

77
28j



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

Empleo de un Termistor en la calibración
de un Amperímetro a medidor de pH
con relación a la detección de
algunas Enfermedades



T E S I S

Que para obtener el Título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P r e s e n t a:

SYLVIA GUADALUPE MARTINEZ GALINDO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



México, D. F.

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA 1988



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 está 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.

INTRODUCCION

FUNDAMENTO TEORICO

Ley de Ohm. Circuitos Eléctricos en serie y en paralelo. Puentes Equilibrados y Desequilibrados (Puente de Wheatstone). Termistores y sus características. Potenciómetro. Medición de pH. Algunas enfermedades en las que varía el pH.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Calibración de un termistor. Calibración del Amperímetro. Preparación de Soluciones con pH de 6 a 8. Medición de pH por medio de un termistor.

PRACTICAS PARA EL ALUMNO

Calibración de un termistor
Calibración del Amperímetro
Medición de pH por medio de un termistor

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

I N D I C E

C A P I T U L O	P á g i n a
I.- Introducción	1
II.- Fundamento Teórico	4
Ley de Ohm	4
Justificación de la ley de Ohm	7
Circuitos Eléctricos	12
Circuitos de Resistencia en Serie	13
Circuitos de Resistencias en Paralelo	15
Amperímetros y Voltímetros	16
Ley de Ohm para un Circuito	17
Puentes	19
Puentes Equilibrados	20
Puentes Desequilibrados	30
Puente de Wheatstone	30
Termistores	37
Tipos Básicos de Termistores	38
Características Básicas del Termistor	39
Configuraciones del Termistor	46
Margen de Dimensiones del Termistor	51
Potenciómetro	52
Potencial Hidrógeno (pH)	55
Concepto de Enfermedad	61
Equilibrio Acido-Básico	65
Alteraciones en el Equilibrio de Ión H^+	69

	Página
III.- Desarrollo Experimental	77
Introducción	77
Calibración de un Termistor	78
Calibración del Amperímetro	93
Preparación de Soluciones con pH de 6 a 8	101
Medición de pH por medio de un Termistor	104
IV.- Prácticas para el Alumno	114
Calibración de un Termistor	114
Calibración del Amperímetro	120
Medición de pH usando un Termistor Calibrado	126
V.- Conclusines y Recomendaciones	131
IV.- Bibliografía	134

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

La física es una ciencia que es fundamental porque tiene influencia en otras ciencias como es la química, la astronomía, la biología, la geología, la ingeniería, la medicina; esto es porque trata de explicar una gran variedad de fenómenos que aparentemente están desvinculados entre sí y que a veces, si se parte de los principios básicos, se podrá ver su interrelación.

El saber que la materia está constituida por partículas que están cargadas eléctricamente y que los fenómenos naturales - acontecen entre las diferentes sustancias que componen a la materia y basándose en su estudio han sido elaboradas muchas leyes - las cuales predicen el comportamiento de dicha materia.

Este comportamiento de la materia y sus características para cada sustancia ha sido retomado para diseñar y fabricar instrumentos y aparatos que adquieren importancia en la industria, - medicina, ingeniería y aún en el hogar.

La investigación completa y detallada de todos los fenómenos naturales no ha sido completa pero se han tenido avances.

En el siguiente trabajo no trato de profundizar en cada tema, sino sólo de explicar algunas de las causas y relacionarlas con algunos fenómenos naturales, como lo son las enfermedades.

La ley de Ohm nos explica cómo un conductor metálico se comporta en relación con una corriente eléctrica, la cual se puede aplicar a los circuitos eléctricos, y estos a su vez nos ayu--

dan a entender el funcionamiento del puente de Wheatstone.

En este puente de Wheatstone se puede cambiar una resistencia por una resistencia especial como el termistor, el cual es sensible a cambios en la corriente, pero es un tipo de transductor temperatura-resistencia.

El termistor tiene muchas aplicaciones en instrumentos de medición, que miden temperatura, en anemómetros (medidor de la intensidad del viento), en altímetros, analizador de gas, protección térmica en los motores, en potenciómetros, en alarmas contra incendios, etc. En este trabajo el termistor se utiliza en un aparato sencillo que funciona como un potenciómetro para medir pH.

El pH es uno de los parámetros de análisis cuantitativos que tiene muchas aplicaciones tanto en la industria, como en la medicina. En esta última es importante conocer que posibles cambios existen o se dan en un individuo cuando es afectado por una enfermedad, para darle un tratamiento adecuado.

Con todo se trata de que los alumnos que cursan la materia de física en la licenciatura de química, vean que en su área hay muchas aplicaciones de los conocimientos que se adquieren en esta ciencia.

En el fundamento teórico de este trabajo se habla de las características generales de cada uno de los puntos antes mencionados.

En el diseño experimental hay la propuesta de 3 prácticas que contienen el objetivo, hipótesis, material, instrumen--

tos, actividades, resultados, evaluación de resultados, conclusiones y bibliografía.

Las prácticas son diseñadas tanto para el profesor como para el alumno y que puedan ser efectuadas en tres sesiones de - dos horas cada una.

C A P I T U L O 11

FUNDAMENTO TEORICO

LEY DE OHM.

Los conductores son sustancias que pueden conducir la corriente, éstas poseen átomos los cuales están constituidos por un núcleo que está cargado positivamente y a su alrededor giran a gran velocidad partículas infinitesimales que están cargadas negativamente, a las cuales se les llama electrones.

Estos electrones en las sustancias conductoras pueden pasar de un átomo a otro libremente, el movimiento de los electrones constituye la corriente eléctrica, el movimiento se debe a que al conductor se le aplica una diferencia de potencial.

En las sustancias no conductoras de la electricidad o aislantes, los electrones no pasan de un átomo a otro debido a que están solidamente unidos al núcleo, por eso al aplicarle una diferencia de potencial relativamente alta se pueden arrancar algunos electrones del átomo, pero la corriente que se transmite es débil. Sin embargo todas las sustancias conductoras ofrecen alguna resistencia al paso de la corriente.

Las sustancias conductoras se pueden dividir en 3 clases:

- a) conductores metálicos
- b) conductores electrolíticos
- c) conductores gaseosos

Los conductores metálicos son los mejores y el mejor de ellos es la plata, le sigue el cobre y algunas aleaciones como el bronce, el acero, etc.

Los conductores electrolíticos son los que conducen la corriente eléctrica en solución o a través de sus sales fundidas. Algunos ejemplos de electrolitos son los ácidos, bases y sales.

En los conductores gaseosos la conductividad se debe al movimiento de sus iones.

Los conductores eléctricos siguen la ley de Ohm la cual establece que la corriente que fluye a través de un conductor metálico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicado o sea:

$$I = V/R \quad (1)$$

Las unidades en que se expresan en el sistema internacional son:

El flujo de la corriente de electrones, I , se expresa en Amperes (A); es decir, si la carga se transfiere a una velocidad de 1 culombio por segundo (C/s), entonces $1A = 1C/s$; la diferencia de potencial, V , se expresa en Volts (V), y la resistencia de un conductor en volts por ampere (V/A), unidad que recibe el nombre de ohm (Ω).

Un ohm (Ω) es la resistencia que permite una corriente de 1 A que fluya entre una diferencia de potencial de 1V. Aunque - también se usa con frecuencia el megaohm ($M\Omega$), que es igual a 10^6 ohm y el microohm ($\mu\Omega$) que es igual a 10^{-6} ohm.

Cuando la resistencia es apreciable en un conductor a este se le llama resistencia y se le representa por una línea en zig-zag.

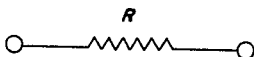


Fig. 1 Símbolo de la resistencia.

La expresión $V = RI$ la podemos representar en una gráfica $V-I$, en la que se obtiene una recta que pasa por el origen. En donde se puede ver que la pendiente o constante de proporcionalidad representa el valor de la resistencia, que es constante.

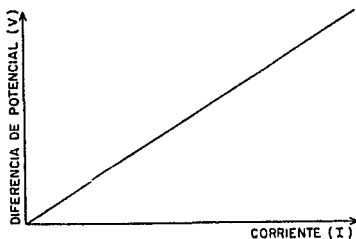


Fig. 2
Gráfica $V-I$ para conductores óhmicos.

Algunas sustancias conductoras no obedecen la ley de Ohm y para éstas la relación entre la diferencia de potencial y la corriente no es de proporcionalidad y puede representar varios aspectos, dependiendo de la naturaleza del conductor y se pueden tener gráficas como la de la fig. 3, y presentar diversos aspectos, dependiendo de la naturaleza del conductor.

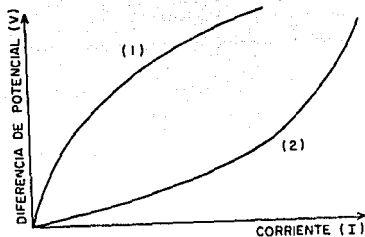


Fig. 3

Gráfica V-I que presenta dos formas posibles para dos conductores que no obedecen la ley de Ohm.

JUSTIFICACION DE LA LEY DE OHM.

La ley de Ohm tiene fundamentos experimentales pero también se puede justificar por razones físicas.

Los conductores metálicos tienen una red cristalina de estructura regular formada por iones positivos entre los cuales hay espacios por los que se pueden mover algunos electrones libremente, y éstos son los que conducen la corriente eléctrica.

Si a un conductor le aplicamos una diferencia de potencial, los electrones libres adquieren una aceleración, de tal manera que la velocidad de los electrones aumenta continuamente, lo que ocasiona que la corriente sea cada vez mayor.

Esto es cierto únicamente si la red cristalina del metal es perfecta, es decir, si los iones positivos están distribuidos con perfecta regularidad y si están fijos, de tal manera que los electrones fluyan libremente sin obstáculos.

Pero los metales no tienen una red cristalina perfecta,

sino que hay imperfecciones de diferentes tipos. Como en el caso de que el metal tenga impurezas, las cuales reemplazan a los iones del cristal.

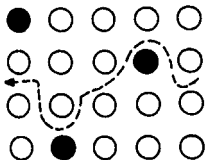


Fig. 4
Red cristalina del metal con impurezas

En otros casos falta un ión o parte de una capa de iones

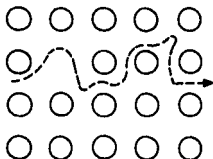


Fig. 5
Red cristalina con la falta de un ión

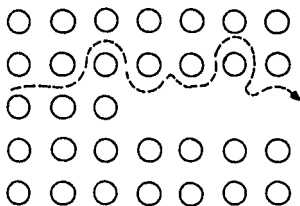


Fig. 6
Red cristalina con la falta de una capa de iones.

También hay que tomar en cuenta que los iones de la red cristalina del metal están vibrando continuamente por la acción de la energía térmica y esto hace que haya fluctuaciones de las dis-

tancias entre los iones que se pueden tomar como imperfecciones de la estructura cristalina.

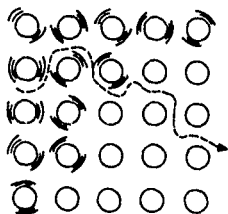


Fig. 7

Vibración de los iones de la red cristalina del metal.

Con todas estas causas que afectan a los electrones libres, se ve que encuentran dificultades para moverse bajo la acción del campo eléctrico a través de la red iónica del metal conductor y debido a esto se pierde energía cinética, por el campo aplicado. Con esto se puede tener que, como consecuencia del campo eléctrico, el movimiento eléctrico de los electrones libres a través de la red cristalina es un movimiento uniforme en vez de un movimiento acelerado. Así se explica por qué al aplicar una diferencia de potencial a un metal se produzca una corriente constante en lugar de que la corriente sea cada vez mayor.

Cuando por un conductor metálico pasa una corriente, la temperatura del conductor aumenta, dicho de otra manera, aumenta la energía de agitación de los iones que forman la red cristalina (a este fenómeno se le llama "Efecto de Joule"), y debido a esto los electrones chocan frecuentemente con los iones o con los átomos de las impurezas. En cada choque los electrones ceden parte -

de su energía cinética a los iones de la red cristalina y con esto aumenta su energía interna y la resistencia se hace mayor debido a que crece en proporción directa con la temperatura.

También se observa que para un conductor metálico la resistencia existe en la misma relación directa entre la diferencia de potencial y la intensidad de corriente producida, y esto se debe a que mayor sea la energía cinética mayor será el número de electrones que se puedan impulsar por el conductor.

La resistencia de un conductor es una propiedad que depende de los siguientes factores:

a) De la longitud

La resistencia del conductor aumenta proporcionalmente a la longitud del conductor de sección transversal constante, y esto se explica porque al aumentar la resistencia aumentan los obstáculos que se oponen al paso de los electrones.

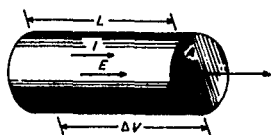


Figura 8

La resistencia de un alambre depende del tipo de material, longitud, área de sección transversal y de la temperatura del alambre.

b) Del área de sección transversal.

Al aumentar la sección transversal disminuye proporcionalmente la resistencia del conductor, y esto se explica porque los electrones tienen mayor libertad de moverse a lo largo del conductor.

c) De la temperatura.

La resistencia de un conductor a cierta temperatura es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su área de sección transversal y depende del material del cual este hecho.

A determinada temperatura la resistencia de un conductor se puede calcular a partir de la ecuación (2) .

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2)$$

donde: R = resistencia en (Ω)

l = longitud en (m)

A = área en (m^2)

ρ = resistividad en ($\Omega \cdot m$)

La resistividad se ve afectada por cambios de temperatura y el material de que está hecho el conductor.

Para la mayoría de los conductores metálicos la resistencia tiende a aumentar mientras la temperatura también aumenta, esto es el incremento de la resistencia R es proporcional a la resistencia inicial R_0 y al cambio de temperatura t .

$$\text{Puede escribirse: } \Delta R = \alpha R_0 \Delta t \quad (3)$$

La constante α es característica del conductor y se conoce como coeficiente de temperatura de la resistencia y es el cambio de la resistencia por unidad de resistencia por cada grado que cambia la temperatura.

$$[\alpha] = \left[\frac{\Delta R}{R_0 \Delta t} \right] = 1/^\circ\text{C} \quad (4)$$

Estas unidades se deben a que ΔR y R_0 son las mismas y el coeficiente α es grados inversos ($1/^\circ\text{C}$).

CIRCUITOS ELECTRICOS.

La ley de Ohm relaciona la corriente , el voltaje o diferencia de potencial y la resistencia de un conductor metálico, pero las resistencias se encuentran formando sistemas más o menos complejos agrupados de diversas maneras y a estos sistemas se les llama circuitos eléctricos.

En la figura 9 se muestra el diagrama de un circuito -- eléctrico.

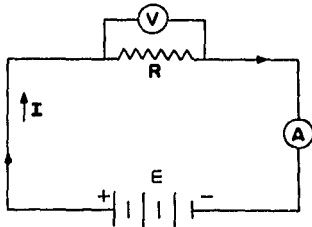


Figura 9
Circuito eléctrico elemental.

