



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ELECTROPULIDO DE ACERO INOXIDABLE 316,
Y SU EFECTO SOBRE LAS PELICULAS DE OXIDO
COMO SENSORES DE pH.

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA

P R E S E N T A :

DIANA DE GARAY HERNANDEZ

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

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

270096



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).

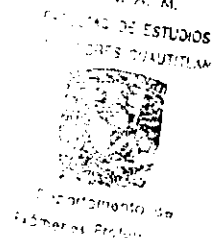
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Electropulido de acero inoxidable 316, y su efecto sobre
las películas de óxido como sensores de pH.

que presenta la pasante: Diana De Garay Hernández
con número de cuenta: 8314147-2 para obtener el TÍTULO de:
Química Farmacéutica Bióloga

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE,
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 03 de Noviembre de 199 8

PRESIDENTE Q. Cecilia González Ibarra

VOCAL M. en C. José de Jesús Pérez Saavedra

SECRETARIO Q.F.B. Delia Reyes Jaramillo

PRIMER SUPLENTE M. en C. Ma. Teresa Ramírez Silva

SEGUNDO SUPLENTE Q.F.B. Elia Granados Enriquez

DEDICATORIAS

A TI QUE ME HAS OTORGADO LA VIDA
QUE ME HAS PERMITIDO SER TU HIJA
QUE ME HAS BRINDADO TU AMISTAD
QUE ME HAS CONSOLADO Y APOYADO EN TODO MOMENTO
QUE ME PERMITES CONOCERTE DIA A DIA UN POCO MAS
QUE ME DAS FUERZA PARA SEGUIR ADELANTE
QUE HAS LLENADO MI VIDA DE GRANDES BENDICIONES
QUE NUNCA ME HAS ABANDONADO
QUE HOY Y SIEMPRE VIVES EN MI
QUE HAS CREADO TODAS LAS COSAS TAN MARAVILLOSAS QUE EXISTEN ...

POR ESO Y MUCHO MAS : GRACIAS

A MIS PADRES Y HERMANOS QUE PERMANECEN SIEMPRE UNIDOS Y SE APOYAN
MUTUAMENTE PARA SEGUIR ADELANTE.

A MIS SOBRINAS A LAS QUE QUIERO MUCHO Y DESEO QUE LOGREN TODOS SUS ANHELOS.

A MI PEQUEÑA FAMILIA QUE HE FORMADO, Y ME LLENA DE FELICIDAD.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA ME HAN OTORGADO SU AMISTAD, Y ME
HAN APOYADO CON CARIÑO Y ENTUSIASMO PARA QUE LOGRE LLEGAR A ESTA META.

AGRADECIMIENTOS

CON MI MAYOR AGRADECIMIENTO A USTED PROFESOR, MAESTRO Y AMIGO JOSE DE JESUS PEREZ SAAVEDRA , POR PERMITIRME TRABAJAR Y DESARROLLAR ESTE TRABAJO, BAJO SU DIRECCION Y CONOCIMIENTOS, POR CREER EN MI, POR EL ENTUSIASMO QUE ME REGALABA PARA CONTINUAR Y ESFORZARME POR LLEGAR A LA META CADA VEZ QUE ME DESAPARECIA Y QUE FINALMENTE HE LOGRADO, Y POR OTORGARME LA CONFIANZA, LA SABIDURIA Y LA VOZ AMIGA PARA NO CLAUDICAR EN CUALQUIER SITUACION QUE SE ME PRESENTA. MI ADMIRACION Y RESPETO A USTED.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO POR MEDIO DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN POR OFRECERME UNA ALTERNATIVA PARA CONTINUAR ESTUDIANDO Y TENER UNA PROFESION.

A TODOS LOS PROFESORES QUE COMPARTIERON SUS CONOCIMIENTOS PARA PODER TENER UNA FORMACION ACADEMICA.

AL SR. ISMAEL SAGRERO HUITAREO POR TODO EL APOYO ADMINISTRATIVO, OTORGADO SINCERO E INCONDICIONALMENTE.

A LOS LABORATORISTAS DE LA SECCION DE QUIMICA ANALITICA POR SU APOYO PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

AL JURADO QUE HA EVALUADO ESTE TRABAJO Y HA DADO UNA APORTACION CONSTRUCTIVA.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO 1. GENERALIDADES

- 1.1 Definiciones : pH, Actividad, Potencial (fuerza electromotriz), Ecuación de Nernst
- 1.2 pH en la Industria Farmacéutica
- 1.3 pH y las Bacterias
- 1.4 pH en el Ser Humano
- 1.5 Electrodo Convencionales y sus Características
- 1.6 Limitaciones de los Electrodo Convencionales
- 1.7 Una Nueva Alternativa: Electrodo No Convencionales POSAI-316
- 1.8 Electropulido y sus Aplicaciones

CAPITULO 2. OBJETIVO

CAPITULO 3. HIPOTESIS

CAPITULO 4. MATERIALES Y REACTIVOS

- 4.1 Materiales
- 4.2 Reactivos

CAPITULO 5. ELABORACION DE ELECTRODOS POSAI-316

- 5.1 Preparación del Sistema POSAI-316 como Electrodo Indicador de pH
- 5.2 Preparación del Sistema Electropulido EPOSAI-316 como Electrodo Indicador de pH

CAPITULO 6. EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS POSAI-316 Y EPOSAI-316

- 6.1 Valoraciones Acido-Base: Acido Fosfórico, Acido Cítrico y Acido Acético

CAPITULO 7. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

- 7.1 Resultados
- 7.2 Análisis de Resultados

CAPITULO 8. CONCLUSIONES

CAPITULO 9. BIBLIOGRAFIA

- ANEXO I
- ANEXO II
- ANEXO III
- ANEXO IV
- ANEXO V

INTRODUCCION

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Definiciones : pH, Actividad, Potencial (fuerza electromotriz), Ecuación de Nernst.

Es primordial y relevante saber lo que es el pH, ya que es determinante para el crecimiento de los seres vivos, sean plantas animales, y la misma existencia del ser humano.

Es necesario conocer inicialmente la definición del término pH, donde la letra p viene de la palabra poder, y la H es el símbolo del elemento hidrógeno, juntos, el término pH es la medida exponencial del ión hidrógeno.

El pH se define en términos de la actividad del ión hidrógeno :

$$\text{pH} = -\log_{10} a_{\text{H}^+} \quad \text{o} \quad 10^{-\text{pH}} = a_{\text{H}^+}$$

donde el pH es igual al logaritmo negativo de la actividad del ión hidrógeno, o la actividad del ión hidrógeno es 10 elevada al exponente $-\text{pH}$. La actividad es la concentración efectiva del ión hidrógeno que está en solución.

Por cada diez cambios en la actividad, el pH cambia por una unidad.

El intervalo de pH esta basado en la constante de disociación de agua, K_w ($K_w = a_{\text{H}^+} \cdot a_{\text{OH}^-}$).

En el agua pura, el ión hidrógeno (H^+) y el ión hidroxilo (OH^-) tienen igual concentración de 10^{-7} M, a 25°C , ésta es una solución neutra. (1)

La medición directa del potencial del electrodo está asociada con la actividad, de un ión activo cuanto éste participa en el equilibrio electroquímico que provoca cambios en la fuerza electromotriz del sistema.

La actividad a_x de un ión x en solución (a 25°C), se relaciona con su concentración C_x , mediante

la ecuación $a_x = \gamma_x C_x$; en donde γ_x es el coeficiente de la actividad del ión x y depende de la fuerza iónica de la solución. Así mismo, para soluciones diluidas es prácticamente la unidad, lo cual permite aproximar la actividad con la concentración. (2)

La medida de la fuerza electromotriz (f.e.m.) o potencial, es la base para varios métodos de análisis entre ellos, el análisis potenciométrico.

La f.e.m., medida, es la diferencia de potencial entre un electrodo indicador y un electrodo de referencia, ambos sumergidos en una solución electrolítica; donde el potencial, está relacionado a las actividades de las especies involucradas en el equilibrio electroquímico de la solución, por medio de la ecuación de Nernst, y a su vez la actividad, está relacionada a la concentración por los coeficientes de actividad. (19)

En las mediciones de pH, el electrodo indicador, es un electrodo de vidrio⁽²⁰⁾, el cual tiene una afinidad por los protones; estos, se acumulan en la superficie de la membrana debido a un fenómeno de adsorción y desorción, verificándose éste, por medio de un mecanismo de intercambio iónico que se establece entre los protones de la superficie de la membrana y los de la solución ⁽²¹⁾, provocando que las concentraciones del ión hidrógeno de la solución interna y los de la solución externa sean diferentes, acumulándose en un lado de la membrana más protones que en el otro lado, desarrollándose así, un potencial.

La relación entre el potencial y la concentración del ión hidrógeno de la solución externa, es la siguiente :

$$E = k + 0.059 \log [H^+] = K - 0.059 \text{pH} \dots\dots\dots \text{Ecuación de Nernst}$$

es decir, el potencial es una función lineal del pH de la solución, en donde el valor de k, depende de la composición del vidrio, de la temperatura, de la concentración del ión hidrógeno de la solución interna y del potencial de referencia interno.⁽¹³⁾

1.2 pH en la Industria Farmacéutica

El pH es una propiedad fisicoquímica fundamental cuanto se refiere a la estabilidad de los fármacos en solución, a su tolerancia por los tejidos y mucosas con los que se pondrán en contacto esas soluciones y a la actividad biológica o terapéutica de las mismas.

Las formas posológicas líquidas, notoriamente los inyectables acuosos, los colirios, las gotas nasales, los baños oculares, soluciones para lentes de contacto, lociones acuosas, etc., son tanto mejor tolerados cuanto más próximo está su pH al de los tejidos con que se pone en contacto, es decir, un pH alejado de los valores normales en una forma posológica, puede engendrar diversos trastornos.

Por ejemplo, teniendo presente que las soluciones ácidas, por ser precipitantes de proteínas, pueden ser nocivas por vía intravenosa rápidas y necrosantes por vía intramuscular y que las alcalinas son capaces de engendrar trastornos a nivel del endotelio vascular.

De igual manera, la irritación producida por soluciones muy ácidas, muy alcalinas, engendra un lagrimeo profuso que barre la medicación y hace la posología errática.

Resumiendo, según la consideración que se haga, tendremos para cada fármaco un pH múltiple :

- 1) Consideración fisiológica pH de óptima tolerancia
- 2) Consideración farmacológica pH de máxima actividad terapéutica
- 3) Consideración farmacéutica pH de óptima (o máxima) estabilidad

El pH final que tendrá una preparación farmacéutica será, por lo menos a priori, un pH de compromiso entre los tres. En caso de disyuntiva irresoluble debe optarse por el tercero, ya que la responsabilidad del farmacéutico está atejado de los valores de tolerancia y ello planteará problemas de administración, se indicarán en el marbete, las salvedades que corresponda (inyectar lentamente; uso exclusivamente intravenoso lento, etc.). Para finalizar este punto debe quedar claro que, muchos principios activos requieren un pH determinado que es necesario establecer y mantener. A ese pH debe supeditarse la naturaleza de los otros componentes de la fórmula. (2)

1.3 pH y las Bacterias

Desde el punto de vista microbiológico, también podemos observar que los cambios en el pH pueden afectar la actividad de un desinfectante, pero también el índice de crecimiento de la células bacterianas.

Un pH de 6 - 8 es óptimo para el crecimiento de muchas bacterias, y el índice de crecimiento en ambos lados de este intervalo. Además, el grado de ionización de desinfectantes ácidos o básicos dependen obviamente del pH.

Algunos antibacteriales catiónicos, tales como la acridina y compuestos cuaternarios de amonio, son usualmente más activos en soluciones alcalinas que en ácidas, aunque el pH óptimo varía con el compuesto concerniente.

Por el contrario fenoles y ácido benzoico son más activos en un medio ácido. (3)

1.4 pH en el Ser Humano

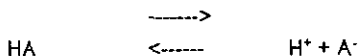
En el trabajo biológico es necesario definir ciertos conceptos que nos faciliten una más rápida comprensión de los equilibrios que se originan en el ser humano, y en los cuales el pH es fundamental, de tal manera que:

ácidos son las sustancias que liberan iones hidrógeno (protones) en solución (donadores de protones).

bases son las sustancias que aceptan iones hidrógeno (protones) y los extraen de la solución (aceptores de protones).

amortiguadores son soluciones que reducen al mínimo los cambios en el pH cuando se les añaden ácidos o bases, estos son parte de los mecanismos homeostáticos por los cuales se regula la neutralidad de los líquidos corporales. (4)

Un amortiguador es típicamente una solución que contiene un ácido débil, HA, junto con una sal de este ácido débil que, al estar altamente ionizado, provee aniones del ácido A⁻. La disociación del ácido débil puede ser escrita de la forma siguiente :



La concentración de iones hidrógeno en una solución amortiguadora depende de tres cantidades, la concentración del ácido no disociado y el anión, (HA) y (A⁻), así como de la constante de disociación del ácido, K_a por tanto, el pH de la solución se relaciona con estas tres cantidades.

$$K_a = \frac{(H^+) (A^-)}{(HA)}$$

$$\log H^+ = \log K_a + \log (HA) / (A^-) \quad \circ$$

$$pH = pK_a + \log (A^-) / (HA)$$

la última ecuación se conoce como la ecuación de Henderson - Hasselbalch; en la cual pK_a es el logaritmo negativo de K_a y el término final resulta del hecho

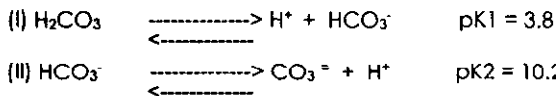
$$- \log \frac{(HA)}{(A^-)} \quad \text{es igual a} \quad + \log \frac{(A^-)}{(HA)}$$

En el cuerpo humano la concentración de iones hidrógeno se halla (en expresión logarítmica) aproximadamente a la mitad desde menos de 10⁻¹⁴ hasta más de 10⁻⁷.^[5]

Cambios ligeros de la concentración de iones hidrógeno desde los valores normales causan alteraciones netas en las reacciones químicas de las células, algunas se deprimen, otras se aceleran. Por tal motivo la regulación de la concentración de iones hidrógeno es uno de los más importantes aspectos de la homeostasia. ^[6]

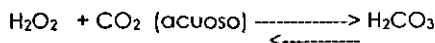
En el Cuadro No.1, se muestran los valores de pH en los líquidos y secreciones corporales.

El amortiguador más importante del plasma es el sistema bicarbonato-ácido carbónico. El ácido carbónico, un ácido diprótico, tiene dos pK de 3.8 y 10.2.



Es evidente que, dados estos valores de pK, ninguno de ambos equilibrios puede producir un sistema amortiguador en el pH fisiológico de 7.4.

Sin embargo, el ácido carbónico (el donador de protones) está en equilibrio con el CO₂ disuelto, el cual a su vez está en equilibrio con el CO₂ gaseoso.

