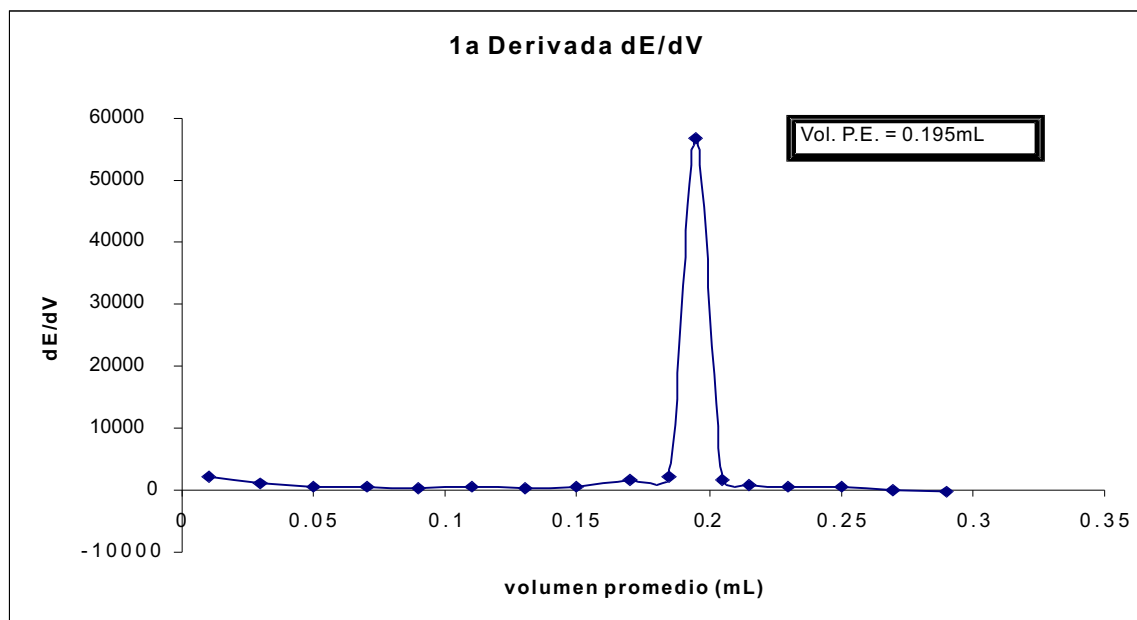


Figura 48. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 54. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	286	26	0.02	1300
0.02	0.03	312	16	0.02	800
0.04	0.05	328	13	0.02	650
0.06	0.07	341	11	0.02	550
0.08	0.09	352	10	0.02	500
0.10	0.11	362	11	0.02	550
0.12	0.13	373	11	0.02	550
0.14	0.15	384	12	0.02	600
0.16	0.17	396	16	0.02	800
0.18	0.185	412	33	0.01	3300
0.19	0.195	445	614	0.01	61400
0.20	0.205	1059	8	0.01	800
0.21	0.215	1067	6	0.01	600
0.22	0.23	1073	12	0.02	600
0.24	0.25	1085	5	0.02	250
0.26	0.27	1090	0	0.02	0
0.28	0.29	1090	-4	0.02	-200