La línea dentada en el diagrama representa la resistencia o la resistencia interna del aparato, las líneas cortas y largas alternadas representan una batería.

La forma en que se ordenan o agrupan a las resistencias en un circuito afecta el flujo de la corriente a través de él.

Las maneras en que se pueden agrupar a las resistencias

en el circuito son:

CIRCUITOS DE RESISTENCIAS EN SERIE

En este caso las resistencias se disponen una a continuación de la otra de modo que por todas pase la misma corriente I .

En cada resistencia existirá una diferencia de potencial o voltaje dada por la ley de Ohm.

La resistencia total es igual a la suma de las resistencias individuales que hay en el circuito.

En la fig. 10 se muestra el diagrama de un circuito en serie.

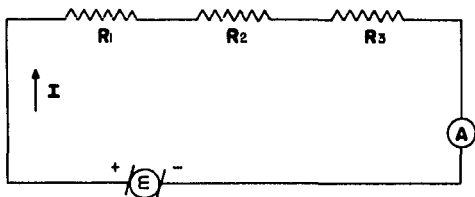


Fig. 10 Resistencias conectadas en serie.

Para determinar la corriente de electrones que fluye en el circuito, primero se debe encontrar la resistencia total del circuito y después aplicar la ley de Ohm.

$$R = V / I \quad (5)$$

La corriente que circula por cada resistencia debe de ser idéntica puesto que solo se tiene una sola trayectoria.

$$\text{Así pues: } I = I_1 = I_2 = I_3 \quad (6)$$

La ley de Ohm se aplica por igual a cualquier parte del circuito y se tiene:

$$\begin{aligned}V_1 &= I R_1 \\V_2 &= I R_2 \\V_3 &= I R_3\end{aligned}\tag{7}$$

El voltaje extremo V representa la suma de las energías perdidas por unidad de carga al circular a través de cada resistencia y entonces se tiene:

$$V = V_1 + V_2 + V_3\tag{8}$$

Se se sustituye en la ec. (7):

$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3\tag{9}$$

y luego se divide entre la corriente:

$$R = R_1 + R_2 + R_3\tag{10}$$

En resumen, para resistencias conectadas en serie:

- a) La corriente en todas partes de un circuito en serie es la misma, ec. (6).
- b) El voltaje a través de un número de resistencias conectadas en serie es igual a la suma de los voltajes a través de las resistencias individuales, ec. (8).
- c) La resistencia efectiva de un número de resistencias conectadas en serie es equivalente a la suma de las resistencias individuales, ec. (10).

CIRCUITOS DE RESISTENCIAS EN PARALELO.

En este tipo de circuitos las resistencias se conectan a puntos comunes, en el que el voltaje que se les aplica es el mismo para todas las resistencias, como se ve en la fig. 11.

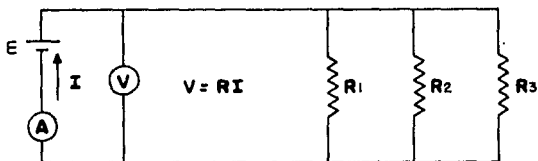


Fig. 11. Resistencias conectadas en paralelo.

Como el voltaje es el mismo para todas las resistencias entonces:

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \quad (11)$$

De esta forma la corriente total que se suministra al circuito se distribuye a través de todas las resistencias y entonces la corriente total es igual a la suma de las corrientes en cada resistencia, ec. (12).

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (12)$$

Para calcular la resistencia total del circuito, dividimos la ec. (12) por el voltaje aplicado V y se obtiene:

$$I/V = I_1/V + I_2/V + I_3/V \quad (13)$$

De la ley de Ohm se tiene que $R = V/I$, y esto resulta que por inversión se tiene:

$$1/R = 1/V \quad (14)$$

Si se aplica la ec. (14) a cada resistencia entonces -
tenemos:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \quad (15)$$

Esto nos permite calcular la resistencia total del cir-
cuito; en este caso la inversa de las resistencias totales del --
circuito en paralelo es igual a la suma de las inversas de las -
resistencias de cada resistencia.

En resumen, para resistencias conectadas en paralelo:

- a) La corriente total en un circuito en paralelo es -
igual a la suma de las corrientes en las ramas indi-
viduales, ec. (12).
- b) Las caídas de voltaje a través de todas las ramas en
un circuito en paralelo deben ser de igual magnitud,
ec. (11)
- c) La inversa de la resistencia equivalente es igual a
la suma de las inversas de las resistencias indivi--
duales conectadas en paralelo, ec. (15).

AMPERIMETROS Y VOLTIMETROS.

En los circuitos en paralelo es importante el hecho de
que cada resistencia pueda ser operada independientemente y que -
la corriente pueda circular a través de las otras partes del cir-
cuito en donde las resistencias tienen flujo de corriente. Para -
medir la corriente que fluye en un circuito se usan los amperíme-
tros que se coloca en serie con las resistencias, debido a esto -

la resistencia que debe tener el amperímetro (llamado shunt), - debe ser baja para que no altere al circuito. Si la resistencia - total del circuito se altera debido al amperímetro, la corriente que fluye en el circuito también se alteraría.

Los voltímetros se usan para medir la caída del voltaje o la diferencia de potencial a través de una parte del circuito o de un circuito entero. El voltímetro debe colocarse en paralelo - con la resistencia en la que se va a medir la diferencia de potencial, este debe de tener una resistencia muy alta de modo que no altere la resistencia del circuito o de parte del circuito en donde se va a medir el voltaje. Si la resistencia del voltímetro es baja esto haría que la corriente aumente en el circuito.

La resistencia de un voltímetro tiene un mínimo de - 10 000 ohms, para que colocada con una resistencia de 10 ohms se mantenga la resistencia de la parte del circuito donde se va a - medir el voltaje.

LEY DE OHM PARA UN CIRCUITO.

A los dispositivos o aparatos que nos proporcionan el - voltaje que debe aplicarse a un circuito se les llama generador - eléctrico o fuente de poder. Este suministra la energía para mantener la corriente que fluye a través de la resistencia, en la - fig. 12 se muestra el diagrama del generador eléctrico y la resistencia.

El generador se representa por dos rayas paralelas una

larga y fina que corresponde al polo positivo y que es el punto en donde el potencial es más alto, y la raya corta y gruesa corresponde al polo negativo y que es el punto donde el potencial es más bajo. Por convenio, se ha establecido como el sentido positivo de la intensidad de la corriente eléctrica el opuesto al del movimiento de los electrones, por lo tanto, la corriente que fluye por el circuito va del polo positivo al negativo y está es la dirección de la caída de potencial.

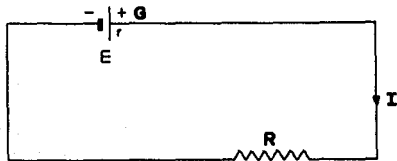


Fig 12. Diagrama del generador eléctrico y la resistencia.

Pero la corriente vuelve a pasar por el generador del polo negativo al positivo y entonces ésta es la dirección de subida del potencial, así el generador suministra la energía a las cargas para que recorra el circuito. Esta energía se llama fuerza electromotriz que se designa con la letra E y así se tiene que se efectúa un trabajo (W) para mover una carga (Δq) a lo largo del circuito y se tiene la ec. (16).

$$E = W / \Delta q \quad (16)$$

Si se considera que en el circuito el generador también tiene una resistencia r o resistencia interna de la fuente y la resistencia R , entonces la resistencia total del circuito es $R + r$. Así la corriente del circuito está relacionada con la fem por la ec. (17).

$$E = (R + r) I \quad (17)$$

fem = resistencia total por corriente

Esta ecuación es muy similar a la ley de Ohm pero está aplicada a todo un circuito en lugar de a una sola resistencia.

Por lo tanto, el voltaje entre las terminales o bordes de una fuente de poder de una fem E con una resistencia r está dado por la ec. (18).

$$V = E - Ir \quad (18)$$

PUENTES.

Los puentes son dispositivos que se utilizan en la medición de resistencias de un circuito y en la cual se requiere de gran exactitud. Además los puentes se utilizan también no sólo -- para medir resistencias, sino en aparatos tan sensibles como los selectores, aparatos de control y filtros. Hay instrumentos eléctricos los cuales no se consideran puentes, pero después de un análisis cuidadoso se verá que sí existe un puente.

Se puede decir que el uso del puente tiene gran utilidad debido a su gran exactitud, ya que ésta es del orden de 0.1%,

y las mediciones que se obtienen por otros métodos son menos exactas como con el óhmetro, o con el método del voltímetro-amperímetro.

Hay dos alternativas o tipos de puentes que son:

- a) Puentes Equilibrados.
- b) Puentes Desequilibrados.

PUNTES EQUILIBRADOS.

Cuando se usa el puente en medidas comparativas se varía una o más magnitudes hasta que el detector marque cero, y en este momento se dice que el puente está equilibrado. En la fig. - 13 se muestra el diagrama de un puente.

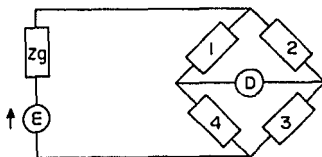


Fig. 13. Circuito del puente de cuatro brazos.

Este puente consta de cuatro brazos los cuales están conectados en serie en ciclo cerrado, numerados en sentido de horario; una fuente de energía se aplica entre dos conexiones diagonalmente opuestas a los cuatro brazos y un detector entre las dos conexiones diagonales restantes.

Un puente de corriente alterna se presenta en la fig 14

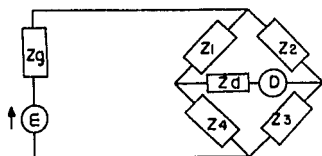


Fig. 14. Puente de corriente alterna.

En este tipo de puente se usa corriente alterna sinusoidal, de tal manera que puedan emplearse números complejos para estudiar su comportamiento.

La fuente de energía es un generador sinusoidal caracterizado por el voltaje complejo E en serie con su impedancia interna Z_g , esta fuente de energía puede ser un oscilador de audio o de radio frecuencia o muchas otras formas. Cada uno de los cuatro brazos viene representado por una impedancia pasiva compuesta por cuatro elementos que son, R (que es una resistencia), L (que es una autoinducción), C (que es capacidad) y M (que es la porción de resistencia del hilo que se encuentra en el circuito del galvanómetro).

El detector de impedancia Z_d , puede ser cualquier instrumento de medida de tensión o corriente sensible a la frecuencia del generador o fuente de energía, estos aparatos pueden ser

un galvanómetro de vibrador, o también puede ser un aparato de corriente alterna como un voltímetro a válvula o de rectificador.

La condición de cero para este puente puede expresarse a una frecuencia dada en función de las impedancias complejas de las ramas y que el voltaje en el brazo del detector debe ser cero. Entonces la caída de tensión en Z_4 debe ser igual a la caída en Z_3 o también en Z_1 debe ser igual a la de Z_2 .

Su caída de tensión en Z_4 es igual a la tensión entre los puntos diagonales del puente, multiplicada por $Z_4/(Z_1 + Z_4)$ y la caída en Z_3 es igual a $Z_3/(Z_2 + Z_3)$ veces el mismo voltaje, entonces se tiene la ec. (19).

$$\frac{Z_4}{Z_1 + Z_4} = \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} \quad (19)$$

Por lo tanto, también para Z_1 y Z_2 tenemos la ec.(20)

$$\frac{Z_1}{Z_1 + Z_4} = \frac{Z_2}{Z_2 + Z_4} \quad (20)$$

Multiplicando las ec. (19) y (20) se obtiene la condición de cero como se muestra en la ec. (21).

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4 \quad (21)$$

Los productos de las resistencias situadas en brazos opuestos del puente son iguales en la condición de equilibrio, independientemente de los valores de E , Z_g , Z_d .

Esta conclusión es similar a la obtenida para el puente de Wheatstone desde el punto de vista teórico, pero éste es un caso muy particular del caso general del puente de corriente alterna. Sin embargo hay causas no consideradas aquí, como el caldeo de las resistencias y capacidades parásitas. Además al aplicar cantidades complejas la condición de cero es distinta y para que se cumpla deben ser iguales separadamente la parte real e imaginaria de un lado y otro de la ecuación. Así la ec. (21) tiene las dos condiciones de equilibrio independiente y se deben cumplir ambas para obtener cero.

Las dos condiciones de equilibrio se pueden hacerse explícitas en muchas formas. Por ejemplo, simbólicamente como en la ec. (22).

$$\operatorname{Re} \{Z_1 Z_3\} = \operatorname{Re} \{Z_2 Z_4\} \quad (22)$$

y como en la ec. (23).

$$\operatorname{Im} \{Z_1 Z_3\} = \operatorname{Im} \{Z_2 Z_4\} \quad (23)$$

Si las impedancias vienen dadas en forma cartesiana $Z_k = R_k + jX_k$, siendo $k = 1, 2, 3, 4$, entonces la ec. (21) queda como la ec. (24).

$$(R_1 + jX_1)(R_3 + jX_3) = (R_2 + jX_2)(R_4 + jX_4) \quad (24)$$

Para obtener las condiciones de equilibrio, se iguala - las partes reales e imaginarias de esta ecuación, como en las - ec. (25).

$$\text{Reales: } R_1 R_3 - X_1 X_3 = R_2 R_4 - X_2 X_4 \quad (25)$$

$$\text{Imaginarias: } X_1 R_3 + X_3 R_1 = X_2 R_4 + X_4 R_2$$

Además, si todas las reactancias son cero, se reduce al caso del puente resistivo, así las partes reales de la ecuación - cumple la condición de cero del puente de Wheatstone, $R_1 R_3 = R_2 R_4$ y la parte imaginaria de la ecuación también se cumple.

Si las impedancias están en forma exponencial $Z_k = Z_k e^{j\omega k}$, donde $k = 1, 2, 3, 4$, la ecuación de equilibrio queda como la ec. (26)

$$Z_1 Z_3 e^{j(\omega_1 + \omega_3)} = Z_2 Z_4 e^{j(\omega_2 + \omega_4)} \quad (26)$$

y así las condiciones de equilibrio pueden escribirse como en la - ec. (27).

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4 \quad (27)$$

y como en la ec. (28).

$$\alpha_1 + \alpha_3 = \alpha_2 + \alpha_4 \quad (28)$$

o en la forma como se muestra en las ecuaciones (29).

$$\text{Reales: } Z_1 Z_3 \cos(\alpha_1 + \alpha_3) = Z_2 Z_4 \cos(\alpha_2 + \alpha_4) \quad (29)$$

$$\text{Imaginarias: } Z_1 Z_3 \sin(\alpha_1 + \alpha_3) = Z_2 Z_4 \sin(\alpha_2 + \alpha_4)$$

También pueden expresarse en función de las admitancias del puente: $Y_k = 1/Z_k$, donde $k = 1, 2, 3, 4$, entonces la ecuación de equilibrio queda como la ec. (30).

$$(1/Y_1)(1/Y_3) = (1/Y_2)(1/Y_4) \quad (30)$$

o como la ec. (31).

$$Y_1 Y_3 = Y_2 Y_4 \quad (31)$$

Los productos de las admitancias de los brazos opuestos son iguales en equilibrio. Nótese que el conjunto de ecuaciones de equilibrio con admitancias es similar al de impedancias.

