



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE  
MICROELECTRODOS PARA VALORACIONES  
ÓXIDO REDUCCIÓN CON APLICACIÓN PARA  
DOCENCIA**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:**

**AXEL FERNANDEZ URBINA**

**DAVID URIBE BLANCAS**

**ASESOR DE TESIS:**

**DR. JOSÉ DE JESUS PEREZ SAAVEDRA**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO**

**2020**



**UNAM  
CUAUTITLÁN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## CONTENIDO

Introducción.....	4
Resumen.....	4
Objetivos.....	5
Hipótesis.....	6
<b>1. Antecedentes.</b>	
1.1 Potenciometría.....	6
1.1.1 Procesos de oxidación-reducción.....	6
1.2 Técnicas analíticas de potenciometría del sistema de estudio (Redox).....	8
1.2.1 Platino como indicador.....	10
1.2.2 Electrodo de plata / cloruro de plata como electrodo de referencia.....	10
1.3 Innovaciones en las técnicas cuantitativas de potenciometría.....	11
<b>2. Desarrollo experimental.</b>	
2.1 Elaboración de electrodo alternativo de platino//plata cloruro de plata.....	13
2.2 Valoraciones con electrodo comercial y electrodo alternativo platino//plata cloruro de plata.....	15
2.3 Montaje y sellado final del electrodo alternativo.....	19
2.4 Comparación de electrodo combinado comercial con electrodo alternativo en grupo piloto.....	23
<b>3. Discusión y análisis de resultados</b>	
3.1 Comparación de puntos de equivalencia entre electrodo comercial y electrodo alternativo.....	27
3.2 Comparación de costos.....	28
3.3 Conclusiones.....	31
Bibliografía.....	33

## ANEXOS

Anexo 1: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 2 mL de alícuota usando electrodo comercial.

Anexo 2: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1N, 2 mL de alícuota usando electrodo alternativo.

Anexo 3: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 4 mL de alícuota usando electrodo comercial.

Anexo 4: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 4 mL de alícuota usando electrodo alternativo.

Anexo 5: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 4 mL de alícuota en grupo piloto usando ambos electrodos al mismo tiempo.

Anexo 6: Cotizaciones de materiales para realización del electrodo alternativo.

Anexo 7: Cotización de electrodo comercial.

## Introducción

Uno de los propósitos de la química analítica es la cuantificación de una especie problema en una solución, por lo que siempre se ha valido de diversos métodos para lograrlo, todos estos métodos han evolucionado, tanto en instrumentación, como en su metodología.

Tras el pasar del tiempo los instrumentos han cambiado para adaptarse al sistema de estudio, así como a las necesidades de quien usa dichos instrumentos, a lo largo de este trabajo se propone un cambio en un instrumento de medición como lo es el electrodo.

Este electrodo esta basado en un electrodo comercial de platino, la principal diferencia radica en su tamaño, siendo este mas pequeño, por lo que se denomino microelectrodo. Para la realización del mismo se utilizaron materiales nuevos, de sencilla adquisición y de bajo costo.

No solo se describe el diseño si no también se comprobó su funcionalidad en un sistema oxido reducción comparando los resultados obtenidos con los resultados del electrodo propuesto. Se lleva finalmente la propuesta ante un grupo de ingeniería química, en la sección de química analítica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1.

## Resumen

La química analítica es la disciplina que utiliza, desarrolla y optimiza la metodología e instrumentación para obtener información sobre las cantidades de determinados compuestos químicos en diversos tipos de matrices. De acuerdo con esta definición, el criterio de selección de la técnica tiene que ver con distintos aspectos: que sea un método preciso, de bajo precio, versátil y de fácil realización.

Las innovaciones potenciométricas, están en evolución constante y es ahí donde entra la finalidad de este proyecto, que es el desarrollo de sensores de potencial eléctrico, para realizar valoraciones oxido reducción, con base en microelectrodos cuya celda electroquímica es platino//plata cloruro de plata. El estudio se realizó en un sistema utilizado en la práctica "Valoración potenciométrica de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio en medio ácido" del laboratorio de química analítica II, de la carrera de ingeniería química, con el fin de comparar el microelectrodo desarrollado con un electrodo comercial.

El funcionamiento y comportamiento de los microelectrodos es similar al de los electrodos comerciales, aunque los primeros pueden ser construidos dentro del mismo laboratorio, son de alta resistencia, económicos y su pequeño tamaño permite la realización de valoraciones de hasta 200  $\mu\text{L}$ .

Destacando algunas ventajas sobre el convencional.

1. Son de bajo costo
2. Son de fácil elaboración.
3. Son diseñados de acuerdo al tipo de valoración potenciométrica que se desea realizar
4. Los resultados son equivalentes a los obtenidos con los electrodos comerciales.
5. Los bajos volúmenes utilizados disminuyen costos de las valoraciones.
6. Prácticamente no se genera residuos químicos.

El enfoque de este trabajo se basa en el diseño y elaboración de micro electrodos que permitan la valoración de volúmenes más pequeños sin afectar el comportamiento del sistema de estudio, obteniendo resultados equivalentes a los obtenidos por electrodos de una marca comercial.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Desarrollo, diseño y elaboración de microelectrodos combinados platino//plata cloruro de plata para realizar valoraciones oxido reducción, para comparar y demostrar que es funcional y equivalente ante un electrodo comercial.

### **Objetivos particulares**

Realizar valoraciones de óxido reducción.

Elaborar y probar sensores potenciométricos para emplearlos en la medición de sustancias químicas.

Comprobar la funcionalidad de los electrodos mediante una comparación estadística con electrodos comerciales, realizando valoraciones de sulfato ferroso (analito) con dicromato de potasio (agente titulante) en un medio ácido.

## Hipótesis

El microelectrodo combinado platino//plata cloruro de plata reducirá la cantidad de reactivos empleados en una valoración oxido reducción debido a su tamaño, siendo igual de competitivo en su aplicación a un electrodo comercial.

La valoración en volúmenes más pequeños obtendrá la misma respuesta, así como comportamiento gráfico, a una valoración convencional de volúmenes más grandes.

## 1. Antecedentes.

### 1.1 Potenciometría.

Una celda galvánica puede ser utilizada para detectar una especie química cuando se conocen todas las actividades de todas las demás especies, la fuerza electro motriz de la celda es un indicador de la actividad de las especies desconocidas. La medición de fuerzas electromotrices de celdas para obtener información química se denomina **potenciometría**.

La potenciometría como técnica cuantitativa de análisis se basa en la medición de la actividad, de una especie electro activa en una solución.

*“Una especie electroactiva es aquella que puede ceder o aceptar electrones proporcionados por un electrodo” (Harris)*

#### 1.1.1 Procesos de oxidación-reducción

Un proceso de oxidación- reducción (redox) es una reacción química donde ocurre un cambio de valencia entre las especies reactivas, dicho cambio se da por la transferencia de electrones ya que la partícula que se intercambia es el electrón.

En una reacción de oxidación-reducción tienen lugar dos procesos simultáneos, la oxidación y la reducción. La oxidación es el proceso en el cual una especie química pierde electrones y su número de oxidación aumenta, la reducción es el proceso en el cual una especie química gana electrones y su número de oxidación disminuye.

En la titulación redox ocurre una reacción oxido-reducción entre el analito y el titulante, Debido a dicha reacción se obtiene una diferencia de potencial capaz de ser medido.

La curva de valoración esperada tiene la siguiente forma

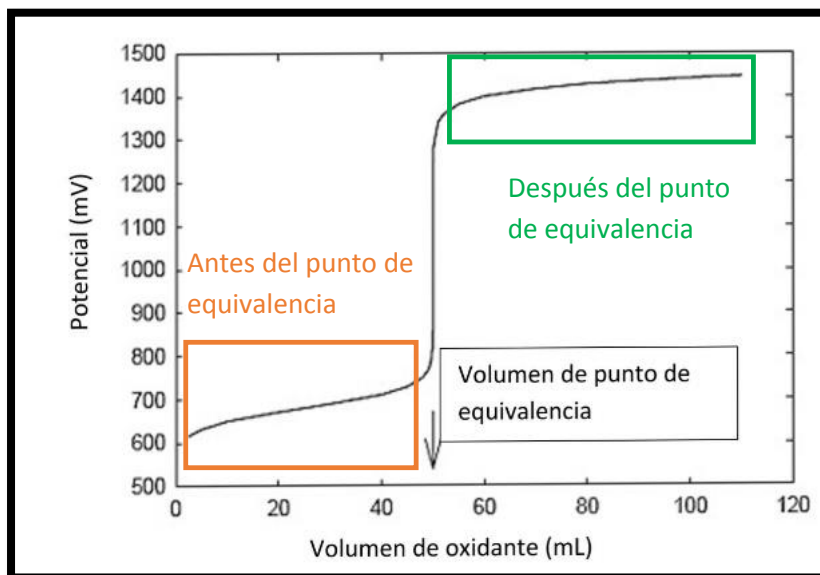


Figura 1.1.1-1 Grafica demostrativa de una valoración de un oxidante como analito y un reductor como valorante.

De la figura anterior se pueden dividir las diferentes zonas de la valoración, siendo antes del punto de equivalencia, en el punto de equivalencia y después del punto de equivalencia.

Al empezar la valoración aun no se ha agregado nada de dicromato de potasio por tanto  $\text{Fe}^{2+}$  es la especie encontrada en la solución, antes del punto de equivalencia se comienza agregar titulante por lo que se consume el  $\text{Cr}^{6+}$  y produce en la cantidad estequiometrica  $\text{Cr}^{3+}$ , antes de llegar al punto de equivalencia existe un exceso de  $\text{Fe}^{2+}$  que aun no reacciona produciendo  $\text{Fe}^{3+}$ , este exceso permanece en la solución.

Llegado el punto de equivalencia se dice que se ha agregado el volumen necesario de  $\text{Cr}^{6+}$  para reaccionar con todo  $\text{Fe}^{2+}$  en la solución, este punto también es considerado el equilibrio de la reacción. En este punto se dice que todo el  $\text{Fe}^{2+}$  se encuentra en forma de  $\text{Fe}^{3+}$  de igual forma todo el  $\text{Cr}^{6+}$  se encuentra en forma de  $\text{Cr}^{3+}$ , pero realmente se encuentran cantidades muy pequeñas de tanto de  $\text{Fe}^{2+}$  como de  $\text{Cr}^{6+}$ .



El punto de equivalencia es de vital importancia en cualquier valoración debido a que con la información proporcionada por este punto se encuentra la concentración de una solución problema, por la razón anteriormente mencionada el punto de equivalencia se utilizo para hacer una comparación de los electrodos de esa manera saber si se tiene un correcto funcionamiento del electrodo alternativo.

Después del punto de equivalencia se tiene ahora un exceso de  $\text{Cr}^{6+}$  sin reaccionar y la cantidad de  $\text{Cr}^{3+}$  es estequiométricamente equivalente a  $\text{Fe}^{3+}$ .

## **1.2 Técnica analítica de potenciometría del sistema de estudio (Redox).**

La potenciometria es una técnica de análisis que ha sido aplicada en diferentes áreas de análisis, se caracteriza por ser un método más preciso y exacto que el utilizado en valoraciones donde intervienen soluciones indicadoras ya que, por la variabilidad al identificar ciertos “colores” o la naturaleza de la muestra, pudieran obtenerse resultados con más desviación, o bien, algún resultado impreciso.” (Ana Lucía Trujillo-Piña)

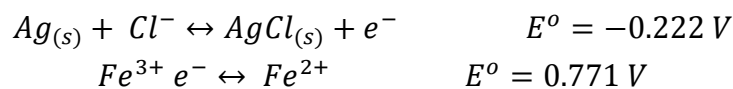
En cualquier técnica de potenciometría es necesario el uso de un electrodo para obtener la información de la fuerza electromotriz, para determinar una concentración de una especie electroactiva problema. El electrodo usado varía según el sistema de estudio, siendo algunos electrodos metálicos, de vidrio, de membrana cristalina, de membrana líquida etc.

El equipo requerido para los métodos potenciométricos está formado por dos electrodos sumergidos en una disolución y conectados a un pHmetro o milivoltímetro. Uno de los electrodos es el electrodo indicador, que se escoge de tal manera que el potencial de semicélda responda a la actividad de la especie en disolución que se quiere determinar. El otro electrodo es el electrodo de referencia cuyo potencial permanece invariable en determinadas condiciones.

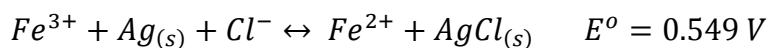
Algunos electrodos convencionales, para valoraciones oxidación-reducción, están constituidos por platino como electrodo indicador y plata/cloruro de plata como referencia.

El electrodo de plata cloruro de plata en presencia de  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  tiene un potencial conocido y constante su función es completar la celda con el electrodo indicador.

Por lo que se puede expresar de la siguiente forma



Por lo que la ecuación global de la semicelda es



Una solución de una especie problema puede transformarse en una semicelda si se sumerge en ella un electrodo con el fin transferir electrones desde o hacia la solución. La segunda semicelda debe ser una especie invariable y conocida, para mantener un potencial invariable. A continuación, se muestra la celda galvánica para la determinación de  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$

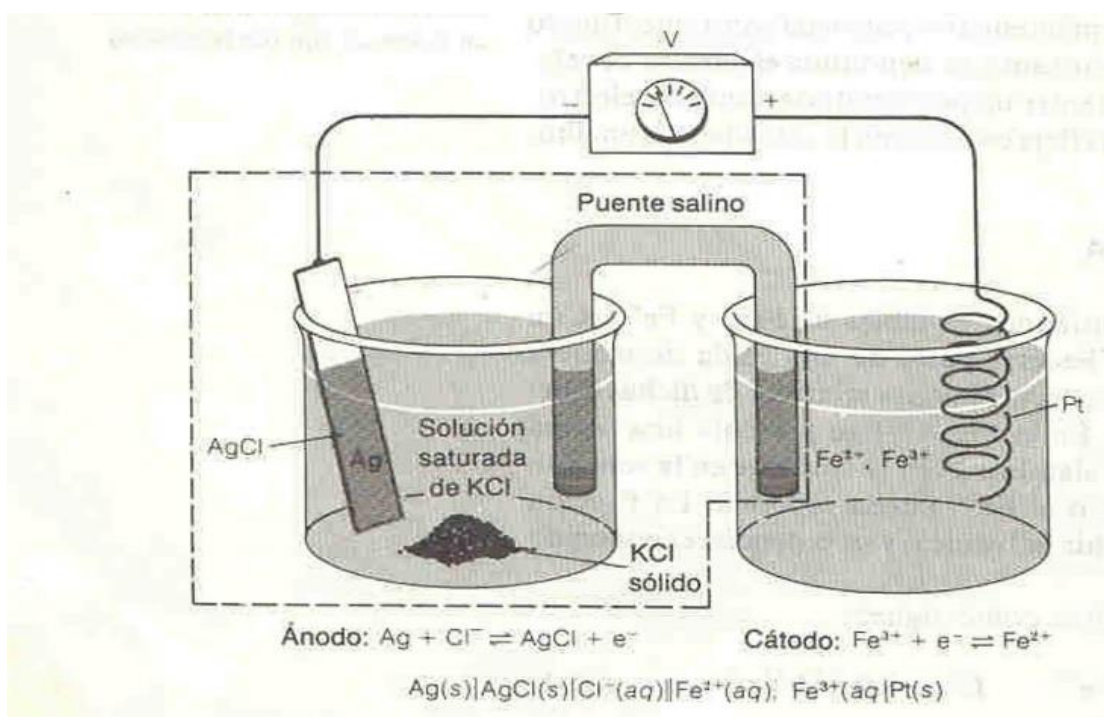


Figura.1.2-1. Celda galvánica para determinar cociente  $[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}]$

En la imagen anterior (Figura 1.2-1) se muestra el esquema completo de las dos semiceldas necesarias para completar la celda galvánica para poder obtener información acerca de la actividad de las especies involucradas en la solución, siendo en este caso

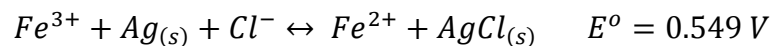
$Fe^{3+}/Fe^{2+}$ . Todo dentro de la línea punteada corresponde al ánodo siendo este el electrodo de referencia; el alambre de platino corresponde al cátodo electrodo indicador.

### 1.2.1 Platino como indicador.

El electrodo indicador es de gran importancia en las medidas potenciométricas, ya que debe interactuar con la especie de interés, de manera que su potencial ( $E_{\text{indicador}}$ ) refleje la actividad de esa especie en disolución y no la de otras especies que se encuentren en la misma muestra, que pueden representar interferencias.

El platino es comúnmente utilizado como indicador debido que prácticamente es inerte. Aunque debido a su elevado precio, encarece los electrodos siendo una desventaja a considerar cuando se quiere llevar a cabo su elaboración.

De la ecuación global de semicelda para el sistema de estudio se tiene:



La cual responde a la siguiente ecuación de Nerst:

$$E = 0.549 - 0.05916 \log \frac{[Fe^{2+}]}{[Fe^{3+}][Cl^{-}]}$$

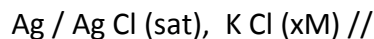
El electrodo indicador es quien cede o acepta electrones en la celda por lo que responde directamente al cociente  $[Fe^{2+}]/[Fe^{3+}]$ .

### 1.2.2 Electrodo de plata / cloruro de plata como electrodo de referencia.

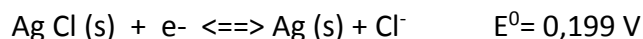
Con esta definición se conoce a aquel electrodo cuyo potencial de semicelda es conocido, constante y completamente insensible a la composición de la disolución en estudio. Un electrodo de referencia ideal tiene las siguientes características:

- 1) Es reversible y obedece a la ecuación de Nerst
- 2) Presenta un potencial constante todo el tiempo
- 3) Retorna a su potencial original después de haber estado sometido a pequeñas corrientes
- 4) Presenta poca histéresis con ciclos de temperatura

El sistema consiste en un electrodo de plata sumergido en una disolución saturada de cloruro de potasio y cloruro de plata:



Cuya semirreacción es:



### 1.3 Innovaciones en las técnicas cuantitativas de potenciometría.

En la figura 1.2-1. Se muestra un esquema de como puede medirse la actividad de un cociente de concentraciones, de hacerse de la manera mostrada se gastaría demasiada cantidad de reactivos tan solo en el montaje de las semiceldas sin contar en el gasto del titulante necesario. Por esta razón desde hace mucho tiempo tanto en la docencia como en la industria se usan electrodos comerciales, donde estas semiceldas ya están integradas en dicho electrodo.