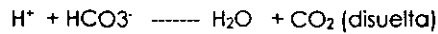


CUADRO NO. 1

VALORES DE pH DE LOS LIQUIDOS Y LAS SECRECIONES CORPORALES	
LIQUIDO O SECRECION CORPORAL	pH
Sangre	7.4
Leche	6.6 - 6.9
Bilis Hepática	7.4 - 8.5
Bilis Vesicular	5.4 - 6.9
Orina (normal)	6
Jugo Gástrico	0.87
Jugo Pancreático	8
Jugo Intestinal	7.7
Líquido Cefalorraquídeo	7.4
Saliva	7.2
Lágrimas	7.4
Heces	7.0 - 7.5

La reacción de hidratación, acoplada a la primera disociación del ácido carbónico (I), produce un pK aparente de 6.1 para la formación de bicarbonato.⁽⁴⁾

El bicarbonato presente en el plasma provee una notable forma de amortiguamiento para resistir una caída excesiva del pH. Los iones de hidrógeno que penetran a la sangre se combinan con los iones de bicarbonato, y forman ácido carbónico. Sin embargo, este último es inestable, y prácticamente todo se rompe para formar bióxido de carbono disuelto y agua :



Esto tiene un significado fisiológico muy importante. Ahora aplicando las ecuaciones de Henderson - Hasselbach :

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{(\text{A}^-)}{(\text{HA})}$$

El valor pK_a del sistema HCO₃⁻ / H₂CO₃ es 6.1. Pero el ácido carbónico es prácticamente convertido en forma rápida a bióxido de carbono disuelto. Por esta razón, la ecuación puede ser reescrita en la forma siguiente :

$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{(\text{HCO}_3^-)}{(\text{CO}_2 \text{ disuelto})}$$

El nivel de respiración (o más precisamente la tasa a la cual el bióxido de carbono es eliminado por los pulmones) es regulada para mantener la relación molar en el plasma del (HCO₃⁻) / (CO₂ disuelto) en aproximadamente 20.

De manera que la ecuación anterior sería la siguiente

$$\text{pH} = 6.1 + \log 20$$

y ya que $\log 20 \approx 1.30$

$$\text{pH} = 6.1 + 1.3 = 7.4 \text{ (o sea el valor fisiológico normal)}$$

El bicarbonato es la única base cuyo ácido conjugado puede ser rápidamente eliminado, razón por la cual la importancia excepcional del bicarbonato como amortiguador en el plasma, esta sustancia es rápidamente formada a partir del bióxido de carbono, que es un producto constante del metabolismo celular. ⁽⁵⁾

Desde otro punto de vista podríamos decir que sí :

$$7.4 = \text{pH de la sangre}$$

$$6.1 = \text{pK}_a \text{ H}_2\text{CO}_3$$

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{(\text{sal})}{(\text{ácidos})}$$

S* = sal bicarbonato

$$7.4 = 6.1 + \log \frac{S^*}{A}$$

A = ácido carbónico

$$1.3 = \log \frac{(\text{BHCO}_3)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)}$$

$$\text{antilog de } 1.3 = 20$$

$$\text{por tanto} \quad \frac{20}{1} = \frac{(\text{BHCO}_3)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)}$$

Cualquier cambio en la actividad del ión H⁺ será compensado por un ajuste de la reacción. Mientras se mantenga esta proporción, el pH de la sangre será normal. (?)

Como antes ya se mencionó el símbolo de pH se usa para expresar la concentración de iones hidrógeno; el pH es proporcional a la concentración de iones hidrógeno según la siguiente fórmula (expresando la concentración de H⁺ en equivalentes por litro) :

$$\text{pH} = \log \frac{1}{\text{H}^+ \text{ conc.}} = -\log \text{H}^+ \text{ conc.}$$

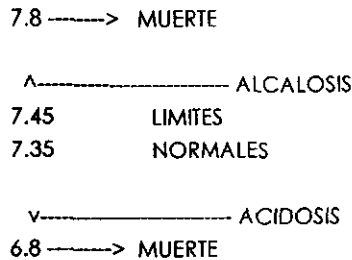
Se observa que según ésta fórmula un pH bajo corresponde a una concentración elevada de iones hidrógeno, constituyendo por consiguiente una acidosis, por lo general cuando una persona sufre acidosis tiene tendencia a morir en coma, y el efecto más importante es la depresión del Sistema Nervioso Central .

Cuando el pH de la sangre cae por debajo de 7.0 , se deprime tanto el Sistema Nervioso Central, que la persona primero sufre desorientación, luego cae en coma. Por lo tanto, los pacientes que mueren de acidosis diabética, urémica o de otro tipo fallecen en estado de coma.

Inversamente, un pH alto corresponde a una concentración baja de iones hidrógeno, formando alcalosis, la persona que sufre esto puede morir de tetania o convulsiones.

El efecto principal sobre el cuerpo es la hiperexcitabilidad del Sistema Nervioso Central.

Los nervios resultan tan excitables que automática y repetidamente desencadenan corrientes incluso en ausencia de estímulos normales, en consecuencia los músculos entran en un estado de tetania, o sea de espasmo tónico, aparece primero en los músculos del antebrazo, para difundirse rápidamente a los de la cara y, finalmente de todo el cuerpo. (4)



El pH intracelular se cree que suele variar entre 4.5 y 7.4 , según las células, quizá con promedio de 7.0 .(4)

El pH normal de la sangre arterial es de 7.4 ; el pH de la sangre venosa y de los líquidos intersticiales es de aproximadamente 7.35, por las cantidades extras de bióxido de carbono que forman ácido carbónico en estos líquidos.

El límite inferior en el cual es posible la vida humana por más de unos minutos es de aproximadamente 7.0, el límite máximo es de aproximadamente 7.7. (4)

Para evitar acidosis o alcalosis, el organismo dispone de varios sistemas especiales de contra:

- 1) Todos los líquidos corporales contienen sistemas amortiguadores ácidos básicos que inmediatamente se combinan con cualquier ácido o álcali, y así evitan los cambios excesivos de concentración de hidrógeno en el medio.
- 2) Si la concentración del ión hidrógeno cambia en forma manifiesta, los centros respiratorios son inmediatamente estimulados modificando la intensidad de la ventilación pulmonar.
- 3) Cuando la concentración de ión hidrógeno se aleja de lo normal los riñones eliminan una orina ácida o alcalina, con lo cual reajusta la concentración de iones hidrógeno de los líquidos corporales hacia valores normales.

Los sistemas amortiguadores pueden actuar en una fracción de segundo para evitar cambios excesivos de concentración de iones hidrógeno.

De uno a tres minutos para que el sistema respiratorio reajuste la concentración de iones

hidrógeno después que se ha producido un cambio brusco, los riñones que son el más poderoso de todos los sistemas reguladores del equilibrio ácido-básicos, necesitan de varias horas a un día o más, para reajustar la concentración de iones hidrógeno. (4)

Por lo anteriormente mencionado, es por lo cual la medida del pH es trascendental y esencial, de tal manera que la actividad del ión hidrógeno en solución es medido convencionalmente, con un sistema de medida de pH, consistente en un electrodo de vidrio, un electrodo de referencia, y un equipo de medida de pH (potenciométero). (1)

1.5 Electrodo Convencional y sus Características

Los electrodos de vidrio sensibles a la concentración de protones fueron primeramente introducidos en 1909, y fueron generalmente bien aceptados para determinación del pH. Similarmente electrodos con respuesta selectiva a otros iones son mucho más recientemente descubiertos alrededor de los 1960s. (8)

Los electrodos de vidrio son usados en gran demanda porque tienen una buena respuesta cerca de lo ideal de mV por unidad de pH a través de la escala de pH con pequeños errores en soluciones alcalinas o ácidas.

Químicamente es durable para desempeñarse como un electrodo de pH, físicamente es práctico, pero por ser de vidrio tiene ciertas desventajas, entre ellas que el vidrio no puede ser muy grueso, porque se incrementaría la resistencia eléctrica por lo que el electrodo puede apartarse de la respuesta normal, por consecuencia tendrá baja resistencia aún a ligeros golpes.

El electrodo es altamente higroscópico, por consiguiente, es necesario que la capa del bulbo de vidrio este hidratada para tener una buena respuesta de pH.

Como los constituyentes alcalinos son extraídos desde el vidrio por el agua, la red silicón-oxígeno es descompuesta y limita el tiempo de vida del electrodo. Esto ocurre desde ambos lados provocando fallas en el electrodo.

En general la resistencia del electrodo de vidrio depende de la composición del vidrio, las condiciones de hidratación del bulbo, la configuración del bulbo y la temperatura, porque ésta última si es mayor a 80°C, provoca disminución del tiempo de vida del electrodo.

La estructura del vidrio debe mantener sitios aniónicos para el intercambio de iones. El dióxido de silicón es el que más del 50% de su composición provee estas características. La composición usual del vidrio consiste en un metal(es) alcalinos, un metal bivalente o trivalente(s), y dióxido de silicón, los intervalos se muestran a continuación en el Cuadro No. 2

Cuadro No. 2

COMPOSICION TIPICA DEL VIDRIO					
Intervalo de pH del Electrodo	Metal alcalino 17 -32 %		Tierras raras o metales alcalinos 3 - 16%		Dióxido de silicón 60 - 75%
	Li ₂ O	Cs ₂ O	BaO	La ₂ O ₃	SiO ₂
0 - 14	28	2	5	2	63
0 - 11	25		7		68
0 - 14	28	3		4	65

Los electrodos con estrecho rango (pH 0-11), tienen menor resistencia que los electrodos de mayor rango (pH 0-14).

Cuando el bulbo pH-sensible es inmerso en una solución un equilibrio de intercambio se establece entre el ión hidrógeno y los iones en el vidrio. Este equilibrio es la fuente de la medida del potencial. El electrodo de vidrio solo no es suficiente para medir el potencial, entonces es necesario un electrodo de referencia para completar la medición del circuito.

El electrodo de referencia incorpora un elemento interno, normalmente calomel o Ag/AgCl, y una solución de llenado de un electrolito.

El elemento interno aparece como un paquete cilíndrico gris-blanco con brillante mercurio en la parte del elemento, esto es un calomel interno.

El electrodo de referencia suministra un potencial estable de referencia contra el cual el potencial del electrodo de vidrio puede ser comparado. Este también provee un potencial estable por medio de un elemento interno con una solución conocida, como lo es un calomel internamente rodeado de una solución saturada de Cloruro de potasio que suministra 244 mV contra el electrodo de hidrógeno.

En la medición del sistema, el potencial de vidrio es comparado por el potencial de referencia, y la diferencia entre estos potenciales es el potencial observado.

Otro tipo de electrodos utilizados para medir el pH, son los electrodos combinados, como su nombre lo dice, es la combinación de un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia dentro de una sonda simple, puede usarse como referencia o electrodo simple de vidrio, haciendo conexiones apropiadas al potenciómetro.

La combinación es normalmente construido con Ag/AgCl como porción interna de referencia. El diámetro del electrodo interno puede ser pequeño, con un calomel interno de diámetro largo, el material de referencia puede variar.

La principal ventaja de usar este tipo de electrodos, es por la medida de pequeños volúmenes de muestra o el limitado acceso a los contenedores.

Es conveniente saber que los electrodos antes mencionados (vidrio, referencia, y combinado), deben mantenerse hidratados, de preferencia en soluciones de buffer de fosfatos pH 7, cuando no se usan por largos períodos, ya que evitan el envejecimiento de los mismos.

Un buffer de pH 4, provee una respuesta rápida cuando se utiliza de rutina; lo más adecuado es guardar en soluciones de buffer pH 4 con unas gotas de Cloruro de Potasio saturado, y procurar mantener bien sellado para evitar la evaporación de las soluciones internas, esto aplica principalmente en el electrodo de referencia y el combinado.

En base a lo anterior, la utilización de este tipo de electrodos puede ser limitado por el solvente o mezcla de solventes donde este contenido la actividad del ión hidrógeno, ya que el solvente puede deshidratar el vidrio, e influye en la actividad iónica.

Los electrodos utilizados en soluciones no acuosas, tienden a deshidratarse, consecuentemente con la pérdida de la función de pH.⁽¹⁾

1.6 Limitaciones de los Electrodos Convencionales

Resumiendo, las limitaciones de estos Electrodos Convencionales serían :

- 1) Son de poca Resistencia.
- 2) Tienen problemas de medición a pH menores de 2 y mayores de 12.
- 3) La medición en las muestras sólo es posible en la posición vertical.
- 4) No es posible medir a temperaturas mayores de 100°C.
- 5) Estructuralmente son poco modificables.
- 6) Son de alto costo
- 7) En cantidades mínimas de muestra (biológicas), la determinación es nula.
- 8) En soluciones no acuosas, principalmente en el estudio potenciométrico del ácido fluorhídrico, no es posible la determinación directamente. ⁽¹⁵⁾

Existe un modelo teórico de intercambio de iones H^+ los cuales tenderán a difundirse a través de la membrana, desde la disolución más concentrada a la más diluida.

En la interfase entre la pared de vidrio y una disolución acuosa se produce un potencial que es función de la concentración de iones hidrógeno de la disolución. ⁽²³⁾

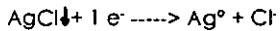
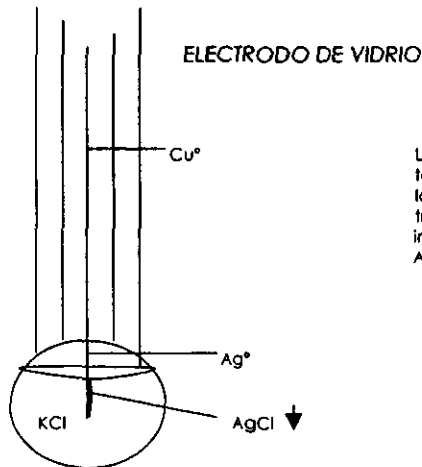
Un equilibrio de intercambio de ión es establecido entre los iones hidrógenos en la solución y los iones alcalinos del metal en el vidrio.

El potencial de este equilibrio es dependiente de la actividad del ión hidrógeno.⁽¹¹⁾

En la Figura No. 1, se ilustran las limitaciones de los electrodos convencionales, cuando se utilizan en soluciones extremas ácida o básica.

Considerando las limitaciones que tienen los electrodos convencionales, es imprescindible crear nuevas tecnologías que permitan determinar el pH, y superar las limitaciones.

FIGURA NO. 1 LIMITACIONES DE LOS ELECTRODOS CONVENCIONALES EN SOLUCIONES EXTREMAS ACIDAS O BASICAS



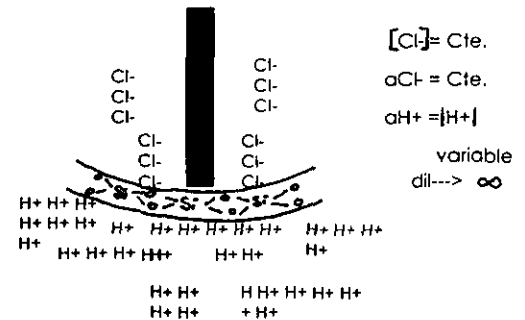
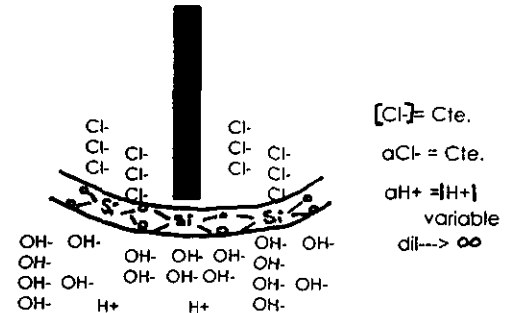
$$E = E^0 \text{AgCl/Ag}^0 + 0.06 \log 1/[\text{Cl}^-]$$

$$E = 0.8 + 0.06 \text{ p Cl}^-$$

↙
F (Cl⁻)

La actividad de los iones H⁺, es tan baja que a pH muy básico (12-14) los iones OH⁻, impiden su paso a través de la membrana, no existiendo interacción con los iones Cl⁻.
Actividad baja de H⁺ ----> pH básico

La actividad de los iones H⁺, es tan alta que a pH muy ácido (0-3) los iones H⁺, pasan a través de la membrana, interaccionan con los iones Cl⁻, que posteriormente no quedan más iones para interaccionar, aún si la actividad de los iones H⁺ sigue en aumento.
Actividad alta de H⁺ ----> pH ácido



1.7 Una Nueva Alternativa : Electrodo No Convencional POSAI-316

En la Facultad de Estudios Superiores -Cuautitlán (UNAM), a través de la sección de Química Analítica, se han desarrollado varios trabajos encaminados a obtener electrodos de estado sólido, selectivos a protones, mediante la aplicación de las películas de óxidos sobre acero inoxidable tipo 316 (POSAI-316). {11,12,13,14,15,16,17,18}

Este tipo de Electrodo No Convencional, que han sido probados y cumplen con el fin con el que fueron creados (10), al igual que se ha demostrado que el tratamiento químico al acero inoxidable 316, permite tener respuesta lineal en un amplio intervalo de pH (16), dan lugar a implementar un tratamiento preliminar de Electropulido (EPOSAI-316), antes de aplicar la película de óxidos con la finalidad de obtener electrodos más resistentes que den respuestas rápidas y estables con un comportamiento lineal que será comparado con un electrodo (POSAI-316), al cual no se le aplicó preliminarmente este tratamiento.