También es útil usar impedancias en algunos brazos y admitancias en otros.

Al usar magnitudes complejas se tiene una parte real y otra imaginaria y por lo tanto se tienen ocho magnitudes implicadas en la condición cero o de equilibrio. Seis deben conocerse y las dos restantes determinarse a partir del equilibrio del puente, una por cada ecuación independiente.

Con esto se puede hacer notar que hay un número infinito de combinaciones de impedancias que pueden satisfacer la ecuación de equilibrio, cada puente tiene ventajas como la facilidad de ajuste, comodidad, costo y precisión con respecto a ciertos tipos medibles y susceptibilidad de los mismos.

Algunos de estos circuitos de corriente alterna pueden clasificarse en dos categorías llamadas puentes de cocientes de brazos y de productos de brazos. Son circuitos que sólo tienen dos elementos ajustables para conseguir el equilibrio y este ajuste sirve para tener de manera independiente una de las dos condiciones de equilibrio.

El puente de cociente de brazos tiene dos elementos de circuitos ajustables conectados en serie situados en un brazo adyacente al brazo desconocido y el cociente de las impedancias situadas en los otros dos brazos ya sea real o imaginaria. Si se considera al brazo Z_3 como la impedancia desconocida, el brazo conocido y adyacente es el Z_2 o el Z_4 . Si elegimos el brazo Z_4 como el que es doblemente ajustable y que tiene a $Z_4 = R_4 + jX_4$, y al despejar Z_3 de la ecuación (21) tenemos la ecuación (32).

$$Z_3 = \frac{Z_2}{Z_4} (R_4 + jX_4) \quad (32)$$

donde Z_2/Z_4 es una relación fija y conocida ya sea real o imaginaria y R_4 y X_4 pueden ajustarse independientemente para verificar la parte real o imaginaria de la condición de equilibrio.

El puente de producto de brazos tiene dos elementos ajustables conectados en paralelo, situado en el brazo opuesto al desconocido y el producto de las impedancias de los demás brazos es real o imaginaria. Siendo Z_3 la impedancia desconocida y expresando los elementos ajustables del brazo Z_1 en forma de admitancias como $Y_1 = G_1 + jB_1$, dando la ec. (33).

$$Z_3 = Z_2 Z_4 (G_1 + jB_1) \quad (33)$$

donde $Z_2 Z_4$ es una cantidad fija conocida, ya sea real o imaginaria y G_1 y B_1 pueden ajustarse independientemente para cumplir las partes reales o imaginarias de la condición de equilibrio.

Un ejemplo de puente de cociente de brazos se muestra en la fig. 15.

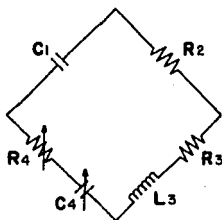


Fig. 15. Puente de Owen, tipo cociente de brazos.

El puente de Owen se usa con frecuencia para hacer mediciones de inductancias (y de su resistencia asociada), en este circuito no aparecen ni el generador ni el detector, puesto que por condición de equilibrio no varía al intercambiarlos.

Un ejemplo de puente de producto de brazos se muestra en la fig. 16.

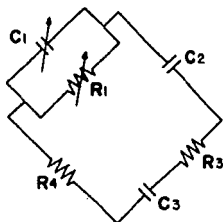


Fig. 16. Puente de Schering, tipo producto de brazos.

En este puente de Schering se mide capacidades (y la resistencia de pérdidas asociadas).

Hay otros puentes que no pertenecen a ninguno de los - descritos aquí, pero en algunos la condición de equilibrio depende de la frecuencia. El puente de Hay es usado para medir bobinas de Q elevadas, donde Q es una carga medida en Colombios, como en la fig. 17.

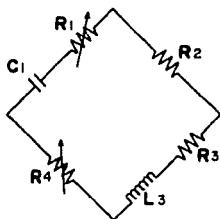


Fig. 17. Puente de Hay.

Cuando Q es elevada tiene un valor de 150 o más y entonces se consigue gran sensibilidad al mismo tiempo que una discriminación excelente para los armónicos de la fuente de poder.

Hay otros tipos de puentes que aparecen en la fig. 18, en donde se ve la gran variedad de posibilidades. En cada caso - los elementos que tienen el subíndice x puede considerarse desconocido en el análisis.

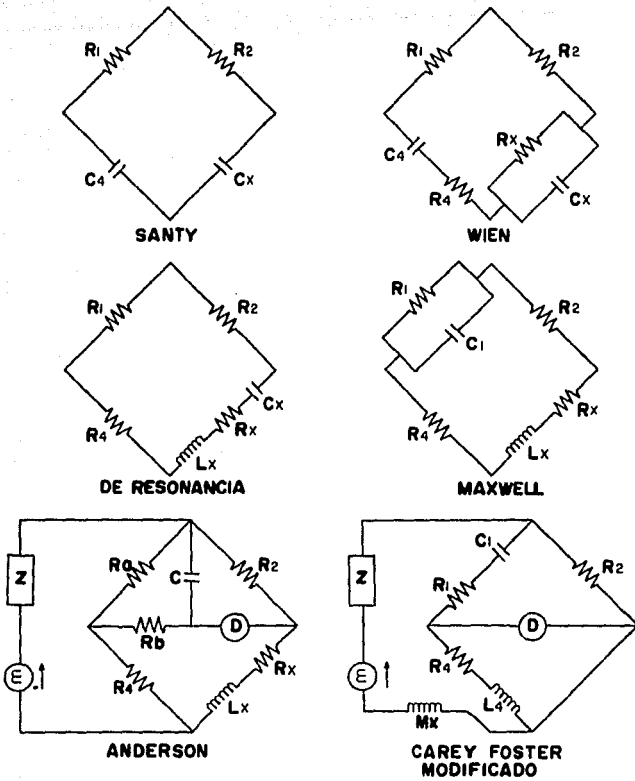


Fig. 18. Puentes de corriente alterna.

Los dos circuitos inferiores de la fig. 18, no parecen ser puentes de cuatro brazos, pero sí lo son. Cambiando el triángulo en estrella en el puente de Anderson se ve el puente de cuatro brazos.

PUENTES DESEQUILIBRADOS.

En los puentes desequilibrados o puentes de corriente continua se desea saber el valor de una resistencia desconocida R_x , donde puede determinarse por comparación con resistencias conocidas. Como ejemplo de este tipo de puentes, encontramos el puente de Wheatstone, el puente de hilo, el puente de límite y el puente doble de Kelvin; aunque sólo trataremos el puente de Wheatstone.

PUENTE DE WHEATSTONE.

Este puente se usa en medidas precisas de resistencia en función de una relación de resistencias conocidas y una patrón. Pero su precisión está limitada por la precisión con que se conoce la solución, ya sea exacta o aproximada y el patrón o estandar.

La configuración del puente consiste en tres mallas como se ve en la fig. 19.

En muchos estudios del puente, para simplificar su estudio, se ignora la resistencia B de la batería, pero esta resistencia puede afectar el funcionamiento del puente y se puede analizar de dos maneras.

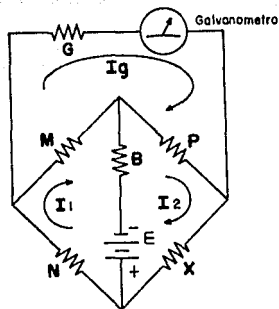


Fig. 19. Corriente de mallas en el puente de Wheastone.

1).- Puente de Wheatstone desequilibrado:
solución exacta.

Puede obtenerse la solución completa de la corriente en el galvanómetro, para cualquier valor de los parámetros usados en el puente por un análisis por mallas de los circuitos.

Suponiendo unas corrientes circulatorias en sentido de las agujas del reloj I_1 , I_2 , e $I_3 = I_g$, las ecuaciones de malla son las ec. (34).

$$\begin{aligned}
 (M + B + N)I_1 - BI_2 - MI_g &= E \\
 -BI_1 + (B + P + X)I_2 - PI_g &= -E \\
 -MI_1 - PI_2 + (M + P + G)I_g &= 0
 \end{aligned}
 \tag{34}$$

El determinante de mallas está en la ec. (35).

$$\Delta = \begin{vmatrix} M + B + N & -B & -M \\ -B & B + P + X & -P \\ -M & -P & M + P + G \end{vmatrix} \quad (35)$$

La corriente del galvanómetro viene dada por la ec.(36)

$$I_g = \frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} M + B + P & -B & E \\ -B & B + P + X & -E \\ -M & -P & 0 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

Esta es la solución exacta y completa de I_g , válida para cualquier valor de E, B, M, N, P, X y G .

Pero la solución de I_g , también puede expresarse en forma algebraica en función de los parámetros del puente, en donde $X = X_0$ o bien $X = X_0 + R$, donde el valor de X es necesario para el equilibrio. Como no es infinito para valores finitos de los parámetros, debe ser cero, y en la ec. (37) nos lo muestra.

$$I_g = \frac{E}{(B + P + X_0 + BP/M)(G + N + X_0 + GN/M)} \left[\frac{R}{1 + kR} \right] \quad (37)$$

donde k es siempre positivo pues los valores de M, P, N, X, G y B son siempre mayores de cero y se tiene entonces la ec. (38).

$$k = \frac{M(P + G) + (B + N)(M + P + G)}{M(B + P + X_0 + BP/M)(G + N + X_0 + GN/M)} \quad (38)$$

2).- Puente de Wheatstone desequilibrado:

solución aproximada.

Otra manera de obtener el valor de I_g de la corriente del galvanómetro es utilizando técnicas aproximadas de análisis de circuitos.

Cuando $I_g = 0$, el puente está equilibrado y la corriente que pasa por X_0 se obtiene al multiplicar la corriente de la batería por el factor $(M + N)/S$, donde S es la suma de las cuatro resistencias de los brazos del puente en equilibrio y que tiene el siguiente valor $S = M + N + P + X_0$.

Si I_x es la corriente de rama que atraviesa X_0 en dirección opuesta a I_2 , según la fig. 19, el equilibrio está dado por la ec. (39).

$$I_x = \frac{E}{B + (M + N)(P + X_0)/S} \left[\frac{M + N}{S} \right] = \frac{E (M + N)}{BS + (M + N)(P + X_0)} \quad (39)$$

Si X_0 cambia a $X_0 + R$, el cambio en todas las mallas del circuito puede obtenerse al aplicar el teorema de compensación; al introducir la fem de compensación $I_x R$ en la fig. 20, donde I_x está dada por la ec. (39) y es la corriente que pasa por X_0 antes de cambiar y el cambio en la corriente del galvanómetro puede obtenerse de la fig. 20.

Ahora bien, si R es pequeña en comparación con X_0 , entonces $R = \Delta X$ y la resistencia ΔX puede despreciarse en com--

paración con X_0 , pero permanece la fem $I_x \Delta X$.

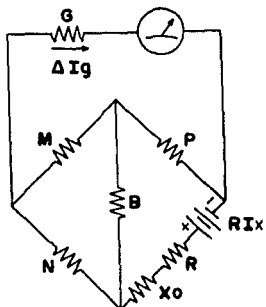


Fig. 20. Aplicación del teorema de la compensación al puente de Wheatstone.

Esta simplificación puede apreciarse en la fig. 21, donde se ha aplicado el teorema de la reciprocidad intercambiando la fem $I_x \Delta X$ y la corriente ΔI_g .

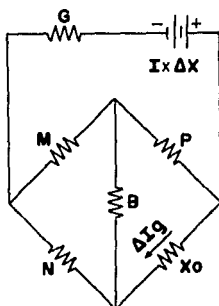


Fig. 21. Aplicación del teorema de la reciprocidad al circuito de la fig. 20.

Por el teorema de reciprocidad se sabe que si la fem $I_x R$ en la rama X, produce una corriente ΔI_g en la rama G y si esta fem es colocada en la rama G, entonces producirá una corriente $-\Delta I_g$ en la rama X, y si se desprecia el valor de ΔX por comparación con X_0 , la fem $\Delta I_x \Delta X$ de la fig. 21, es la de un puente equilibrado. Por lo tanto, la corriente en B es cero y puede asignarse un valor cualquiera y entonces ΔI_g puede obtenerse por la regla de reparto de corriente, como se ve en la ec. (40).

$$\Delta I_g = \frac{I_x \Delta X}{G + (M + P)(N + X_0)/S} \left[\frac{M + P}{S} \right] = \frac{I_x \Delta X (M + P)}{GS + (M + P)(N + X_0)} \quad (40)$$

pero hay que introducir la corriente I_x en la ec. (40), dando la ec. (41).

$$\Delta I_g = \frac{E (M + N) \Delta X (M + P)}{[BS + (M + N)(P + X_0)] [GS + (M + P)(N + X_0)]} \quad (41)$$

dividiendo el numerador y el denominador por $(M + N)(M + P)$ y usando las relaciones de la ec. (42).

$$\frac{S}{M + N} = 1 + \frac{P}{M} \quad \text{y} \quad \frac{S}{M + P} = 1 + \frac{N}{M} \quad (42)$$

en donde se demuestra que apartir de $MX_0 = NP$, la corriente I_g queda como en la ec. (43).

$$\Delta I_g = \frac{E \Delta X}{[B (1 + P/M) + P + X_o] [G(1 + N/M) + N + X_o]} \quad (43)$$

Siendo este el valor para la corriente del galvanómetro obtenida de manera aproximada.

Los puentes de corriente alterna son más versátiles y en consecuencia tienen más aplicaciones que los puentes de corriente continua. Se usan en medidas precisas de resistencia en corrientes alternas, inductancias, capacidad e inductancia mutua, en función de patrones conocidos y relaciones conocidas de elementos.

El puente de Wheatstone es el método comunmente usado en medidas precisas de resistencia en corriente continua, en función de una relación de resistencias conocidas y una resistencia patrón. El puente es de uso cómodo y rápido, el resultado está libre de errores achacables a la batería o a la resistencia del galvanómetro y no requiere calibración del galvanómetro. Su precisión sólo está limitada fundamentalmente por la precisión con que se conocen la solución y el patrón. Debido a la limitada sensibilidad del galvanómetro y a la resistencia de los conductores, la precisión alcanzable, disminuye en resistencias superiores a un megaohmio e inferiores a un ohmio.

Los puentes no equilibrados usados para las mediciones técnicas de resistencias, comparados con los equilibrados, "tie-

nen la ventaja consistente en que permiten obtener lecturas en la escala del aparato sin recurrir al equilibrio del puente".

Los circuitos medidores en forma de puente no equilibrados se utilizan en los convertidores de medida para convertir la resistencia en tensión, así como para otros fines.