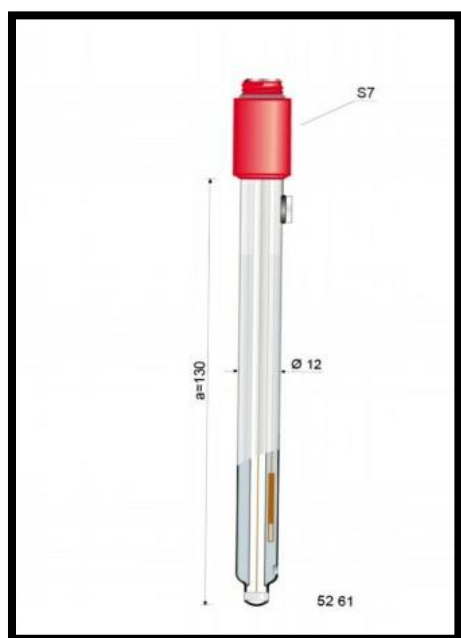


Figura 1.3-1. Electrodo comercial Hach de platino indicador y Ag/AgCl<sub>2</sub> como indicador.

Aun con la innovación de dichos electrodos la cantidad de reactivos usados en las valoraciones de óxido reducción seguía siendo un problema a considerar debido al propio diseño del electrodo.

El electrodo comercial debe estar sumergido de tal forma que este en contacto directo la solución con la referencia, por esta razón volúmenes de 50 mL eran necesarios para realizar una valoración pues los vasos disponibles tienen esa capacidad. Un ejemplo de montaje se muestra a continuación.



Figura 1.3-2. Montaje experimental de valoración potenciométrica con volúmenes de 50mL.

Apuntes científicos (2012). Valoración potenciométrica recuperado de [apuntescientificos.org/normalizacionuve.html](http://apuntescientificos.org/normalizacionuve.html)

En tiempos recientes en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán en la sección de Química Analítica se implementó un cambio en los vasos usados en las valoraciones. Se propuso usar vasos cóncavos utilizados para el consumo de bebidas alcohólicas, al ser un material de vidrio es posible este cambio debido al carácter inerte del mismo.

El cambio permite el uso de volúmenes más pequeños permitiendo el análisis de hasta 5 mL. Dichos vasos cóncavos permiten que con volúmenes menores de alícuotas la referencia del electrodo entra en contacto con la solución de análisis, usando menos cantidad de reactivos, obteniendo resultados similares a valoraciones con vasos de precipitados tradicionales.

Para realizar valoraciones de volúmenes aún más pequeños era necesario la elaboración de nuevos electrodos, diseñados según las necesidades.

Al reducir el tamaño de los electrodos disminuye significativamente la cantidad de reactivos utilizados en una valoración, esto especialmente es apreciable en la docencia donde la misma valoración es repetida por los diferentes grupos de trabajo, al final esta reducción de volúmenes gastados se traduce en menor cantidad de residuos generados minimizando así los impactos negativos hacia el medio ambiente.

Otro punto a favor del diseño de los electrodos alternativos es la reducción de costos, al ser elaborados de un menor tamaño el material necesario para realizarlos es menor, este punto será abordado mas adelante en una comparación de costos.

## **2. Desarrollo experimental.**

### **2.1 Elaboración de electrodo alternativo de platino//plata cloruro de plata.**

Como ya se ha mencionado anteriormente el electrodo elaborado esta constituido a su vez por dos electrodos uno de platino y otro de plata cloruro de plata. A fin de reducir el tamaño así como el costo de elaboración, se utilizó alambre de platino 0.025 mm de espesor, para realizar el electrodo indicador.

El electrodo de plata//cloruro de plata, electrodo de referencia, fue donado debido esto no se contempla en las cotizaciones.

Ambos electrodos se colocaron dentro de un tubo de vidrio de 5.5mm diámetro; el electrodo indicador se colocó dentro de un tubo capilar para evitar el contacto con el electrodo de referencia. (ver figura 2.1-1)

El electrodo de plata//cloruro de plata deberá estar sumergido en una solución saturada de cloruro de potasio. Para sellar el electrodo en su parte inferior se colocó silicón. Como se mencionó anteriormente es necesario un puente salino para completar la celda hecha por los electrodos, un hilo de algodón cumple con esta función.

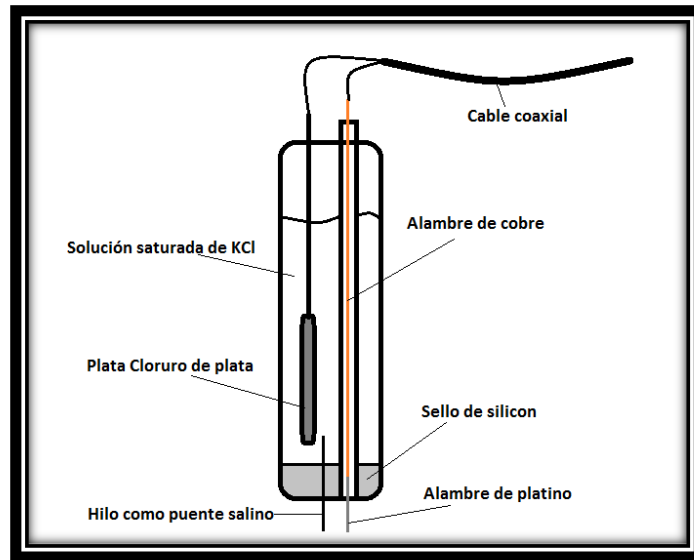


Figura 2.1-1. Diagrama de electrodo sin sellado final.

En el electrodo indicador elaborado de platino, dicho metal se une mediante un empalme eléctrico en espiral a un alambre de cobre que a su vez se unió al cable coaxial. El cobre sirve únicamente como conductor mientras el platino es el que se encuentra en contacto directo con la solución. Esto para disminuir la cantidad de platino usado.

Antes del sellado final el electrodo puede estar sujeto a cambios debido a un mal funcionamiento o mala respuesta del mismo, por esta razón se conecta al potenciómetro mediante un cable con caimanes, de esta forma la conexión es temporal.

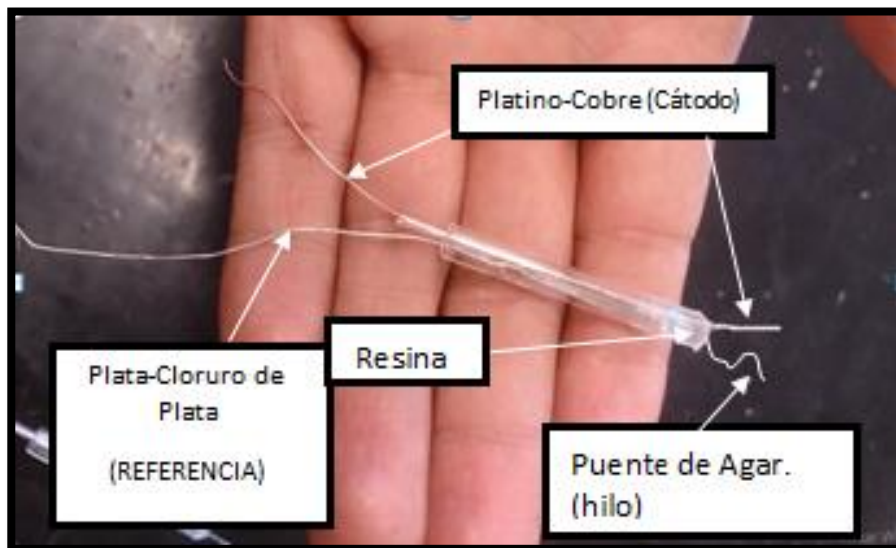
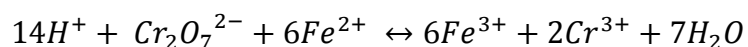


Figura 2.2-1. Se muestra el microelectrodo sin el sellado final.

## 2.2 Valoraciones con electrodo comercial y electrodo alternativo platino//plata cloruro de plata.

A fin de conocer el comportamiento del sistema de estudio se realizaron titulaciones con un electrodo comercial. A continuación, se muestran las gráficas obtenidas junto con los puntos de equivalencia. Tablas de resultados en anexos.

La reacción química del sistema de estudio particular es la siguiente:



En las valoraciones se utilizó dicromato de potasio 0.1 N como titulante y una alícuota de 2 mL sulfato ferroso amoniacal 0.1 N en medio ácido.

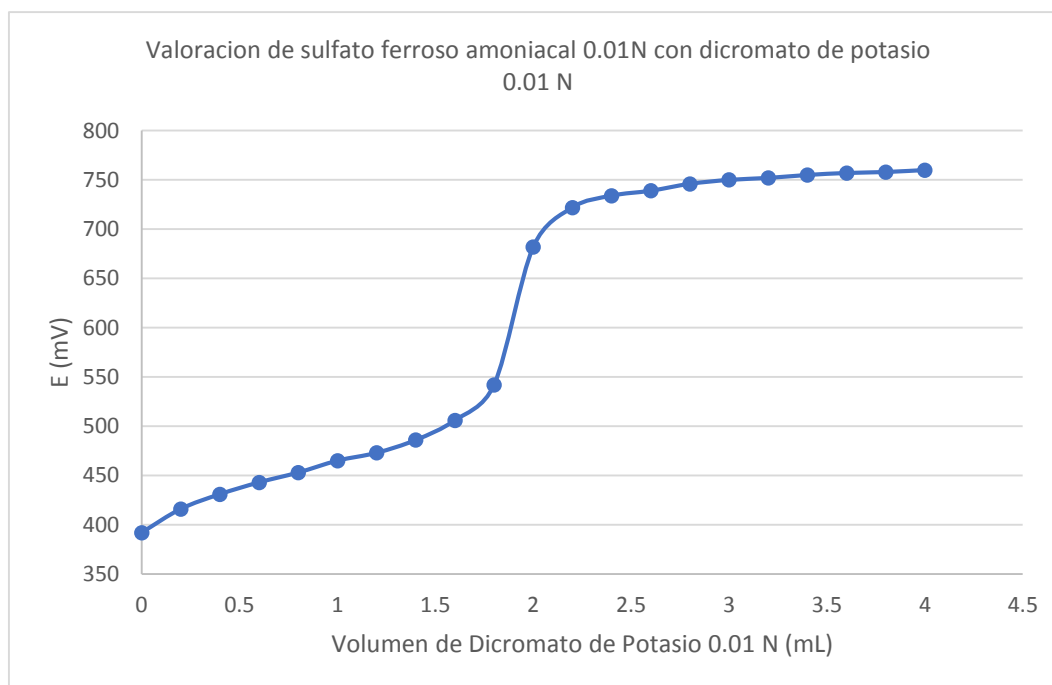


Grafico 1. Valoración de 2mL de sulfato ferroso amoniacal 0.01N con dicromato de potasio 0.01N, mediante el uso de un electrodo comercial.



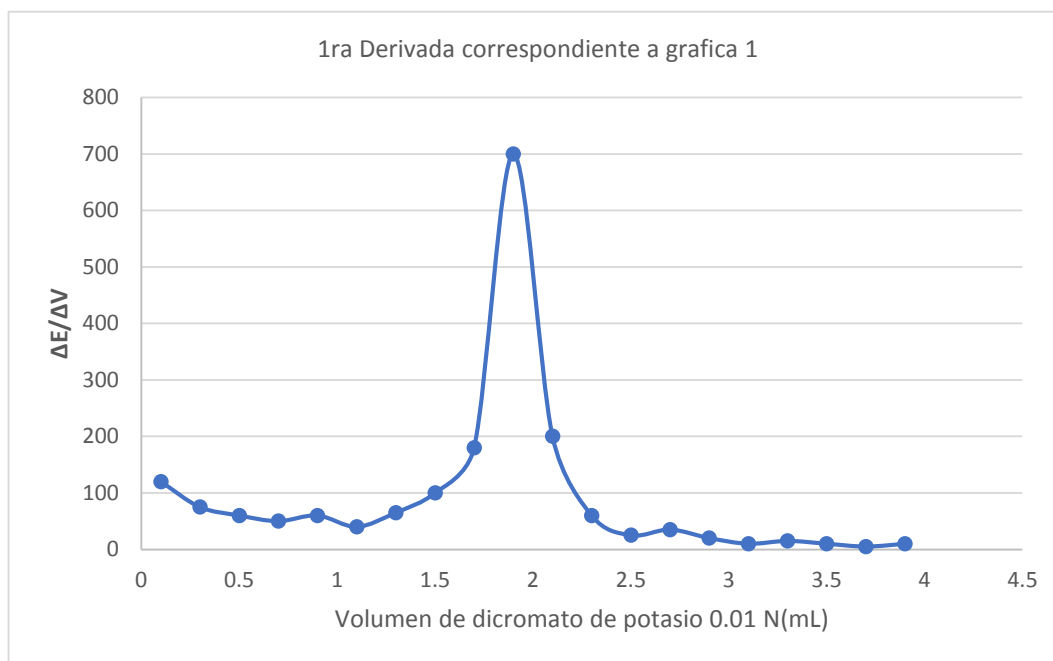


Grafico 2. Estimación de volumen de punto de equivalencia por el método de primera derivada, usando un electrodo comercial.

Después de las valoraciones con el electrodo comercial se obtuvo el comportamiento del sistema de estudio, se procedió a realizar valoraciones con el electrodo alternativo a fin de comprobar el comportamiento gráfico dado por el electrodo comercial, dicho comportamiento se presentó de manera similar en el electrodo alternativo. A continuación, se muestran las gráficas correspondientes. Datos completos en la sección de Anexos.

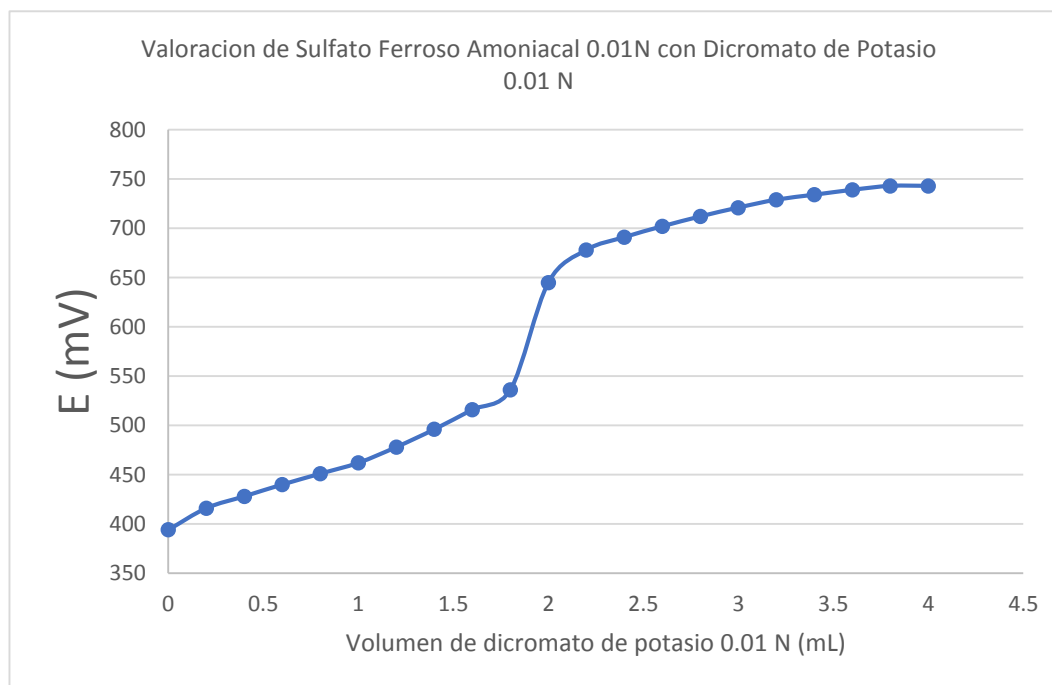


Grafico 3. Valoración de 2mL de sulfato ferroso amoniacal 0.01N con dicromato de potasio 0.01N, mediante el uso de un electrodo comercial.

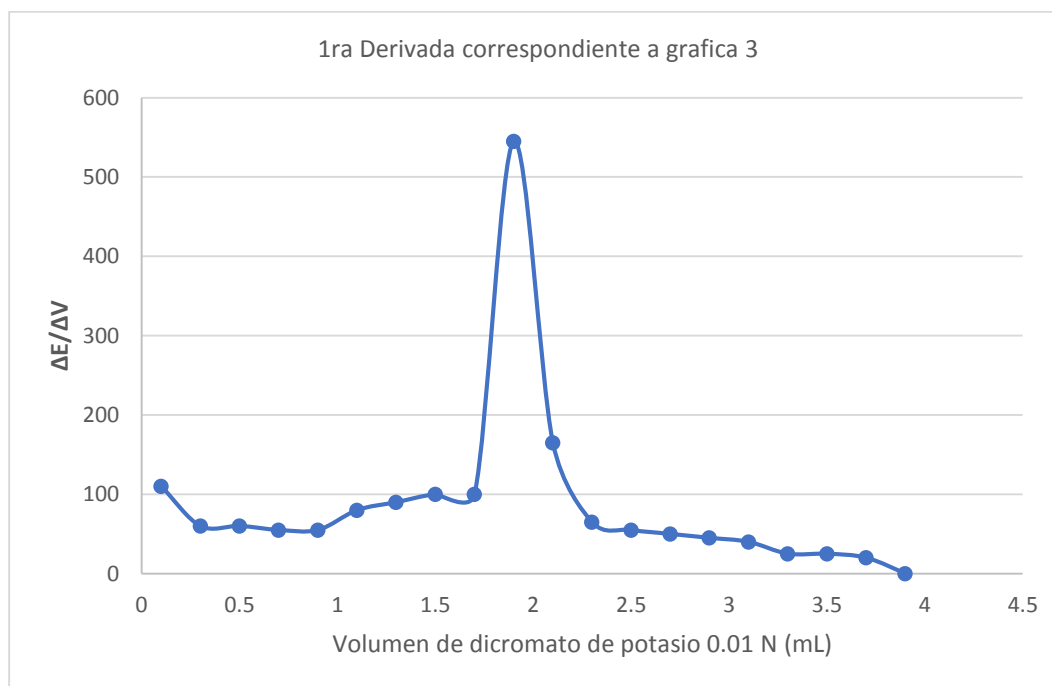


Grafico 4. Estimación de volumen de punto de equivalencia por el método de primera derivada, usando un electrodo comercial.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos tanto para las valoraciones realizadas con electrodo comercial y alternativo, así como sus respectivos puntos de equivalencia para cada gráfica.

Tabla 1. Volúmenes de puntos de equivalencia calculados. (2 mL de alícuota)

No. Pruebas	Electrodo comercial			Electrodo alternativo		
	1ª	2a	3a	1a	2a	3a
VPE	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Promedio	1.9			1.9		
CV	0			0		

Se realizó una comparación grafica de las curvas obtenidas tanto para el electrodo comercial como para el alternativo a fin de notar el comportamiento similar entre ambos, de esta forma proceder al sellado final.