Para efectuar esta evaluación se realizaron 5 de titulaciones de ácido acético, ácido fosfórico, y ácido cítrico, utilizando hidróxido de sodio como valorante. Se utilizaron electrodos de estado sólido, selectivos a protones (iones hidrógeno). electropulidos (EPOSAI-316), y sin electropulir (POSAI-316).

En la Figura No.2, se observan los tres tipos de Electrodo para medir pH.

1.8 Electropulido y sus Aplicaciones

Cabe mencionar que el proceso de Electropulido es usado ampliamente en la metalografía de acero inoxidable, aleaciones de cobre, aluminio, magnesio, zirconio y otros metales que son difíciles de pulir por métodos mecánicos convencionales.

El electropulido puede remover completamente las trazas de metal remanente del trabajo de un esmerilado y operaciones de pulido usados en la preparación de la muestra.

En el electropulido los resultados varían con los electrolitos y metales utilizados.

Es el proceso de pulimento de una superficie anódicamente en una solución concentrada ácida o alcalina.

Durante el proceso, productos anódicos del metal disueltos reaccionan con el electrolito (conductor constituido generalmente por una solución o por un cuerpo en fusión, en el cual la propagación de la corriente se atribuye al movimiento de los iones producidos por la disociación electrolítica), para formar una película.

Dentro de sus aplicaciones tiene como propósito:

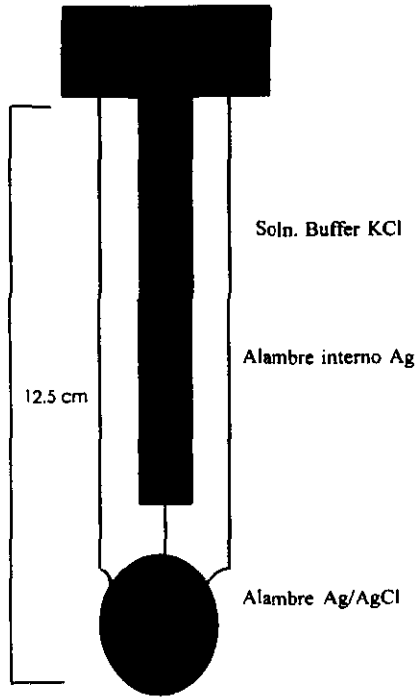
- * Mejorar la resistencia a la corrosión.
- * Mejorar la apariencia y reflectividad.

- *Preparar los metales para un recubrimiento anodizado (una capa protectora o decorativa).
- *Remover los bordes protuberantes producidos por el corte mecánico de la herramientas.
- *Remover la deformación y alteración de las capas de la superficie de los metales causadas por el corte, acción mecánica del rompimiento o desgarramiento del material. removido o de terminados abrasivos.
- *Remover material excesivo en pequeñas partes metálicas.

El electropulido más ampliamente usado es el que utiliza soluciones de uno o más ácidos inorgánicos concentrados como sulfúrico, fosfórico y crómico, algunas veces ácidos inorgánicos similares como el hidrofúorico o ácido clorhídrico, o ácidos orgánicos como acético, cítrico, tartárico o ácido glicólico, pueden ser usados con una o más de los ácidos concentrados orgánicos antes mencionados.^(9,10)

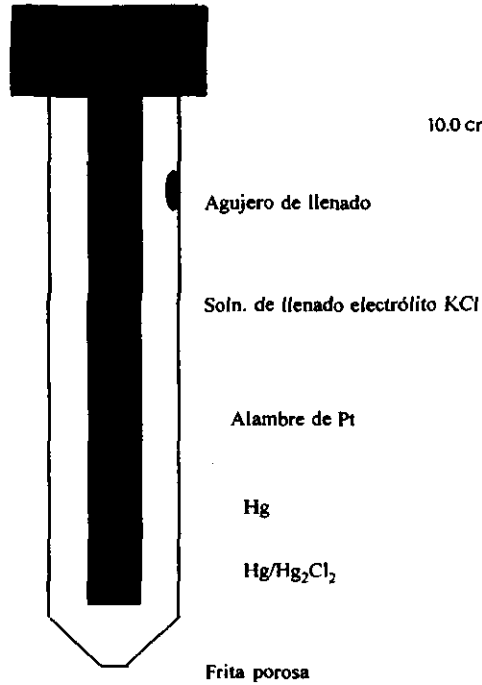
FIGURA NO. 2 TIPOS DE ELECTRODOS

Electrodo de Vidrio

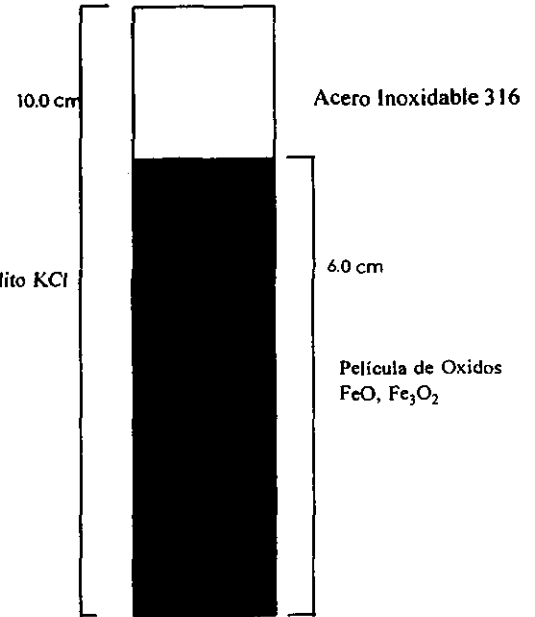


Membrana de vidrio sensible a pH

Electrodo de Referencia



POSAI-316



CONVENCIONALES

NO CONVENCIONAL

CAPITULO 2. OBJETIVO

Determinar la influencia del electropulido sobre la linealidad, estabilidad y tiempo de respuesta, en las películas de óxidos sobre acero inoxidable tipo 316 (POSAI-316), por medio de un análisis estadístico de pendiente y correlación.

CAPITULO 3. HIPOTESIS

Si se aplica el proceso de electropulido en los electrodos POSAI-316, será más optima su respuesta (EPOSAI-316).

CAPITULO 4. MATERIALES Y REACTIVOS

4.1 Materiales

- 2 Probetas de acero inoxidable tipo 316
- 2 Potenciómetros Corning (*) Modelo 7
- 1 Electrodo de referencia Plata/Cloruro de Plata
- 1 Electrodo Indicador de pH
- 1 Parrilla con agitación magnética Thermolyne
- 1 Balanza Analítica digital Mettler (*)
- 1 Termómetro 0 -100 °C Taylor
- 1 Amortiguador Electrónico
- 1 Sistema controlador de temperatura Lauda (*)
- 1 Agitador magnético corning(*)
- 1 Barra magnética
- 2 Pipetas volumétricas de 50 ml.
- 1 Soporte universal con pinzas y nuez
- 1 Espátula de acero inoxidable
- 1 Puente de Agar- Agar
- 1 Perilla
- 1 Piseta con agua destilada
- 2 Matraces volumétricos de 50, 100, y 1000 ml.
- 1 Vidrio de reloj
- 1 Celda para control de temperatura
- 1 Recipiente para el sistema controlador de temperatura Lauda (*)
- 1 Vaso de precipitados de 500 ml.
- 1 Vaso de precipitados de 1000 ml.
- 1 Bureta de 50 ml.

4.2 Reactivos

- Acido Cítrico Baker (*)
- Hidróxido de sodio Merck (*)
- Acido Acético Baker (*)
- Acido Fosfórico Baker (*)
- Agua destilada
- Acido Sulfúrico Baker (*)
- Trióxido de Cromo Merck(*)
- Cloruro de potasio Baker (*)
- Cloruro de bario Baker (*)

(*) Marcas Registradas de Material, Reactivos e Instrumentos para laboratorio.
El Material utilizado de vidrio es de marca Pyrex.

CAPITULO 5. ELABORACION DE ELECTRODOS POSAI-316 Y EPOSA-316

5.1 Preparación del Sistema POSAI-316 como Electrodo Indicador de pH

Se utilizaron electrodos de estado sólido, selectivos a protones (iones hidrógeno), electropulidos (EPOSAI-316), y sin electropulir (POSAI-316).

Ambos electrodos de estado sólido corresponden al mismo lote de acero inoxidable.

Se fabrica una probeta de acero inoxidable tipo 316 con diámetro de 0.6 cm. y largo de 10 cm. Se sumerge en 100 ml. de solución de ácido sulfúrico 5 M, y una solución de trióxido de cromo 2.5 M, durante 17 minutos a una temperatura de 70°C.

Formada la película de óxidos se lava minuciosamente con agua destilada para eliminar sales solubles; y se limpian los poros de la película de óxidos sumergiendo la probeta durante 12 minutos a 70°C en una solución de Hidróxido de sodio 0.1M.

5.2 Preparación del Sistema Electropulido EPOSAI-316 como Electrodo Indicador de pH

Se fabrica una probeta de acero inoxidable tipo 316 con diámetro de 0.6 cm. y largo de 10 cm.

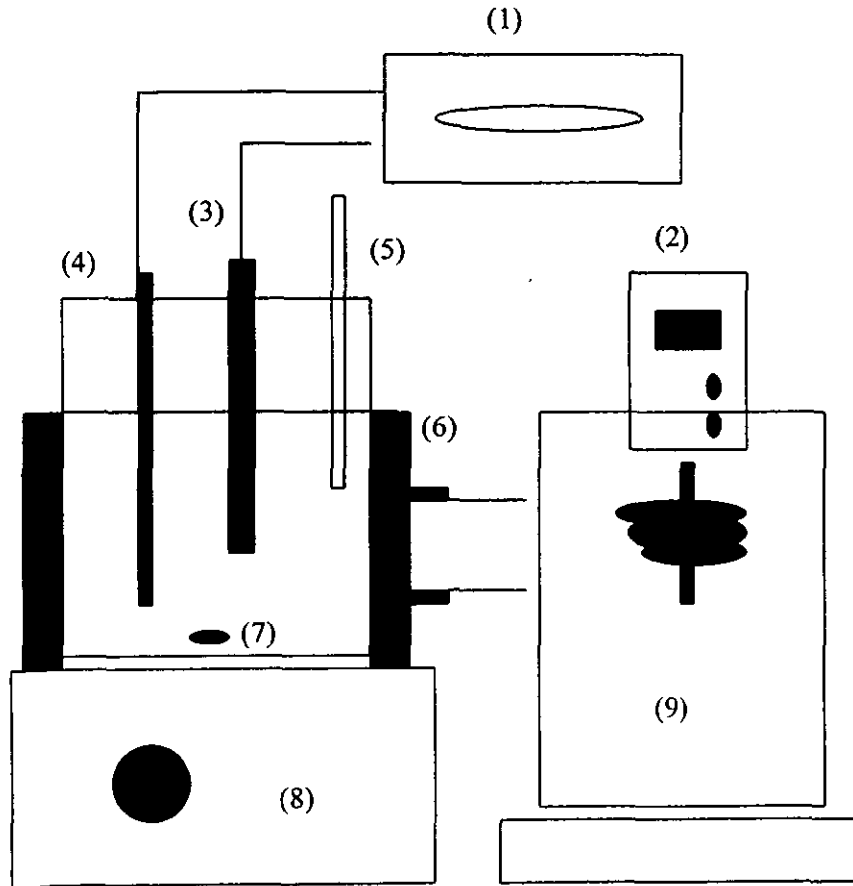
Se preparan 100 ml. de solución electrolítica, la cual contiene : 65 % de ácido fosfórico, 15 % de ácido sulfúrico, 6 % de trióxido de cromo, y 14 % de agua destilada.

La solución electrolítica se deja en agitación durante 15 min. y se controla la temperatura de la misma a 70 °C con un baño Lauda, una vez alcanzadas éstas condiciones se introduce la probeta de acero inoxidable tipo 316 como ánodo (aproximadamente 7 cm.), así como un electrodo de plomo como cátodo. Se conectan a la fuente de poder como se muestra en la Figura No.3 , y se aplica una corriente eléctrica de 4 ampers, durante 10 minutos. ⁽¹⁸⁾

Posteriormente se sumerge en 100 ml. de solución de ácido sulfúrico 5 M, y una solución de trióxido de cromo 2.5 M, durante 17 minutos a una temperatura de 70°C.

Formada la película de óxidos se lava minuciosamente con agua destilada para eliminar sales solubles; y se limpian los poros de la película de óxidos sumergiendo la probeta durante 12 minutos a 70°C en una solución de Hidróxido de sodio 0.1M.

FIGURA NO. 3 ELECTROPULIDO



- 1) Fuente de poder corriente de eléctrica de 4 amp.
- 2) Lauda
- 3) Electrodo de plomo
- 4) Probeta de acero inoxidable 316
- 5) Termómetro
- 6) Celda para recircular el agua
- 7) Barra magnética
- 8) Agitador magnético
- 9) Recipiente con agua a 70°C

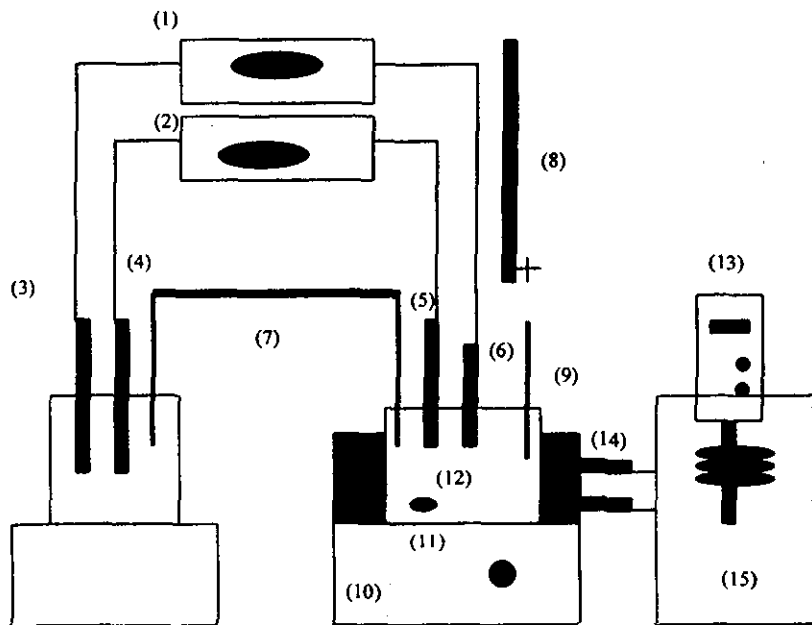
En un vaso de precipitados de 100 ml. se adicionan aproximadamente 80 ml. de solución de cloruro de potasio y se introducen los electrodos de referencia de plata/cloruro de plata de cada uno de los potenciómetros; en otro vaso de precipitados se agregan 50 ml. de las soluciones de ácidos a valorar con hidróxido de sodio, y se introducen los electrodos POSAI-316 y EPOSAI-316, respectivamente, se colocan sobre un agitador magnético y se conectan entre sí por medio de un puente de Agar-Agar.