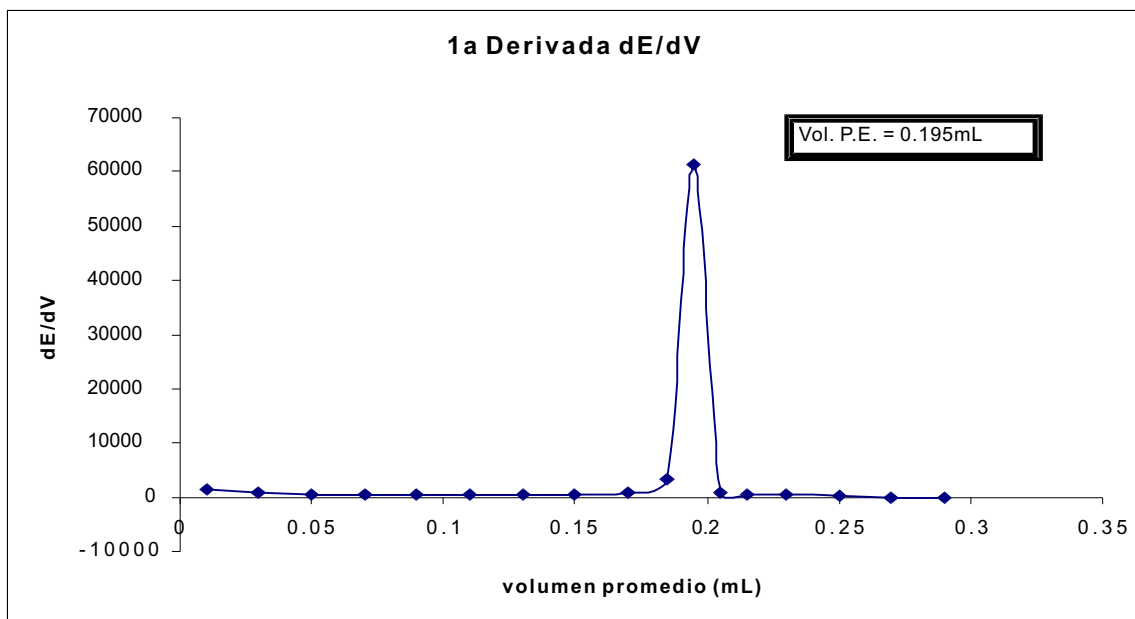


Figura 49. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE SULFATO FERROSO AMONIAICAL CON SULFATO CÉRICO AMONIAICAL.

Tabla 55. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	284	23	0.02	1150
0.02	0.03	307	18	0.02	900
0.04	0.05	325	12	0.02	600
0.06	0.07	337	11	0.02	550
0.08	0.09	348	8	0.02	400
0.10	0.11	356	12	0.02	600
0.12	0.13	368	10	0.02	500
0.14	0.15	378	14	0.02	700
0.16	0.17	392	17	0.02	850
0.18	0.185	409	3	0.01	300
0.19	0.195	412	58	0.01	5800
0.20	0.205	470	554	0.01	55400
0.21	0.215	1024	15	0.01	1500
0.22	0.23	1039	20	0.02	1000
0.24	0.25	1059	13	0.02	650
0.26	0.27	1072	7	0.02	350
0.28	0.29	1079	6	0.02	300