Para realizar la comparación entre ambos electrodos se realizaron mas valoraciones del mismo sistema, aunque se varió el volumen de alícuota para comprobar el correcto funcionamiento del electrodo alterativo sin importar el volumen de la valoración, el volumen de alícuota utilizado en las valoraciones fue de 4 mL, el volumen del punto de equivalencia se esperaba de 4 mL.

Los resultados de las valoraciones se muestran en la siguiente tabla, las tablas de resultados completas junto con las graficas correspondientes se encuentran en la sección de anexos.

Tabla 2. Volúmenes de puntos de equivalencia calculados. (4 mL de alícuota)

NO. PRUEBAS	Electrodo comercial			Electrodo alternativo		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
VPE	4.1	3.9	4.1	4.1	3.9	3.9
PROMEDIO	4.03			3.97		
CV	0.03			0.03		

A continuación, se muestra una grafica de la comparación entre ambos electrodos

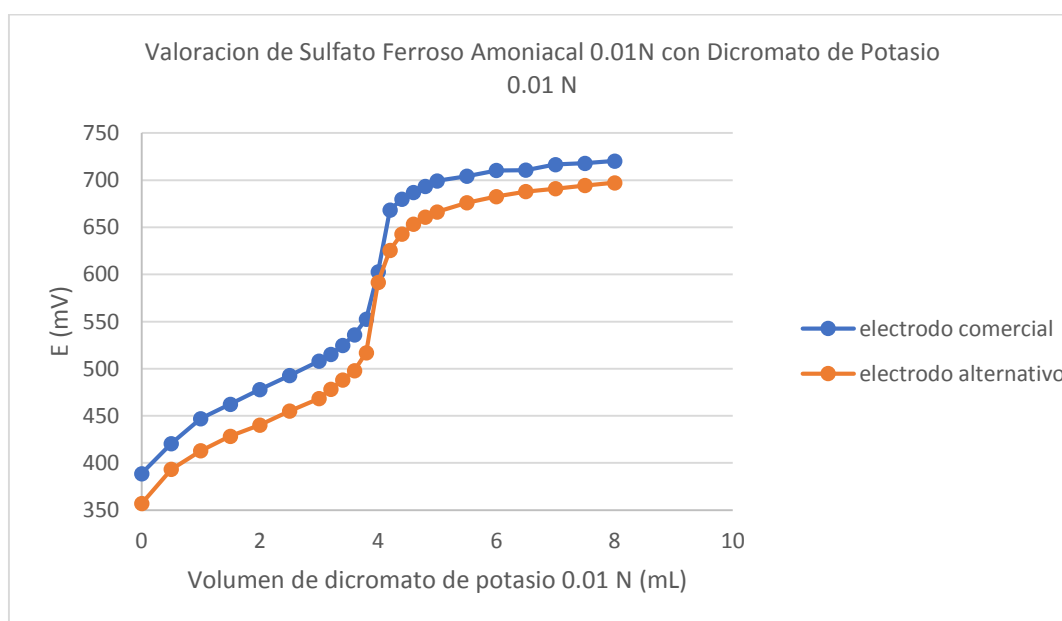


Gráfico 5. Comparación grafica de electrodo comercial y electrodo alternativo.

### 2.3 Montaje y sellado final del electrodo alternativo.

Una vez que se demostró el correcto funcionamiento del electrodo se procedió al sellado final el cual consistió en la conexión del electrodo de referencia y electrodo indicador a un cable coaxial.

El cable coaxial consta de un núcleo hecho de hilos de cobre estos son los encargados de transmitir la señal o información, dicho núcleo se conectó al electrodo indicador. El cable coaxial cuenta con una recubierta de malla concéntrica siendo su función la de referencia a tierra y retorno de corrientes por dicha razón esta malla se conectó al electrodo de referencia. (ver figura 2.3-1)

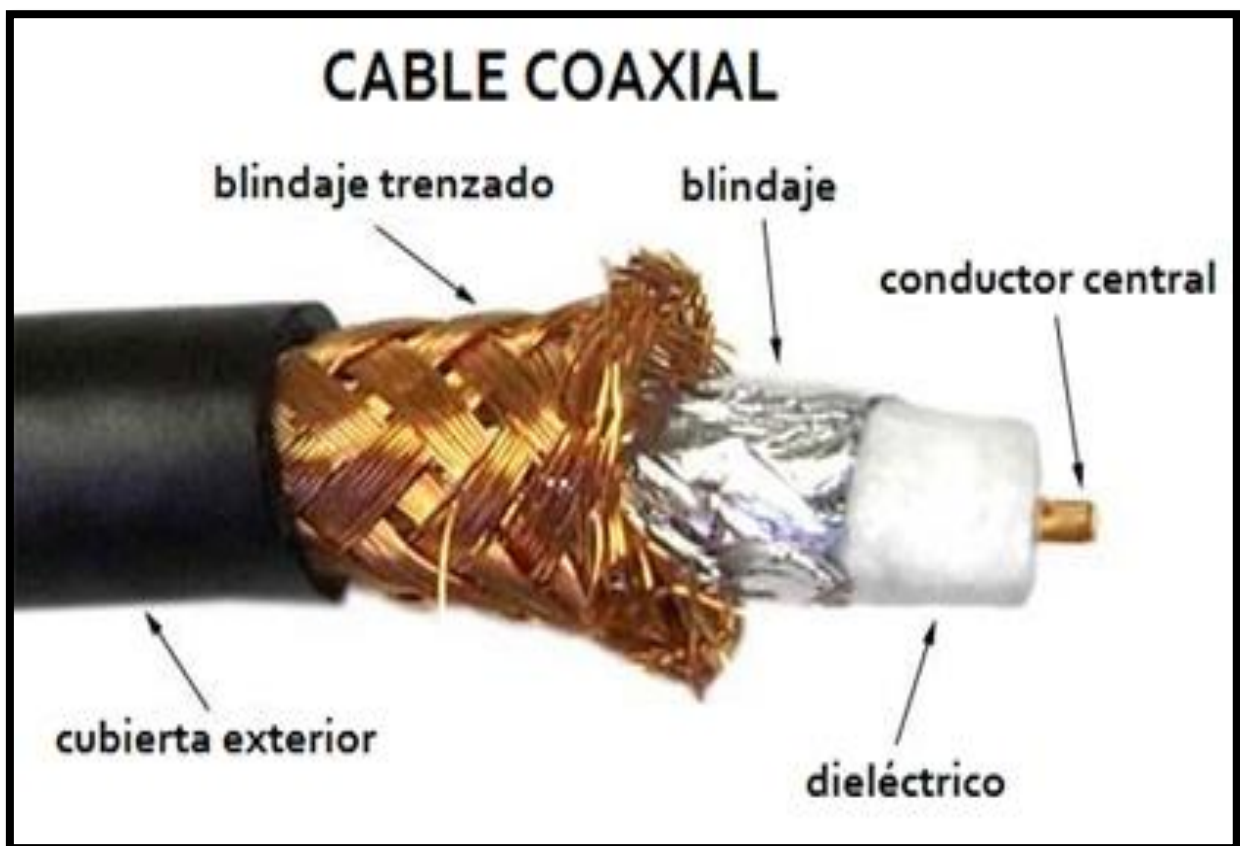


Figura 2.3-1. Partes de un cable coaxial.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de cómo debe cortarse el cable, así como los arreglos necesarios para poder conectarse a los electrodos.

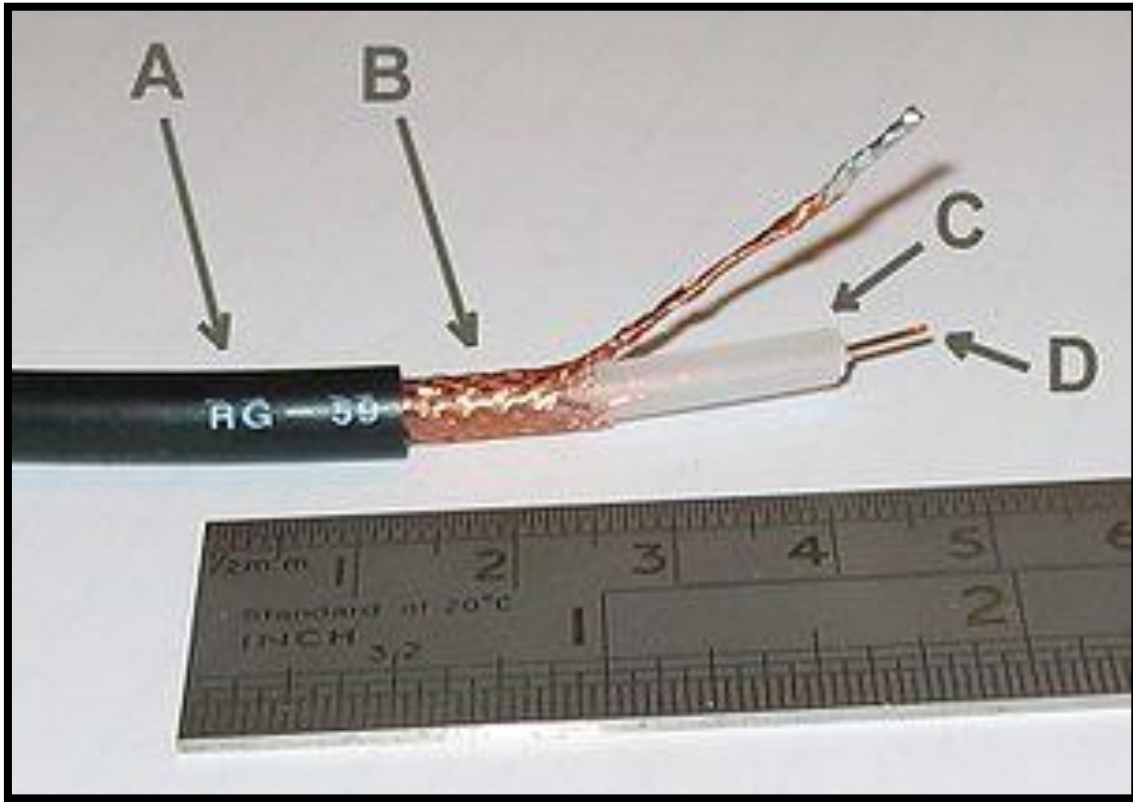


Figura2.3-2. Ejemplo de arreglo necesario para la conexión final del electrodo

- A) La cubierta se cortó a fin de dejar expuestas las demás partes teniendo cuidado de no dañarlas. (Figura2.3-2)
- B) La malla o blindaje trenzado se enrolla a fin de hacer un cable de hilos. Este se conectó mediante un empalme eléctrico al electrodo de referencia.
- C) Se dejó parte del aislante sin cortar a fin de garantizar no hubiera contacto entre los dos cables.
- D) El núcleo se conecta mediante un empalme eléctrico al electrodo indicador

Al otro lado del cable coaxial se debe colocar un conector BNC coaxial para poder conectarlo de manera correcta a los potenciómetros.

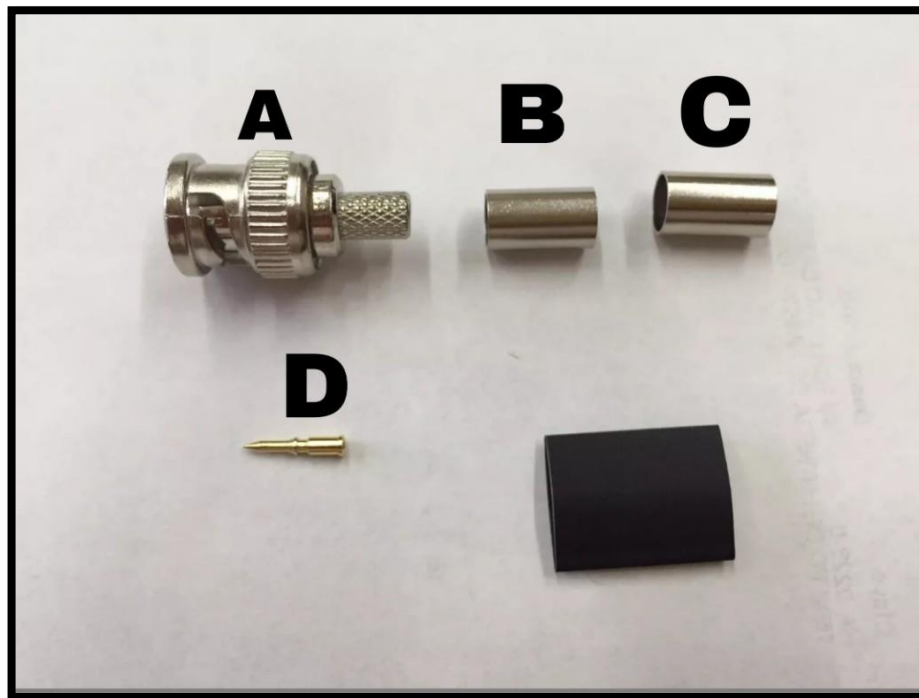


Figura 2.3-3. Partes de conector BNC macho comprimible

Para conectar el cable coaxial al conector BNC, se pela el cable coaxial, el núcleo del cable coaxial se conecta a la punta del conector, marcado D en la figura 2.3-3. Se puede agregar un poco de pegamento instantáneo, teniendo cuidado de no cubrir por completo la superficie para evitar una mala conexión y ocasionar una nula respuesta del electrodo.

Debe descubrirse el cable coaxial de manera de separar las diferentes partes del cable, el dieléctrico del cable pasa por la parte A y encima del dieléctrico se coloca la parte B de la figura 2.3-3. Encima de la parte B debe colocarse el blindaje trenzado ya que este será la referencia del electrodo.

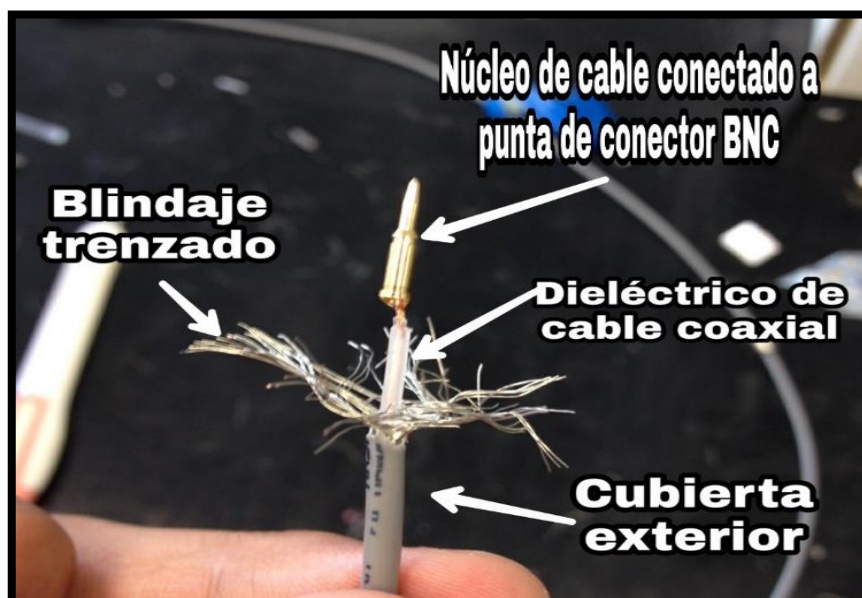


Figura 2.3-4. Partes de cable coaxial del electrodo alternativo preparadas para conexión a conector BNC

Por ultimo se coloca en la cubierta del cable la parte C de la figura 2.3-3, y se comprime mediante pinzas para lograr una conexión resistente.



Figura 2.3-5. Electrodo alternativo con sellado final.

## **2.4 Comparación de electrodo combinado comercial con electrodo alternativo en grupo piloto.**

En un grupo perteneciente a la carrera de Ingeniería Química se llevó a cabo la práctica “Valoración potenciométrica de sulfato ferroso amoniacal con dicromato de potasio en medio ácido”.

La práctica anteriormente mencionada consistió en valoración de sulfato ferroso amoniacal 0.01N en medio ácido, titulado con dicromato de potasio 0.01N, las alícuotas para las valoraciones fueron de 4 mL.

Los alumnos del grupo de trabajo fueron los encargados de realizar las soluciones, de igual forma se encargaron del montaje del equipo, así como de la manipulación de ambos electrodos tanto el comercial como el alternativo.

Al ser los alumnos los encargados de realizar las valoraciones, únicamente se registraron los datos para después realizar la comparación entre ambos.

A fin de corroborar el funcionamiento correcto de los microelectrodos elaborados, se realizaron valoraciones potenciométricas usando tanto electrodos convencionales como los micro electrodos sumergidos al mismo tiempo en el sistema de estudio.

El montaje del equipo en la práctica se muestra a continuación. (Figura 2.5-1).