Por medio del sistema de calentamiento Lauda(*), se recircula el agua por la celda que mantendrá el control de temperatura, en la solución y se verifica ésta con un termómetro. El montaje al que se hace referencia se observa en la Figura No.4 .

La evaluación del electrodo de vidrio se realizó obteniendo valores de la pendiente nernstiana que fue de -59.67 , de igual manera éste valor está determinado en tesis de licenciatura anterior.⁽¹⁶⁾ El valor de incertidumbre está dado por el potenciómetro utilizado, el cual es de ± 0.05 pH; ± 10 mV. ⁽²⁴⁾

La calibración de los electrodos se realiza por medio de un amortiguador electrónico, y se verifica con soluciones buffer estandarizadas de pH 4, pH 7 y pH 10.

FIGURA NO. 4 MONTAJE EXPERIMENTAL PARA VALORACIONES ACIDO-BASE



1,2) Potenciómetros Corning modelo 7

3,4) Electrodo de referencia Ag/AgCl

5) Electrodo indicador de pH

6) Electrodo POSAI-316 o EPOSAI-316

7) Puente salino agar-agar

8) Bureta con soln. valorante (hidróxido de sodio)

9) Termómetro

10) Agitador magnético

11) Barra magnética

12) Solución a valorar /ac. fosfórico, acético, cítrico)

13) Lauda

14) Celda para recirculación del agua para mantener la temperatura a 25°C

15) Recipiente con agua a 25°C

CAPITULO 6. EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS POSAI-316 Y EPOSAI-316

6.1 Valoraciones Acido-Base : Acido Fosfórico, Acido Cítrico y Acido Acético.

La utilización de estos ácidos es porque cubren un amplio intervalo de pH, además que ayudan a aumentar el acervo de ácidos ya trabajados en tesis de licenciatura anterior. ⁽¹⁴⁾

El ácido fosfórico tiene 3 pKa's 2.15 7.20 12.38

El ácido cítrico tiene 2 pKa's 3.128 4.761

El ácido acético tiene 1 pKa 4.756

⁽²⁵⁾

Se valoran 50 ml. de cada una de éstas soluciones de concentración 0.01M con hidróxido de sodio 0.1M.,

Midiendo con el electrodo indicador de pH, y con el sistema POSAI-316 el potencial (a 25 °C). El montaje se muestra en la Figura No.4.

Se realizaron 5 valoraciones para el cada uno de los Sistemas POSAI-316 y EPOSAI-316.

Preparación del Hidróxido de sodio 0.1M. (NaOH)

Para la preparación de la solución se pesa en un vidrio de reloj la cantidad de 5 gramos de hidróxido, se disuelve en 200-300 ml. de agua, contenida en un vaso de precipitados de 500 ml., se calienta y se agrega una solución, también caliente, de 2 a 3 g. de cloruro de bario en 25 a 30 ml de agua. Se deja enfriar y posteriormente se filtra, el filtrado se lleva al aforo con agua hervida en un matraz volumétrico de 1000 ml.

Preparación de Acido fosfórico 0.01M. (H₃PO₄)

Considerando una pureza de 85%, una densidad de 1.71 g/ml., y un peso molecular de 98 g., se tomaron 0.5 ml por cada litro de agua.

Preparación de Acido acético 0.01M. (CH₃COOH)

Considerando una pureza de 99.8%, una densidad de 1.05 g/ml., y un peso molecular de 60 g., se tomaron 0.6 ml por cada litro de agua.

Preparación de Acido cítrico 0.01M. (H₃C₆H₅O₇. H₂O)

Considerando que se encuentra monohidratado el peso molecular es de 210 g, se pesan 2.1 g por cada litro de agua.

CAPÍTULO 7. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 Resultados

- a) El sistema EPOSAI-316, presenta un acabado espejo y una superficie uniforme.
- b) La película en el sistema POSAI-316, es opaca y de color café cobrizo.
- c) En el sistema EPOSAI-316, la película es brillante y de color azul.
- d) La película de óxidos en ambas probetas es uniforme.⁽¹⁸⁾
- e) En el Anexo I las tablas 1,2,3 muestran los resultados obtenidos por el electrodo POSAI-316, con respecto a sus valores de linealidad correspondientes a las 5 valoraciones de cada una de los ácidos respectivamente.
Se realiza una determinación de desviación estándar, varianza y un análisis de varianza.
- f) En el Anexo I las tablas 4,5,6 muestran los resultados obtenidos por el electrodo EPOSAI-316, con respecto a sus valores de linealidad correspondientes a las 5 valoraciones de cada una de los ácidos respectivamente.
Se realiza una determinación de desviación estándar, varianza y un análisis de varianza.
Existe una referencia bibliográfica que se encuentra relacionada a los resultados obtenidos.⁽²⁶⁾
- g) En el Anexo II la tabla 7 es un condensado de los promedios de la pendiente (m), ordenada al origen (b), y el coeficiente de correlación (r^2), en los sistemas utilizados de POSAI-316 y EPOSAI-316 .
- h) En el Anexo III están los datos de pH vs. E(mv) potencial, en cada una de las valoraciones realizadas en ácido fosfórico, con sus respectivos gráficos, para cada uno de los Sistemas POSAI-316 y EPOSAI-316.
Cabe mencionar que en la primera gráfica los valores obtenidos varían en relación con las otras determinaciones y esto es, porque el POSAI-316 no fue debidamente acondicionado o preparado para iniciar la valoración, por eso, es recomendable mantener los electrodos POSAI-316 y/o EPOSAI-316 en una solución de NaOH 0.1 M una hora antes de utilizar.
- i) En el Anexo IV están los datos de pH vs. E(mv) potencial, en cada una de las valoraciones realizadas en ácido cítrico, con sus respectivos gráficos, para cada uno de los Sistemas POSAI-316 y EPOSAI-316.
- j) En el Anexo V están los datos de pH vs. E(mv) potencial, en cada una de las valoraciones realizadas en ácido acético, con sus respectivos gráficos, para cada uno de los Sistemas POSAI-316 y EPOSAI-316.

7.2 Análisis de Resultados

Al graficar los diferentes valores obtenidos de $E = f(\text{pH})$, para las valoraciones de cada uno de los ácidos utilizando el sistema POSAI-316 y EPOSAI-316 se observa lo siguiente :

- Existe una relación de tipo lineal en el intervalo de pH de 3 a 12.
- En base a lo anterior se aplica el proceso estadístico de regresión lineal al conjunto de datos para obtener los valores correspondientes a una línea recta, $y=b+mx$.
- La linealidad de las funciones $E=f(\text{pH})$, para los sistemas POSAI_316 y EPOSAI-316 , tienen pendientes en un valor no menor a -0.056 y no mayor a - 0.062, y sus correlaciones mayores al 0.99 .
- La respuesta de ambos electrodos POSAI-316 y EPOSAI-316, es selectiva para los iones hidrógeno en el intervalo de pH 3 a 12. ⁽¹⁴⁾

CAPITULO 8. CONCLUSIONES

- Las pendientes promedio de los sistemas POSAI-316 y EPOSAI-316, prácticamente no difieren de la pendiente teórica esperada ($m = -0.059$), y sus correlaciones ($r^2 = 0.999$), indican que para ambos sistemas la respuesta es lineal.
- Los resultados experimentales obtenidos muestran que el electrodo de estado sólido selectivo a protones (iones hidrógeno), POSAI-316 y EPOSAI-316, presentan una respuesta nernstiana la cual se mantiene en un pH de 3 a 12, con un comportamiento similar al electrodo de vidrio en el mismo intervalo de pH.
- Las correlaciones ($r^2 = 0.99$) indican que para ambos sistemas de electrodos, POSAI-316 y EPOSAI-316, la respuesta es lineal.
- La respuesta en el sistema EPOSAI-316 es más rápida y constante, en una relación de 1-10 segundos, que el sistema POSAI-316, que es de 30 - 60 segundos.
- Ambos sistemas POSAI-316 y EPOSAI, son electrodos de estado sólido económicos y fácilmente reproducibles, con respuestas similares a los electrodos convencionales de vidrio de alto costo.
- Los electrodos POSAI-316 y EPOSAI-316, pueden ser usados independientes al electrodo de vidrio, sin embargo, se utiliza éste porque el paradigma de las determinaciones sin su utilización aún existe.
- En base a los datos obtenidos en el Anexo I, sobre el valor de distribución de probabilidad F, que sirve para determinar si dos conjuntos de datos tienen diferentes grados de diversidad, se observa que estadísticamente las diferencias entre las medias de ambos tratamientos no es significativamente mayor de lo que se esperaba que fuese si fuera solo una estimación del grado de dispersión de las observaciones con respecto a la media.

CAPITULO 9. BIBLIOGRAFIA

- (1) C. Clark Westcott. pH Measurements. Academic Press Inc. London 1978.
- (2) José Helman. Farmacotecnia teórica y práctica. Continental 1a. edición. México 1981.
- (3) W.B. Hugo, A.D. Russell. Pharmaceutical Microbiology. Blackwell Scientific Publications. 3a. ed. London 1983.
- (4) N.V. Bhagavan. Bioquímica. Nueva Editorial Interamericana. 2a. ed. México 1984.
- (5) N.A. Edwards, K.A. Hassall. Bioquímica y Fisiología Celulares. El Manual Moderno. México 1976.
- (6) Arthur C. Guyton. Tratado de Fisiología Médica. Interamericana. 5a. ed. España 1977.
- (7) Harold A. Harper. Manual de Química Fisiológica. El Manual Moderno. 6a. ed. México 1978.
- (8) Derek Pletcher, Frank C. Walsh. Industrial Electrochemistry. Chapman and Hall. 2a. ed. Gran Bretaña 1990.
- (9) ASM Handbook. Metals Handbook. Metallography and Microstructures. Volume 9. Formerly Ninth Edition 1985.
- (10) William G. Wood. Metals Handbook Surface, cleaning, finishing, and coating. American Society for Metals. Volume 5. Ninth Edition 1982.
- (11) Nomura K., and Ujihira Y. Response of Oxide Films on Stainless Steel as a pH Sensor. Anal. Chem. 1988, 60, 2564-2567.
- (12) Carrasco Suárez, Miguel Angel. Tratamiento Químico de un Acero Inoxidable para la Construcción de un Electrodo de Estado Sólido Selectivo de Protones. Tesis de Licenciatura, I.Q. FESC-UNAM, 1991.
- (13) Maldonado Martínez, Adrián Alfonso. Tratamiento Térmico de Acero Inoxidable Tipo 304 y Acero Inoxidable Tipo 316 para la Elaboración de un Electrodo de Estado Sólido Selectivo de Protones. Tesis de Licenciatura, I.Q. FESC-UNAM, 1992.
- (14) Samano Osuna, Rosalba Eurídice. Aplicación de las Películas de Oxido sobre Acero Inoxidable 316 para la Elaboración de Ocho Curvas de Valoración Acido-Base. Tesis de Licenciatura, I.Q. FESC-UNAM, 1992.

- (15) Pineda Gaona, Esperanza. Elaboración de Dos Electrodo de Estado Sólido, Uno Selectivo para Cloruros y otro a Yoduros.
Tesis de Licenciatura, I.Q. FESC-UNAM, 1991.
- (16) Reyes Colín, Miguel Angel. Aplicaciones de las POSAI-316.
Tesis de Licenciatura, I.Q. FESC-UNAM, 1994.
- (17) Rosales Valdéz, Genaro. Estudio Potenciométrico del Acido Fluorhídrico: sólo, en presencia de Nitrato de Magnesio y en presencia de Nitrato de Litio.
Tesis de Licenciatura, I.Q. FESC-UNAM, 1996.
- (18) Ruiz Palomo, Carlos Alberto. Estudio de la Película de Oxidos sobre Acero Inoxidable-316 por Métodos Electroquímicos y Microscopía Electrónica.
Tesis de Licenciatura, I.Q. FESC-UNAM, 1997.
- (19) Akiyama T., Ujihira Y., Okabe Y., Sugano T. Ion -sensitive Field-Effect transistors with Inorganic Gate Oxide for pH sensing. IEEE Transaction on Electron Devices, 1982.
- (20) Flaschka H.A., Barnard A.J. Química Analítica Cuantitativa Vol. I 1984 C.E.C.S.A.
- (21) Latinen H.A. , Harris W.E. Análisis Químico 1982. Ed. Reverte.
- (22) Harris Daniel. Análisis Químico Cuantitativo. Grupo Editorial Iberoamérica. 3a. Edición. México 1992.
- (23) Malcoln Dole. Principios de Electroquímica experimental y teoría. Ed. Alhambra 1a. edición Madrid, España 1952.
- (24) CORNING SCIENTIFIC INSTRUMENTS. Medfield, Massachusetts 02052.
- (25) John A. Dean .Manual de Química Lange. Tomo II. Ed. Mc GRAW-HILL. 13a.edición. Tennessee U.S.A. 1995.
- (26) Rosales Váldez Genaro., Pérez Saavedra José de Jesús. Estudio Potenciométrico del Acido Fluorhídrico con Electrodo POSAI-316 . Revista de la Sociedad Química No. 4 Vol. 42. 1998.