TERMISTORES.

La resistencia de un conductor metálico se puede medir por medio de un puente, ya sea un puente equilibrado o un puente desequilibrado. La corriente que circula por cualquier conductor metálico está afectada en algún modo por la temperatura, así a -- una diferencia de potencial o tensión dada, la corriente que circula por el conductor metálico, hace que haya aumento de la temperatura y esto a su vez hace que aumente la resistencia del conductor metálico. Esto es, en la forma en que aumente la resistencia, variará en respuesta a la variación de la temperatura y esto indica que el conductor tiene un coeficiente de temperatura positivo.

En los conductores y resistencias se requiere idealmente de un coeficiente de temperatura igual a cero, ya que es normalmente indeseable cualquier cambio de resistencia debido a una variación de temperatura y el termistor es un dispositivo semiconductor o resistencia sensible a la temperatura, en donde, la resistencia varía en un valor conocido con respecto a la tempera-

tura, ya que el coeficiente de temperatura es cuidadosamente controlado durante su proceso de fabricación.

El termistor se parece a una resistencia convencional, normalmente es un dispositivo de dos terminales, siendo su principal propiedad la resistencia. Su gran diferencia con una resistencia convencional es el material con que está fabricado, las resistencias convencionales están formadas por un hilo especial, película evaporada, carbón o alguna composición que contenga carbón; los termistores están constituidos con material de cerámica con incrustaciones de compuestos especiales o mezclas de óxidos - semiconductores tales como el manganeso, cobalto, magnesio, cobre, hierro, níquel o uranio.

TIPOS BASICOS DE TERMISTORES.

Los termistores pueden clasificarse en dos tipos:

- a) Termistores de Caldeo Directo o Autocaldeo.
- b) Termistores de Caldeo Indirecto.

El termistor de caldeo directo es fabricado aplicando una lámpara de rayos infrarrojos a temperatura ambiente o bien por el paso de una corriente eléctrica a través del termistor o ambos a la vez, su símbolo se ve en la fig. 22.

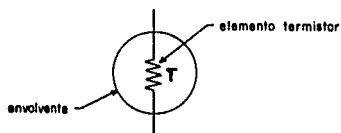


Fig. 22.

Símbolo del termistor de caldeo directo.

El de caldeo indirecto es producido cuando al termistor se le incorpora un filamento que funciona como un calefactor ---- eléctrico y los efectos de la temperatura ambiente son casi eliminados cuando se le introduce en una ampolla al vacío, su símbolo se ve en la fig. 23.

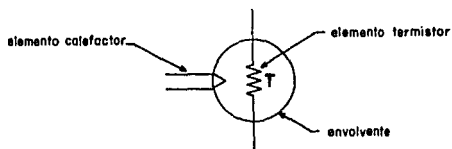


Fig. 23. Símbolo del termistor de caldeo indirecto.

CARACTERISTICAS BASICAS DEL TERMISTOR.

El termistor tiene varias características que son importantes y son las siguientes:

- 1).- Resistencia en función de la temperatura.

El coeficiente de temperatura en los termistores - al ser controlado, se conoce el valor de la resistencia cuando - varía su temperatura; la mayoría de los termistores tienen un alto coeficiente de resistencia negativo al cambio de la temperatura, esto se puede explicar porque cuando aumenta la temperatura, la resistencia del termistor disminuye y cuando la temperatura - disminuye la resistencia del termistor aumenta.

La expresión matemática para conocer la resistencia de

un termistor está dada por la ec. (44).

$$R = R_0 e^{\beta(1/T - 1/T_0)} \quad (44)$$

en donde:

R = es la resistencia a la temperatura final (T),
en ohms.

R₀ = es la resistencia a la temperatura inicial (T₀),
en ohms.

β = es el coeficiente térmico del termistor, es constante en un intervalo de temperatura y depende del material empleado en el termistor.

e = 2.7183 (base de los logaritmos).

T y T₀ = son las temperaturas absolutas final e inicial, en °K.

Los valores de β son determinados por mediciones hechas de 0° a 50°C y su valor es del orden 3000 a 5000, dependiendo del material con que está hecho el termistor.

La temperatura inicial (T₀) generalmente se toma a 298°K o sea a 25°C.

La ec. (44) se puede escribir también como la ec. (45).

$$\ln \frac{R}{R_0} = \beta (1/T - 1/T_0) \quad (45)$$

La ecuación indica que la variación de la resistencia no es lineal; esto es porque presenta un alto coeficiente de resistencia negativo a la temperatura y debido a esto los termisto-

res se les denomina resistencias no lineales.

En la fig. 24 se muestra la gráfica de resistencia-temperatura para un termistor y se puede decir que es el comportamiento general que presentan los termistores.

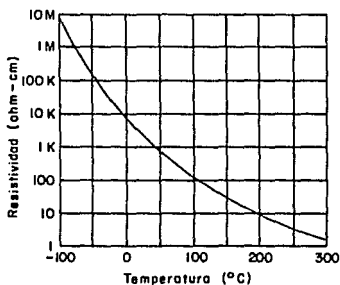


Fig. 24. Característica típica de resistencia-temperatura de un termistor.

Esta característica de resistencia-temperatura de los termistores es utilizada en aplicaciones eléctricas y electrónicas, para proteger los filamentos de los tubos electrónicos de las sobrecorrientes que tienen lugar en el encendido a causa de la baja resistencia de los filamentos fríos, también son utilizados en circuitos de televisores, tales como la desmagnetización para el tubo de imagen de color.

2).- Diferencia de potencial en función de la corriente

Esta característica se debe al calentamiento del -

termistor cuando por él pasa corriente eléctrica y se puede de---
terminar mediante el circuito de ensayo representado en la fig 25

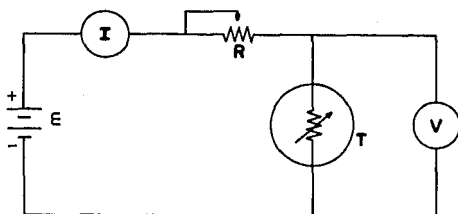


Fig. 25. Circuito de ensayo para determinar la I-E
en un termistor.

En este circuito se emplea un reostato R como resistencia limitadora para variar la intensidad de la corriente que pasa por el termistor. Cuando la resistencia R disminuye, la corriente I aumenta y viceversa, cuando la resistencia aumenta, la corriente disminuye; es decir sigue la ley de Ohm.

Pero mientras la corriente (I) que circula por el termistor aumenta, también aumenta la caída de potencial o tensión (E) hasta un cierto nivel, el cual está dado por el tipo de termistor y su valor de resistencia.

Este aumento es en forma lineal partiendo de cero, pero si seguimos aumentando la corriente, la caída de potencial o tensión va disminuyendo hasta que alcanza su máximo nivel posible, esto se observa en la gráfica de la fig. 26.

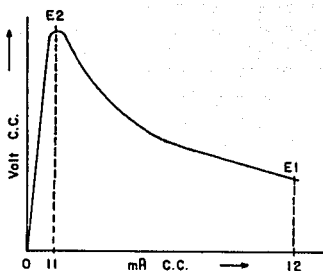


Fig.26. Gráfica de tensión-corriente de un termistor.

Este comportamiento se debe a que la corriente que es pequeña no afecta la resistencia en frío del termistor, cuando la corriente aumenta la temperatura del termistor aumenta también y su resistencia disminuye en forma no lineal.

La tensión entre los extremos del termistor aumenta no linealmente hasta un valor de cresta (E_2), designado tensión de autocalentamiento; rebasado este valor, la tensión entre las terminales del termistor disminuye no linealmente cuando aumenta la corriente, como muestra la gráfica de la fig. 26.

Esta característica se utiliza en las siguientes aplicaciones, dispositivo de alarma térmica, pirómetro, fluxómetro o medidor de flujo, dispositivo de conmutación, detectores de gas y dispositivo de sobretensión.

3).- Corriente en función del tiempo.

Como ya se ha visto, los termistores tienen un ran-

go en donde siguen la ley de Ohm, si se le aumenta la corriente al termistor éste aumenta su temperatura comportándose en forma no lineal.

Esta acción es debida al efecto acumulativo ya que la corriente ocasiona un calentamiento interno en el termistor, el cual después de un intervalo de tiempo hace que la resistencia del termistor disminuya y esto permite que aumente la corriente.

Este cambio de temperatura en un intervalo de tiempo depende de la masa térmica del elemento del termistor, esto es, que a menor masa la temperatura cambiará más rápidamente que a un elemento de mayor masa.

Para determinar estos cambios de temperatura debidos a la corriente se usa un circuito de ensayo como el de la fig. 27.

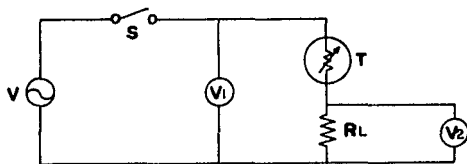


Fig. 27. Circuito de ensayo para determinar I en función del tiempo.

La fuente de alimentación de corriente alterna es V , cuya salida es ajustable y R_L es la resistencia de carga; entre los extremos de la resistencia R_L se conecta un EVM en volts de co---

corriente alterna para monitorear la tensión entre los extremos de R_L .

Cuando el conmutador S se cierra, se inicia la corriente y la temperatura del termistor aumenta, disminuyendo su resistencia, pero en los extremos de R_L la tensión aumenta, la cual es registrada por el EVM.

En la gráfica de la FIG. 28 se muestra este efecto, en donde se ha supuesto que la temperatura ambiente es prácticamente constante y que el calentamiento del termistor se debe a la corriente que se le aplica.

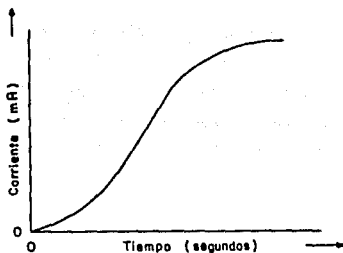


Fig. 28. Gráfica de corriente-tiempo de un termistor.

Esta característica se utiliza en expansores de sonido o dispositivos de audio, dispositivos de conmutación, absorbedores de sobre tensión y dispositivos de resistencia negativa de baja frecuencia.

CONFIGURACIONES DEL TERMISTOR.

Las configuraciones de los termistores se deben al tipo de constitución dependiendo de su encapsulado, modelo, especificaciones eléctricas y a la aplicación que se le va a dar, las más comunes que hay son:

Termistor de Barra.

Este se parece a una resistencia común, pero con material termistor y un par de terminales las cuales pueden ser radiales (Fig. 29) o axiales (Fig. 30). El tamaño del termistor va a depender de las especificaciones eléctricas.

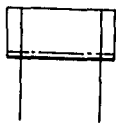


Fig. 29. Terminales radiales.



Fig. 30. Terminales axiales.

Termistor de Disco.

Este se parece a un condensador cerámico del tipo disco, a este termistor de disco se le añadió un par de terminales las cuales pueden ser radiales (Fig. 31), pero estas terminales pueden tener direcciones opuestas. Las terminales también pueden ser axiales (Fig. 32), algunos termistores no tienen terminales, pero el disco esta recubierto de un metal para que el termistor sea co

colocado entre un resorte o soldado a un circuito (Fig. 33).

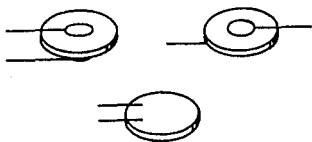


Fig. 31. Terminales radiales.

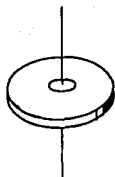


Fig. 32. Terminales axiales.



Fig. 33. Con recubrimiento metálico.

Termistor de Arandela.

Este termistor es un disco que en el centro tiene un agujero y no tiene terminales, pues está provisto de caras metalizadas para que tenga contacto ya sea con otros termistores del mismo tipo o con otros componentes eléctricos, los cuales pueden ser colocados por medio de tornillos (Fig. 34).

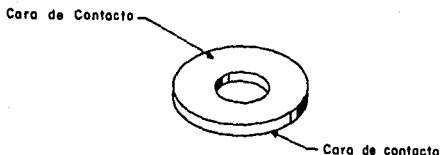


Fig. 34. Termistor de Arandela.

Termistor de perla.

Como su nombre lo indica, es una pequeña perla de material termistor con un par de terminales (Fig. 35), y su tamaño puede ser tan pequeño como se requiera en una miniaturización (Fig. 36), el cual muestra un sensor especial del tipo sonda en el cual está suspendida el termistor de perla.



Fig. 35. Termistor de perla

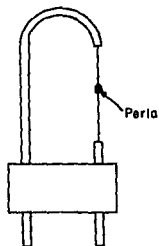


Fig.36 Sensor de sonda con un termistor de perla.

Sonda de termistor.

Estos termistores están montados en sondas de diferentes tipos que se usan como sensores, ya sean de temperatura, de caudal de aire, de nivel de líquido. La dimensión y robustez de -

ese termistor va depender de su uso, como en equipos de diagnóstico médico (Fig. 37).



Fig. 37. Termistor de sonda de vidrio.
Termistor moldeado en material Epóxico.

Este termistor tiene forma rectangular y está aislado en una caja de resina epóxica (Fig. 38), este termistor se parece a un condensador de radio moldeado en mica.

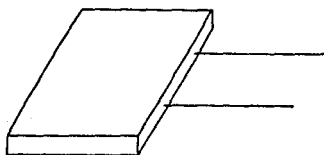


Fig. 38. Termistor de material epóxico.
Termistor de caldeo indirecto.

Como ya se dijo, el termistor de caldeo indirecto contiene un elemento calefactor, el cual puede ser un filamento incorporado, (Fig. 39). Además, en este tipo de termistor se pueden acoplar dos termistores y el elemento calefactor montados en una ampolla de vidrio en la cual se ha hecho el vacío (Fig. 40).

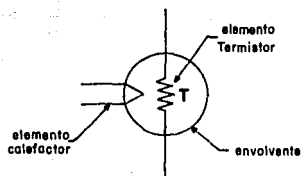


Fig. 39. Termistor de caldeo indirecto.

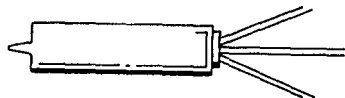


Fig. 40. Termistor de caldeo indirecto, con termistor de perla y calefactor en ampolla de vidrio al vacio.

Termistor de Película Delgada.

En este termistor se debe tener un sustrato adecuado - como la alúmina, titanato de bario, óxido de berilio, o una hoja de níquel, de cuarzo o de silicio, en el cual se deposita el termistor que es una película delgada en forma de una larga línea - provista de dos terminales. Esta línea está en forma de zig-zag - para obtener la longitud que proporcione la resistencia adecuada en el menor espacio posible, (Fig. 41).

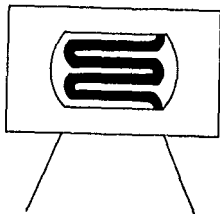


Fig. 41. Termistor de película delgada.