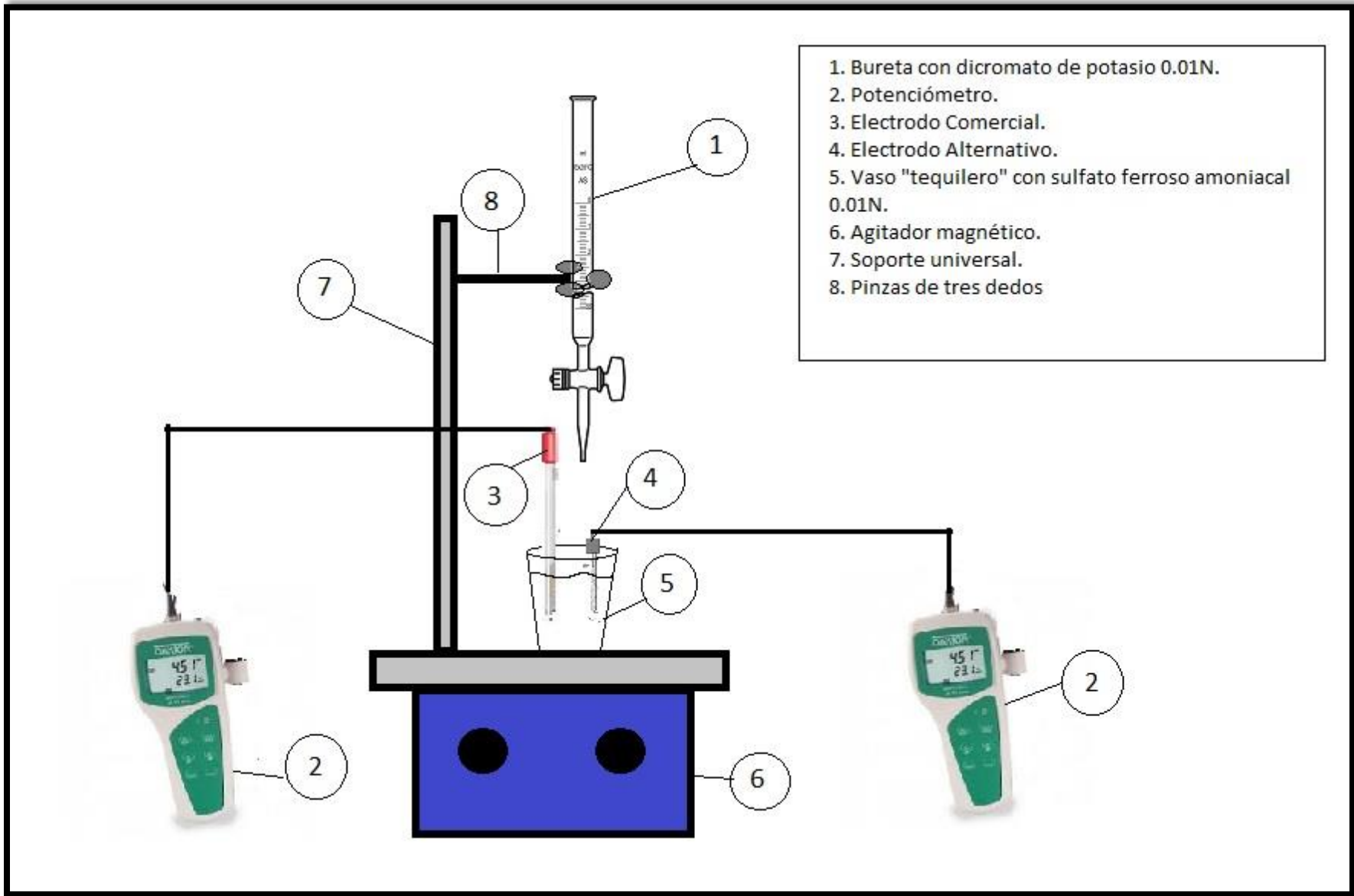


Figura 2.5-1. Montaje de la practica con el grupo piloto

A continuación, se muestran los resultados de ambos electrodos de las tres valoraciones realizadas por un solo equipo del grupo de Ingeniería Química.

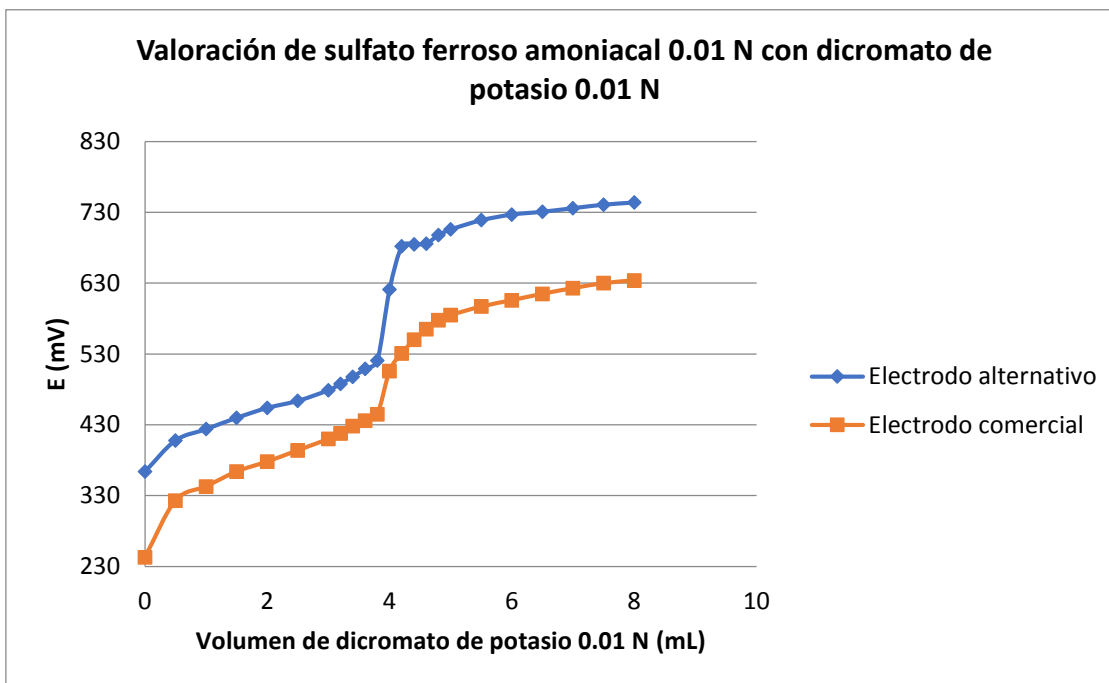


Grafico 6. Primera valoración de comparación entre electrodo comercial y electrodo alternativo.

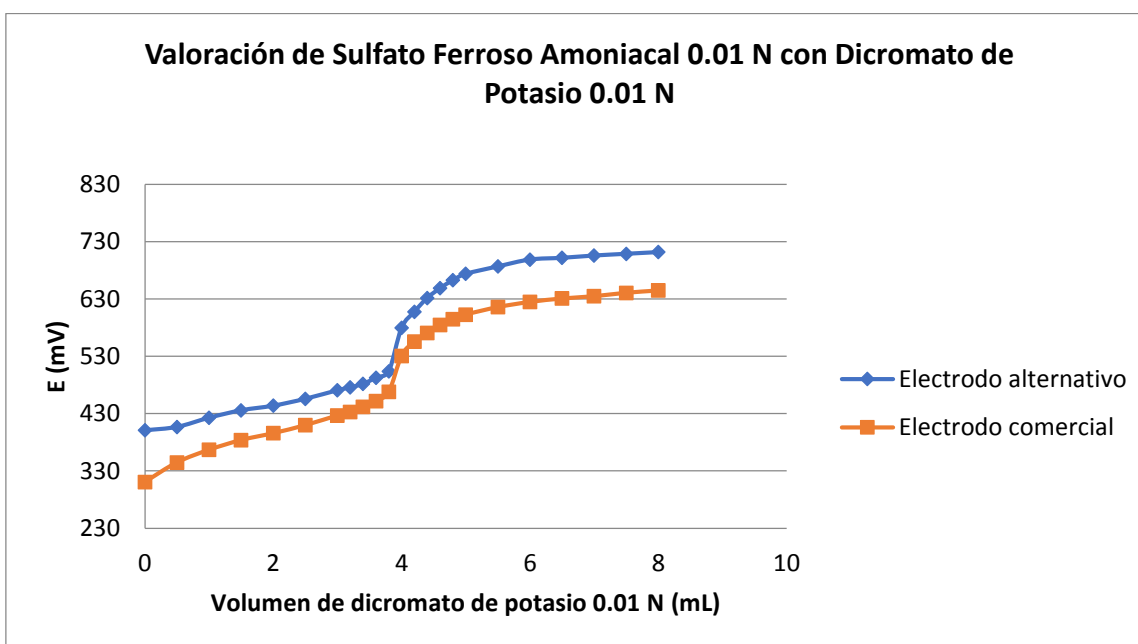


Grafico 7. Segunda valoración de comparación entre electrodo comercial y electrodo alternativo

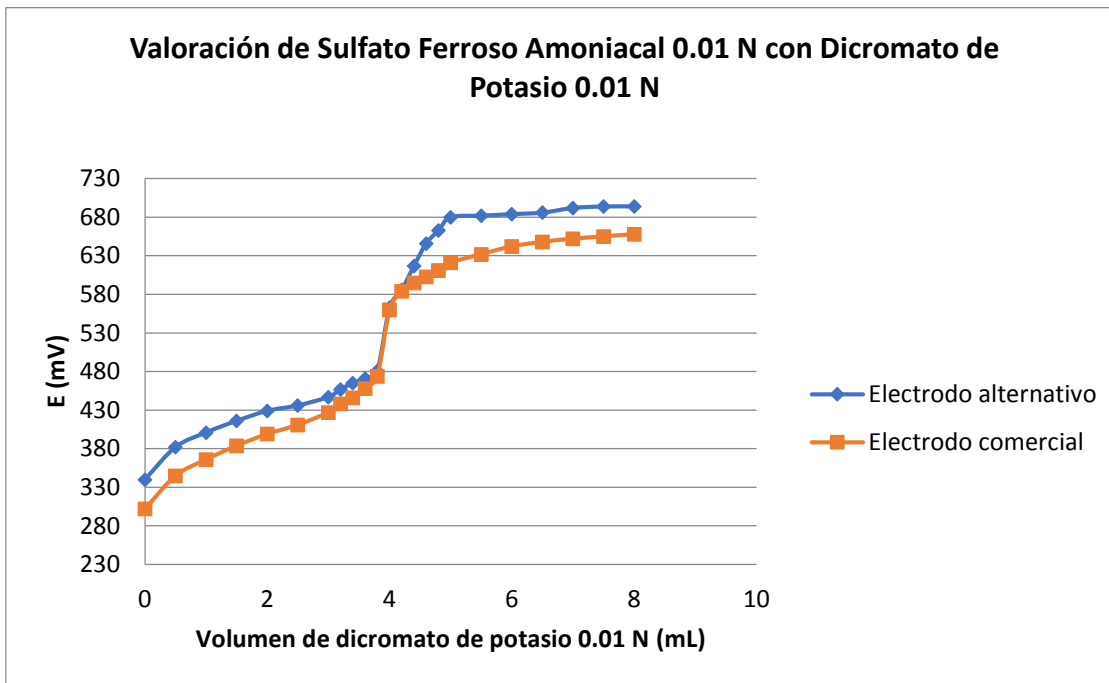


Grafico 8. Tercera valoración de comparación entre electrodo comercial y electrodo alternativo.

Se muestran los puntos de equivalencia para las tres valoraciones y los dos electrodos, las gráficas correspondientes para la obtención de los puntos de equivalencia se encuentran en anexos así como las tablas de datos completas. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Volumen puntos de equivalencia valoraciones grupo piloto.

	Puntos de equivalencia					
	Electrodo alternativo			Electrodo comercial		
No. De pruebas	1	2	3	1	2	3
VPE	3.9	4	3.8	3.8	3.9	3.8
Promedio	3.90			3.83		

### 3. Discusión y análisis de resultados

#### 3.1 Comparación de puntos de equivalencia entre electrodo comercial y electrodo alternativo.

De los resultados obtenidos en la práctica con el grupo piloto se puede notar que el comportamiento del electrodo alternativo es muy similar al electrodo convencional. Esto se nota de manera muy clara en la curva y por consiguiente en los puntos de equivalencia obtenidos de la misma, la diferencia en el promedio de puntos de equivalencia es de 0.07 mL.

En la primera gráfica de comparación de ambos electrodos es donde se muestra una mayor diferencia numérica entre los mismos, aunque el comportamiento de la curva es similar esto se puede notar claramente en el punto de equivalencia obtenido para esa valoración, teniendo una diferencia entre ambos puntos de 0.1 mL.

En ninguna gráfica los puntos de equivalencia superan una diferencia de 0.1, siendo la gráfica de la valoración número 3 la más similar entre el electrodo convencional y el alternativo tanto gráficamente como en el punto de equivalencia, donde el resultado fue el mismo.

La diferencia entre los resultados numéricos entre el electrodo convencional y el electrodo alternativo se puede deber a los diferentes potenciómetros utilizados, la diferencia numérica anteriormente mencionada se debe de igual forma a lo que se conoce como “error aleatorio” o “indeterminado” definido de la siguiente forma:

“El error aleatorio se debe a las limitaciones naturales para realizar mediciones físicas. Siempre existe, no puede ser corregido y es la limitante definitiva de las mediciones experimentales” (Harris).

En el caso específico de la experimentación realizada en este trabajo, el error aleatorio no se debe a la lectura subjetiva de una escala puesto que el resultado era leído en un potenciómetro digital, el error se debe a la misma naturaleza del sistema de estudio.

*“Durante la medición de diferencia de potenciales o voltaje, la lectura presenta pequeñas fluctuaciones que provienen de la inestabilidad del instrumento de medición mismo” (Harris).*

Se debe hacer notar que, aunque hay diferencias numéricas entre ambos electrodos hay una similitud muy grande entre el comportamiento grafico y los puntos de equivalencia obtenidos de las mismas, esta similitud es la clave para definir un correcto funcionamiento del electrodo alternativo.

Otro factor para considerar un correcto funcionamiento del electrodo diseñado es la reproducibilidad de resultados similares (precisión), esto claramente demostrado dado que en las diferentes valoraciones se obtuvieron resultados similares, esto quiere decir que son resultados precisos

No solo se necesitan resultados precisos sino resultados exactos. La **exactitud** de resultados la podemos definir como que tan cercanos son los valores obtenidos experimentales al valor "real". Para definir el valor real en el sistema de estudio se uso un método de análisis comprobado, por lo anterior mencionado se realizaban las mediciones al mismo tiempo y en el mismo sistema con el electrodo comercial, al realizar la comparación de resultados obtenidos notamos la similitud entre ambos como se mostro en las tablas de resultados y graficas correspondientes, por tanto podemos decir que se obtuvieron resultados exactos.

Por todos los puntos anteriormente mencionados en esta sección, se puede decir que se realizo un procedimiento ideal, así como un correcto diseño y elaboración del electrodo.

### **3.2 Comparación de costos.**

A fin de hacer una correcta comparación de costos entre el precio de fabricación del electrodo alternativo y precio de un electrodo convencional, se proporciono la cotización de un electrodo convencional.

Las especificaciones del electrodo comercial cotizado por la empresa EQUIPAR S.A. de C.V. se muestran en la siguiente tabla (la cotización completa se encuentra en la sección de anexos).

Tabla 4. Cotización electrodo comercial.

Precio en moneda nacional

Partida	No. Catalogo	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1	CPI59001-75	Electrodo de ORP (Oxido reducción), Simple junta, relleno de gel, cuerpo epoxico para propósitos generales, longitud 127 mm X 12 mm de diámetro, temperatura de operación máxima 80°C	1	\$ 2715.52	\$2715.52
				Subtotal	\$ 2715.52
				IVA	\$ 434.48
				Total	\$ 3150.00

A continuación, se muestran los precios de todos los materiales necesarios para fabricar los electrodos alternativos, así como el costo de los mismos. En los precios se tomó en cuenta la elaboración de dos electrodos.

El precio de los materiales es en moneda nacional, las listas de cotizaciones se encuentran en la sección de anexos, algunos materiales no poseen cotizaciones formales debido a que el precio se obtuvo en tiendas locales.

Tabla 5. Precio de materiales para elaboración de electrodo alternativo con volúmenes mínimos de compra.

Material	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Alambre de platino	Alambre de platino de 0.025 mm de espesor.	1m	\$3537.14	\$3537.14
Alambre de cobre	Alambre de cobre de 0.25 mm de espesor	1 rollo	\$80.67	\$80.67
Tubos capilares	Tubo de vidrio delgado sin heparina. Frasco con 100 piezas	1 frasco con 100 piezas	\$48.00 mas IVA	\$55.68
Tubo de vidrio	Tubo de vidrio de 5.5mm x 50mm	2	\$17.40	\$34.80

Cable coaxial	Cable de calibre	1m	\$6.00	\$6.00
Conector coaxial BNC macho	Conector coaxial de compresión con pieza de cobre al centro para facilitar conexión	2	\$20.00	\$40.00
Plastilina epoxica	Plastilina epoxica, sirve como sellador del electrodo	1 empaque con 20g	\$18	\$18.00
			Total	\$3772.35

Aunque en un principio podría considerarse que la fabricación de un electrodo alternativo es mas caro que la compra de uno comercial, se debe tener en cuenta los siguientes puntos. El platino es el material mas caro para la construcción del electrodo pero en la cotización realizada se da una longitud mínima de compra, esta longitud de 1 m podría utilizarse para elaborar hasta un máximo de 50 electrodos alternativos debido a que como se menciona anteriormente por electrodo se requiere alrededor de 1 a 2 cm de alambre de platino. (Ver tabla 5)

Por lo anteriormente mencionado se puede decir que el precio del platino para un solo electrodo considerando el uso de 2 cm de alambre de platino, seria de \$70.74.

Esto es similar para todo aquellas materiales para los cuales hay un volumen de compra mínimo como el alambre de cobre, el frasco de tubos capilares y la plastilina epoxica, aunque el valor de estos es mínimo comparado al platino, se puede realizar el calculo del precio para saber el valor de realizar únicamente un solo electrodo.

De manera que se puede hacer una tabla con los valores para un solo electrodo, teniendo lo siguiente.

Tabla 6. Precio de materiales para la elaboración de un solo electrodo alternativo.

Material	Descripción	Cantidad	Precio para un solo electrodo
Alambre de platino	Alambre de platino de 0.025 mm de espesor.	2cm	\$70.74
Alambre de cobre	Alambre de cobre de 0.25 mm de	6cm	\$0.048

	espesor		
Tubos capilares	Tubo de vidrio delgado sin heparina. Frasco con 100 piezas	1 tubo capilar	\$0.55
Tubo de vidrio	Tubo de vidrio de 5.5mm x 50mm	1 tubo de vidrio	\$8.7
Cable coaxial	Cable de calibre	50cm	\$3.00
Conector coaxial BNC macho	Conector coaxial de compresión con pieza de cobre al centro para facilitar conexión	1	\$10.00
Plastilina epoxica	Plastilina epoxica, sirve como sellador del electrodo	1 empaque con 20g	\$18
		Total	\$111.038

El precio de realizar un solo electrodo es significativamente menor a comprar uno comercial, siendo el electrodo alternativo 3.53% del valor de un electrodo alternativo.

Aunque en principio comprar los materiales para realizar dichos electrodos parecería mas caro que comprar uno comercial, se podrían fabricar mas electrodos alternativos con el mismo presupuesto siendo una ventaja en docencia debido a que en dicho sector se requiere mucho material por tener diferentes equipos en un mismo grupo de trabajo.

### 3.3 Conclusiones.

El conocer a detalle un electrodo, sus componentes y funcionamiento de cada uno de ellos, nos brinda la posibilidad de poder diseñar de acuerdo a las necesidades electrodos alternativos, en el caso específico de este trabajo se realizo electrodos para reacciones oxido-reducción, abriendo la posibilidad de realizar el diseño de diferentes electrodos para diferentes tipos de análisis cuantitativos, pudiendo ser mediciones de pH para valoraciones acido-base o valoraciones complejométricas.



En las secciones anteriores se explico las ventajas de realizar un electrodo alternativo, como la reducción de precios o el obtener mayor cantidad de equipo por el mismo presupuesto destinado a la compra de electrodos.