ANEXO I

TABLA No.1

AC. ACETICO

		POSAI-316	
	m (mV/pH)	r ²	b (mV)
1)	-61.9538	0.998936	484.7053
2)	-62.1258	0.998796	496.9952
3)	-62.0888	0.999188	499.5581
4)	-61.2049	0.998854	496.062
5)	-62.5692	0.999077	509.0736
n	5	5	5
Prom.	-61.9885	0.99897	497.2788
Desv. std	0.495317	0.000161	
Varianza	0.245339	2.6E-08	

TABLA No.4

EPOSAI-316

		EPOSAI-316	
	m (mV/pH)	r ²	b (mV)
	-59.0117	0.999524	491.3046
	-58.0817	0.999473	488.7105
	-57.7708	0.999576	499.8406
	-58.0819	0.999453	507.3253
	-57.578	0.999437	502.7429
n	5	5	5
Prom.	-58.1048	0.999493	499.6548
Desv. std	0.550591	5.7E-05	
Varianza	0.30315	3.25E-09	

TABLA No.2

AC.CITRICO

		AC.CITRICO	
	m (mV/pH)	r ²	b (mV)
1)	-56.5951	0.99955	426.0789
2)	-60.7012	0.99949	475.6312
3)	-59.933	0.999441	430.3171
4)	-59.62	0.999302	438.1382
5)	-59.4996	0.999217	440.4101
n	5	5	5
Prom.	-59.2698	0.9994	442.1151
Desv. std	1.566701	0.000137	
Varianza	2.454552	1.88E-08	

TABLA No.5

		TABLA No.5	
	m (mV/pH)	r ²	b (mV)
	-57.6439	0.999527	477.5042
	-60.7455	0.998787	483.0958
	-57.9328	0.998546	455.1198
	-58.5017	0.999547	475.7225
	-57.5845	0.998935	450.172
n	5	5	5
Prom.	-58.4817	0.999068	468.3229
Desv. std	1.316564	0.00045	
Varianza	1.73334	2.02E-07	

TABLA No.3

AC.FOSFORICO

		AC.FOSFORICO	
	m (mV/pH)	r ²	b (mV)
1)	-59.9775	0.996904	290.7833
2)	-57.5197	0.999286	420.55
3)	-57.3677	0.998681	438.6
4)	-58.832	0.998746	443.3841
5)	-58.2187	0.994022	446.6215
n	5	5	5
Prom.	-58.3831	0.997528	410.8545
Desv. std	1.066202	0.002156	
Varianza	1.136787	4.65E-06	

TABLA No. 6

		TABLA No. 6	
	m (mV/pH)	r ²	b (mV)
	-58.8329	0.99976	404.7554
	-58.4724	0.999526	379.331
	-57.2453	0.999047	404.9877
	-58.0854	0.999518	406.2481
	-59.0335	0.999726	409.8258
n	5	5	5
Prom.	-58.3339	0.999515	401.0296
Desv. std	0.707889	0.000284	
Varianza	0.501106	8.09E-08	

POSAI-316

EPOSAI-316

Promedio de Varianza para la pendiente

1.278893

0.8459

Promedio de Varianza para el coef. de correlación

1.56E-06

9.55E-08

Varianza Poblacional para la pendiente

6.18E+00

3.002

Varianza Poblacional para el coef. de correlación

3.56E-11

5.03E-14

F(1,12) 99%= 9.35

m = 4.829 <

> m = 3.549

9.35

r² = 2.28E-05 <

> r² = 5.24E-07

m=pendiente

r²=coeficiente de correlacion

b=ordenada al origen

ANEXO II

TABLA No. 7

VALORES PROMEDIO

	POSAI	EPOSAI	POSAI	EPOSAI
	m(prom.)	m(prom.)	r²(prom.)	r²(prom.)
AC.ACETICO	-61.9885	-58.1048	0.99897	0.999493
AC. CITRICO	-59.2698	-58.4817	0.9994	0.999068
AC.FOSFORICO	-58.3831	-58.3339	0.997528	0.999515
PROMEDIO GENERAL	-59.8805	-58.3068	0.998633	0.999359

POSAI=ELECTRODO SIN ELECTROPULIR

EPOSAI=ELECTRODO ELECTROPULIDO

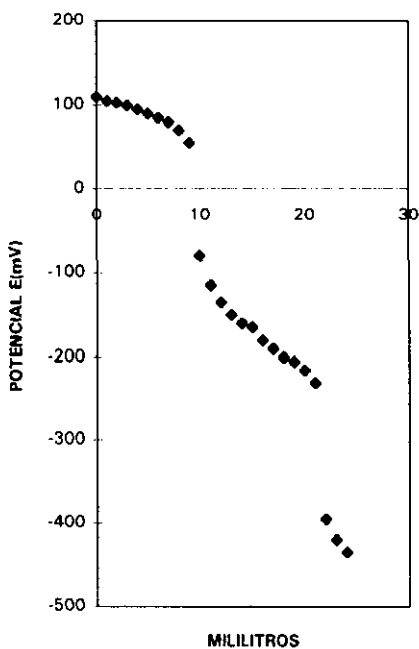
ANEXO III

VALORACION ACIDO-BASE

ACIDO FOSFORICO

ml	E(mV)	pH
0	110	3
1	105	3.05
2	103	3.1
3	100	3.15
4	95	3.2
5	90	3.25
6	85	3.32
7	80	3.45
8	70	3.6
9	55	3.85
10	-80	6.7
11	-115	7
12	-135	7.3
13	-150	7.4
14	-160	7.5
15	-165	7.7
16	-180	7.8
17	-190	8
18	-200	8.1
19	-205	8.3
20	-215	8.4
21	-230	8.9
22	-395	11.45
23	-420	11.55
24	-435	11.85

VALORACION DE ACIDO FOSFORICO
CON HIDROXIDO DE SODIO POSAI-316



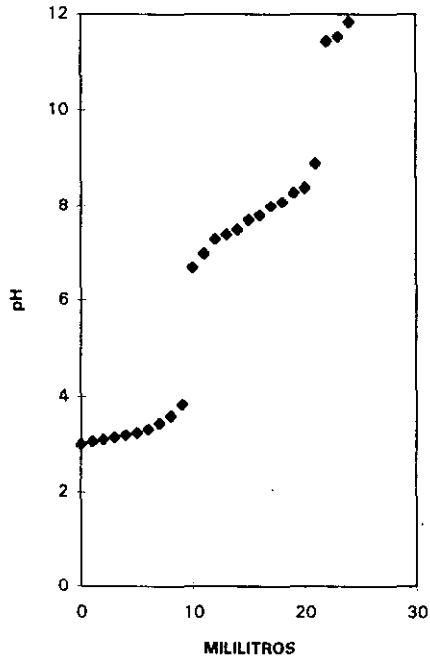
pKa 1 = 2.15 pKa 2 = 7.20 pKa 3 = 12.38

VALORACION ACIDO-BASE

ACIDO FOSFORICO

ml	E(mV)	pH
0	110	3
1	105	3.05
2	103	3.1
3	100	3.15
4	95	3.2
5	90	3.25
6	85	3.32
7	80	3.45
8	70	3.6
9	55	3.85
10	-80	6.7
11	-115	7
12	-135	7.3
13	-150	7.4
14	-160	7.5
15	-165	7.7
16	-180	7.8
17	-190	8
18	-200	8.1
19	-205	8.3
20	-215	8.4
21	-230	8.9
22	-395	11.45
23	-420	11.55
24	-435	11.85

VALORACION DE ACIDO FOSFORICO
CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO DE VIDRIO



pKa 1 = 2.15 pKa 2 = 7.20 pKa 3 = 12.38

DATOS

pH	E (Mv)
3	110
3.05	105
3.1	103
3.15	100
3.2	95
3.25	90
3.32	85
3.45	80
3.6	70
3.85	55
6.7	-80
7	-115
7.3	-135
7.4	-150
7.5	-160
7.7	-165
7.8	-180
8	-190
8.1	-200
8.3	-205
8.4	-215
8.9	-230
11.45	-395
11.55	-420
11.85	-435

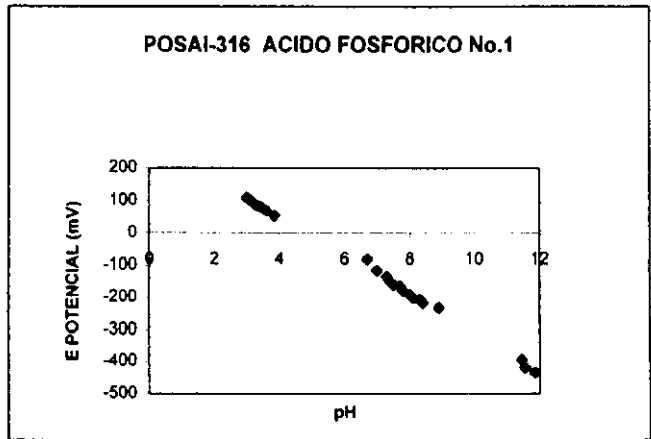
ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.1

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	290.7833
Error de estim. Y	9.98043
Coef. determinac. (r ²)	0.996904
Tamaño de la muestra	25
Grados de libertad	23

Coficiente(s) X	-59.9775
Error coef. X	0.696974



DATOS

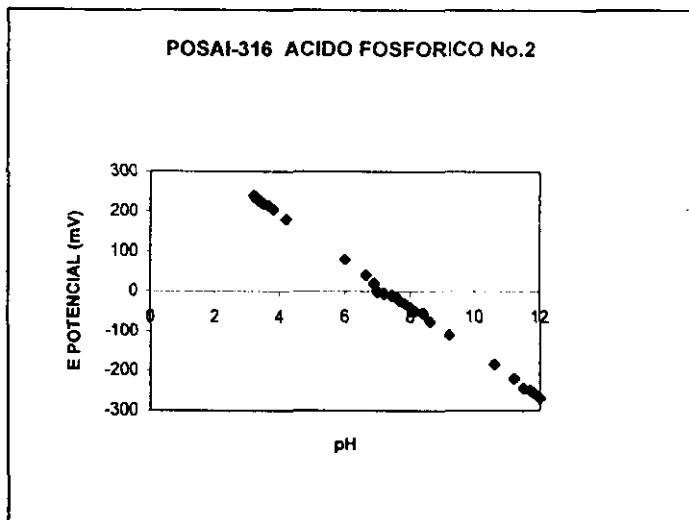
pH	E (Mv)
3.2	240
3.25	235
3.3	230
3.35	228
3.4	225
3.5	220
3.65	215
3.8	205
4.2	180
6	80
6.65	40
6.9	20
7	0
7.2	-5
7.45	-10
7.6	-15
7.7	-25
7.85	-30
8	-40
8.15	-50
8.4	-55
8.6	-75
9.2	-110
10.6	-185
11.2	-220
11.5	-245
11.7	-250
11.8	-255
11.9	-263
11.95	-265
12	-270

ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.2

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	420.55
Error de estim. Y	4.843358
Coef. determinac.(r ²)	0.999286
Tamaño de la muestra	31
Grados de libertad	29
Coeficiente(s) X	-57.5197
Error coef. X	0.285483



DATOS

pH	E (Mv)
3.4	250
3.42	245
3.45	245
3.5	240
3.6	235
3.7	225
3.9	215
4.55	180
6.5	70
6.75	45
7.4	-5
7.6	-10
7.7	-10
7.95	-20
8	-25
8.2	-30
8.35	-45
8.6	-50
9.35	-90
11.1	-180
11.55	-220
11.8	-240
12	-250
12.1	-255
12.2	-260
12.25	-265
12.3	-270

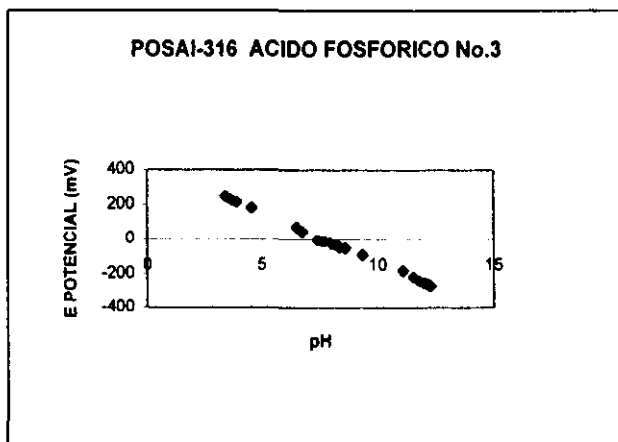
ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.3

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	438.6
Error de estim. Y	6.967395
Coef. determinac.(r ²)	0.998681
Tamaño de la muestra	27
Grados de libertad	25

Coefficiente(s) X	-57.3677
Error coef. X	0.416955



DATOS

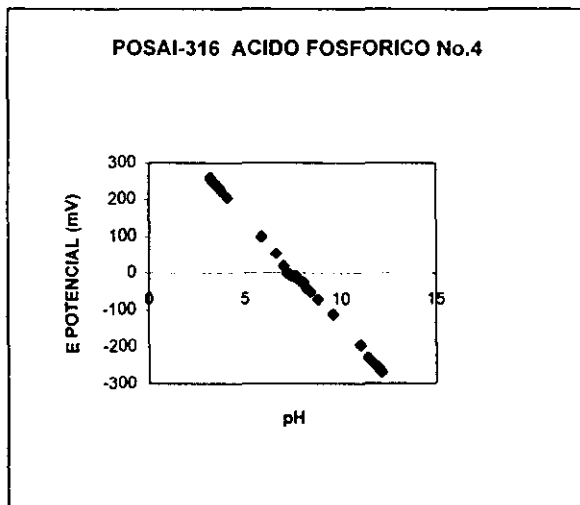
pH	E (Mv)
3.2	260
3.22	255
3.3	250
3.4	245
3.45	240
3.55	238
3.65	235
3.75	225
4.1	205
5.85	100
6.6	55
7	20
7.2	0
7.35	-5
7.55	-8
7.7	-10
7.8	-15
7.85	-20
8.05	-25
8.2	-40
8.4	-50
8.8	-70
9.6	-110
11	-195
11.4	-230
11.6	-240
11.8	-250
11.95	-255
12.05	-265
12.1	-268

ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.4

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	443.3841
Error de estim. Y	6.587444
Coef. determinac.(r ²)	0.998746
Tamaño de la muestra	30
Grados de libertad	28
Coeficiente(s) X	-58.832
Error coef. X	0.393977



DATOS

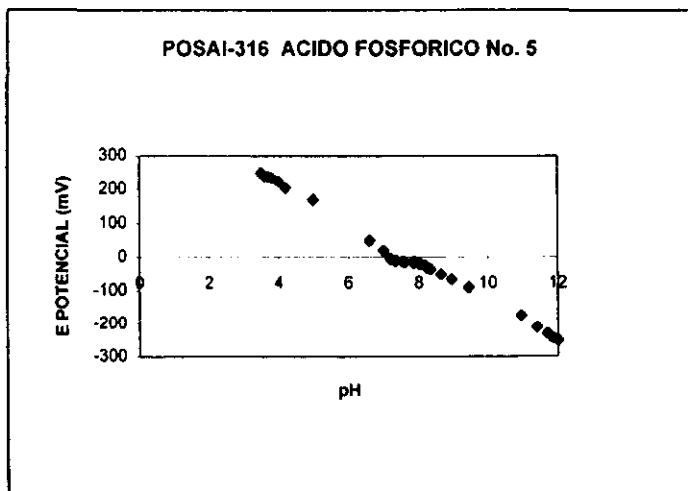
pH	E (Mv)
3.5	250
3.55	245
3.6	240
3.7	238
3.8	235
4	225
4.2	205
5	170
6.6	50
7	20
7.2	-5
7.35	-10
7.55	-12
7.6	-15
7.85	-15
7.9	-15
8.05	-20
8.2	-25
8.25	-30
8.35	-35
8.65	-50
8.95	-65
9.45	-90
10.95	-175
11.4	-210
11.7	-230
11.8	-240
11.9	-245
12	-250

ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.5

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	446.6215
Error de estim. Y	12.82153
Coef. determinac. (r ²)	0.994022
Tamaño de la muestra	29
Grados de libertad	27
Coeficiente(s) X	-58.2187
Error coef. X	0.868915



DATOS

pH	E (Mv)
2.2	280
2.3	270
2.32	270
2.35	265
2.4	260
2.5	255
2.65	245
2.8	240
2.95	230
5.8	60
6.2	40
6.4	25
6.6	20
6.8	5
6.95	0
7.1	-10
7.25	-20
7.4	-30
7.7	-40
10.7	-230
10.95	-240
11.1	-250
11.2	-255
11.3	-260
11.32	-262