Además de estos tipos antes descritos, los termistores pueden suministrarse en otras configuraciones como la del diodo - terminal, cartuchos de cristal, placas metálicas para cementar - sobre superficies monitoradas, tornillos, cápsulas tipo fusible, sondas, o agujas hipodérmicas.

MARGEN DE DIMENSIONES DEL TERMISTOR.

Todos los termistores se encuentran en una gran variedad de tamaños dependiendo de la forma y modelo del termistor. En la tabla siguiente se dan algunas dimensiones para algunos termistores, pero no incluyen la longitud de las terminales.

Tipo de Barra.

Longitud: 0.30 a 2 pulg.

Diámetro: 0.053 a 0.375 pulg.

Tipo de Disco.

Diámetro: 0.045 a 0.77 pulg.

Grueso: 0.021 a 0.289 pulg.

Tipo de Arandela.

Diámetro: 0.77 pulg.

Grueso: 0.034 a 0.195 pulg.

Diámetro del agujero: 0.281 pulg.

Tipo de Perla.

Diámetro: 0.005 a 0.100 pulg.

Tipo de Ampolla de vidrio.

Longitud: 0.25 a 2 pulg.

Diámetro: 0.06 a 0.3 pulg.

Tipo Moldeado en material epóxico.

Longitud: 0.300 a 0.500 pulg.

Anchura: 0.300 a 0.500 pulg.

Espesor: 0.250 a 0.300 pulg.

Tipo Película Delgada.

Longitud: 3/32 a 0.250 pulg.

Anchura: 3/32 a 0.250 pulg.

Espesor: 0.0008 a 0.100 pulg.

POTENCIOMETRO.

De igual importancia que las mediciones de resistencia son las mediciones de fuerza electromotriz o las de diferencia de potencial. Uno de los aparatos que mide diferencias de potencial de corriente continua de manera exacta, es el potenciómetro que emplea el principio de balance nulo, esto es, que el potencial que se va a medir es balanceado por un potencial igual pero en sentido contrario y de esta manera no hay fuga de corriente en el circuito. En la Fig. 42 se muestra un circuito simplificado del potenciómetro.

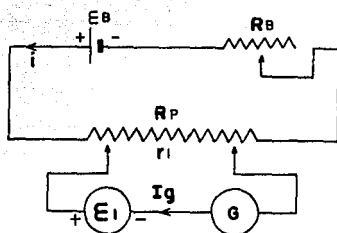


Fig. 42. Circuito simplificado de un potenciómetro.

La batería de fuerza electromotriz E , proporciona un flujo de corriente i a través de la resistencia R_p . La cantidad de la corriente puede ser variada por medio de una resistencia auxiliar ajustable R_B , conectada en serie con la resistencia R_p .

A través de una cierta porción de r , de la resistencia R_p , se establece un puente de fuerza electromotriz E , con un galvanómetro conectado en serie. Si suponemos que se elige un valor de r , para que sea $I_g = 0$, es evidente entonces que $r_1 i = E_1$, por la segunda ley de Kirchhoff se tiene que $r_1(i + I_g) + R_g I_g = E_1$, donde R_g es una resistencia del galvanómetro. Si E_1 es reemplazada por otra fuerza electromotriz E_2 , se va a obtener una nueva resistencia r_2 , en donde el balance es la ec. (46).

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_1}{r_2} \quad (46)$$

Ahora bien, una de las resistencias del potenciómetro

puede ser sustituida por un termistor o bien elaborar un circuito como el de la Fig. 43, para formar un potenciómetro.

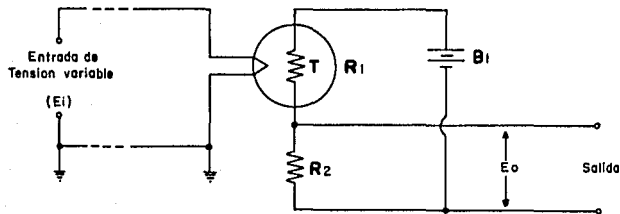


Fig. 43. Circuito de un potenciómetro con un termistor.

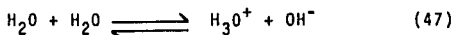
Aquí el termistor de caldeo indirecto es R_1 y una resistencia fija es R_2 y forman el potenciómetro en donde R_1 es variable. A la temperatura de funcionamiento normal, la resistencia del termistor R_1 es elevada con respecto a R_2 , de forma que la tensión de salida E_o se aproxima a cero debido a la división de la tensión de alimentación por la acción resultante del potenciómetro.

Cuando la tensión de entrada (control) E_i aumenta, el elemento calefactor del termistor R_1 se calienta, debido a esto la resistencia del termistor disminuye y la tensión de salida E_o se aproxima a la tensión de la fuente de alimentación, siendo posible un control continuo y uniformemente variable de E_o .

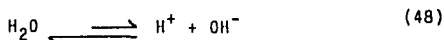
POTENCIAL HIDROGENO (pH).

Una de las muchas aplicaciones de los potenciómetros es en el campo de la química para medir la concentración de los iones hidrógeno o pH, o en cualquier aplicación donde esté relacionada a una magnitud de interés con una **fem** pequeña de corriente continua, puede usarse el potenciómetro.

El concepto de Brønsted-Lowry de ácidos y bases, es que un ácido es un donador de protones y una base es un aceptor de protones. En disolución acuosa el disolvente es un ácido y/o una base, la cual sufre una autoprotólisis (ec. 47).



El agua es un disolvente anfiprótico, el ión hidronio, H_3O^+ , es un protón hidratado que también se puede escribir H^+ , entonces la ionización de agua se escribe en forma simplificada por la ec. (48).



Como consecuencia de su baja ionización, el agua presenta una conductividad pequeña. La constante de equilibrio o de ionización es la ec. (49).

$$K_{\text{ión}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1.82 \times 10^{-16} \quad (\text{a } 25^\circ\text{C}) \quad (49)$$

La concentración de agua en moles por litro a 25°C es constante y tiene un valor de $997/18.0 = 55.3$. Cambiando esta constante de equilibrio, se tiene la ec. (50).

$$\begin{aligned}K_{H_2O} &= [H^+] [OH^-] = (55.3)(1.82 \times 10^{-16}) = \\ &= 1.01 \times 10^{-14} \quad (50)\end{aligned}$$

La K_{H_2O} recibe el nombre de producto iónico del agua o constante del agua, la cual nos indica que el agua pura a 25°C da la ec. (51).

$$[H^+] = [OH^-] = \sqrt{K_{H_2O}} = 1.0 \times 10^{-7} \quad (51)$$

y en disoluciones la concentración del ión hidrógeno es inversamente proporcional a la concentración del ión hidroxilo y se puede interpretar que si la concentración de uno de los iones aumenta, la del otro ión disminuye, manteniéndose K_{H_2O} en el valor de 1.0×10^{-14} . En una disolución ácida, la concentración del ión hidrógeno es mayor que la concentración del ión hidroxilo y viceversa, para una disolución alcalina, así, de esta manera es fácil calcular la concentración de cualquiera de los iones mediante la K_{H_2O} .

Los números tan pequeños que representan las bajas concentraciones de los iones hidrógeno e hidroxilo se simplifican con el término de pH, el cual está definido en base a la concen--

tración del ión hidrógeno y su expresión es la ec. (52).

$$pH = \log (1/[H^+]) = -\log [H^+] \quad (52)$$

aunque también se puede expresar en base a la concentración del ión hidroxilo, en la ec. (53).

$$pOH = \log (1/[OH^-]) = -\log [OH^-] \quad (53)$$

o también en base del producto iónico del agua teniendo la ec. (54)

$$pK_{H_2O} = -\log K_{H_2O} \quad (54)$$

Como la operación de multiplicar se realiza por adición de logaritmos se tiene la ec. (55).

$$K_{H_2O} = [H^+] [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \quad (55)$$

y que también puede escribirse como en la ec. (56).

$$pK_{H_2O} = pH + pOH = 14.00 \quad (56)$$

Las relaciones numéricas se resumen en la tabla de la Fig. 44.

$[H^+]$ mol/l	pH	Reacción	$[OH^-]$ mol/l	pOH
1	0	↑ ácido	10^{-14}	14
10^{-1}	1		10^{-13}	13
10^{-2}	2		10^{-12}	12
10^{-3}	3		10^{-11}	11
10^{-4}	4		10^{-10}	10
10^{-5}	5		10^{-9}	9
10^{-6}	6		10^{-8}	8
10^{-7}	7	neutro	10^{-7}	7
10^{-8}	8	↓ básico	10^{-6}	6
10^{-9}	9		10^{-5}	5
10^{-10}	10		10^{-4}	4
10^{-11}	11		10^{-3}	3
10^{-12}	12		10^{-2}	2
10^{-13}	13		10^{-1}	1
10^{-14}	14		1	0

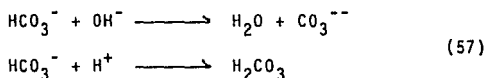
Fig. 44. pH y pOH de soluciones acuosas a 25°C.

La zona en donde el pH del sistema cambia relativamente poco cuando se añade cantidades más pequeñas de iones H^+ o OH^- , y que existe el par conjugado ácido-base actúa como tampón.

Se dice que una solución está tamponada o regulada si se opone a toda modificación de su concentración de ión hidrógeno e hidroxilo. Una disolución de este tipo debe contener un componente ácido (donador de protones) que reaccione con las bases, y

al mismo tiempo un componente básico (receptor de protones) que reaccione con los ácidos. Una disolución de un ácido débil y de una sal suya fuertemente ionizada (su base conjugada), o de una base débil y una sal suya fuertemente ionizada (su ácido conjugado), actúa como una disolución reguladora.

Un compuesto único que tenga propiedades ácidas y básicas apropiadas puede ser un regulador. Por ejemplo, una disolución, de bicarbonato sódico presenta cierta acción reguladora, pues el ión bicarbonato, HCO_3^- , puede ceder o aceptar protones, por reacción con bases o con ácidos, como se ve en las ec. (57).



Por tanto, la determinación del pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes y más utilizados en bioquímica, ya que el pH determina muchas características notables de la estructura y la actividad de las macromoléculas biológicas y, por tanto, de la conducta de la célula y de los organismos.

Los fluidos intracelulares y extracelulares de los organismos vivos contienen pares conjugados ácidos-básicos, los cuales actúan como tampones al pH normal de dichos fluidos.

La función compleja de una sola célula requiere que el líquido intracelular y el líquido extracelular que la rodea conserven una composición química bastante constante. Esto puede lograrse por simple difusión de material celular, entrando y salien

do, entre los líquidos intra y extracelulares. Cuando las células se combinan para formar tejidos, órganos y, finalmente, todo el cuerpo, el proceso de difusión no basta para conservar un equilibrio líquido adecuado. Se necesita un sistema circulatorio o de transporte, capaz de llevar los materiales nutritivos, enzimas, hormonas, y otras sustancias reguladoras hacia los tejidos, y productos de desecho hacia los órganos de eliminación.

La sangre es el sistema de transporte más activo, formado de elementos celulares suspendidos en el plasma, que es el medio líquido. El líquido tisular, que rodea los tejidos, y la linfa, líquido de desplazamiento lento similar al plasma, que circula por un sistema de vasos denominados linfáticos, también ayudan al sistema de transporte del cuerpo. La linfa y el líquido tisular se reúnen con el nombre de líquido intersticial; constituye hasta el 15% del peso corporal. Tiene lugar un intercambio importante de material entre la sangre y los tejidos a través del líquido intersticial. El plasma y el líquido intersticial, en conjunto, se denominan líquidos extracelulares.

El pH del plasma sanguíneo en los vertebrados se mantiene a valor notablemente constantes. El plasma sanguíneo del hombre suele ser de 7.40. Si fallasen los mecanismos reguladores del pH, como suele ocurrir en las enfermedades, el pH de la sangre descendería por debajo de $\text{pH} = 7$ o se elevaría por encima de 7.8 y podrían producirse daños irreparables. Las enzimas ejercen su actividad máxima a un pH característico, llamado **pH óptimo**, y que

su actividad desciende de manera notoria a ambos lados de dicho máximo. De este modo, el control biológico del pH de las células y de los fluidos corporales es de importancia primordial en todos los aspectos del metabolismo intermediario y de la función celular.

CONCEPTO DE ENFERMEDAD.

El concepto actual de enfermedad es el trastorno no compensado de la homeostasis o sea un desequilibrio de los mecanismos fisiológicos que mantienen constante al organismo.

La homeostasis se puede estudiar en diferentes niveles de organización, desde los niveles molecular y genético hasta el de ecosistemas y poblaciones.

Así el concepto de homeostasis es la relación entre el individuo y su medio ambiente y así este equilibrio es una de las condiciones necesarias para la salud.

Por tanto, la homeostasis es un término que refiere la capacidad de adaptación del individuo a modificaciones tanto internas como externas; el organismo está adaptado a una serie de mecanismos que le confieren elasticidad frente a un medio cambiante y que le permiten conservar su individualidad.

Entonces cuando se altera la homeostasis se produce una enfermedad y ésta puede estudiarse a diferentes niveles de organización biológica que son:

1).- Nivel Molecular. En el que la alteración se encuentra a nivel de ciertas macromoléculas, ya sea en su composición -

química o en su ubicación dentro del organismo vivo. Se pueden citar algunos ejemplos como la alcaptonuria, cistinuria, albinismo, anemia falciforme y fenilcetonuria.

2).- Nivel Subcelular. Las alteraciones que se encuentran a este nivel, comprenden el interior de la célula, entendiéndose como el citoplasma y los organelos que contiene, así como también los trastornos metabólicos de las macromoléculas propias de este nivel subcelular; como ejemplo está la esteatosis hepática.

3).- Nivel Celular. Incluye enfermedades de toda la variedad celular del organismo, como ejemplo está la enfermedad de Alzheimer o demencia senil, en la cual encontramos astrocitos con cambios degenerativos con pérdida de la memoria del individuo.

4).- Nivel Tisular. Incluye a las enfermedades que afectan a los cuatro tejidos fundamentales, que son, el tejido epitelial, el tejido conectivo, el tejido muscular y el tejido nervioso; como ejemplo de enfermedad en el tejido epitelial está la atrofia senil; del tejido conectivo la fiebre reumática, endocarditis, pericarditis; en el tejido muscular como los esguinces, neoplasias; en el tejido nervioso las enfermedades desmielinizantes, como la esclerosis múltiple y esclerosis cerebral difusa, demencia y encefalitis focal.

5).- Nivel Orgánico. Aquí se encuentran alteraciones en la organogénesis o en los órganos de los diferentes aparatos y sistemas del individuo adulto y como ejemplos se pueden citar las

lesiones hepáticas, renales, cardíacas, cerebrales. Para su estudio se utilizan pruebas funcionales, exámenes de laboratorio y/o gabinete, como radiografías, ultrasonografía, tomografías y resonancia magnética nuclear, pruebas funcionales hepáticas, pruebas de funcionamiento renal.