Sin contar con el costo de elaboración, el diseñar y fabricar los electrodos brinda una excelente oportunidad de aprendizaje al alumno, aprendiendo avances en técnicas analíticas ya conocidas, abriendo la puerta para realizar aun mas avances e innovaciones en cualquier otra técnica cuantitativa conociendo el fundamento de la misma y el equipo utilizado para realizar dicha técnica.

Un factor importante y uno de los principales objetivos de realizar el diseño de los electrodos alternativos era reducir la cantidad de reactivos utilizados así como de residuos generados, al reducir la cantidad reactivos utilizados en una valoración significa que se pueden realizar mas valoraciones con la misma cantidad de reactivo “puro”, de esta forma se requiere comprar reactivos de manera menos frecuente, en docencia este suele ser un problema común, siempre una valoración se realiza de manera continua debido a que en cada grupo de trabajo hay diferentes equipos. De manera análoga si se realizan valoraciones con menor volumen significa que hay menos residuos generados, la mayoría de los mismos necesitan ser dispuestos de una manera que no genere un impacto negativo al medio ambiente, esta disposición de residuos normalmente genera un costo, al tener menos residuos la disposición mencionada anteriormente se realiza de manera menos regular.

La disminución del volumen en las valoraciones no afecta el resultado esperado, como se puede comprobar en secciones anteriores, siendo este una de las principales excusas al momento de proponer modificar una técnica analítica cuantitativa, ya que en docencia como en la industria se requieren datos precisos y exactos en soluciones problema.

El éxito de la realización del electrodo alternativo abre la posibilidad de modificar el diseño de el electrodo para futuros trabajos, haciendo cambios según convenga y las necesidades requeridas, esto es posible debido a que se conoce el fundamento de funcionamiento del electrodo, como ejemplo se puede hacer cambio del platino por algún material de carácter inerte y conductor que sirva como electrodo indicador.

## BIBLIOGRAFIA

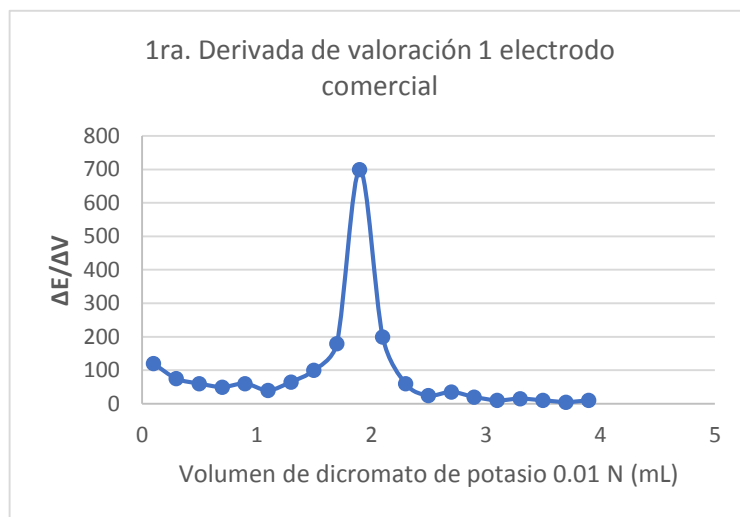
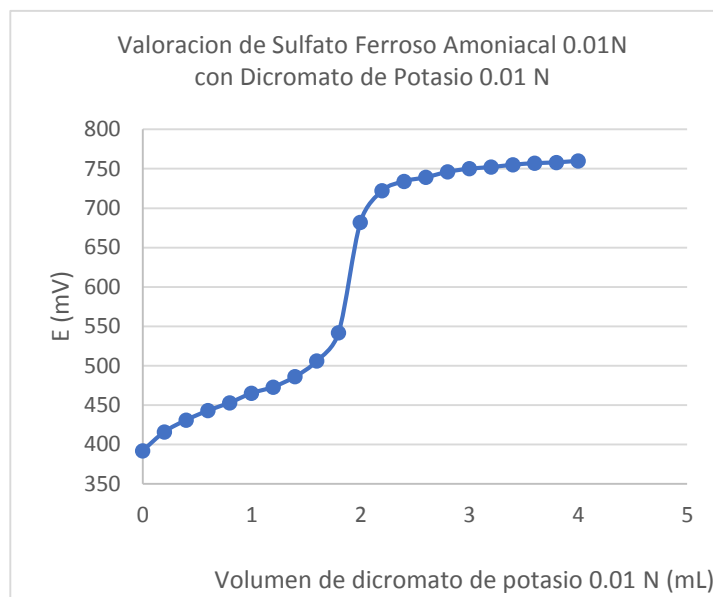
- Schüring, J. (Joaquim), 1962- editor. Redox: fundamentals, processes and applications/ J. Schüring, H.D. Schulz, W. R. Fischer, J. Böttcher, W. H. M. Duijnsveld. Eds
- Compton, R. G. autor; Electrode potentials / Richard G. Compton, Giles H.W. Sanders.
- Ruiz Escoto, Mario Alberto. Electrodo de platino para valoraciones ácido-base.
- Harris, Daniel C. 1948- autor; Quantative Chemical analysis/ Daniel C. Harris, Charles A. Lucy.
- Moya Hernández, María del Rosario, 1971-autor. Electroodos selectivos / María del Rosario Moya Hernández, Rodolfo Gómez Balderas, Aurora Karina Franco Francisco, Juan Carlos Rueda Jackson.
- Jander, Gerhart, 1892-1961, autor. Análisis volumétrico: Teoría y practica de los procedimientos de valoración clásicos y electroquímicos / Por Gerhart Jander, Karl Friedrich Jahr; traducción de 8 edición en alemán por Pablo

## ANEXOS

### Anexo 1: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 2 mL de alícuota usando electrodo comercial.

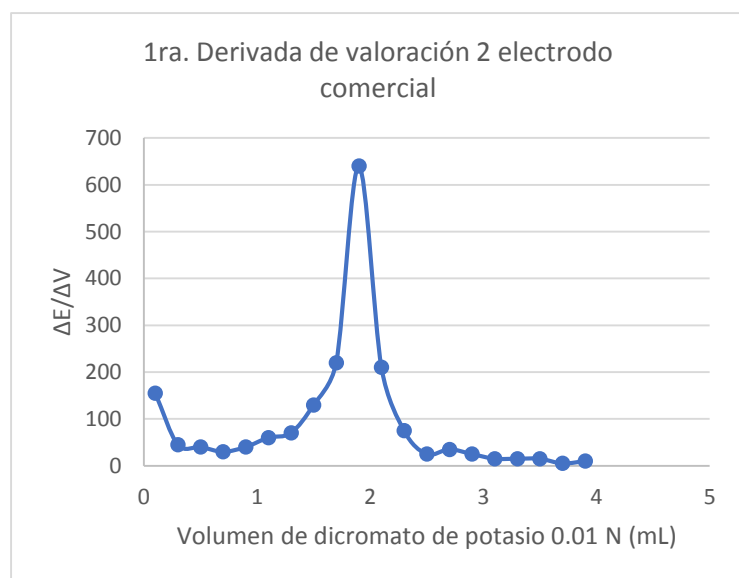
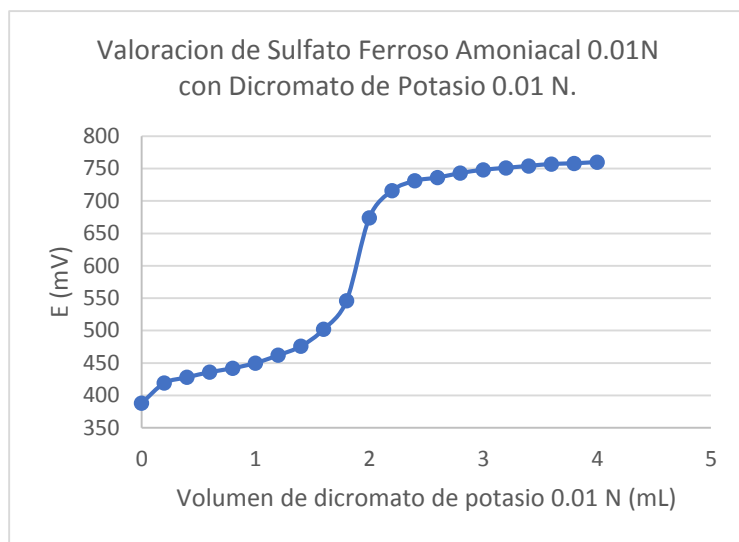
Primera valoración electrodo comercial.

ELECTRODO COMERCIAL			
1ra. valoración		1ra derivada	
V (mL)	E(mV)	V (mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	392	0.1	120
0.2	416	0.3	75
0.4	431	0.5	60
0.6	443	0.7	50
0.8	453	0.9	60
1	465	1.1	40
1.2	473	1.3	65
1.4	486	1.5	100
1.6	506	1.7	180
1.8	542	1.9	700
2	682	2.1	200
2.2	722	2.3	60
2.4	734	2.5	25
2.6	739	2.7	35
2.8	746	2.9	20
3	750	3.1	10
3.2	752	3.3	15
3.4	755	3.5	10
3.6	757	3.7	5
3.8	758	3.9	10
4	760		



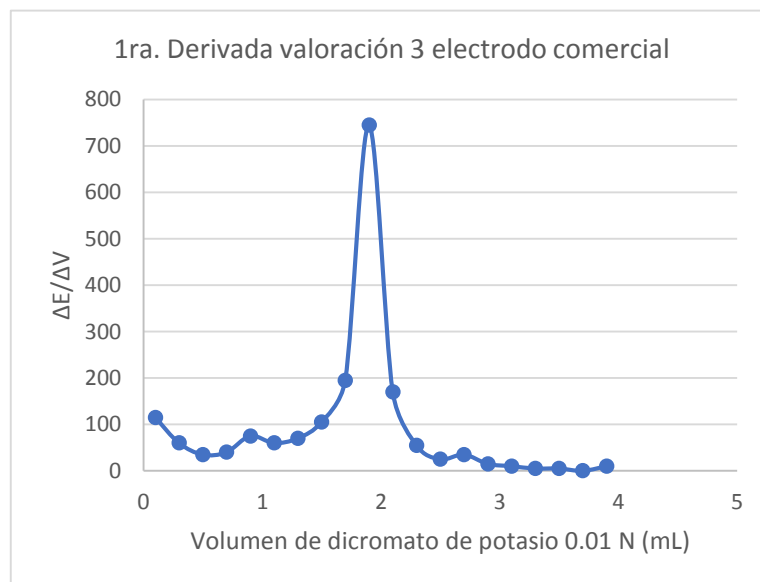
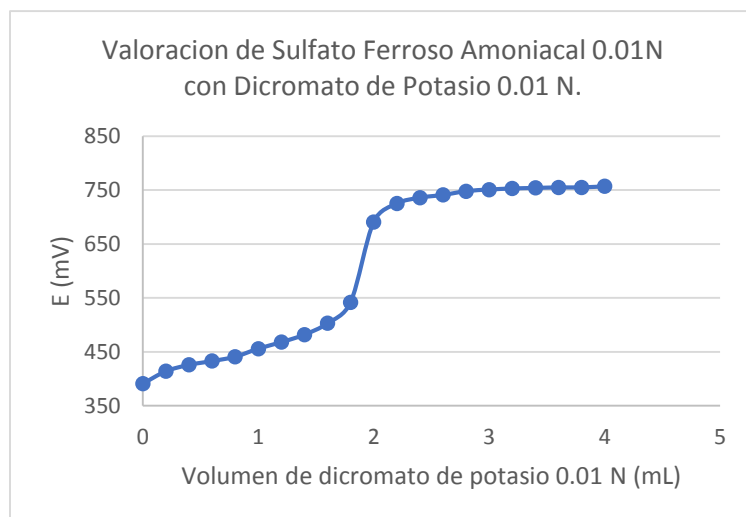
Segunda Valoración electrodo comercial.

ELECTRODO COMERCIAL			
Valoración 2		1ra. Derivada	
V (ml)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	388	0.1	155
0.2	419	0.3	45
0.4	428	0.5	40
0.6	436	0.7	30
0.8	442	0.9	40
1	450	1.1	60
1.2	462	1.3	70
1.4	476	1.5	130
1.6	502	1.7	220
1.8	546	1.9	640
2	674	2.1	210
2.2	716	2.3	75
2.4	731	2.5	25
2.6	736	2.7	35
2.8	743	2.9	25
3	748	3.1	15
3.2	751	3.3	15
3.4	754	3.5	15
3.6	757	3.7	5
3.8	758	3.9	10
4	760		



Tercera valoración electrodo comercial.

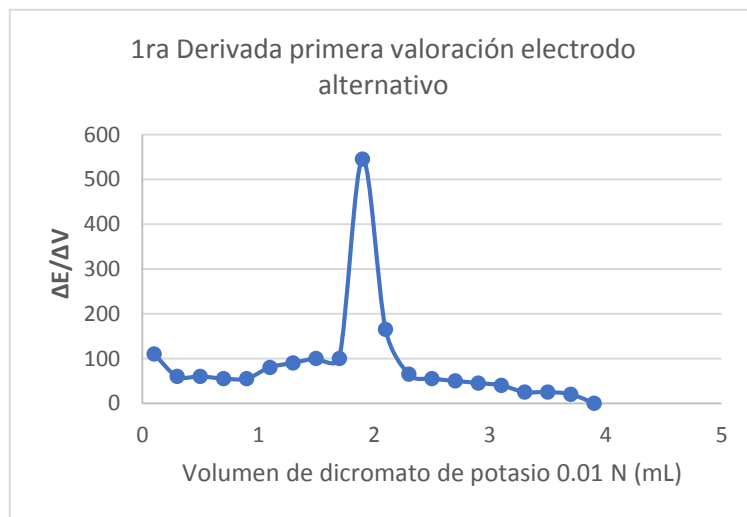
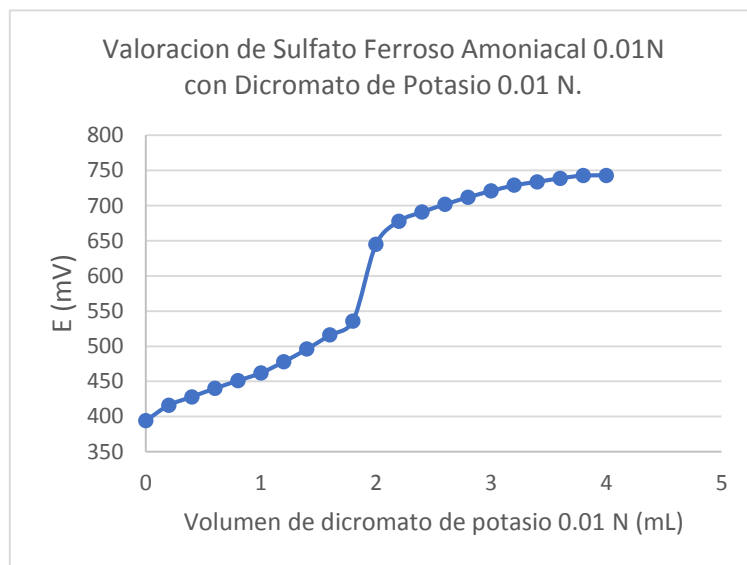
ELECTRODO COMERCIAL			
3ra. valoración		1ra. Derivada	
V (ml)	E	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	391	0.1	115
0.2	414	0.3	60
0.4	426	0.5	35
0.6	433	0.7	40
0.8	441	0.9	75
1	456	1.1	60
1.2	468	1.3	70
1.4	482	1.5	105
1.6	503	1.7	195
1.8	542	1.9	745
2	691	2.1	170
2.2	725	2.3	55
2.4	736	2.5	25
2.6	741	2.7	35
2.8	748	2.9	15
3	751	3.1	10
3.2	753	3.3	5
3.4	754	3.5	5
3.6	755	3.7	0
3.8	755	3.9	10
4	757		



**Anexo 2: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 2 mL de alícuota usando electrodo alternativo.**

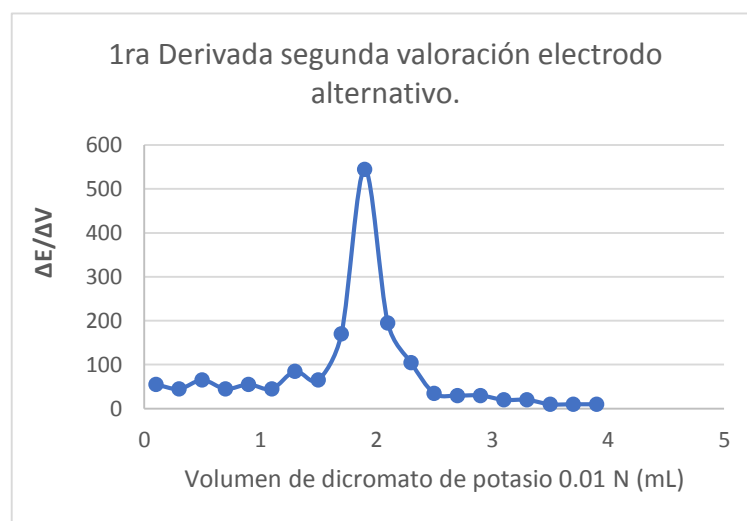
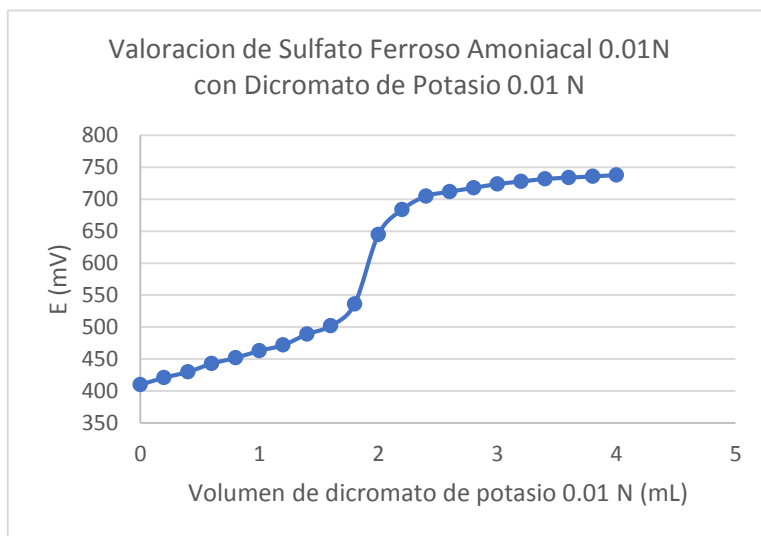
Primera valoración electrodo alternativo.