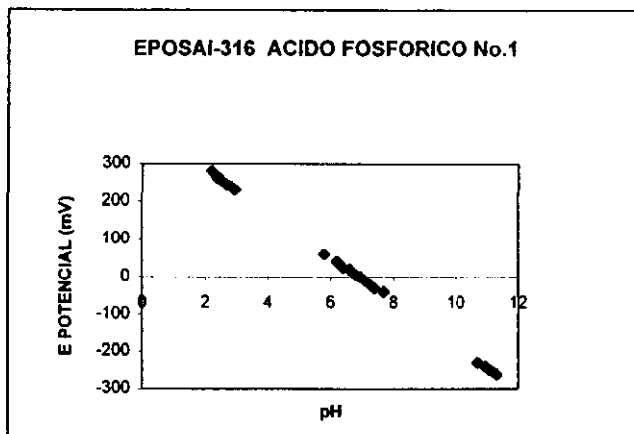
ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.1

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	404.7554
Error de estim. Y	3.151994
Coef. determinac. (r ²)	0.99976
Tamaño de la muestra	25
Grados de libertad	23

Coeficiente(s) X	-58.4724
Error coef. X	0.254749



DATOS

pH	E (Mv)
2.3	250
2.35	245
2.4	245
2.45	240
2.5	235
2.55	230
2.6	225
2.7	220
2.9	210
5.85	30
6.2	10
6.4	0
6.6	-10
6.75	-20
6.95	-30
7.1	-40
7.2	-45
7.4	-50
7.6	-65
9.9	-190
10.5	-230
10.7	-240
10.95	-260
11	-262
11.1	-270
11.2	-280
11.3	-282

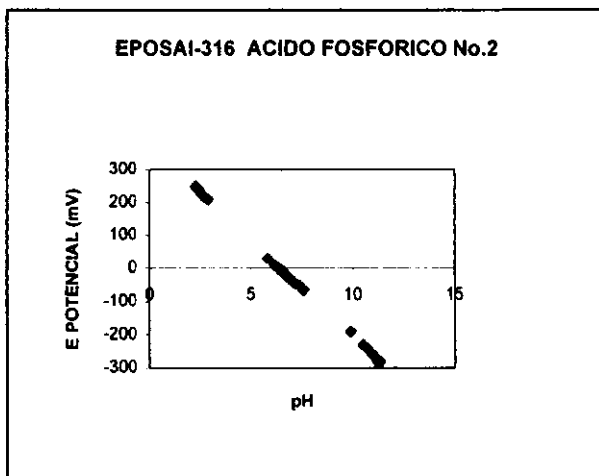
ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.2

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	379.331
Error de estim. Y	4.392902
Coef. determinac. (r ²)	0.999526
Tamaño de la muestra	27
Grados de libertad	25

Coeficiente(s) X	-57.2453
Error coef. X	0.36083



DATOS

pH	E (Mv)
2.3	285
2.35	280
2.4	275
2.42	270
2.5	265
2.55	250
2.65	245
2.8	240
5.7	75
6.05	55
6.15	40
6.5	30
6.7	20
6.8	10
7	0
7.15	-5
7.3	-10
7.55	-20
10.3	-180
10.65	-200
10.85	-210
10.95	-220
11	-225
11.1	-230
11.15	-235
11.2	-240

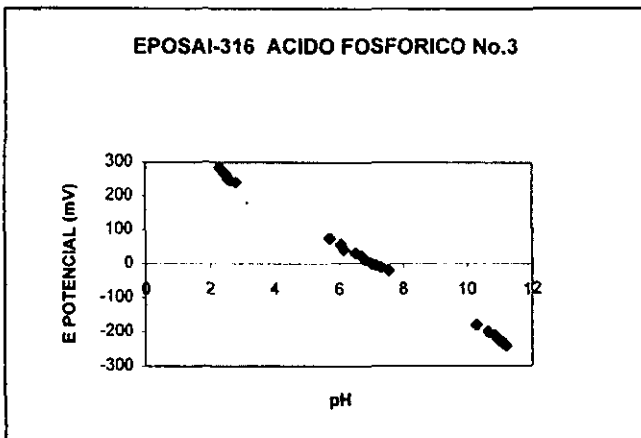
ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.3

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	404.9877
Error de estim. Y	6.107142
Coef. determinac.(r ²)	0.999047
Tamaño de la muestra	26
Grados de libertad	24

Coficiente(s) X	-58.0854
Error coef. X	0.26602



DATOS

pH	E (Mv)
2.2	285
2.25	280
2.3	275
2.35	270
2.5	265
2.6	255
5.5	80
5.85	60
6	50
6.15	40
6.5	30
6.6	20
6.7	15
6.85	10
7	0
7.15	-10
9.35	-130
10	-175
10.4	-195
10.6	-210
10.7	-215
10.85	-220
10.9	-225
10.95	-230
11.05	-235

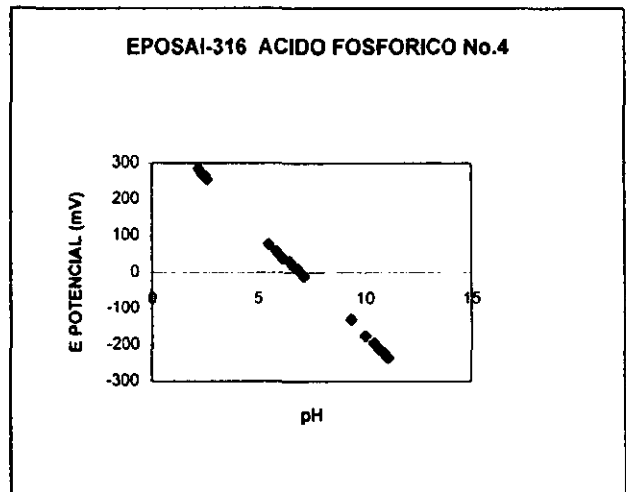
ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.4

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	406.2481
Error de estim. Y	4.201251
Coef. determinac. (r ²)	0.999518
Tamaño de la muestra	25
Grados de libertad	23

Coficiente(s) X	-56.882
Error coef. X	0.170576



DATOS

pH	E (Mv)
2.2	285
2.25	280
2.28	278
2.3	275
2.35	270
2.4	265
2.5	260
2.7	250
5.5	80
5.85	60
6.1	45
6.35	35
6.45	25
6.7	15
6.8	5
7	0
7.2	-10
7.4	-20
10.1	-185
10.45	-205
10.6	-215
10.7	-225
10.8	-230
10.95	-235
11	-240
11.1	-245

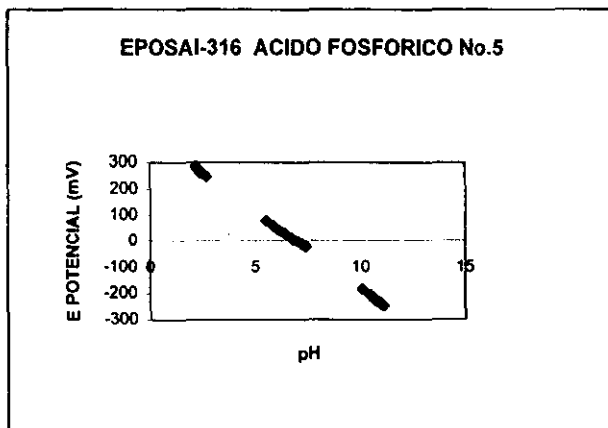
ACIDO FOSFORICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.5

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	409.8258
Error de estim. Y	3.354569
Coef. determinac.(r ²)	0.999726
Tamaño de la muestra	26
Grados de libertad	24

Coeficiente(s) X	-59.9775
Error coef. X	0.696974

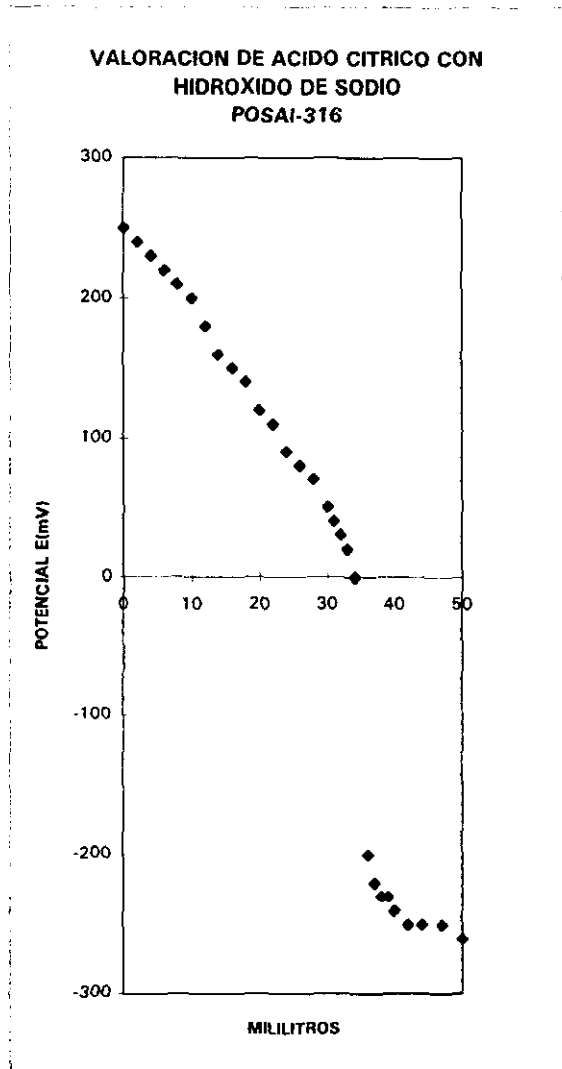


ANEXO IV

VALORACION ACIDO-BASE

ACIDO CITRICO

ml	E(mV)	pH
0	250	3.1
2	240	3.2
4	230	3.4
6	220	3.6
8	210	3.9
10	200	4.1
12	180	4.4
14	160	4.6
16	150	4.9
18	140	5.1
20	120	5.4
22	110	5.6
24	90	5.9
26	80	6.1
28	70	6.4
30	50	6.6
31	40	6.8
32	30	7
33	20	7.2
34	0	7.6
36	-200	11
37	-220	11.3
38	-230	11.5
39	-230	11.6
40	-240	11.7
42	-250	11.9
44	-250	12
47	-250	12.1
50	-260	12.2

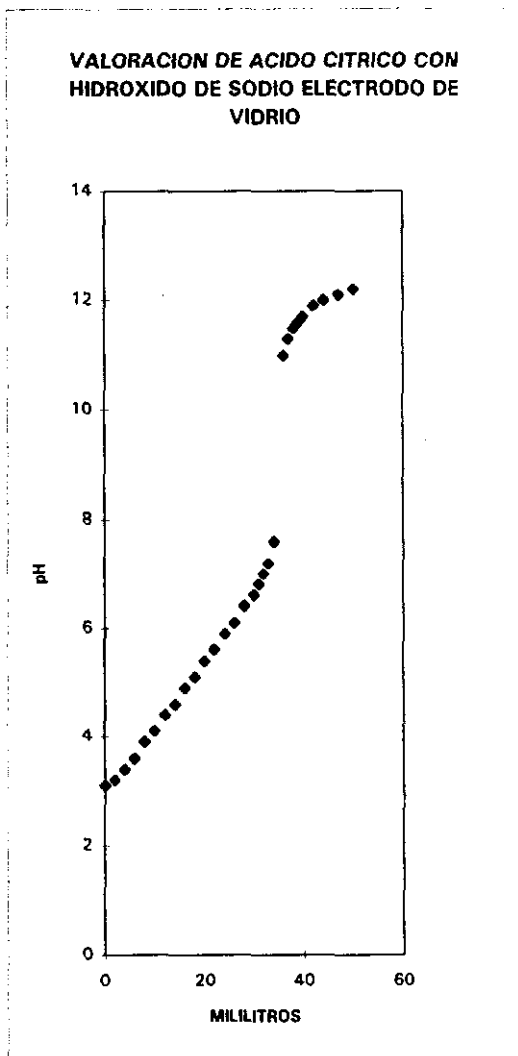


pKa 1 = 3.128 pKa 2 = 4.761

VALORACION ACIDO-BASE

ACIDO CITRICO

ml	E(mV)	pH
0	250	3.1
2	240	3.2
4	230	3.4
6	220	3.6
8	210	3.9
10	200	4.1
12	180	4.4
14	160	4.6
16	150	4.9
18	140	5.1
20	120	5.4
22	110	5.6
24	90	5.9
26	80	6.1
28	70	6.4
30	50	6.6
31	40	6.8
32	30	7
33	20	7.2
34	0	7.6
36	-200	11
37	-220	11.3
38	-230	11.5
39	-230	11.6
40	-240	11.7
42	-250	11.9
44	-250	12
47	-250	12.1
50	-260	12.2



$pK_a 1 = 3.128$ $pK_a 2 = 4.761$

DATOS

pH	E (mv)
3.1	250
3.2	240
3.4	230
3.6	220
3.9	210
4.1	200
4.4	180
4.6	160
4.9	150
5.1	140
5.4	120
5.6	110
5.9	90
6.1	80
6.4	70
6.6	50
6.8	40
7	30
7.2	20
7.6	0
11	-200
11.3	-220
11.5	-230
11.6	-230
11.7	-240
11.9	-250
12	-250
12.1	-250
12.2	-260

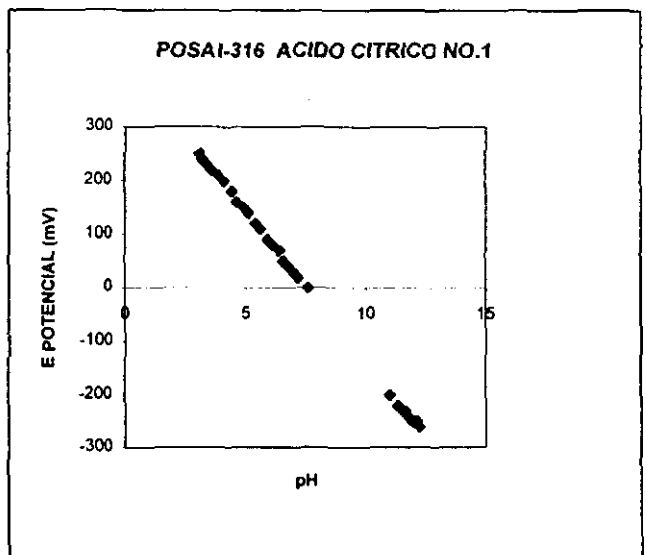
ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.1

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado Regresión

Constante	426.0789
Error de estim. Y	3.994336
Coef. determinac.(r ²)	0.99955
Tamaño de la muestra	29
Grados de libertad	27

Coficiente(s) X	-56.5951
Error coef. X	0.231195



DATOS

pH	E (Mv)
3.7	250
3.9	240
4.1	220
4.4	210
4.7	190
4.9	180
5.1	170
5.4	150
5.6	140
5.9	120
6.1	110
6.4	90
6.6	70
6.8	60
6.9	50
7.1	40
7.5	20
10.6	-160
11.1	-200
11.3	-210
11.4	-220
11.5	-230
11.7	-230
11.8	-240
12	-250