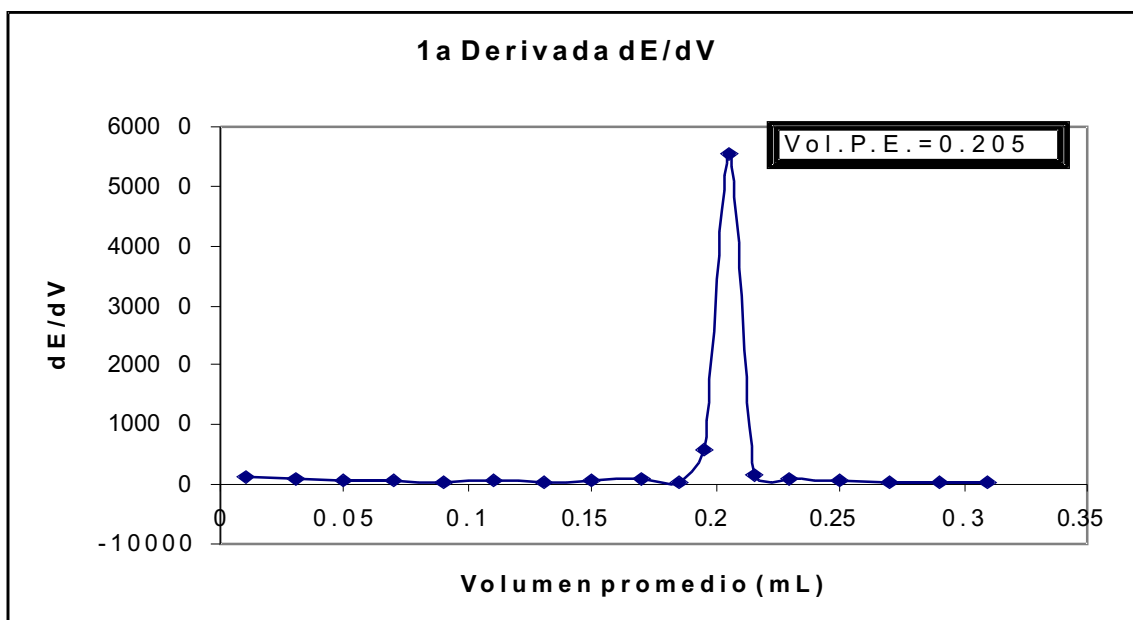


Figura 50. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 56. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	272	25	0.02	1250
0.02	0.03	297	23	0.02	1150
0.04	0.05	320	8	0.02	400
0.06	0.07	328	12	0.02	600
0.08	0.09	340	8	0.02	400
0.10	0.11	348	10	0.02	500
0.12	0.13	358	14	0.02	700
0.14	0.15	372	15	0.02	750
0.16	0.17	387	16	0.02	800
0.18	0.185	403	10	0.01	1000
0.19	0.195	413	52	0.01	5200
0.20	0.205	465	555	0.01	55500
0.21	0.215	1020	18	0.01	1800
0.22	0.23	1038	18	0.02	900
0.24	0.25	1056	14	0.02	700
0.26	0.27	1070	8	0.02	400
0.28	0.29	1078	5	0.02	250

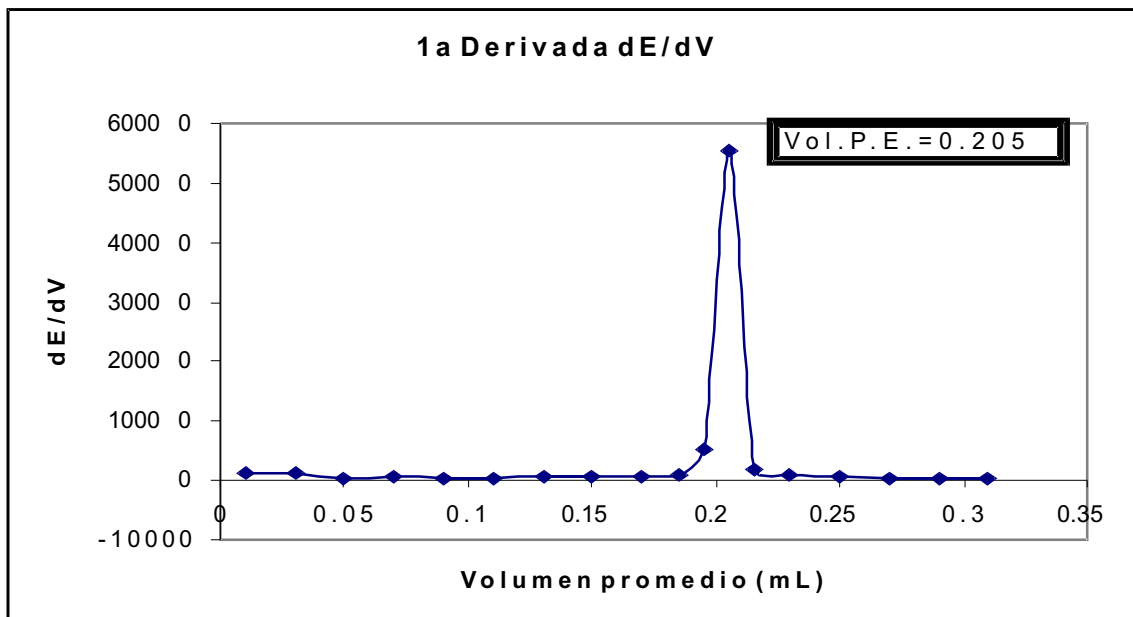


Figura 51. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 57. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	299	20	0.02	1000
0.02	0.03	319	14	0.02	700
0.04	0.05	333	12	0.02	600
0.06	0.07	345	8	0.02	400
0.08	0.09	353	6	0.02	300
0.10	0.11	359	10	0.02	500
0.12	0.13	369	11	0.02	550
0.14	0.15	380	9	0.02	450
0.16	0.17	389	12	0.02	600
0.18	0.185	401	12	0.01	1200
0.19	0.195	413	58	0.01	5800
0.20	0.205	471	549	0.01	54900
0.21	0.215	1020	17	0.01	1700
0.22	0.23	1037	19	0.02	950
0.24	0.25	1056	13	0.02	650
0.26	0.27	1069	8	0.02	400
0.28	0.29	1077	8	0.02	400