6).- Nivel Individuo. Implica las alteraciones psicológicas o del talante del individuo en relación con los signos y síntomas de una enfermedad específica que afecte al individuo.

7).- Nivel Social. Aquí se encuentran las implicaciones o la relación social de trabajo, la educativa, política, religiosa y recreativa en relación con el proceso de la enfermedad en el individuo.

Hay diferentes tipos de enfermedades en las cuales se puede alterar la estructura y/o función de la célula. Para comprobar que tipo de alteración existe se usan las pruebas funcionales o de laboratorio, en estas se efectúan análisis cualitativos y cuantitativos de líquidos del cuerpo como sangre, orina, líquido cerebro espinal, al igual que de las heces, cálculos y otras sustancias.

En estos líquidos se pueden efectuar determinaciones de glucosa, nitrógeno de urea, sodio, potasio, cloruros, dióxido de carbono, pH, etc. La determinación del pH en sangre se hace por medio de aparatos sensibles como un potenciómetro con gran exactitud.

Una concentración constante de hidrogeniones condiciona

la situación ácido-básica de nuestro organismo.

Fisiológicamente el pH varía solamente en 8 o 10 centésimas, oscilando entre 7.35 y 7.45, tomando un valor promedio de 7.4. Una serie de sustancias mantienen constante la concentración de hidrogeniones, impidiendo que los ácidos y los álcalis que ingerimos o los que se producen en el curso de nuestro metabolismo produzcan variaciones.

Las sustancias que amortiguan estas variaciones de pH - son los buffers o disoluciones tampón y las sustancias anfóteras, aunque la entrada de los ácidos o álcalis aumente o disminuya entre límites muy amplios, actúan en forma inmediata manteniendo en equilibrio ácido-básico al organismo.

Las sustancias amortiguadoras pueden ser extracelulares e intracelulares, como se indica en el cuadro de la Fig. 45.

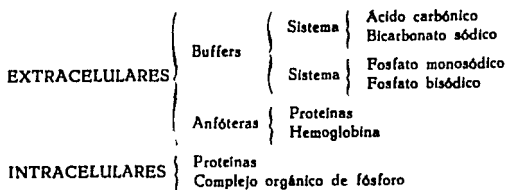


Fig. 45. Cuadro de sustancias amortiguadoras.

Los dos grandes sistemas de regulación de los hidrogeniones en el organismo se distinguen porque uno es fisicoquímico y se encuentra principalmente en la sangre y son los sistemas de

carbonato de sodio-ácido carbónico, fosfato-ácido fosfórico y proteínato-proteína; pero también en los glóbulos rojos con el sistema oxihemoglobina-hemoglobina.

El otro sistema regulador es fisiológico y depende de la acción del aparato respiratorio y del riñón.

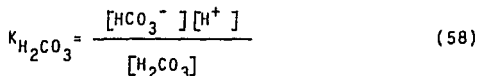
EQUILIBRIO ACIDO-BASICO.

Sistema ácido carbónico-bicarbonato de sodio.

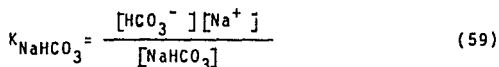
Normalmente en nuestro medio hay 1.3 miliequivalentes por litro de ácido carbónico, éste tiene una constante de disociación baja y por lo tanto la mayoría de las moléculas no se ionizan. El bicarbonato de sodio tiene una concentración de 27 miliequivalentes por litro y su constante de disociación es muy alta, esto es que casi todo está ionizado.

La proporción de 27 a 1.3 es aproximadamente de 20 veces más bicarbonato de sodio que ácido carbónico.

El sistema ácido carbónico es:



Y el sistema del bicarbonato de sodio es:



La entrada de hidrogeniones a nuestro organismo hace que aumente la concentración de estos iones en la ec. (58), por lo que la reacción es empujada al denominador como se observa en la ec. (60), con lo que disminuye la concentración de los hidrogeniones y la de los iones bicarbonato.



Esta disminución de iones HCO_3^- da lugar a que disminuya el numerador de la ec. (59), para mantener la constante de disociación del bicarbonato de sodio, por lo que se disocian más moléculas de bicarbonato como se ve en la ec. (61) y esto ocasiona un aumento en la concentración del ácido carbónico y una disminución en la del bicarbonato de sodio.



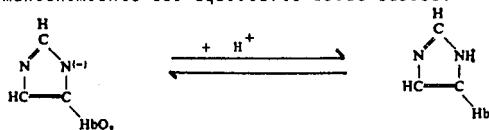
Para compensar estas alteraciones, se eliminan por los sistemas reguladores fisiológicos.

De manera análoga actúa el sistema fosfato-ácido fosfórico, pero tiene menor importancia por estar en menor proporción que el sistema antes mencionado.

Sistema de proteínas y hemoglobina.

Estas sustancias no se agotan ni dan lugar a nuevos productos, simplemente captan o liberan hidrogeniones estableciendo

un equilibrio como se muestra en la Fig. 46, por ello no se transforman ni dan lugar a productos que tengan que ser eliminados, únicamente es conveniente que estén a un nivel adecuado para el buen mantenimiento del equilibrio ácido-básico.



Oxihemoglobina

Hemoglobina desoxigenada

Fig. 46. Grupo imidazol de histidina en oxihemoglobina desoxigenada.

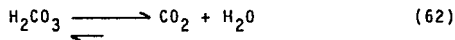
Sistemas reguladores fisiológicos.

Sistema respiratorio.

Con el aumento de la concentración del ácido carbónico, éste debe ser eliminado. El ácido carbónico que tiene una constante de disociación baja y por lo tanto es un ácido débil, tiende a descomponerse en anhídrido carbónico y agua.

El dióxido de carbono que es un gas es eliminado por el pulmón y el agua en forma de vapor.

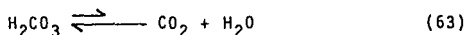
En la descomposición del ácido carbónico hay un equilibrio, el cual es acelerado por la enzima anhidrasa carbónica, abundante en el tejido pulmonar y por tanto la reacción se desplaza a la derecha como lo muestra la reacción de la ec. (62).



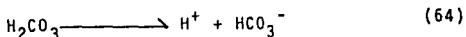
dando lugar a una continua eliminación del ácido carbónico en función de la intensidad y frecuencia respiratoria.

Sistema renal.

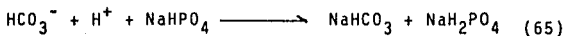
El riñón es el regulador fisiológico más importante del pH de la sangre y que elimina sustancias ácidas o básicas no volátiles que están unidas a la hemoglobina y proteínas extracelulares. Cuando la concentración del bicarbonato de sodio está por debajo de 27 miliequivalentes por litro, este se reabsorbe totalmente. Pero en el túbulo del riñón también existe anhidrasa carbónica, que descompone al ácido carbónico como en la ec. (62), pero el dióxido de carbono no tiene salida y se acumula y la reacción se desplaza hacia la izquierda como se ve en la ec. (63).



La concentración del ácido carbónico aumenta por lo que éste se ioniza, ec. (64), el ión bicarbonato se une con el sodio procedente de los fosfatos disódicos, formando bicarbonato de sodio, que compensa al bicarbonato de sodio de la sangre.



Los iones hidrógenos del ácido carbónico ionizado los sustituye por el ión sodio de los fosfatos disódicos, el cual se transforma en fosfato monosódico, ec. (65), que es eliminado por la orina.



Esta eliminación es lenta y continua.

ALTERACIONES EN EL EQUILIBRIO DEL ION H^+ .

Los términos acidosis y alcalosis cuando se habla del pH del plasma, están en base al pH promedio que es de 7.4, esto es, que acidosis es cuando el pH es menor de 7.4 y alcalosis cuando es mayor de 7.4. Existen acidosis como alcalosis de diferentes tipos.

Las acidosis pueden ser:

1).- Acidosis Metabólica.

En donde los iones hidrógeno proceden del metabolismo exógeno por aumento de la ingestión de los ácidos, o del metabolismo endógeno por alteración del metabolismo de los carbohidratos y las grasas.

2).- Acidosis Pulmonar.

Está se debe a la retención del dióxido de carbono en el plasma, lo que ocasiona un aumento del ácido carbónico y - por lo tanto el pH disminuye, esto ocasionado por la interferencia con la ventilación normal lo que aumenta la presión parcial del dióxido de carbono.

3).- Acidosis Renal.

Cuando el riñón tiene algún trastorno no cumple - con su función de eliminar las sustancias ácidas que se producen en nuestro metabolismo.

Esta disminución de la capacidad de eliminación de iones hidrógeno hace que disminuya el bicarbonato de sodio en sangre y en la orina, hay una acidez titulable.

En el cuadro de la Fig. 47, se resumen las características de la acidosis, y en la Fig 48, las causas y las enfermedades que ocasiona.

	Semiología clínica	Semiología de laboratorio					
		Sanguínea			Urinaria		
		Presión parcial de anhídrido carbónico pCO_2	Bicarbonato sódico CO_2HNa	pH	Acidez titulable	Eliminación de amoníaco	Eliminación de bicarbonato sódico
Acidosis metabólica	Aceleración respiratoria Aumento excitabilidad muscular Palidez Colapso	Disminuida	Disminuido	Disminuido	Aumentada	Aumentada	Disminuida
Acidosis respiratoria	Aceleración respiratoria Aumento excitabilidad muscular Palidez Colapso + La correspondiente a la afección pulmonar	Aumentada	Aumentado	Disminuido	Aumentada	Aumentada	Disminuida
Acidosis renal	Aceleración respiratoria Aumento excitabilidad muscular Palidez Colapso + La correspondiente a la afección renal	Disminuida	Disminuido	Disminuido	Disminuida	Disminuida	Disminuida o aumentada (En relación con el tipo de alteración renal)

Fig. 47. Cuadro que resume las características de las acidosis.

Causas de acidosis	Ingreso aumentado de valencias ácidas	Exógeno	} Diets acidificantes
		Acidosis metabólica	
	Falta de eliminación de valencias ácidas	Endógeno	} Trastornos metabólicos (diabetes)
		Acidosis metabólica	
	Por pulmón	} Procesos pulmonares que disminuyen el campo respiratorio	
	Acidosis respiratoria		} Procesos renales
	Por riñón		
	Acidosis renal *		

Fig 48. Cuadro de causas y enfermedades que ocasiona la acidosis.

Las alcalosis pueden ser:

1).- Alcalosis Pulmonar.

En está existe una hiperventilación con pérdida excesiva de dióxido de carbono, lo cual disminuye la concentración del ácido carbónico y carbonato y el pH del plasma tiende a ser más alcalino.

Está es la forma en que se diagnostica con menos frecuencia y que puede presentarse por transtornos emocionales como anorexia, fiebre, encefalitis, tumores cerebrales, cirugía intracraneal.

2).- Alcalosis Renal.

Aumentará la eliminación de bicarbonato de sodio - debido a que hay un exceso en sangre, lo mismo ocurre con el fosfato disódico.

Además el riñón disminuye la formación de amoniaco y la eliminación de ácidos titulables en la orina. Por esto es menos frecuente la presencia de alcalosis graves que de acidosis.

En la Fig. 49, se ve un cuadro que resume las características de las alcalosis, y en la fig. 50, las causas y las enfermedades que ocasiona.

	Semíología clínica	Semíología de laboratorio					
		Sanguínea			Urinaria		
		Presión parcial de anhídrido carbónico pCO_2	Bicarbonato sódico CO_2HNa	pH	Acidez titulable	Eliminación de amoniaco	Eliminación de bicarbonato sódico
Alcalosis metabólica	Disminución frecuencia respiratoria Tetania	Aumentada	Aumentado	Aumentado	Disminuido	Disminuida	Aumentada
Alcalosis respiratoria	Aumento frecuencia respiratoria Tetania	Disminuida	Disminuido	Aumentado	Disminuido	Disminuida	Disminuida

Fig. 49. Cuadro que resume las características de las alcalosis.

Es necesario recalcar que la acidosis y la alcalosis son procesos dinámicos y no estados permanentes y que el grado de desviación en el equilibrio del ión H^+ , así como la dirección misma

del cambio pueden traer alteraciones que pueden causar la muerte como se muestra en la Fig. 51, con la relación entre el pH y la razón de bicarbonato a ácido carbónico.

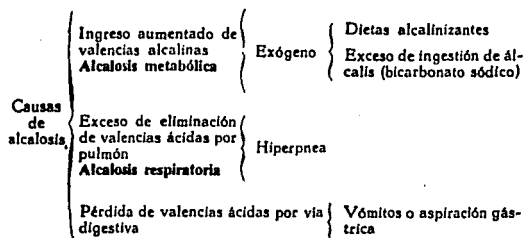


Fig. 50. Cuadro de causas y enfermedades que ocasiona la alcalosis.

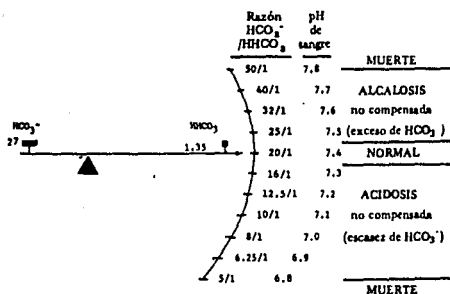


Fig. 51. Esquema para mostrar la relación entre el pH y la razón de bicarbonato a ácido carbónico.

El organismo mantiene el equilibrio ácido-básico del cuerpo dentro de límites muy estrechos, porque la concentración de electrolitos es fundamental para el metabolismo energético que consiste en la degradación de grandes moléculas y en su aprovechamiento para la síntesis de componentes del citoplasma.

Cuando los mecanismos homeostáticos de regulación son alterados en relación con las diversas circunstancias fisiológicas y patológicas, producen enfermedades como se muestra en el cuadro de la Fig. 52.

TIPO	MECANISMO	CAUSAS
RESPIRATORIA	Aumento de la presión parcial de CO_2 del aire alveolar, debido a interferencias con la ventilación normal.	Efisema Pulmonar Asma Bronquial Fibrosis Pulmonar Poliomielitis con parálisis respiratoria. Insuficiencia cardíaca.
METABOLICA		
a) Por aumento de iones H^+ .	1) Mayor producción de ácidos "fijos" como láctico, pirúvico, diacético.	Diabetes Mellitus descompensada.

TIPO	MECANISMO	CAUSAS
b) Por <u>aumento</u> de iones H^+	2) Administración de sustancias ácidas como HCl , NH_4Cl , etc.	Yatrógena
c) Por <u>disminución</u> de bases.	Pérdida de bicarbonato.	Diarrea, fístula biliar, vómito de contenido intestinal.
d) Por <u>insuficiencia</u> renal.	Acumulación de iones H^+ producidos normalmente por incapacidad de eliminación renal.	Insuficiencia renal aguda y crónica.

Fig. 52. Cuadro de tipos de acidosis.