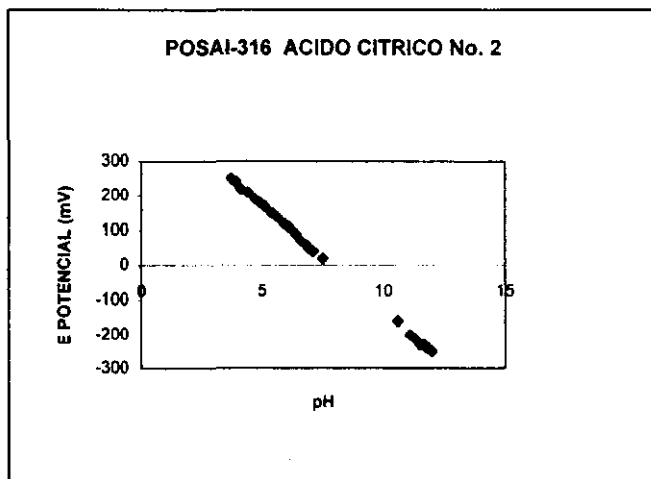
ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.2

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	475.6312
Error de estim. Y	4.134684
Coef. determinac.(r ²)	0.99949
Tamaño de la muestra	25
Grados de libertad	23

Coficiente(s) X	-60.7012
Error coef. X	0.285961



DATOS

pH	E (Mv)
3.1	240
3.3	230
3.5	220
3.7	210
3.9	200
4.1	190
4.4	170
4.7	150
4.9	140
5.2	120
5.4	110
5.6	90
5.9	70
6.2	60
6.4	40
6.7	30
6.8	20
7	10
7.2	0
7.5	-20
11	-220
11.4	-250
11.6	-270
11.8	-280
11.9	-290
12.3	-300

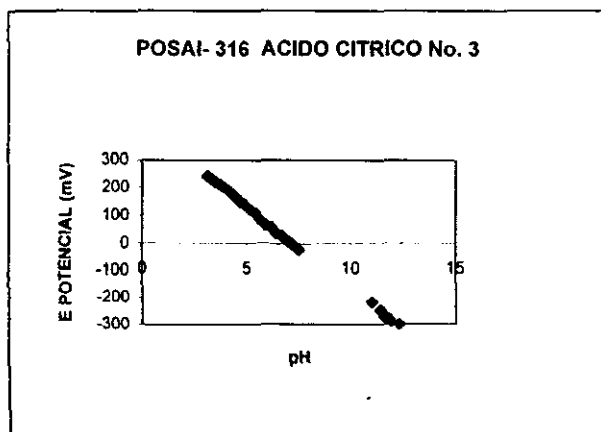
ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.3

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	430.3171
Error de estim. Y	4.356974
Coef. determinac.(r ²)	0.999441
Tamaño de la muestra	26
Grados de libertad	24

Coficiente(s) X	-59.933
Error coef. X	0.289218



DATOS

pH	E (Mv)
3.1	240
3.5	230
3.7	220
3.8	210
4.1	200
4.4	180
4.6	170
4.9	150
5.1	130
5.4	120
5.6	110
5.9	90
6.1	70
6.4	50
6.7	40
6.8	30
6.9	20
7.1	10
7.4	0
7.9	-30
11.2	-230
11.5	-250
11.7	-260
11.9	-270
12.1	-280
12.2	-290

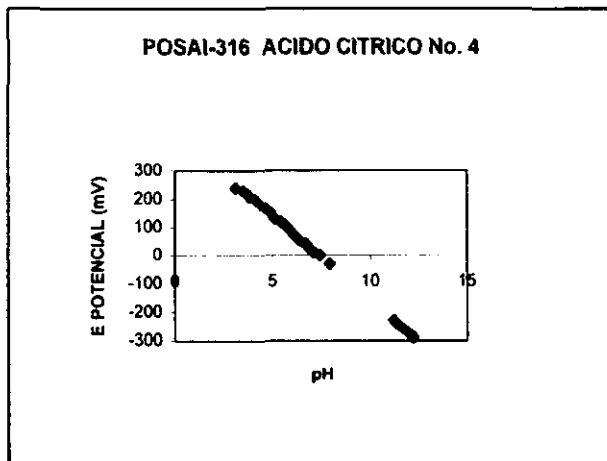
ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO. 4

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	438.1382
Error de estim. Y	4.797948
Coef. determinac.(r ²)	0.999302
Tamaño de la muestra	26
Grados de libertad	24

Coficiente(s) X	-59.62
Error coef. X	0.321694



DATOS

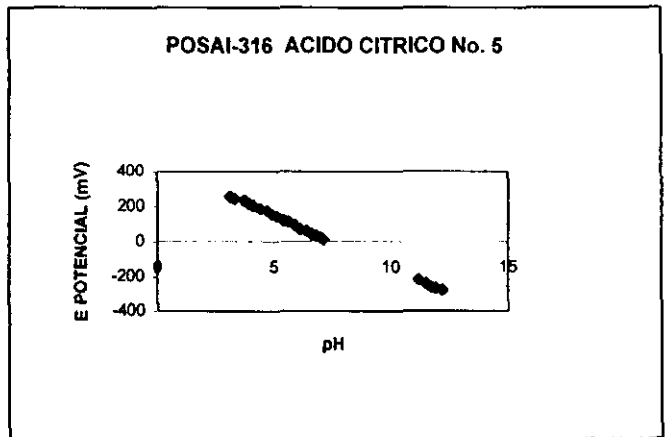
pH	E (Mv)
3.1	250
3.3	240
3.7	230
3.9	210
4.1	200
4.4	180
4.7	170
4.9	150
5.1	140
5.4	120
5.6	110
5.9	90
6.1	70
6.4	60
6.6	40
6.8	30
7	20
7.1	10
11.2	-220
11.5	-240
11.6	-250
11.7	-260
11.9	-270
12.2	-280

ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO. 5

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	440.4101
Error de estim. Y	5.227163
Coef. determinac. (r ²)	0.999217
Tamaño de la muestra	24
Grados de libertad	22
Coeficiente(s) X	-59.4996
Error coef. X	0.355188



DATOS

pH	E (Mv)
2.6	330
2.8	320
3	310
3.2	300
3.4	280
3.7	260
4	250
4.2	230
4.5	220
4.7	200
5	190
5.2	180
5.5	160
5.8	140
6	130
6.3	110
6.5	100
6.7	90
7	70
7.8	30
10.4	-120
10.9	-150
11.1	-160
11.2	-170
11.3	-180
11.6	-190
11.9	-200

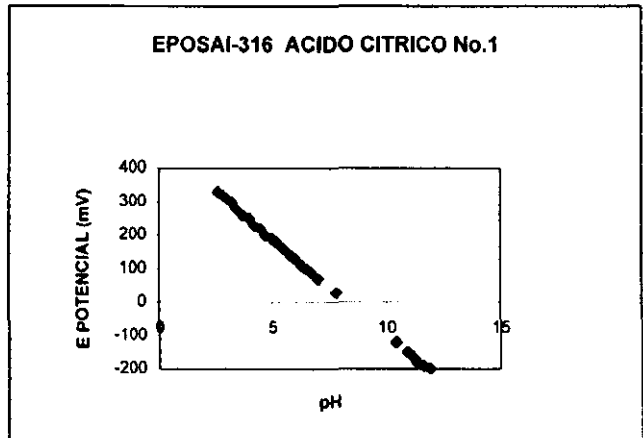
**ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO. 1**

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	477.5042
Error de estim. Y	3.979239
Coef. determinac. (r ²)	0.999527
Tamaño de la muestra	27
Grados de libertad	25

Coeficiente(s) X	-57.6439
Error coef. X	0.25068



DATOS

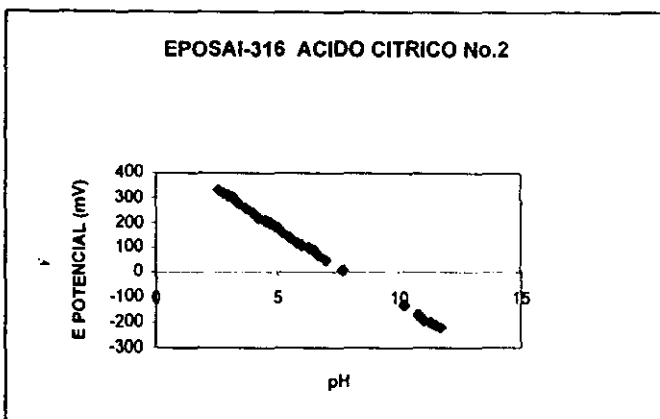
pH	E (Mv)
2.6	330
2.8	320
3	310
3.2	300
3.4	280
3.7	260
4	240
4.2	220
4.5	210
4.7	200
5	180
5.2	160
5.5	140
5.8	120
6	110
6.3	100
6.5	90
6.7	70
7	50
7.7	10
10.2	-130
10.8	-170
11	-190
11.3	-200
11.5	-210
11.7	-220

ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO. 2

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	483.0958
Error de estim. Y	6.443828
Coef. determinac.(r ²)	0.998787
Tamaño de la muestra	26
Grados de libertad	24
Coeficiente(s) X	-60.7455
Error coef. X	0.432111



DATOS

pH	E (Mv)
2.6	310
2.8	300
3	290
3.2	270
3.4	260
3.6	240
3.9	230
4.2	210
4.5	200
4.7	180
5	170
5.2	150
5.5	130
5.7	120
6	100
6.3	90
6.5	80
6.7	60
6.9	50
7.6	10
10.5	-130
10.7	-170
10.9	-180
11.1	-190
11.2	-200
11.5	-210
11.8	-220

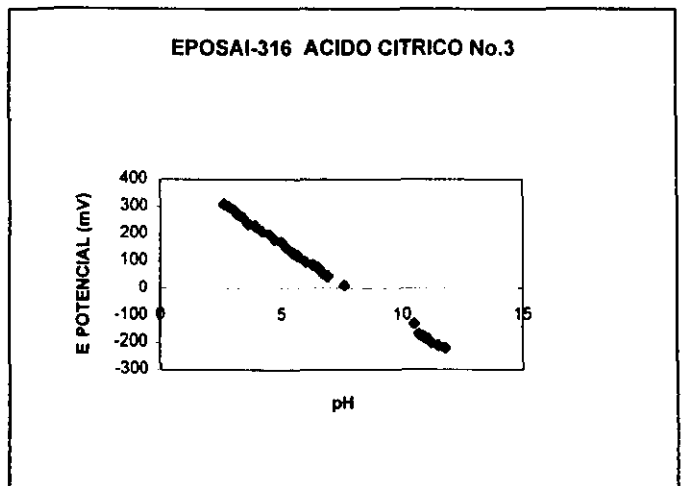
ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO. 3

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	455.1198
Error de estim. Y	6.932921
Coef. determinac.(r ²)	0.998546
Tamaño de la muestra	27
Grados de libertad	25

Coficiente(s) X	-57.9328
Error coef. X	0.442062



DATOS

pH	E(Mv)
2.7	320
2.9	310
3.1	300
3.3	280
3.5	270
3.8	250
4.1	240
4.3	220
4.6	210
4.8	200
5.1	180
5.4	160
5.6	150
5.8	130
6.1	120
6.4	100
6.5	90
6.7	80
7	60
7.7	20
10.2	-120
10.8	-160
11.1	-170
11.3	-180
11.4	-190
11.5	-200
11.7	-210
12	-220

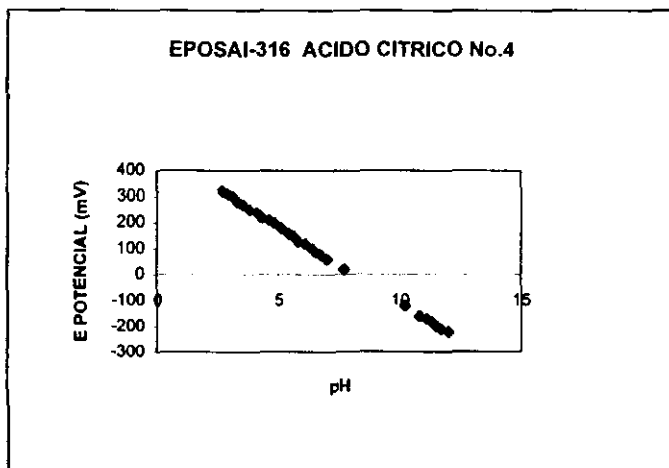
ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO. 4

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	475.7225
Error de estim. Y	4.009824
Coef. determinac.(r ²)	0.999547
Tamaño de la muestra	28
Grados de libertad	26

Coefficiente(s) X	-58.5017
Error coef. X	0.244173



DATOS

pH	E (Mv)
2.7	310
2.9	290
3.1	270
3.3	260
3.5	250
3.8	230
4	220
4.3	200
4.6	190
4.8	170
5	160
5.3	140
5.6	120
5.8	110
6.1	100
6.3	80
6.5	70
6.7	60
7	50
7.7	10
10.1	-120
10.8	-170
11.1	-190
11.2	-200
11.5	-210
11.7	-220

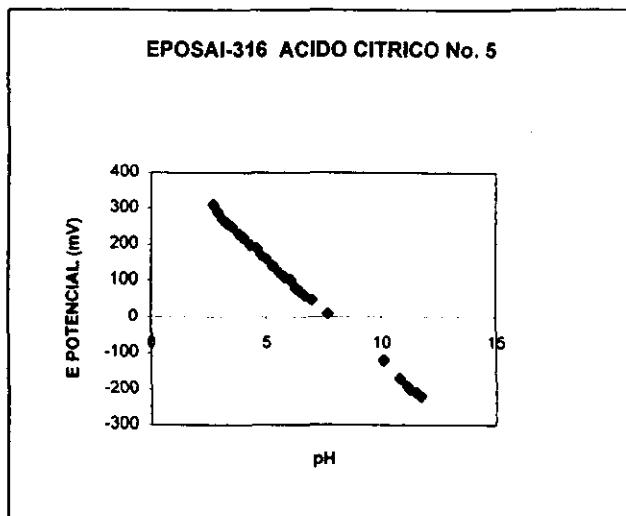
ACIDO CITRICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.5

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	450.172
Error de estim. Y	5.644821
Coef. determinac. (r ²)	0.998935
Tamaño de la muestra	26
Grados de libertad	24

Coefficiente(s) X	-57.5845
Error coef. X	0.383867



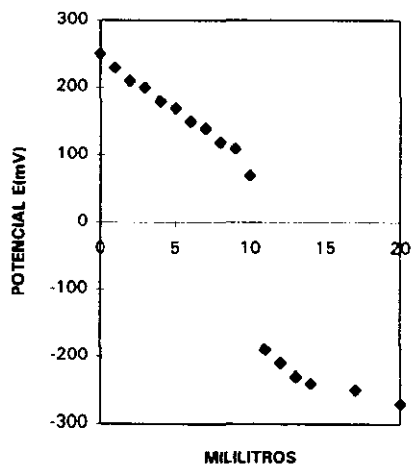
ANEXO V

VALORACION ACIDO-BASE

ACIDO ACETICO

ml	E(mV)	pH
0	250	3.9
1	230	4.3
2	210	4.5
3	200	4.7
4	180	4.9
5	170	5.1
6	150	5.3
7	140	5.5
8	120	5.7
9	110	5.9
10	70	6.6
11	-190	10.9
12	-210	11.3
13	-230	11.5
14	-240	11.7
17	-250	12
20	-270	12.1