ELECTRODO ALTERNATIVO			
1ra. Valoración		1ra. Derivada	
V (ml)	E	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	394	0.1	110
0.2	416	0.3	60
0.4	428	0.5	60
0.6	440	0.7	55
0.8	451	0.9	55
1	462	1.1	80
1.2	478	1.3	90
1.4	496	1.5	100
1.6	516	1.7	100
1.8	536	1.9	545
2	645	2.1	165
2.2	678	2.3	65
2.4	691	2.5	55
2.6	702	2.7	50
2.8	712	2.9	45
3	721	3.1	40
3.2	729	3.3	25
3.4	734	3.5	25
3.6	739	3.7	20
3.8	743	3.9	0
4	743		



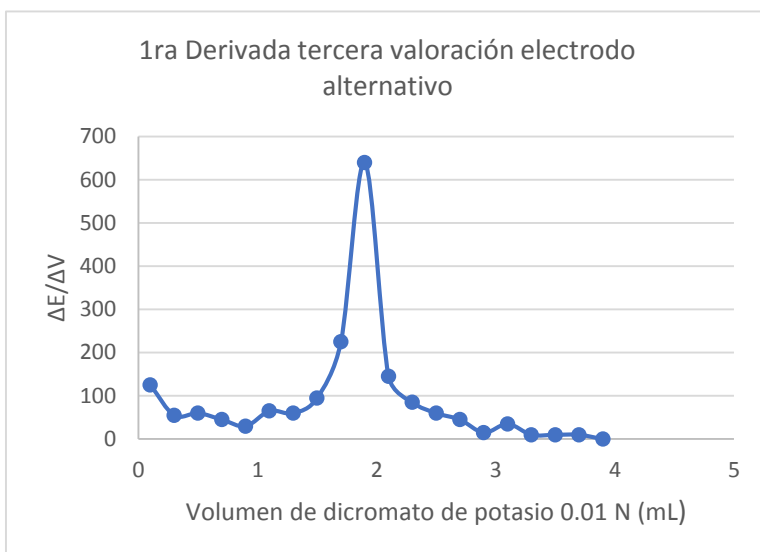
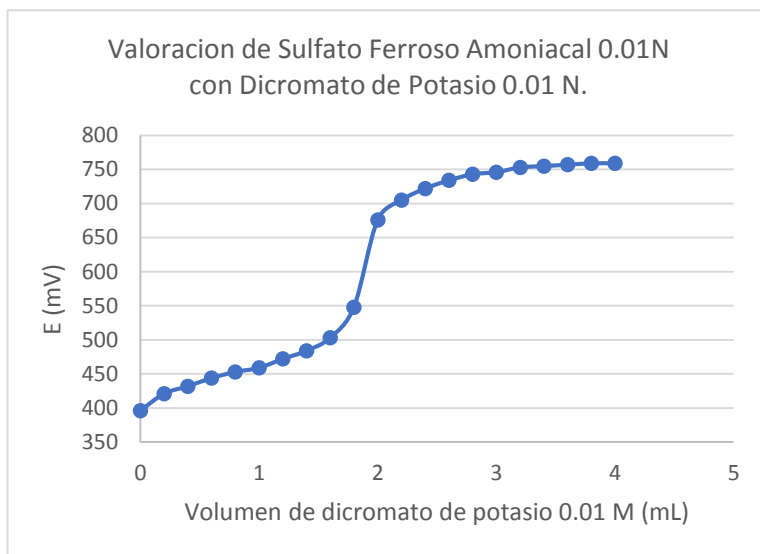
Segunda Valoración electrodo alternativo

ELECTRODO ALTERNATIVO			
1da. valoración		1ra. Derivada	
V (mL)	E	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	410	0.1	55
0.2	421	0.3	45
0.4	430	0.5	65
0.6	443	0.7	45
0.8	452	0.9	55
1	463	1.1	45
1.2	472	1.3	85
1.4	489	1.5	65
1.6	502	1.7	170
1.8	536	1.9	545
2	645	2.1	195
2.2	684	2.3	105
2.4	705	2.5	35
2.6	712	2.7	30
2.8	718	2.9	30
3	724	3.1	20
3.2	728	3.3	20
3.4	732	3.5	10
3.6	734	3.7	10
3.8	736	3.9	10
4	738		



Tercera valoración electrodo alternativo.

ELECTRODO ALTERNATIVO			
3ra. Valoración		1ra. Derivada	
V (mL)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	396	0.1	125
0.2	421	0.3	55
0.4	432	0.5	60
0.6	444	0.7	45
0.8	453	0.9	30
1	459	1.1	65
1.2	472	1.3	60
1.4	484	1.5	95
1.6	503	1.7	225
1.8	548	1.9	640
2	676	2.1	145
2.2	705	2.3	85
2.4	722	2.5	60
2.6	734	2.7	45
2.8	743	2.9	15
3	746	3.1	35
3.2	753	3.3	10
3.4	755	3.5	10
3.6	757	3.7	10
3.8	759	3.9	0
4	759		

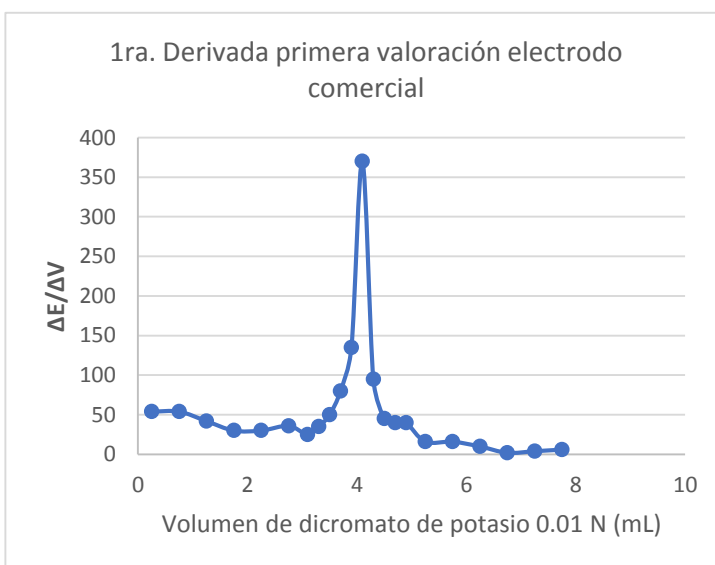
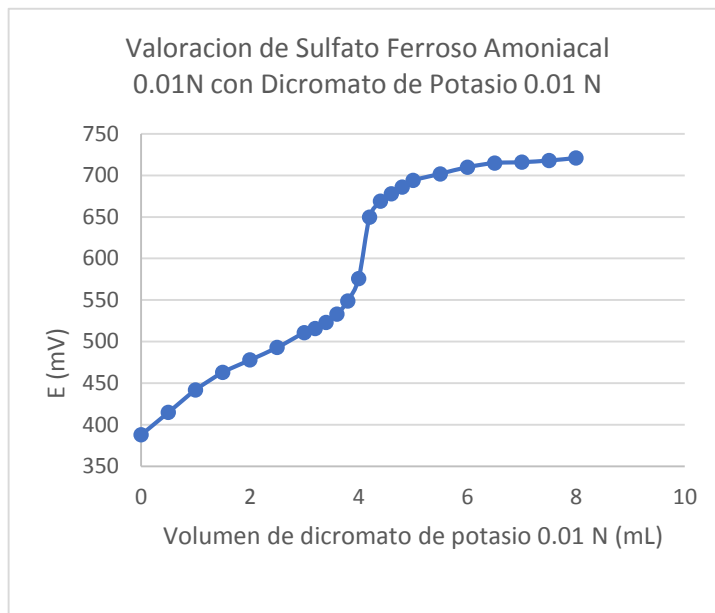




**Anexo 3: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 4 mL de alícuota usando electrodo comercial.**

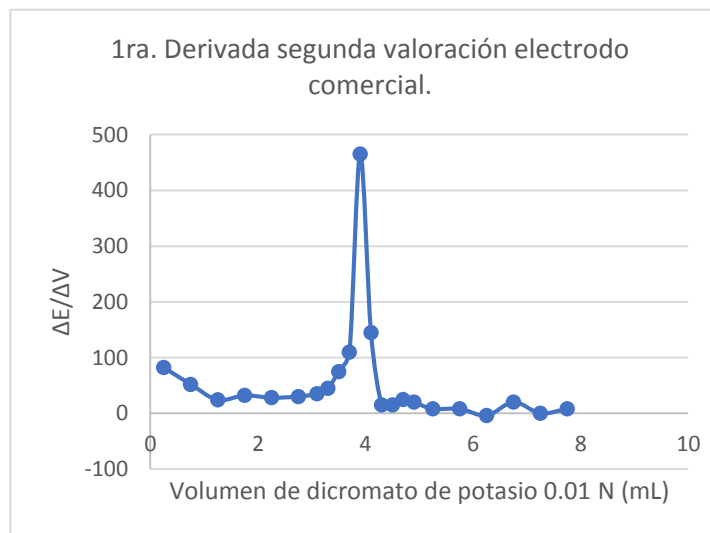
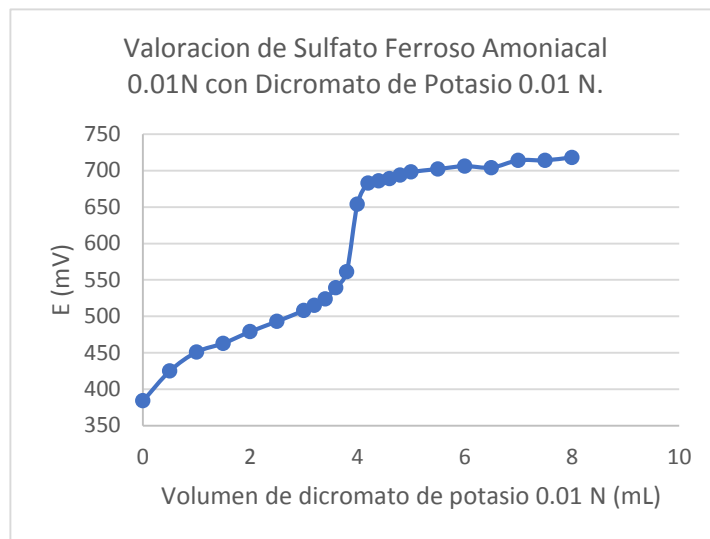
Primera valoración electrodo comercial

ELECTRODO COMERCIAL			
1ra. Valoración		1ra derivada	
V (mL)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	388	0.25	54
0.5	415	0.75	54
1	442	1.25	42
1.5	463	1.75	30
2	478	2.25	30
2.5	493	2.75	36
3	511	3.1	25
3.2	516	3.3	35
3.4	523	3.5	50
3.6	533	3.7	80
3.8	549	3.9	135
4	576	4.1	370
4.2	650	4.3	95
4.4	669	4.5	45
4.6	678	4.7	40
4.8	686	4.9	40
5	694	5.25	16
5.5	702	5.75	16
6	710	6.25	10
6.5	715	6.75	2
7	716	7.25	4
7.5	718	7.75	6
8	721		



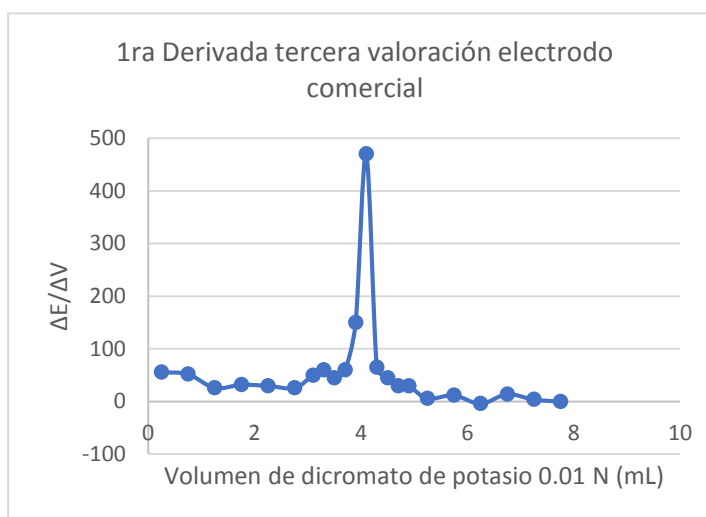
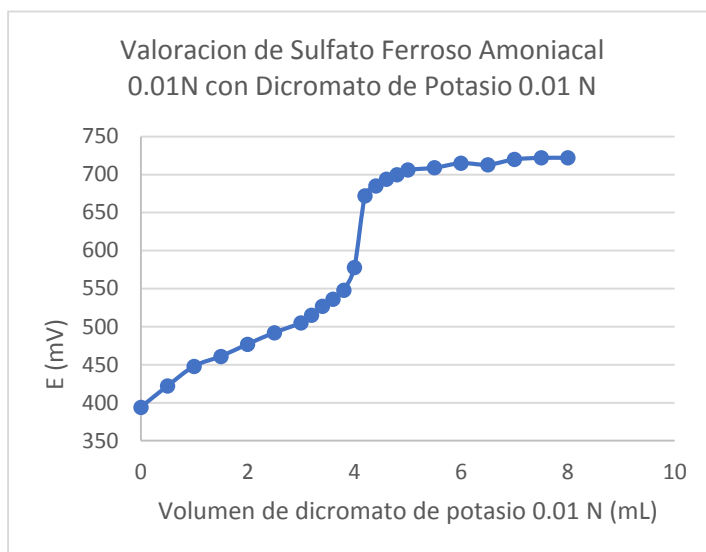
Segunda valoración electrodo comercial

ELECTRODO COMERCIAL			
2da. valoración		1ra. derivada	
V (mL)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	384	0.25	82
0.5	425	0.75	52
1	451	1.25	24
1.5	463	1.75	32
2	479	2.25	28
2.5	493	2.75	30
3	508	3.1	35
3.2	515	3.3	45
3.4	524	3.5	75
3.6	539	3.7	110
3.8	561	3.9	465
4	654	4.1	145
4.2	683	4.3	15
4.4	686	4.5	15
4.6	689	4.7	25
4.8	694	4.9	20
5	698	5.25	8
5.5	702	5.75	8
6	706	6.25	-4
6.5	704	6.75	20
7	714	7.25	0
7.5	714	7.75	8
8	718		



Tercera valoración electrodo comercial.

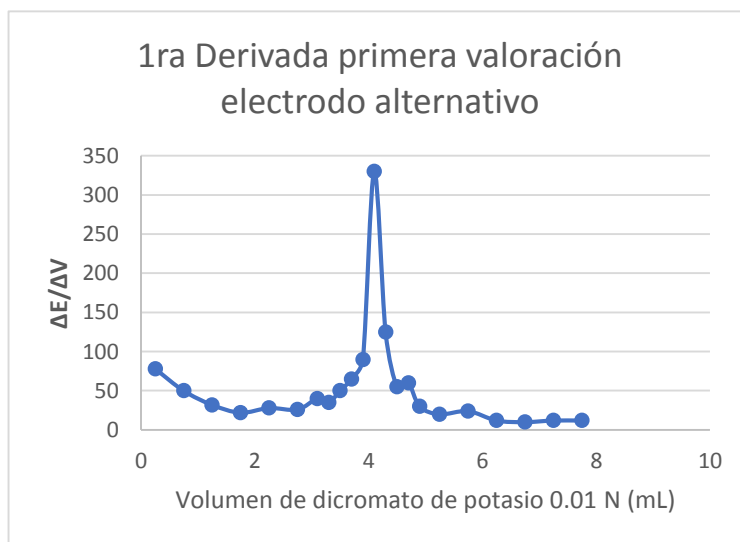
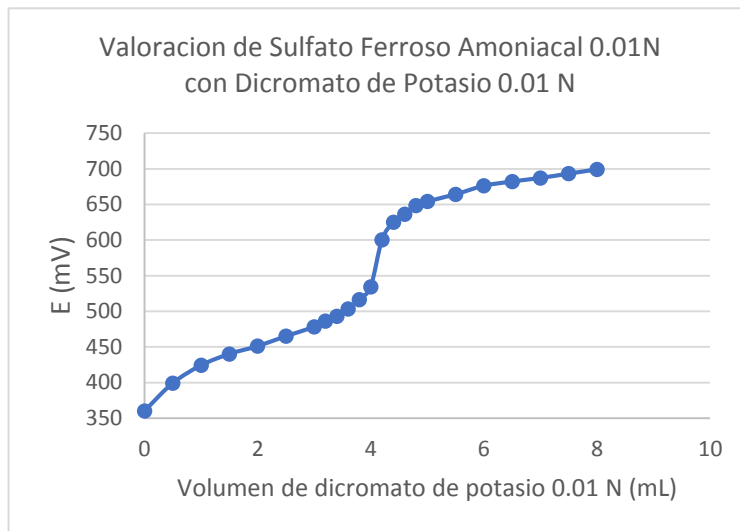
ELECTRODO COMERCIAL			
3ra. valoración		1ra. derivada	
V (mL)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	394	0.25	56
0.5	422	0.75	52
1	448	1.25	26
1.5	461	1.75	32
2	477	2.25	30
2.5	492	2.75	26
3	505	3.1	50
3.2	515	3.3	60
3.4	527	3.5	45
3.6	536	3.7	60
3.8	548	3.9	150
4	578	4.1	470
4.2	672	4.3	65
4.4	685	4.5	45
4.6	694	4.7	30
4.8	700	4.9	30
5	706	5.25	6
5.5	709	5.75	12
6	715	6.25	-4
6.5	713	6.75	14
7	720	7.25	4
7.5	722	7.75	0
8	722		