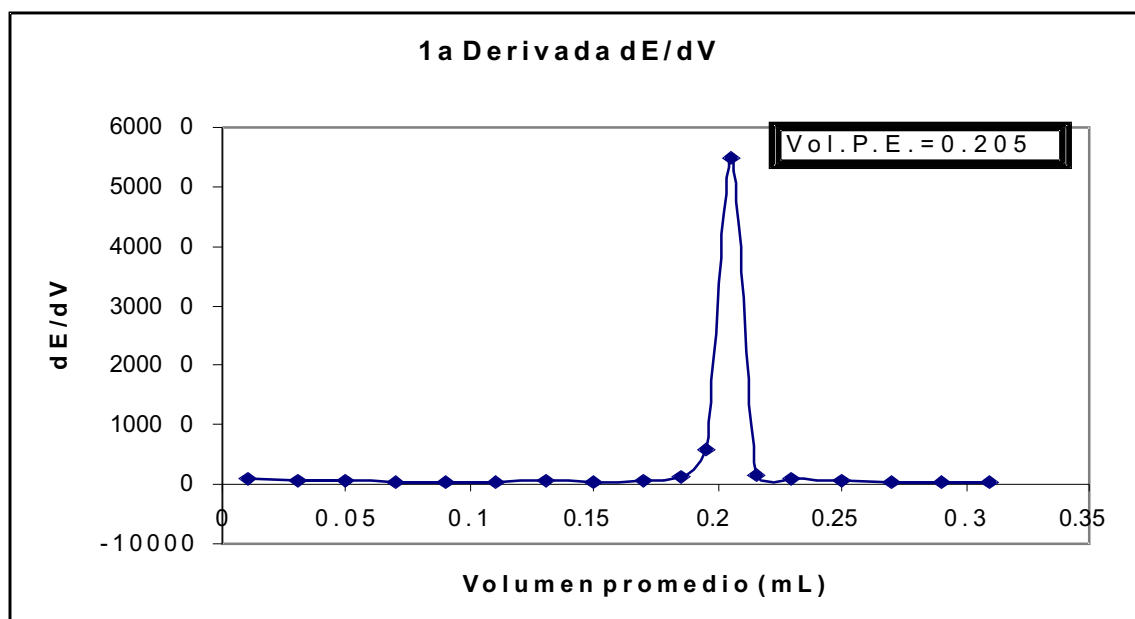


Figura 52. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 58. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	287	26	0.02	1300
0.02	0.03	313	18	0.02	900
0.04	0.05	331	11	0.02	550
0.06	0.07	342	10	0.02	500
0.08	0.09	352	12	0.02	600
0.10	0.11	364	9	0.02	450
0.12	0.13	373	11	0.02	550
0.14	0.15	384	12	0.02	600
0.16	0.17	396	20	0.02	1000
0.18	0.185	416	12	0.01	1200
0.19	0.195	428	44	0.01	4400
0.20	0.205	472	556	0.01	55600
0.21	0.215	1028	27	0.01	2700
0.22	0.23	1055	9	0.02	450
0.24	0.25	1064	8	0.02	400
0.26	0.27	1072	5	0.02	250
0.28	0.29	1077	8	0.02	400