VALORACION DE ACIDO ACETICO CON
HIDROXIDO DE SODIO
POSAI-316

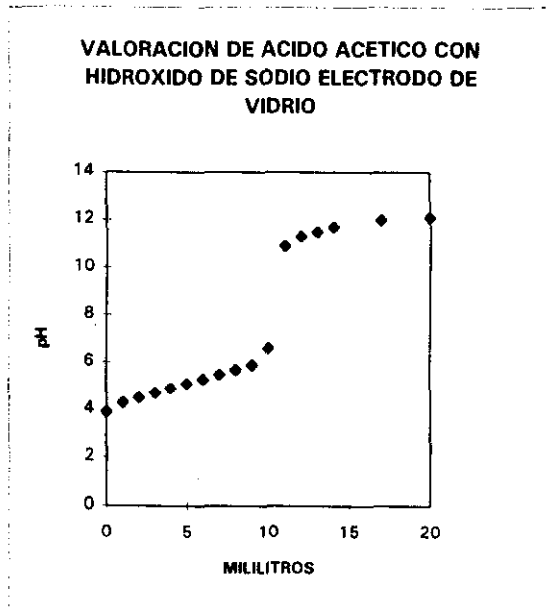


pKa 1 = 4.756

VALORACION ACIDO-BASE

ACIDO ACETICO

ml	E(mV)	pH
0	250	3.9
1	230	4.3
2	210	4.5
3	200	4.7
4	180	4.9
5	170	5.1
6	150	5.3
7	140	5.5
8	120	5.7
9	110	5.9
10	70	6.6
11	-190	10.9
12	-210	11.3
13	-230	11.5
14	-240	11.7
17	-250	12
20	-270	12.1



pKa 1 = 4.756

**ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.1**

DATOS

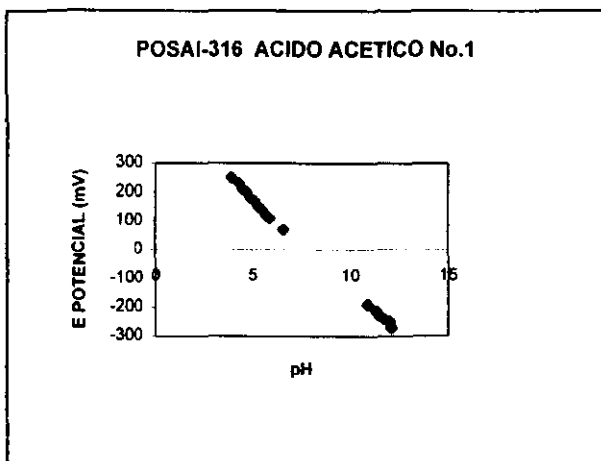
pH	E (Mv)
3.9	250
4.3	230
4.5	210
4.7	200
4.9	180
5.1	170
5.3	150
5.5	140
5.7	120
5.9	110
6.6	70
10.9	-190
11.3	-210
11.5	-230
11.7	-240
12	-250
12.1	-270

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	484.7053
Error de estim. Y	6.783522
Coef. determinac.(r ²)	0.998936
Tamaño de la muestra	17
Grados de libertad	15

Coeficiente(s) X	-61.9538
Error coef. X	0.521949



DATOS

pH	E (Mv)
3.9	260
4.3	240
4.6	220
4.8	200
5	190
5.1	180
5.4	160
5.5	150
5.7	130
6	110
6.8	70
10.7	-160
11.3	-200
11.6	-220
11.7	-230
12	-250
12.1	-260

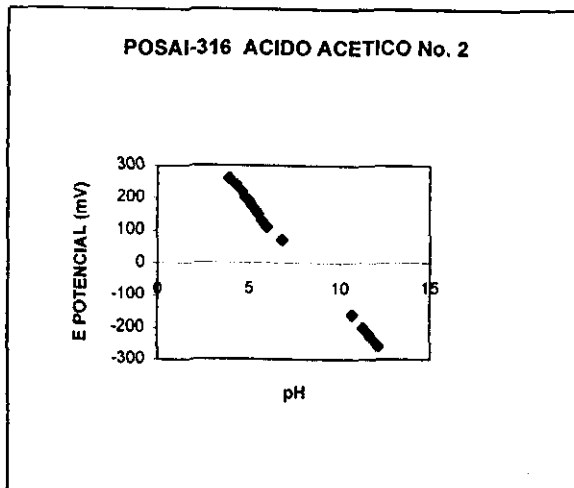
ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO. 2

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	496.9952
Error de estim. Y	7.170663
Coef. determinac.(r ²)	0.998796
Tamaño de la muestra	17
Grados de libertad	15

Coeficiente(s) X	-62.1258
Error coef. X	0.556919



DATOS

pH	E (Mv)
3.9	260
4.4	240
4.6	220
4.8	200
5	190
5.2	180
5.3	170
5.5	150
5.7	140
6	120
6.6	80
10.8	-170
11.2	-200
11.5	-210
11.6	-220
11.7	-230
12	-240
12.1	-250

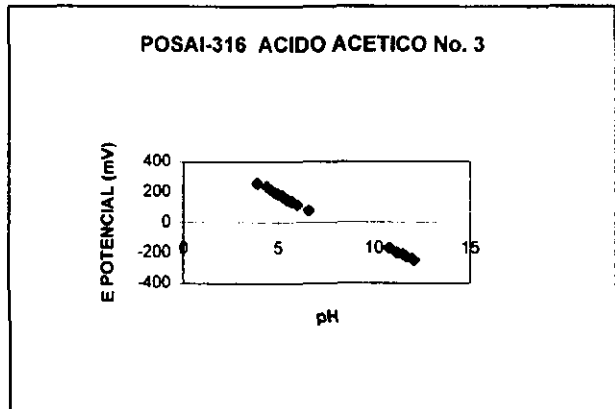
ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO. 3

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	499.5581
Error de estim. Y	5.953279
Coef. determinac. (r ²)	0.999188
Tamaño de la muestra	18
Grados de libertad	16

Coefficiente(s) X	-62.0888
Error coef. X	0.442598



DATOS

pH	E (Mv)
3.9	270
4.3	240
4.6	220
4.8	210
5	190
5.1	170
5.3	160
5.5	150
5.8	140
6.1	120
6.8	80
10.8	-160
11.3	-200
11.6	-210
11.7	-220
11.9	-230
12	-240
12.2	-250

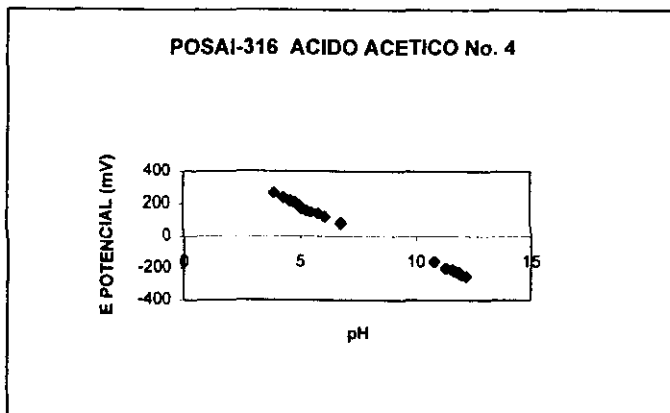
ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.4

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	496.062
Error de estim. Y	7.050557
Coef. determinac. (r ²)	0.998859
Tamaño de la muestra	18
Grados de libertad	16

Coficiente(s) X	-61.2049
Error coef. X	0.517237



DATOS

pH	E (Mv)
3.9	270
4.3	250
4.6	230
4.8	210
5	200
5.2	180
5.4	170
5.5	160
5.7	140
6	120
6.7	90
10.8	-160
11.3	-200
11.5	-210
11.7	-220
11.8	-230
12	-240
12.1	-250

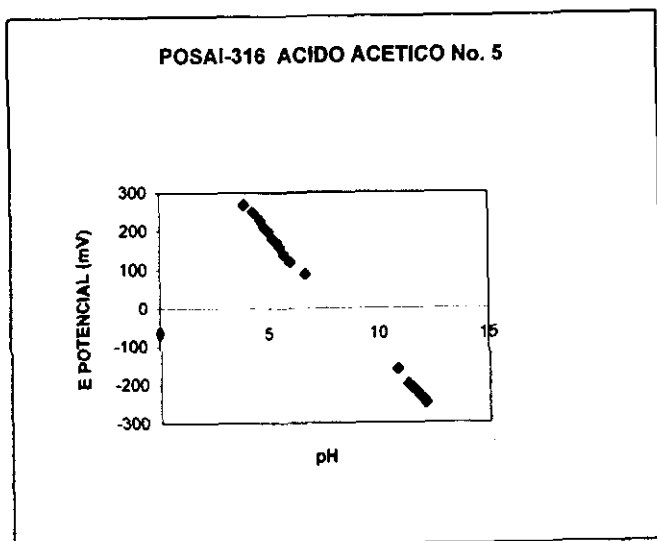
ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO POSAI TITULACION NO.5

POSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	509.0736
Error de estim. Y	6.434297
Coef. determinac. (r ²)	0.999077
Tamaño de la muestra	18
Grados de libertad	16

Coeficiente(s) X	-62.5692
Error coef. X	0.475319



DATOS

pH	E (Mv)
3.4	290
3.8	270
4.1	250
4.3	240
4.5	230
4.7	220
4.8	210
5	190
5.2	180
5.4	170
5.7	150
6.6	100
11	-160
11.4	-180
11.6	-190

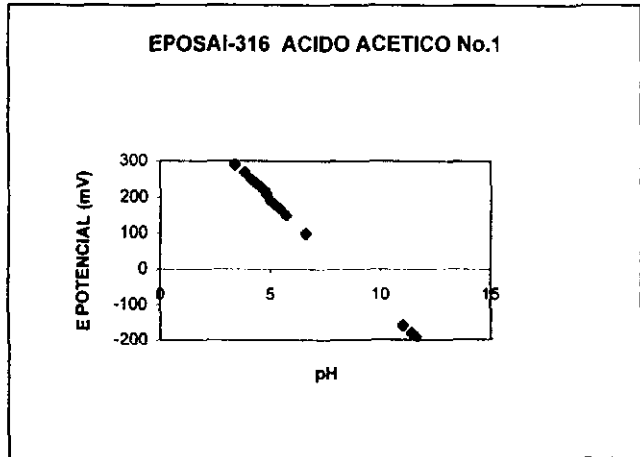
ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.1

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	491.3046
Error de estim. Y	3.768474
Coef. determinac. (r ²)	0.999524
Tamaño de la muestra	15
Grados de libertad	13

Coficiente(s) X	-59.0117
Error coef. X	0.357205



**ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.2**

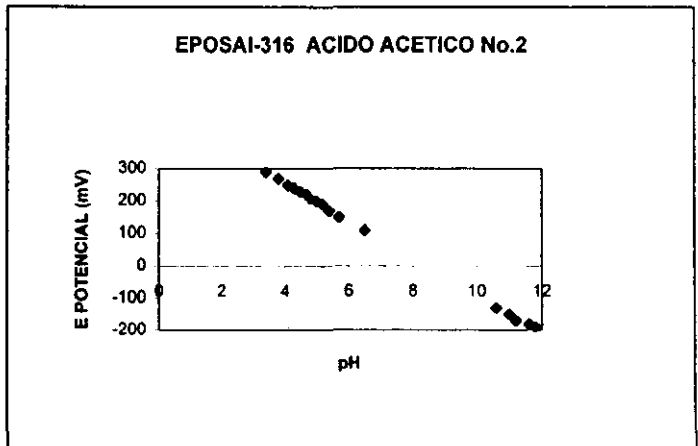
DATOS

pH	E (Mv)
3.4	290
3.8	270
4.1	250
4.3	240
4.5	230
4.7	220
4.8	210
5	200
5.2	190
5.4	170
5.7	150
6.5	110
10.6	-130
11	-150
11.2	-170
11.6	-180
11.8	-190

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	488.7105
Error de estim. Y	4.303312
Coef. determinac.(r ²)	0.999473
Tamaño de la muestra	17
Grados de libertad	15
Coeficiente(s) X	-58.0817
Error coef. X	0.344425



DATOS

pH	E (Mv)
3.5	300
3.9	280
4.1	270
4.3	250
4.5	240
4.7	230
4.8	220
5	210
5.2	200
5.4	180
5.8	160
6.5	120
10.4	-100
11	-130
11.2	-150
11.4	-160
11.6	-170
11.8	-180

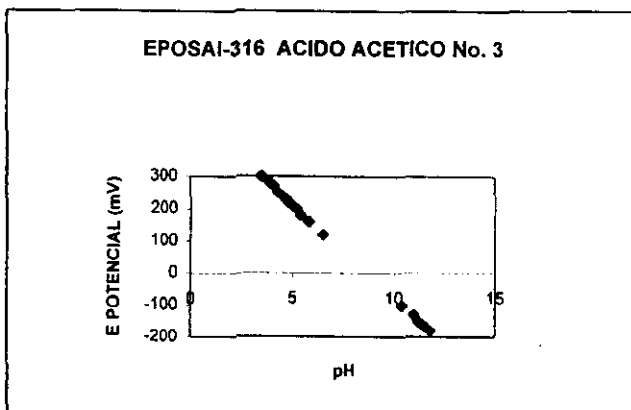
ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.3

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	499.8406
Error de estim. Y	3.926143
Coef. determinac. (r ²)	0.999576
Tamaño de la muestra	18
Grados de libertad	16

Coficiente(s) X	-57.7708
Error coef. X	0.297516



DATOS

pH	E (Mv)
3.5	310
3.9	290
4.2	270
4.4	250
4.6	240
4.7	230
4.9	220
5	210
5.2	200
5.4	190
5.8	170
6.5	130
10.4	-100
11	-130
11.2	-140
11.3	-150
11.5	-160
11.7	-170

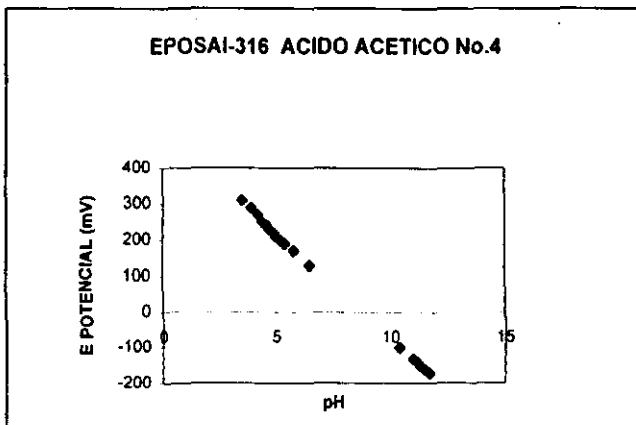
ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO.4

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	507.3253
Error de estim. Y	4.42117
Coef. determinac.(r ²)	0.999453
Tamaño de la muestra	18
Grados de libertad	16

Coficiente(s) X	-58.0819
Error coef. X	0.339684



DATOS

ACIDO ACETICO CON HIDROXIDO DE SODIO
ELECTRODO EPOSAI TITULACION NO. 5

pH	E (Mv)
3.4	300
3.8	280
4.1	260
4.3	250
4.6	240
4.8	230
5	220
5.2	210
5.3	200
5.5	190
5.9	170
6.6	120
10.6	-110
11.1	-140
11.3	-150
11.5	-160
11.7	-170
11.9	-180

EPOSAI VS. ELECTRODO DE VIDRIO

Resultado regresión

Constante	502.7429
Error de estim. Y	4.554278
Coef. determinac.(r ²)	0.999437
Tamaño de la muestra	18
Grados de libertad	16

Coeficiente(s) X	-57.578
Error coef. X	0.341511