**Anexo 4: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 4 mL de alícuota usando electrodo alternativo.**

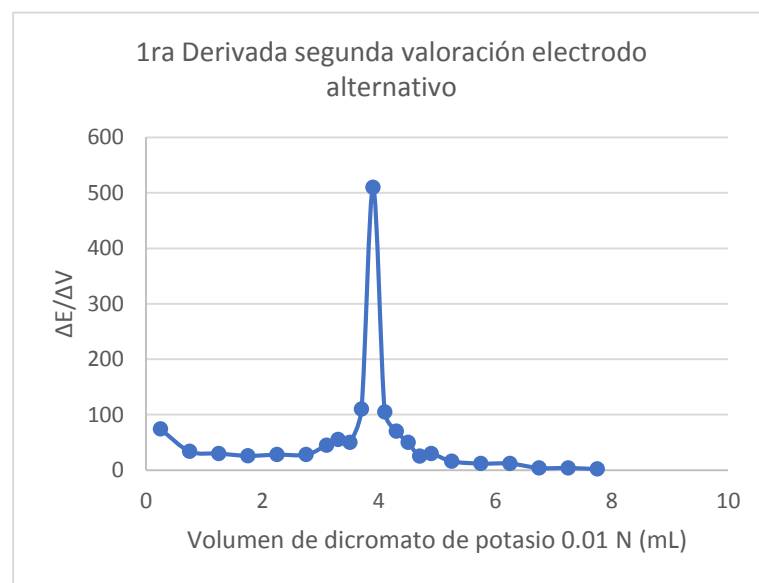
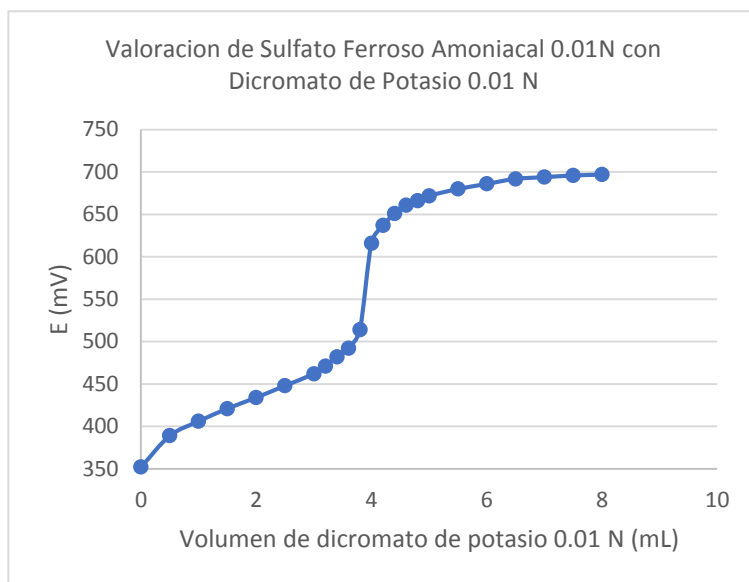
Primera valoración electrodo alternativo

<b>ELECTRODO ALTERNATIVO</b>			
<b>1ra. Valoración</b>		<b>1ra. Derivada</b>	
<b>V (mL)</b>	<b>E(mV)</b>	<b>V(mL)</b>	<b><math>\Delta E/\Delta V</math></b>
0	360	0.25	78
0.5	399	0.75	50
1	424	1.25	32
1.5	440	1.75	22
2	451	2.25	28
2.5	465	2.75	26
3	478	3.1	40
3.2	486	3.3	35
3.4	493	3.5	50
3.6	503	3.7	65
3.8	516	3.9	90
4	534	4.1	330
4.2	600	4.3	125
4.4	625	4.5	55
4.6	636	4.7	60
4.8	648	4.9	30
5	654	5.25	20
5.5	664	5.75	24
6	676	6.25	12
6.5	682	6.75	10
7	687	7.25	12
7.5	693	7.75	12
8	699		



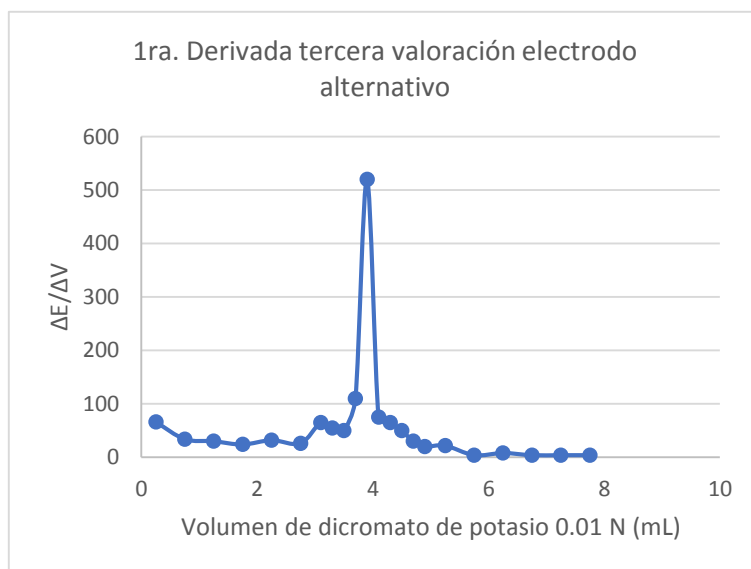
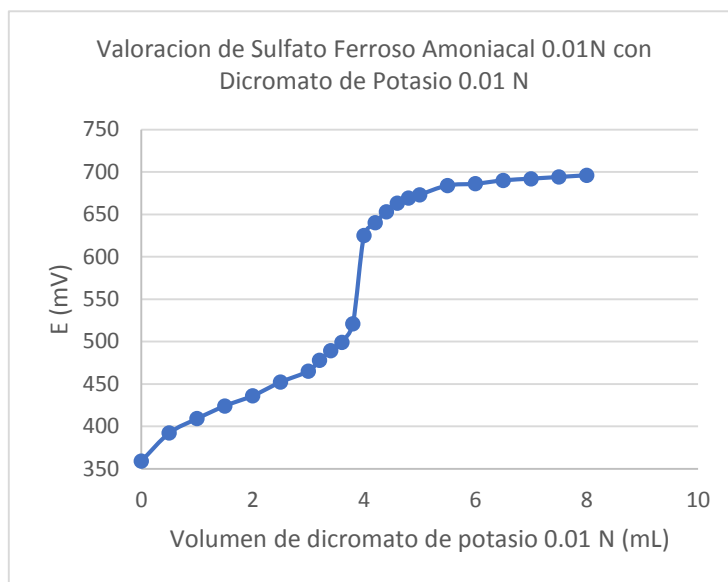
Segunda Valoración electrodo alternativo

ELECTRODO ALTERNATIVO			
2da. valoración		1ra derivada	
V (mL)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	352	0.25	74
0.5	389	0.75	34
1	406	1.25	30
1.5	421	1.75	26
2	434	2.25	28
2.5	448	2.75	28
3	462	3.1	45
3.2	471	3.3	55
3.4	482	3.5	50
3.6	492	3.7	110
3.8	514	3.9	510
4	616	4.1	105
4.2	637	4.3	70
4.4	651	4.5	50
4.6	661	4.7	25
4.8	666	4.9	30
5	672	5.25	16
5.5	680	5.75	12
6	686	6.25	12
6.5	692	6.75	4
7	694	7.25	4
7.5	696	7.75	2
8	697		



Tercera valoración electrodo alternativo

ELECTRODO ALTERNATIVO			
3ra. valoración		1ra derivada	
V (mL)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$
0	359	0.25	66
0.5	392	0.75	34
1	409	1.25	30
1.5	424	1.75	24
2	436	2.25	32
2.5	452	2.75	26
3	465	3.1	65
3.2	478	3.3	55
3.4	489	3.5	50
3.6	499	3.7	110
3.8	521	3.9	520
4	625	4.1	75
4.2	640	4.3	65
4.4	653	4.5	50
4.6	663	4.7	30
4.8	669	4.9	20
5	673	5.25	22
5.5	684	5.75	4
6	686	6.25	8
6.5	690	6.75	4
7	692	7.25	4
7.5	694	7.75	4
8	696		

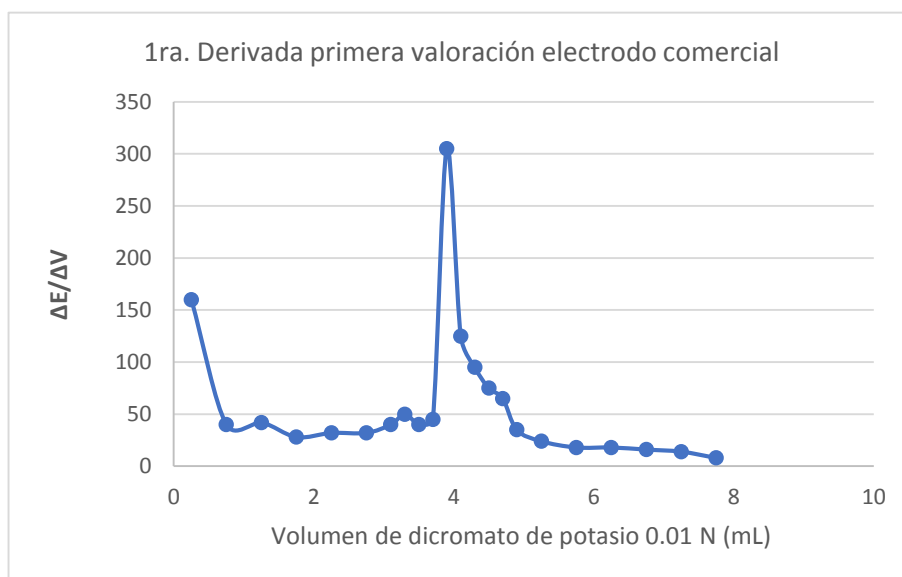
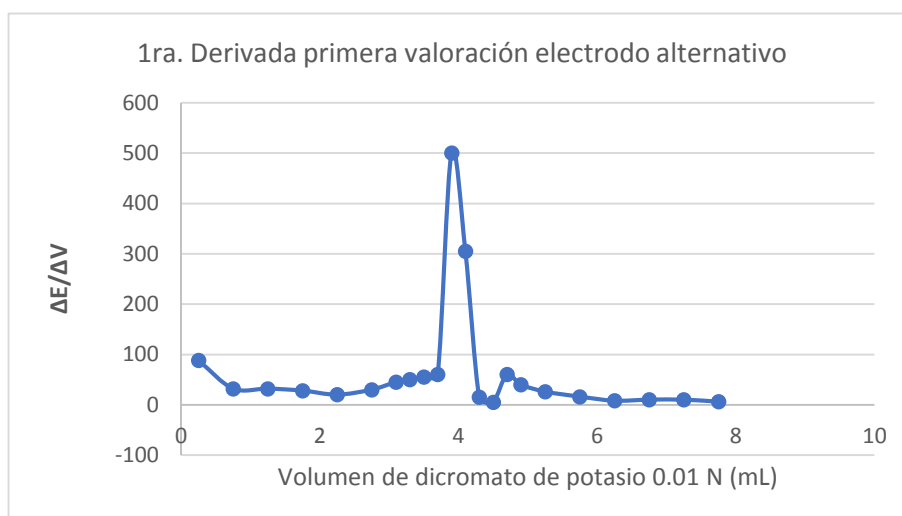
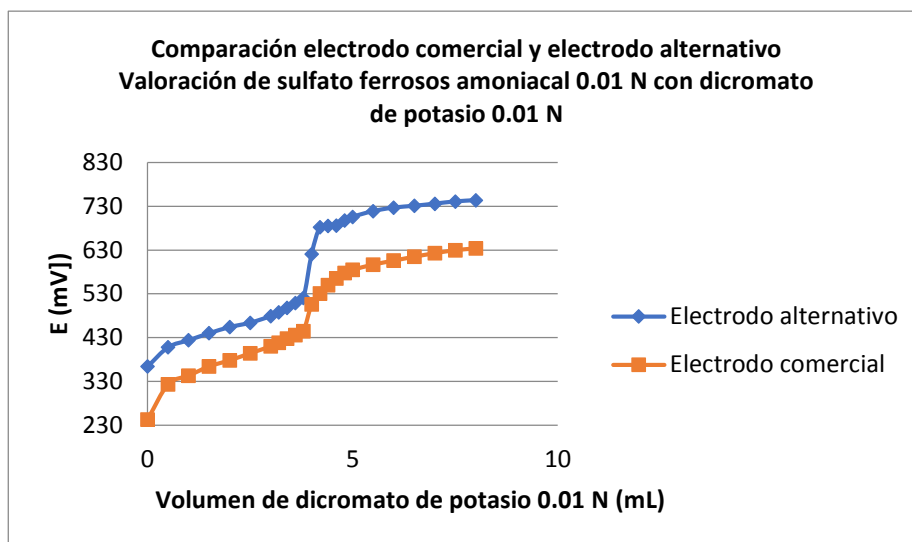


**Anexo 5: Tablas y gráficas de resultados de valoraciones de sulfato ferroso amoniacal 0.01 N con dicromato de potasio 0.1 N, 4 mL de alícuota en grupo piloto usando ambos electrodos al mismo tiempo.**

Primera valoración ambos electrodos grupo piloto.

Valoraciones			Método primera derivada		
	E. Alternativo	E. Comercial		E. Alternativo	E. Comercial
V (mL)	E(mV)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$	$\Delta E/\Delta V$
0	364	243	0.25	88	160
0.5	408	323	0.75	32	40
1	424	343	1.25	32	42
1.5	440	364	1.75	28	28
2	454	378	2.25	20	32
2.5	464	394	2.75	30	32
3	479	410	3.1	45	40
3.2	488	418	3.3	50	50
3.4	498	428	3.5	55	40
3.6	509	436	3.7	60	45
3.8	521	445	3.9	500	305
4	621	506	4.1	305	125
4.2	682	531	4.3	15	95
4.4	685	550	4.5	5	75
4.6	686	565	4.7	60	65
4.8	698	578	4.9	40	35
5	706	585	5.25	26	24
5.5	719	597	5.75	16	18
6	727	606	6.25	8	18
6.5	731	615	6.75	10	16
7	736	623	7.25	10	14
7.5	741	630	7.75	6	8
8	744	634			

Gráficas primera valoración ambos electrodos grupo piloto.

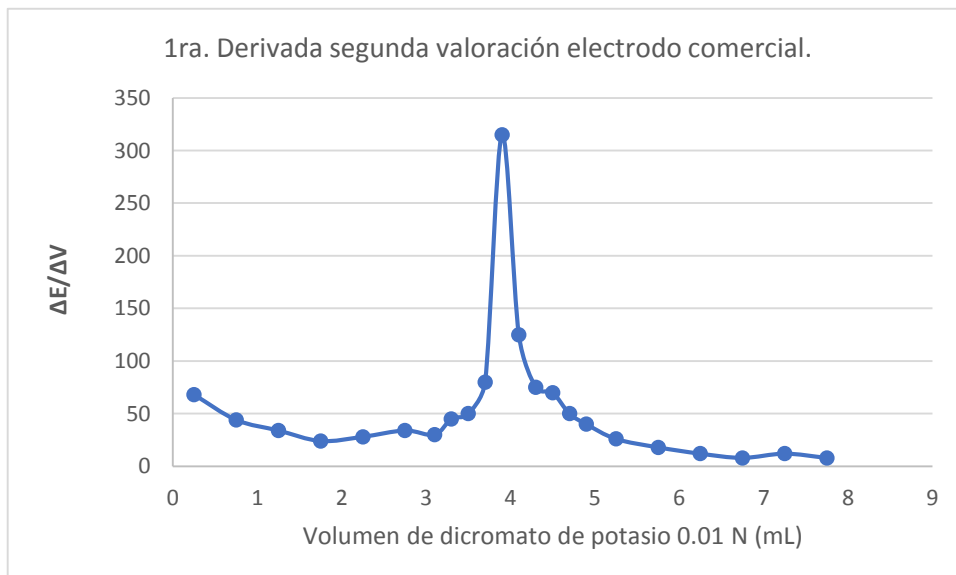
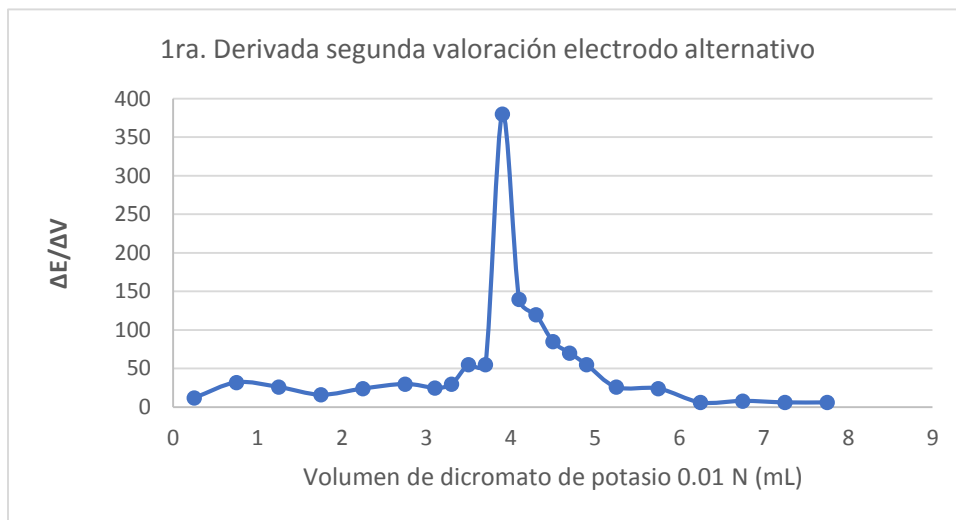
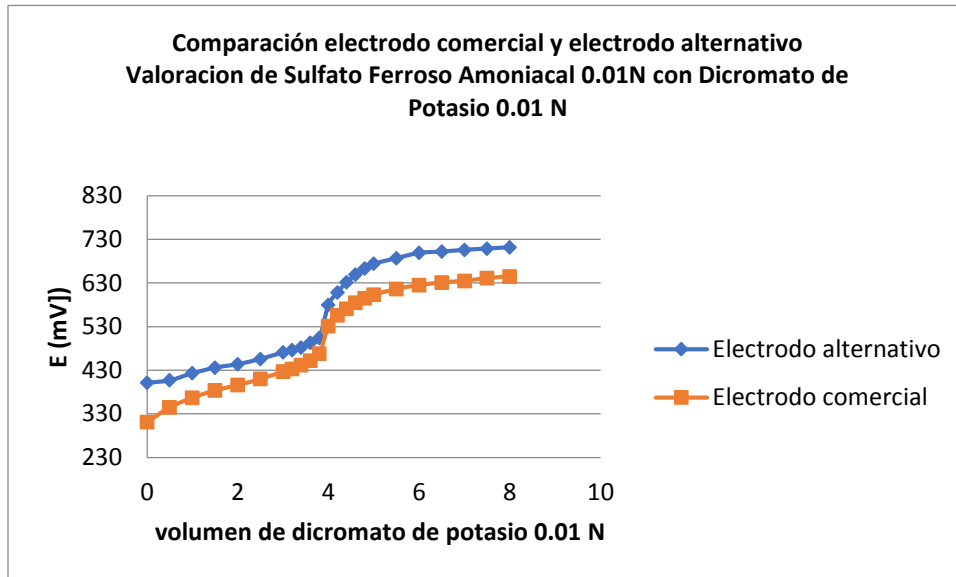




Segunda valoración ambos electrodos grupo piloto.