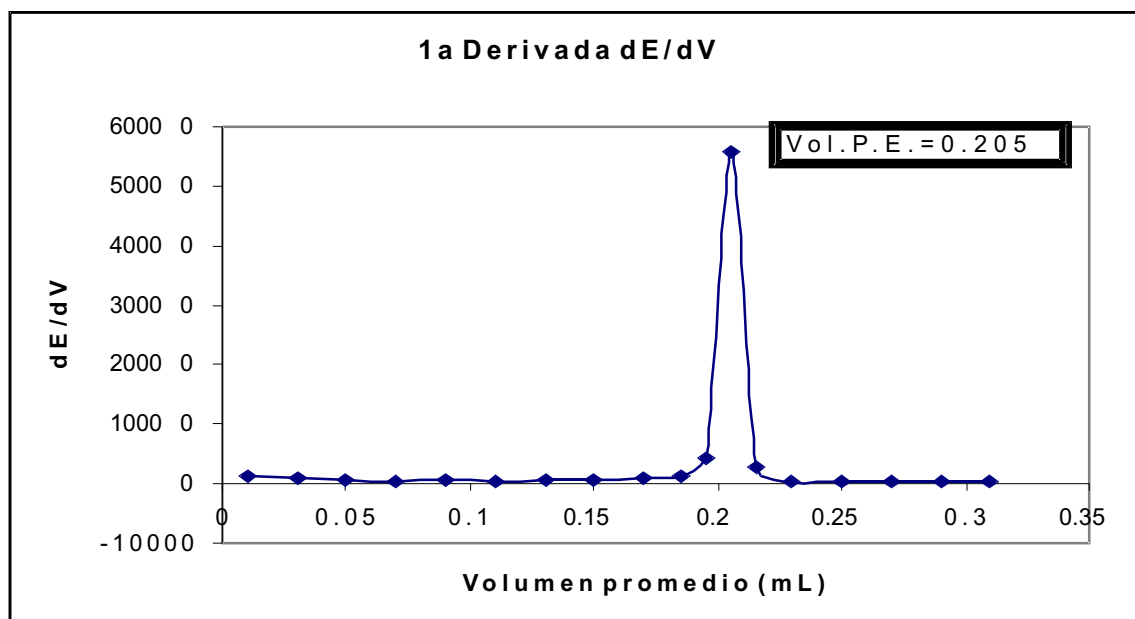


Figura 53. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200µL de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 59. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	307	17	0.02	850
0.02	0.03	324	12	0.02	600
0.04	0.05	336	9	0.02	450
0.06	0.07	345	7	0.02	350
0.08	0.09	352	9	0.02	450
0.10	0.11	361	8	0.02	400
0.12	0.13	369	10	0.02	500
0.14	0.15	379	8	0.02	400
0.16	0.17	387	9	0.02	450
0.18	0.185	396	11	0.01	1100
0.19	0.195	407	61	0.01	6100
0.20	0.205	468	554	0.01	55400
0.21	0.215	1022	20	0.01	2000
0.22	0.23	1042	13	0.02	650
0.24	0.25	1055	17	0.02	850
0.26	0.27	1072	6	0.02	300
0.28	0.29	1078	5	0.02	250

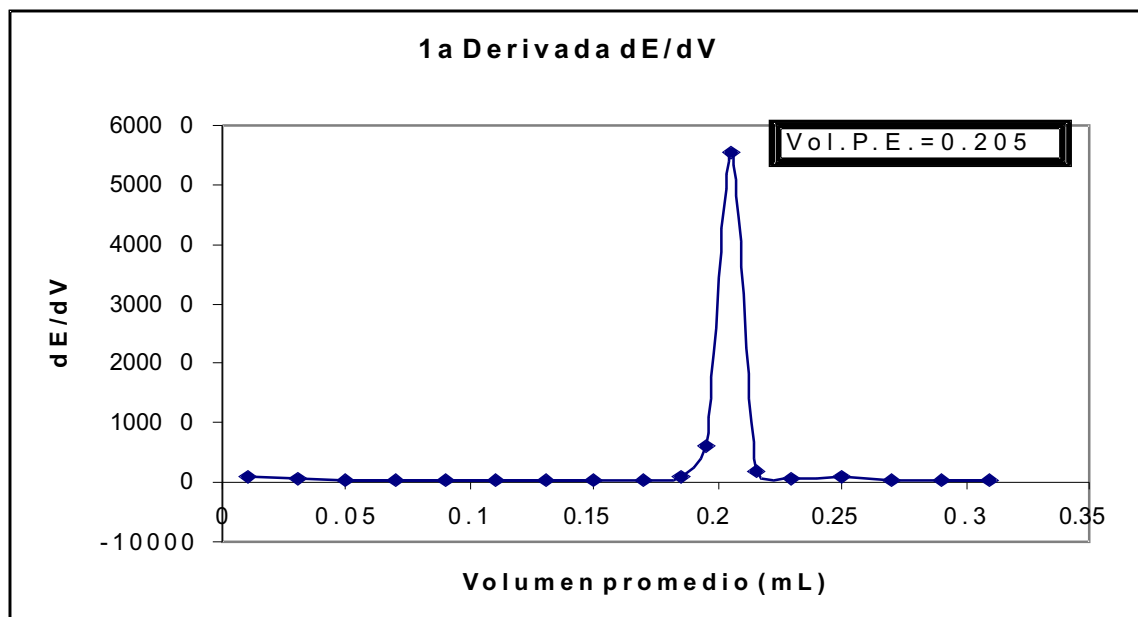


Figura 60. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

Tabla 60. Datos para obtener los puntos de equivalencia de una de las 10 valoraciones de sulfato ferroso amoniacal con sulfato cérico amoniacal.