En todas estas enfermedades se pueden medir las variaciones de pH en el plasma sanguíneo.

Hay cambios de pH en algunos líquidos del cuerpo que también se pueden asociar a enfermedades o a cambios fisiológicos sin producir ninguna enfermedad como los siguientes ejemplos:

Amonio en Orina.

1).- Aumentos fisiológicos de la amoniuria aparecen si el pH de la orina baja, es decir, en orinas ácidas. Así en las -

dietas preferentemente proteicas y pobres en carbohidratos. Descensos en la orina, con pH alto, por ejemplo, a raíz de dietas vegetarianas.

2).- Aumentos patológicos en ciertas formas del síndrome de Fancini. Descensos en pielonefritis avanzadas y otras nefritis crónicas.

Jugo Gástrico.

La actividad catéptica del jugo gástrico, en donde se han encontrado cifras sumamente bajas de catepsina es en el cáncer gástrico a un pH de 4, pero también en los edemas de hambre, neuróticos; y valores altos de ulcus, y en otros muchos procesos extra digestivos.

C A P I T U L O I I I .

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Parte experimental para el profesor.

Calibración de un Termistor.

Calibración del Amperímetro.

Preparación de soluciones con pH de 6 a 8.

Medición de pH por medio de un termistor.

INTRODUCCION.

Estos experimentos fueron realizados con el objeto de - que el alumno relacione los conocimientos adquiridos en los cursos de física con fenómenos relacionados con otras materias afines a su carrera y que éstos se pueden aplicar a otras materias o áreas de la ciencia.

El pH es un parámetro que es importante en el individuo o en procesos que lleva a cabo como es la fermentación de ciertos productos y que se tiene que medir de manera rápida y sencilla, - con aparatos eléctricos fáciles de conseguir y de bajo costo, además que se le da la oportunidad de fabricarlos y aplicar los conocimientos adquiridos.

Las actividades que se proponen durante el experimento le da una visión individual de cómo funciona cada aparato y el - dispositivo utilizado, en este caso el termistor, y que después -

pueda generalizar y proponer aplicaciones.

CALIBRACION DE UN TERMISTOR.

OBJETIVO.

Calibrar un termistor para conocer la relación que existe entre la resistencia de este y la temperatura, con termistores recubiertos por una película de una resina y sin está película.

HIPOTESIS.

El termistor es un transductor (dispositivo físico que transforma en otra una magnitud física) de temperatura-resistencia que al aplicarle un voltaje y someterlo a cambios de temperatura decrecientes variará su resistencia y con ello se puede calibrar.

ACTIVIDADES.

- 1.- Seleccionar un conjunto de termistores de diferentes valores de resistencia.
- 2.- Revestir un termistor con una resina.
- 3.- Calibrar un termistor sin revestir.
- 4.- Calibrar el termistor con revestimiento.
- 5.- Calibración de un medidor de intensidad de corriente a un medidor de pH.
- 6.- Preparación de soluciones Buffer.
- 7.- Preparación de soluciones de pH de 6 a 8 con inter-

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

-79-

valos de 0.1.

MATERIAL UTILIZADO.

Soporte universal con anillo de fierro y tela de asbesto.

Termómetro.

Vasos de precipitado de 250 ml.

Termistor sin recubrimiento.

Termistor con recubrimiento.

Parrilla de calentamiento.

Cables para conexión y caimanes.

APARATOS.

Medidor de Impedancia.

Puente de Wheatstone.

Galvanómetro. (Con una sensibilidad de 0.001 Amp)

Fuente de Poder.

SUSTANCIAS.

H₂O.

Solución Buffer para estandarizar potenciómetros.

Solución de KH₂PO₄ 0.1 M.

Solución de NaOH 0.1 M.

SELECCION Y CALIBRACION DEL TERMISTOR.

PROCEDIMIENTO.

Se seleccionan tres termistores y a dos de ellos se les

recubre con una película de una resina transparente.

Se conecta el medidor de impedancia y este a su vez al termistor, el cual se introduce en agua a temperatura ambiente para medir la resistencia del termistor (observe la Fig. 53).

Se mide la resistencia de los tres termistores por separado para proceder a calibrarlos, se calienta agua hasta la temperatura de 80°C, se introduce cada uno de ellos y se mide la resistencia tomando lecturas por cada grado centígrado que disminuya la temperatura hasta llegar un poco arriba de la temperatura ambiente.

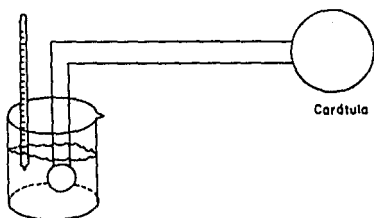


Fig. 53. Dispositivo para la medición de las resistencias de los termistores, equipo utilizado, el medidor de impedancia 254 Electro Scientific Industries, Portland Oregon USA.

DATOS.

Medición de la resistencia de los termistores a temperatura ambiente.

Termistor 1 R = 7.4 ohms.

Termistor 2 R = 7.4 ohms.

Termistor 3 R = 41.4 ohms.

Los termistores 1 y 3 tienen recubrimiento.

Los termistores 1 y 2 son del mismo valor teórico de resistencia y en el experimento se demostró que el recubrimiento con la resina transparente no afecta el valor de su resistencia.

CALIBRACION DE LOS TERMISTORES.

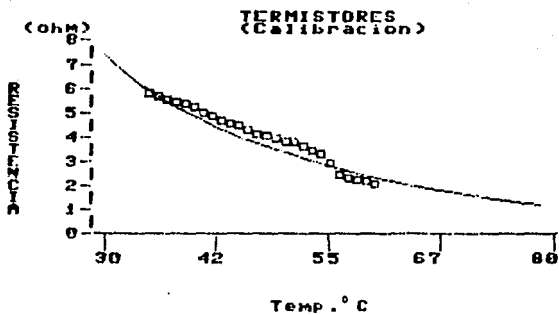
Termistor 1

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
80	1.185
79	1.198
78	1.230
77	1.260
76	1.318
75	1.355
74	1.365
73	1.396
72	1.445
71	1.462
70	1.473
69	1.526
68	1.620

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
67	1.670
66	1.716
65	1.763
64	1.819
63	1.874
62	1.923
61	1.995
60	2.100
59	2.210
58	2.300
57	2.360
56	2.470
55	2.970
54	3.350
53	3.480
52	3.670
51	3.830
50	3.860
49	3.940
48	4.090
47	4.140
46	4.370
45	4.530
44	4.610
43	4.740
42	4.930
41	5.060
40	5.260
39	5.390
38	5.460
37	5.610
36	5.710

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
35	5.870
34	6.030

* El experimento se realizó 5 veces y los valores de la resistencia son el promedio.



Ecuación de la recta.

$$y = \frac{301.799}{x} - 2.623$$

Coefficiente de correlación.

$$r^2 = 0.968$$

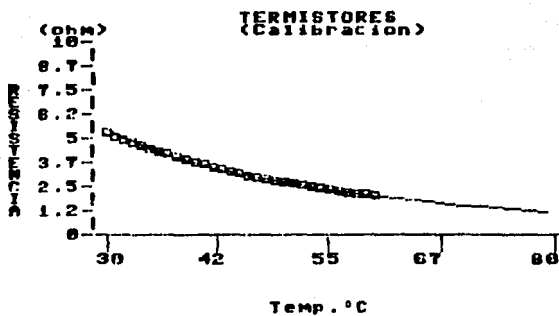
Termistor 2

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
80	1.18
79	1.20
78	1.23
77	1.27
76	1.30
75	1.33
74	1.37
73	1.40
72	1.45
71	1.49
70	1.53
69	1.57
68	1.62
67	1.66
66	1.71
65	1.76
64	1.81
63	1.86
62	1.92
61	1.98
60	2.04
59	2.11

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
58	2.17
57	2.23
56	2.30
55	2.37
54	2.43
53	2.51
52	2.58
51	2.67
50	2.74
49	2.83
48	2.93
47	3.03
46	3.12
45	3.22
44	3.34
43	3.44
42	3.57
41	3.68
40	3.79
39	3.94
38	4.07
37	4.22
36	4.34

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
35	4.51
34	4.66
33	4.81
32	4.98
31	5.15
30	5.32

* El experimento se realizó 5 veces y los valores de la resistencia son el promedio.



Ecuación de la recta.

$$y = \frac{205.683}{x} - 1.386$$

Coefficiente de correlación.

$$r^2 = 0.999$$

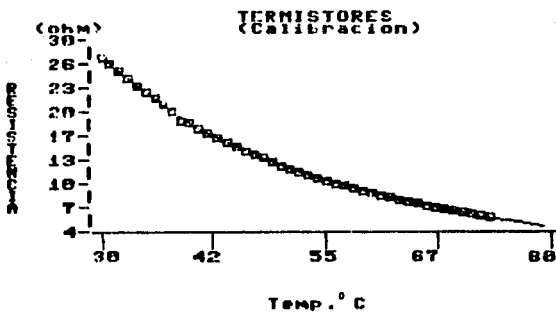
Termistor 3.

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
80	4.94
79	5.11
78	5.27
77	5.46
76	5.59
75	5.78
74	5.94
73	6.14
72	6.33
71	6.52
70	6.75
69	6.95
68	7.16
67	7.40
66	7.65
65	7.89
64	8.15
63	8.41
62	8.72
61	9.00
60	9.30
59	9.65
58	9.98

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
57	10.32
56	10.61
55	11.01
54	11.43
53	11.81
52	12.26
51	12.66
50	13.09
49	13.62
48	14.17
47	14.75
46	15.15
45	15.68
44	16.25
43	16.88
42	17.51
41	18.15
40	18.89
39	19.20
38	20.40
37	21.30
36	22.20
35	23.00
34	23.90

Temperatura (°C)	Resistencia (ohms)
33	24.90
32	25.80
31	26.80
30	27.70

* El experimento se realizó 5 veces y los valores de la resistencia son el promedio.



Ecuación de la recta.

$$y = \frac{1123.153}{x} - 9.29$$

Coefficiente de correlación.

$$r^2 = 1.000$$

CALIBRACION DEL AMPERIMETRO.

OBJETIVO.

Calibrar un amperímetro con lo cual conoceremos la relación que existe entre el cambio de temperatura que sufre el termistor y la intensidad de la corriente que circula por el circuito.

HIPOTESIS.

La resistencia que presenta el termistor a la corriente eléctrica varía con los cambios de temperatura, y también se observa la relación que existe entre los cambios de temperatura y la intensidad de corriente leídas en un amperímetro.

MATERIAL UTILIZADO.

Soporte universal con anillo de fierro y tela de asbesto.

Mechero de Bunsen o parrilla de calentamiento.

Vasos de precipitados de 250 ml.

Termistor calibrado.

Termómetro.

Alambres para conexión y caimanes.

APARATOS.

Puente de Wheatstone.

Galvanómetro. (Con una sensibilidad de 0.001 Amp)

Fuente de Poder.

PROCEDIMIENTO.

A un puente de Wheatstone se le conecta un galvanómetro, la fuente de poder y el termistor calibrado.

En un vaso de precipitados se coloca agua y se calienta a una temperatura un poco mayor de 80°C y se monta el aparato de la Fig. 54.

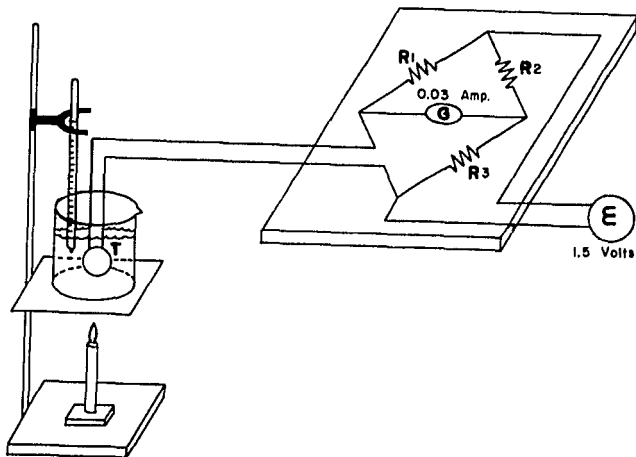


Fig. 54. Dispositivo para la calibración del amperímetro.

Se introduce el termómetro dentro del agua y se comienza a tomar lecturas de temperatura y de intensidad de corriente.

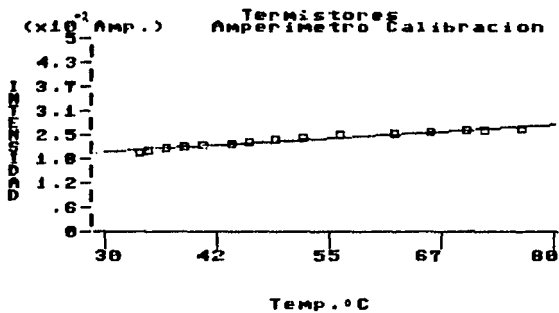
En esta parte de los experimentos se retiró al termistor 3 porque no se registraba ninguna lectura de intensidad.

DATOS.

Termistor 1

Temperatura (°C)	Intensidad (Amp)	Resistencia (ohms)
76	0.0268	1.318
72	0.0265	1.445
70	0.0262	1.473
66	0.0260	1.716
62	0.0255	1.923
56.5	0.0250	2.470
52.5	0.0245	3.670
49.5	0.0240	3.940
46.5	0.0235	4.370
44	0.0230	4.610
41.5	0.0225	5.060
39	0.0220	5.390
37	0.0215	5.610
35	0.0210	5.870
34.5	0.0205	6.030

* El experimento se realizó 5 veces y los valores de intensidad son el promedio y el valor de la resistencia es tomado de los datos anteriores.



Ecuación de la recta.

$$y = 0.014x + 1.6848$$

Coefficiente de corrección.