Valoraciones			Método primera derivada		
	E. Alternativo	E. Comercial		E. Alternativo	E. Comercial
V (mL)	E(mV)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$	$\Delta E/\Delta V$
0	401	311	0.25	12	68
0.5	407	345	0.75	32	44
1	423	367	1.25	26	34
1.5	436	384	1.75	16	24
2	444	396	2.25	24	28
2.5	456	410	2.75	30	34
3	471	427	3.1	25	30
3.2	476	433	3.3	30	45
3.4	482	442	3.5	55	50
3.6	493	452	3.7	55	80
3.8	504	468	3.9	380	315
4	580	531	4.1	140	125
4.2	608	556	4.3	120	75
4.4	632	571	4.5	85	70
4.6	649	585	4.7	70	50
4.8	663	595	4.9	55	40
5	674	603	5.25	26	26
5.5	687	616	5.75	24	18
6	699	625	6.25	6	12
6.5	702	631	6.75	8	8
7	706	635	7.25	6	12
7.5	709	641	7.75	6	8
8	712	645			

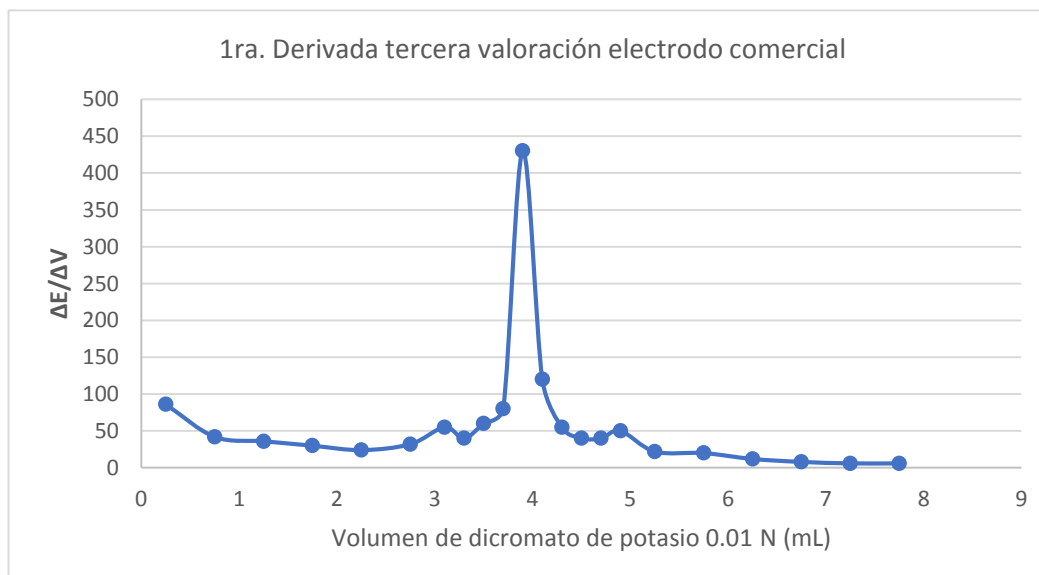
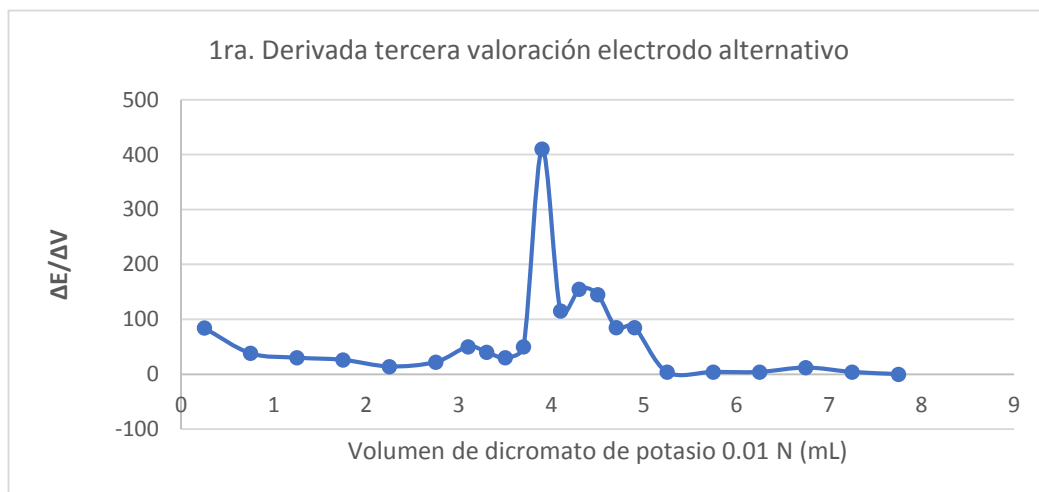
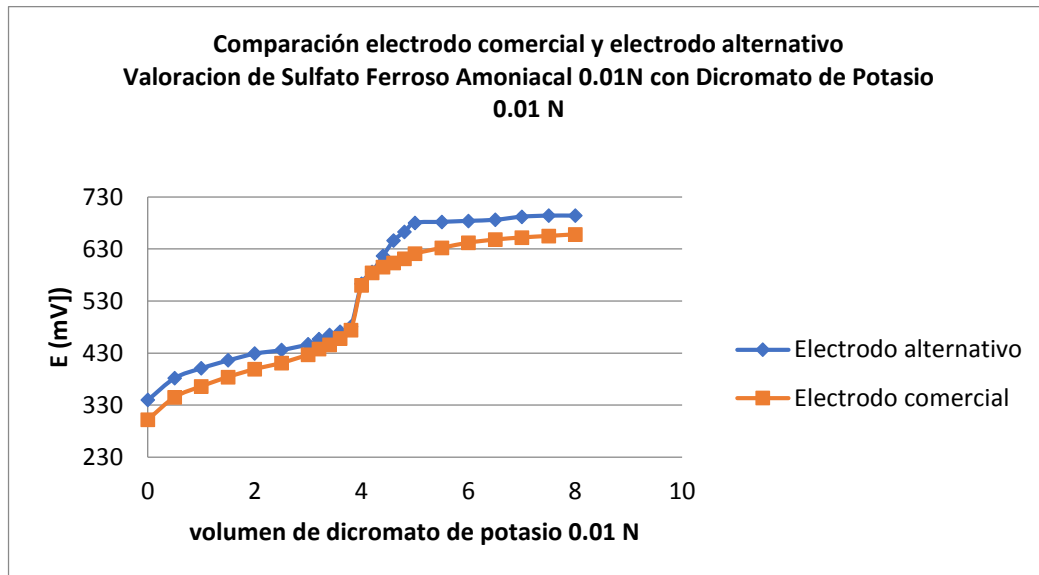
Gráficas segunda valoración ambos electrodos grupo piloto.



Tercera valoración ambos electrodos grupo piloto.

Valoraciones			Método primera derivada		
	E. Alternativo	E. Comercial		E. Alternativo	E. Comercial
V (mL)	E(mV)	E(mV)	V(mL)	$\Delta E/\Delta V$	$\Delta E/\Delta V$
0	340	302	0.25	84	86
0.5	382	345	0.75	38	42
1	401	366	1.25	30	36
1.5	416	384	1.75	26	30
2	429	399	2.25	14	24
2.5	436	411	2.75	22	32
3	447	427	3.1	50	55
3.2	457	438	3.3	40	40
3.4	465	446	3.5	30	60
3.6	471	458	3.7	50	80
3.8	481	474	3.9	410	430
4	563	560	4.1	115	120
4.2	586	584	4.3	155	55
4.4	617	595	4.5	145	40
4.6	646	603	4.7	85	40
4.8	663	611	4.9	85	50
5	680	621	5.25	4	22
5.5	682	632	5.75	4	20
6	684	642	6.25	4	12
6.5	686	648	6.75	12	8
7	692	652	7.25	4	6
7.5	694	655	7.75	0	6
8	694	658			

Gráficas tercera valoración ambos electrodos grupo piloto



## Anexo 6: Cotizaciones de materiales para realización del electrodo alternativo.

Alambre de platino 0.023mm. precio en \$USD. Se realizó la conversión a \$MXN.

# Goodfellow

Todos los materiales para Investigación Científica y Fabricación



**Platino - Hilo** Última actualización  
15 de marzo de 2019  
**Pt** **PT005113**

1 de 1

Si el producto mostrado no es exactamente el requerido por favor háganoslo saber mandandonos un [mensaje](#)

**Diámetro :** 0,025 mm  
**Pureza :** 99,9 %  
**Temple :** Duro

Para termopares de altas temperaturas, suministramos Pt, Pt/Rh10, Pt/Rh13, Pt/Ir10, W, W/Re3, W/Re5 y W/Re25.

### Longitud

Código pedido	Longitud	1 Bobina
673-324-16	1 m	USD 186,00
689-797-95	5 m	USD 265,00
224-739-41	10 m	USD 325,00
237-991-34	20 m	USD 409,00
092-425-68	50 m	USD 635,00

# Tubos de vidrio 5mm



VENTA MOSTRADOR  
\*A todo precio LABESSA\*

LUNES A VIERNES  
8:30 A 14:00  
15:00 A 17:00

**E**  
TELÉFONO CLIENTES

Carrito de Compras  
1 ítems \$17.40 MN

Buscar

Bienvenido, puede ingresar o crear cuenta

Inicio Categorías Contacto Nosotros Contacto Políticas de venta WhatsApp Guías de Embarque

Marcos Carrillo # 345 Col Viaducto Piedad CP 08200 Ciudad de México | Informes / Ventas: 01(55) 55309041 VENTAS: Locales Ext 113 FORÁNEOS EXT. 112

< Inicio > CRISTALERIA > TUBO DE VIDRIO 5.5 MM DIAMETRO PIEZA

**Categorías**

- Audio
- Balanzas
- Conjuntos de practicas
- Cristalería
- Equipo medico ▶
- Equipos ▶
- Esquemas murales
- Ferretería
- Globo terraqueo
- Imanes
- Instrumental
- Instrumentos de medición
- Juegos de geometría p/pizarrón
- Kil's científicos



**TUBO DE VIDRIO 5.5 MM DIAMETRO PIEZA**

**me gusta** Sé el primero de tus amigos en indicar que te gusta esto.

Existencia: 54

IMPORT VI  
Código: TU8210

Cantidad:

~~\$23.20 MN~~  
**\$17.40 MN**  
incluye IVA

**COMPRAR AHORA**

Tubos capilares sin heparina frasco con 100 piezas.

COMPRA POR PRODUCTO

- Agitadores +
- Analizadores Clínicos +
- Autoclaves
- Balanzas +
- Baños +
- Biología Molecular +
- Bombas +
- Cámaras +
- Campanas +
- Centrífugas +
- Cristalería +
- Equipos especializados +
- Equipos para veterinaria
- Equipos varios
- Espectrofotómetros para laboratorio +

INICIO > TUBOS CAPILARES



CIVEQ

## Tubos capilares

Código 1292B [Agregar al cotizador](#)

Opciones

Sin heparina

\$ 48.00 + iva

Cantidad

1

[Agregar al carrito](#)

### DESCRIPCIÓN

Los tubos capilares sirven para obtener cantidades diminutas de líquido y la determinación en el análisis de punto de fusión.

Fabricados de vidrio. Frasco con 100 piezas.

Conector BNC ponchable.



BUSCAR EN TODA LA TIENDA...



INICIAR SESIÓN



MI CARRITO 0

TV Y VIDEO

AUDIO

CABLES

ENERGÍA

SEGURIDAD

LO NUEVO

MÁS CATEGORÍAS

TIENDAS

## CONECTOR MACHO TIPO BNC DE APRETAR, PARA CABLE RG59

200-143

Se el primero en hacer una reseña



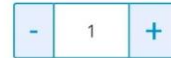
PRECIO POR VOLUMEN

ACUMULARÍAS EN STEREN CARD

\$1.4

\$14.00

OBTENER STEREN CARD



AÑADIR AL CARRITO

VER DISPONIBILIDAD EN TIENDA



COMPRA segura



PAGA AL recibir en efectivo

Compartir en



Agregar a favorito



DESCRIPCIÓN

RESEÑAS

Conector macho (plug) tipo BNC de apretar, para cable coaxial RG59.





BUSCAR EN TODA LA TIENDA...



INICIAR SESIÓN



MI CARRITO

0

TV Y VIDEO

AUDIO

CABLES

ENERGÍA

SEGURIDAD

LO NUEVO

MÁS CATEGORÍAS



TIENDAS

## CABLE COAXIAL RG59, DE 75 OHMS Y 30% DE MALLA DE ALUMINIO SIN ESTAÑAR, COLOR NEGRO

CATVN-100

Se el primero en hacer una reseña



PRECIO POR VOLUMEN

El precio mostrado es por metro

ACUMULARÍAS EN STEREN CARD

\$0.6

\$6.00

OBTENER STEREN CARD



AÑADIR AL CARRITO

VER DISPONIBILIDAD EN TIENDA



Compartir en



Agregar a favorito





DESCRIPCIÓN

RESEÑAS

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Cable coaxial RG59, de 75 Ohms y 30% de malla de aluminio sin estañar, útil para sistemas de televisión abierta o de paga. Se vende por metro o en rollo de 100 m.

**Anexo 7: Cotización de electrodo comercial.**

	<b>EQUIPAR S.A. DE C.V.</b> <b>INSTRUMENTOS CIENTIFICOS PARA UNA VIDA MEJOR</b>		<b>COTIZACION</b> 14340																																				
	JUAN SANCHEZ AZCONA No.1447, COL. DEL VALLE DEL. BENITO JUAREZ, C.P. 03100 RFC: EQU861104AT1 www.equipar.com.mx		<b>FECHA</b> 03-02-2018																																				
			<b>AGENTE</b> CIN	<b>CONTACTO</b> DAVID RUBEN RODRIGUEZ COBIAN																																			
<b>CLIENTE (711) UNAM/ FES CUAUTITLAN</b>			<b>ATENCION</b>																																				
KM. 2.5 CARR. CUAUTITLAN - TEOLUYUCAN No. COL. SAN SEBASTIAN XHALA C.P. 4510 RFC EQUIPAR: EQU861104AT1, NO. PROVEEDOR: N102131, MEX RFC: UNA2907227Y5			Q.SONIA RINCON 5556232010  rincon@unam.mx																																				
<b>REFERENCIA:</b>			<b>PRECIO EN MONEDA NACIONAL</b>																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARTIDA</th> <th>NO. CATALOGO</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>CANTIDAD</th> <th>TIEMPO DE ENTREGA</th> <th>PRECIO UNITARIO</th> <th>PRECIO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CPI59001-75</td> <td>ELECTRODO DE ORP(OXIDO REDUCCION), SIM -PLE JUNTA, RELLENO DE GEL,CUERPO EPOXICO PARA PROPOSITOS GENERALES. LONGITUD 127 MM X 12 MM DE DIAMETRO. TEMPERATURA DE OPERACION MAXIMA DE 80 GC</td> <td>1</td> <td>30 DIAS</td> <td>\$2,715.52</td> <td>\$2,715.52</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td style="text-align: right;">SUBTOTAL</td> <td>\$2,715.52</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td style="text-align: right;">IVA</td> <td>\$434.48</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td style="text-align: right;">TOTAL</td> <td>\$3,150.00</td> </tr> </tbody> </table>	PARTIDA	NO. CATALOGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TIEMPO DE ENTREGA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	1	CPI59001-75	ELECTRODO DE ORP(OXIDO REDUCCION), SIM -PLE JUNTA, RELLENO DE GEL,CUERPO EPOXICO PARA PROPOSITOS GENERALES. LONGITUD 127 MM X 12 MM DE DIAMETRO. TEMPERATURA DE OPERACION MAXIMA DE 80 GC	1	30 DIAS	\$2,715.52	\$2,715.52						SUBTOTAL	\$2,715.52						IVA	\$434.48						TOTAL	\$3,150.00				
PARTIDA	NO. CATALOGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TIEMPO DE ENTREGA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL																																	
1	CPI59001-75	ELECTRODO DE ORP(OXIDO REDUCCION), SIM -PLE JUNTA, RELLENO DE GEL,CUERPO EPOXICO PARA PROPOSITOS GENERALES. LONGITUD 127 MM X 12 MM DE DIAMETRO. TEMPERATURA DE OPERACION MAXIMA DE 80 GC	1	30 DIAS	\$2,715.52	\$2,715.52																																	
					SUBTOTAL	\$2,715.52																																	
					IVA	\$434.48																																	
					TOTAL	\$3,150.00																																	
<b>CONDICIONES</b> CONDICIONES DE PAGO: 30 DIAS PRECIOS NETOS LAB EN: MN VIGENCIA DE LA COTIZACIÓN: 30 DIAS NATURALES  NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES. TIEMPO DE ENTREGA SUJETA A CAMBIOS. ENTREGA EN SUS INSTALACIONES EN LA CDMX Y EL AREA METROPOLITANA CAMBIO DE PRECIOS SIN PREVIO AVISO AGREGAR 16% IVA (IMPUESTO AL VALOR AGREGADO) LA ENTREGA DE LOS EQUIPOS CON UN PESO MAYOR A 50 KG, SE REALIZARA EN LA PLANTA BAJA EN CASO DE ENVIO POR PAQUETERIA, TODA LA MERCANCIA VIAJA POR CUENTA Y RIESGO DEL CLIENTE. UNA VEZ CONFIRMADA SU ORDEN DE COMPRA NO SE ACEPTAN CANCELACIONES NI DEVOLUCIONES. EL PAGO DE LA FACTURA DEBERÁ DE HACERSE EN LA MONEDA ORIGEN COTIZADA O AL TIPO DE CAMBIO VIGENTE, EN LA REFERENCIA DEL PAGO INDICAR: NÚMERO DE FACTURA, PEDIDO O RAZÓN SOCIAL EQUIPAR, S.A. DE C.V. GARANTIZA LOS PRODUCTOS QUE VENDE, POR UN PERIODO DE 12 MESES CONTADOS A PARTIR DE LA FECHA DE ENTREGA O EMBARQUE, CONTRA DEFECTOS DE FABRICA O VICIOS OCULTOS, EXCEPTO: PARTES ELECTRICAS Y ELECTRONICAS LA GARANTIA ES VALIDA EN NUESTRAS INSTALACIONES EN EL DISTRITO FEDERAL UNA VEZ CONFIRMADA SU ORDEN DE COMPRA NO SE ACEPTAN CANCELACIONES NI DEVOLUCIONES. LA PRESENTE COTIZACION ESTARA SUJETA A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO EN CASO DE QUE LA PARIDAD DEL PESO FRENTE AL DÓLAR SE VEA AFECTADO POR UN IMPACTO IGUAL O MAYOR AL 3% ENTRE UN DIA Y OTRO, TENIENDO EQUIPAR LA FACULTAD DE MODIFICAR LOS PRECIOS DE LA PRESENTE EN LA MISMA PROPORCION.																																							
<b>ATENTAMENTE</b>  DAVID RUBEN RODRIGUEZ COBIAN																																							
TEL. 54209901 Ext 116 EMAIL: drodriguez@equipar.com.mx																																							
Equipar S.A de C.V.		Juan Sanchez Azcona 1447 Col. Del Valle, Del. Benito Juárez 03100, México. D.F. 1 / 1		Tel. 01 (55) 54209901 Fax: 01 (55) 56055673 www.equipar.com.mx																																			