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.00	0.01	272	43	0.02	2150
0.02	0.03	315	18	0.02	900
0.04	0.05	333	11	0.02	550
0.06	0.07	344	11	0.02	550
0.08	0.09	355	10	0.02	500
0.10	0.11	365	11	0.02	550
0.12	0.13	376	11	0.02	550
0.14	0.15	387	12	0.02	600
0.16	0.17	399	22	0.02	1100
0.18	0.185	421	16	0.01	1600
0.19	0.195	437	38	0.01	3800
0.20	0.205	475	553	0.01	55300
0.21	0.215	1028	12	0.01	1200
0.22	0.23	1040	20	0.02	1000
0.24	0.25	1060	12	0.02	600
0.26	0.27	1072	8	0.02	400
0.28	0.29	1080	7	0.02	350

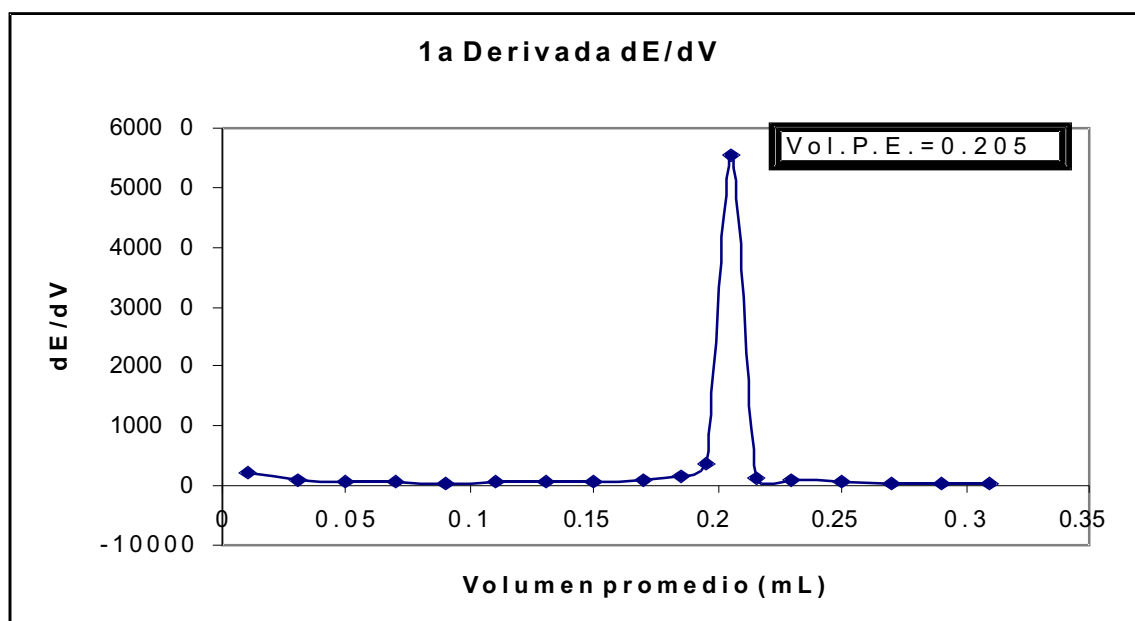


Figura 61. Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 μ L de sulfato ferroso amoniacal con permanganato de potasio.

ANEXO III

CÁLCULOS

CÁLCULOS

Estandarizaciones

$$\frac{0.492 \text{ g } K_2Cr_2O_7}{0.1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol } K_2Cr_2O_7}{294.19 \text{ g}} \cdot \frac{0.9997 \text{ g } FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 2H_2O}{100 \text{ g RA}} \cdot \frac{6 \text{ eq}}{1 \text{ mol}} = 0.1 \text{ N}$$

Concentración del dicromato de potasio = 0.1N

Obtención de la concentración del Sulfato ferroso amoniacal:

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$(N_{FeNH_4(SO_4)_2})(2 \text{ ml } FeNH_4(SO_4)_2) = (0.1 \text{ N})(2 \text{ ml } K_2Cr_2O_7)$$

$$FeNH_4(SO_4)_2 = 0.1 \text{ N}$$

→ Promedio de 5 valoraciones

Obtención de la concentración del Permanganato de potasio:

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$(2 \text{ ml } FeNH_4(SO_4)_2)(0.1 \text{ N}) = (N_{KMnO_4})(2 \text{ ml } KMnO_4)$$

$$(N_{KMnO_4}) = 0.1 \text{ N}$$

→ Promedio de 5 valoraciones

Obtención de la concentración del Sulfato cérico amoniacal:

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$(2 \text{ ml } FeNH_4(SO_4)_2)(0.1 \text{ N}) = (N_{(NH_4)_4Ce(SO_4)_4})(2.1 \text{ ml } (NH_4)_4Ce(SO_4)_4)$$

$$(N_{(NH_4)_4Ce(SO_4)_4}) = 0.0952 \text{ N}$$

→ Promedio de 5 valoraciones

CONCENTRACIONES DE SULFATO FERROSO AMONICAL

Con Dicromato de Potasio

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$(0.2ml \text{ FeNH}_4(\text{SO}_4)_2)(N_{\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2}) = (0.1N)(0.195ml \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$$

$$(N_{\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2}) = 0.0975N$$

Con Permanganato de Potasio

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$(0.2ml \text{ FeNH}_4(\text{SO}_4)_2)(N_{\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2}) = (0.1N)(0.195ml \text{ KMnO}_4)$$

$$(N_{\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2}) = 0.0975N$$

Con Sulfato cérico Amoniacal

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$(0.2ml \text{ FeNH}_4(\text{SO}_4)_2)(N_{\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2}) = (0.0952N)(0.205ml (\text{NH}_4)_4\text{Ce}(\text{SO}_4)_4)$$

$$(N_{\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2}) = 0.09758N$$

PRUEBAS ESTADÍSTICAS

$$X = \frac{\sum x}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - X^2}{n - 1}}$$

Donde:

x = Valor de cada dato

X = Valor promedio de los datos

s = Desviación Estándar

n = Número de datos

Calculo de la desviación estándar para la valoración de 200 mL de Sulfato Ferroso Amoniacal con Dicromato de Potasio

$$X = \frac{0.185 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195}{8} = 0.1937$$

$$s = \sqrt{\frac{(0.185 - 0.1937)^2 + (0.195 - 0.1937)^2 + (0.195 - 0.1937)^2 + (0.195 - 0.1937)^2 + (0.195 - 0.1937)^2}{8 - 1}}$$

$$\frac{+(0.195 - 0.1937)^2 + (0.195 - 0.1937)^2 + (0.195 - 0.1937)^2}{8 - 1} = 0.0035355$$

Calculo de la desviación estándar para la valoración de 200 mL de Sulfato Ferroso Amoniacal con Permanganato de Potasio

$$X = \frac{0.19 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195 + 0.195}{10} = 0.1945$$

$$s = \sqrt{\frac{(0.19 - 0.1945)^2 + (0.195 - 0.1945)^2 + (0.195 - 0.1945)^2 + (0.195 - 0.1945)^2 + (0.195 - 0.1945)^2}{10 - 1}}$$

$$+ \frac{(0.195 - 0.1945)^2 + (0.195 - 0.1945)^2 + (0.195 - 0.1945)^2 + (0.195 - 0.1945)^2 + (0.195 - 0.1945)^2}{10 - 1}$$

$$= 0.001581$$

Calculo de la desviación estándar para la valoración de 200 mL de Sulfato Ferroso Amoniacal con Sulfato cérico Amoniacal

$$X = \frac{0.205 + 0.205 + 0.205 + 0.205 + 0.205 + 0.205 + 0.205}{7} = 0.205$$

$$s = \sqrt{\frac{(0.205 - 0.205)^2 + (0.205 - 0.205)^2 + (0.205 - 0.205)^2 + (0.205 - 0.205)^2 + (0.205 - 0.205)^2}{7 - 1}}$$

$$+ \frac{(0.205 - 0.205)^2 + (0.205 - 0.205)^2}{7 - 1} = 0$$