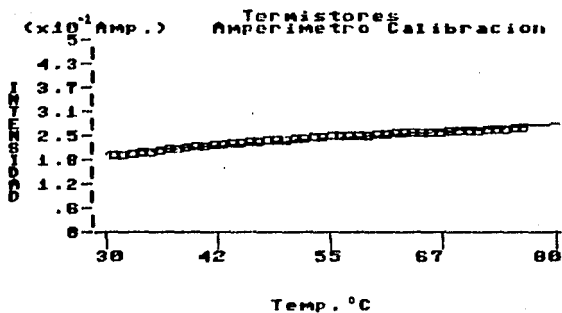
$$r^2 = 0.957$$

Temperatura (°C)	Intensidad (Amp)	Resistencia (ohms)
80	0.0278	1.18
79	0.0275	1,20
78	0.0273	1.23
77	0.0272	1.27
76	0.0271	1.30
75	0.0270	1.33
74	0.0269	1.37
73	0.0268	1.40
72	0.0267	1.45
71	0.0265	1.49
70	0.0264	1.53
69	0.0263	1.57
68	0.0262	1.62
67	0.0261	1.66
66	0.0260	1.71
65	0.0260	1.76
64	0.0260	1.81
63	0.0259	1.86
62	0.0258	1.92
61	0.0256	1.98
60	0.0255	2.04
59	0.0252	2.11
58	0.0251	2.17
57	0.0250	2.23
56	0.0250	2.30

Temperatura (°C)	Intensidad (Amp)	Resistencia (ohm)
55	0.0250	2.37
54	0.0248	2.43
53	0.0247	2.51
52	0.0246	2.58
51	0.0244	2.67
50	0.0242	2.74
49	0.0240	2.83
48	0.0239	2.93
47	0.0238	3.03
46	0.0236	3.12
45	0.0234	3.22
44	0.0232	3.34
43	0.0230	3.44
42	0.0227	3.57
41	0.0225	3.68
40	0.0224	3.79
39	0.0220	3.94
38	0.0218	4.07
37	0.0216	4.22
36	0.0213	4.34
35	0.0210	4.51
34	0.0208	4.66
33	0.0205	4.81

Temperatura (°C)	Intensidad (Amp)	Resistencia (ohm)
32	0.0201	4.98
31	0.0200	5.15
30	0.0198	5.32

* El experimento se realizó 5 veces y los valores de intensidad son el promedio y el valor de la resistencia es tomado de los datos anteriores.



Ecuación de la recta.

$$y = 0.015x + 1.610$$

$$r^2 = 0.960$$

Coefficiente de correlación.

PREPARACION DE SOLUCIONES CON pH DE 6 a 8.

OBJETIVO.

Preparar soluciones con pH de 6 a 8 con intervalos de 0.1 para ser utilizadas para medir los cambios de intensidad de la corriente a través del termistor.

MATERIAL UTILIZADO.

Matraces aforados de 500 y 250 ml.

Pesafiltros.

Pipetas graduadas de 1, 5 y 10 ml.

Vasos de precipitados de 250 ml.

APARATOS.

Balanza analítica.

Potenciómetro.

SUSTANCIAS UTILIZADAS.

Agua destilada.

Solución de fosfato ácido de potasio (KH_2PO_4).

Solución de hidróxido de sodio (NaOH)

Solución Buffer para estandarizar potenciómetros.

PROCEDIMIENTO.

Estas soluciones se prepararon de acuerdo con el Handbook of Chemistry and Physics 55 th.

Se preparó una solución de KH_2PO_4 0.1 M, utilizando 13.6 g de KH_2PO_4 y aforados a 1000 ml con agua destilada.

Se preparó otra solución de NaOH 0.1 M, utilizando 2.4 g de NaOH y se aforó con agua destilada a 600 ml.

Para preparar las soluciones de pH de 6 a 8 con intervalos de 0.1, se utilizaron 50 ml de la solución de KH_2PO_4 0.1 M con (x) ml de la solución de NaOH 0.1 M, obteniéndose rangos de pH en décimas como se muestra en la relación siguiente:

pH	x ml de sol de NaOH 0.1M
6.00	5.6
6.10	6.8
6.20	8.1
6.30	9.7
6.40	11.6
6.50	13.9
6.60	16.4
6.70	19.3
6.80	22.4
6.90	25.9
7.00	29.1

pH	x ml de sol. de NaOH 0.1M
7.10	32.1
7.20	34.7
7.30	37.0
7.40	39.1
7.50	41.1
7.60	42.8
7.70	44.2
7.80	45.3
7.90	46.1
8.00	46.7

* El experimento se realizó 5 veces, con la preparación de las soluciones también 5 veces y los valores de pH fueron ajustados al valor pedido.

Para comprobar el pH de las soluciones preparadas se calibró el potenciómetro con una solución buffer de pH conocido a una temperatura dada.

Temperatura (°C)	pH
0	4.01
5	4.01
10	4.00
15	4.00
20	4.00

Temperatura (°C)	pH
25	4.01
30	4.01
35	4.02
40	4.03
45	4.04
50	4.06
55	4.08
60	4.10

MEDICION DE pH POR MEDIO DE UN TERMISTOR.

OBJETIVO.

Medir el cambio en la intensidad de corriente a través del termistor al ir modificando el pH de una solución.

HIPOTESIS.

Las soluciones de tipo iónico conducen la corriente eléctrica y debido a esto se puede medir el grado de disociación o pH aplicando un voltaje conocido y midiendo la corriente que se transmite a través de este sistema.

MATERIAL UTILIZADO.

Vasos de precipitado de 50 ml.

Termistor calibrado.

Alambres para conexión y calmanes.

APARATOS.

Puente de Wheatstone.

Galvanómetro. (Con una sensibilidad de 0.001 Amp)

Fuente de Poder.

SUSTANCIAS UTILIZADAS.

Soluciones a diferente pH entre 6 y 8

PROCEDIMIENTO.

A un puente de Wheatstone se le conecta el galvanómetro, la fuente de poder y el termistor calibrado, el cual se introduce dentro de la solución que se va a medir, observar el diagrama de la Fig. 55.

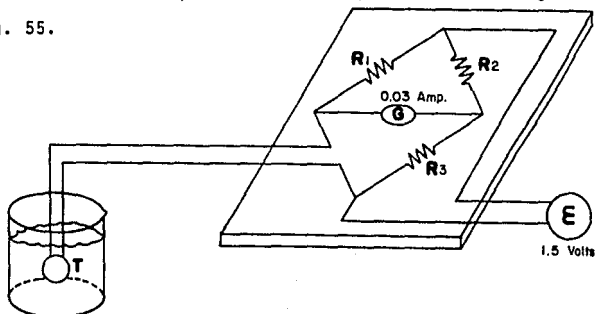


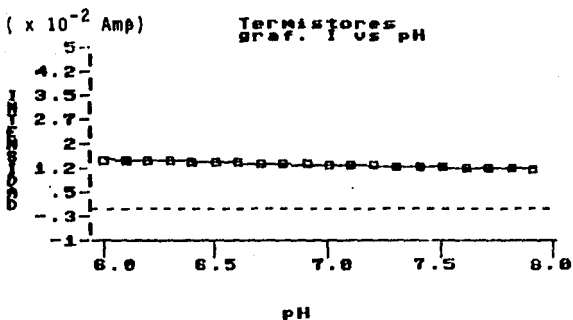
Fig. 55 Diagrama de la medición del pH por medio del termistor.

DATOS.

Termistor 1

pH	Intensidad (Amp)
6.0	0.0157
6.1	0.0155
6.2	0.0153
6.3	0.151
6.4	0.0150
6.5	0.0149
6.6	0.0148
6.7	0.0147
6.8	0.0146
6.9	0.0145
7.0	0.0144
7.1	0.0143
7.2	0.0142
7.3	0.0141
7.4	0.0139
7.5	0.0137
7.6	0.0135
7.7	0.0133
7.8	0.0131
7.9	0.0130
8.0	0.0128

* El experimento se realizó 5 veces y los valores de la intensidad son el promedio.



Ecuación de la recta

$$y = \frac{60.191}{x} + 0.561$$

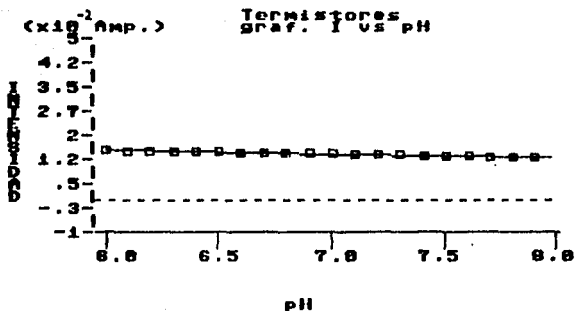
Coefficiente de correlación.

$$r^2 = 0.950$$

Termistor 2

pH	Intensidad (Amp)
6.0	0.0152
6.1	0.0151
6.2	0.0150
6.3	0.0149
6.4	0.0148
6.5	0.0147
6.6	0.0145
6.7	0.0143
6.8	0.0142
6.9	0.0141
7.0	0.0139
7.1	0.0137
7.2	0.0135
7.3	0.0134
7.4	0.0132
7.5	0.0130
7.6	0.0128
7.7	0.0127
7.8	0.0125
7.9	0.0124
8.0	0.0122

* El experimento se realizó 5 veces y los valores de la intensidad son el promedio.



Ecuación de la recta.

$$y = \frac{74.446}{x} + 0.310$$

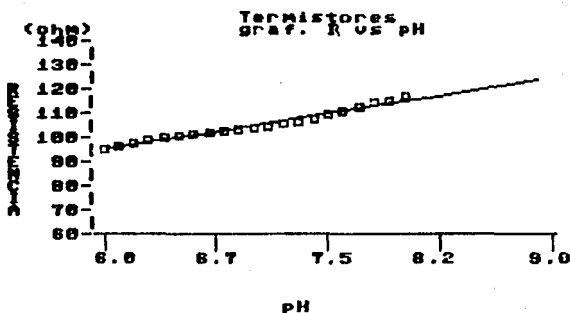
Coefficiente de correlación

$$r^2 = 0.978$$

Cálculo de la resistencia cuando varía el pH.

Termistor 1

pH	Resistencia (ohms)
6.0	95.541
6.1	96.774
6.2	98.039
6.3	99.337
6.4	100.000
6.5	100.671
6.6	101.351
6.7	102.040
6.8	102.739
6.9	103.448
7.0	104.166
7.1	104.895
7.2	105.633
7.3	106.382
7.4	107.913
7.5	109.489
7.6	111.111
7.7	112.781
7.8	114.503
7.9	115.384
8.0	117.187



Ecuación de la recta.

$$y = 0.996x + 35.482$$

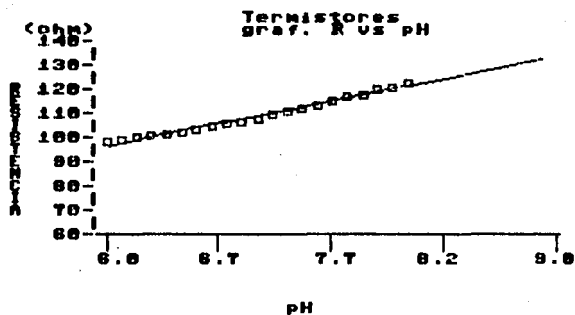
Coefficiente de correlación.

$$r^2 = 0.972$$

Cálculo de la resistencia cuando varía el pH.

Termistor 2

pH	Resistencia (ohms)
6.0	98.684
6.1	99.337
6.2	100.000
6.3	100.671
6.4	101.351
6.5	102.040
6.6	103.448
6.7	104.895
6.8	105.633
6.9	106.382
7.0	107.913
7.1	109.489
7.2	111.111
7.3	111.940
7.4	113.636
7.5	115.384
7.6	117.187
7.7	118.110
7.8	120.000
7.9	120.967
8.0	122.950



Ecuación de la recta.

$$y = 1.243x + 22.093$$

Coefficiente de correlación.

$$r^2 = 0.985$$

C A P I T U L O I V

PARTE EXPERIMENTAL PARA EL ALUMNO.

Práctica número 1

CALIBRACION DE UN TERMISTOR.

OBJETIVO.

El alumno calibrará un termistor para conocer la relación que existe entre la resistencia del termistor y la temperatura.

INTRODUCCION.

La corriente que circula por cualquier conductor metálico está afectada en algún modo por la temperatura, así a una diferencia de potencial o tensión dada, la corriente que circula por el conductor metálico produce un aumento de la temperatura y esto a su vez hace que aumente la resistencia del conductor metálico.

En los conductores y resistencias se requiere idealmente un coeficiente de temperatura igual a cero, ya que normalmente es indeseable cualquier cambio de resistencia debido a una variación de temperatura.

El termistor es un dispositivo semiconductor o resistencia sensible a la temperatura, en donde su resistencia varía en un valor conocido con respecto a la temperatura, ya que el coefi-

ciente de temperatura es cuidadosamente controlado durante su proceso de fabricación.

El termistor se parece a una resistencia convencional, normalmente es un dispositivo de dos terminales, siendo su principal propiedad la resistencia. Su gran diferencia con una resistencia convencional es el material con que está fabricado; las resistencias convencionales están formadas por un hilo especial, película evaporada, carbón o alguna composición que contenga carbón, los termistores están constituidos de cerámica con incrustaciones de compuestos especiales o mezclas de óxidos semiconductores tales como los óxidos de manganeso, cobalto, magnesio, cobre, hierro, níquel y uranio.

Los termistores se pueden clasificar en dos tipos que son:

- a).- Termistores de Caldeo directo o Autocaldeo.
- b).- Termistores de Caldeo indirecto.

El termistor tiene varias características que son importantes:

- 1).- Resistencia en función de la temperatura.

El coeficiente de temperatura en los termistores es controlado y tiene un alto coeficiente de resistencia negativo al cambio de temperatura, esto es cuando aumenta la temperatura disminuye la resistencia del termistor o viceversa.

- 2).- Diferencia de potencial en función de la corriente
Esta se debe al calentamiento del termistor cuando

por él pasa corriente eléctrica, este aumento en la temperatura - aumenta en forma lineal partiendo de cero, hasta un cierto punto, en donde la caída de potencial va disminuyendo hasta que alcanza su máximo nivel posible en forma no lineal. Entonces los termistores tienen un rango en donde siguen la ley de Ohm.

3).- Corriente en función del tiempo.

Esta acción es debida al efecto acumulativo de la corriente produciendo un calentamiento interno del termistor. Este cambio de temperatura en un intervalo de tiempo depende de la masa térmica del elemento del termistor, o sea que a menor masa - la temperatura cambiará más rápidamente que en un elemento con mayor masa.

HIPOTESIS.

El termistor es un transductor (dispositivo físico que - transforma en otra una magnitud física) de temperatura-resistencia y al aplicarle un voltaje y someterlo a cambios de temperatura - decrecientes variará su resistencia y con ello se puede calibrar.

MATERIAL.

Soporte universal con anillo de fierro y tela de asbesto.

Vasos de precipitados .

Termómetros (-10 a 260 °C).

Termistor con una resistencia entre 5 y 10 ohms.

Mechero de Bunsen o parrilla de calentamiento

Cables para conexión y calmanes.

SUSTANCIAS.

Agua de la llave.

APARATOS.

Medidor de impedancia.

PROCEDIMIENTO.

Se conecta el termistor que se va a calibrar al medidor de impedancia. Por otra parte se calienta el agua hasta una temperatura un poco mayor a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, se introduce el termistor y el termómetro en el agua caliente y se enciende el aparato iniciando las lecturas de temperatura y resistencia.

Observe el diagrama de la Fig. 56; la lectura de resistencia puede hacerse por cada grado que baje la temperatura.

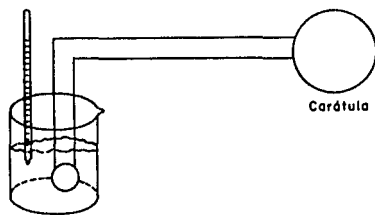


Fig. 56. Diagrama para la calibración de un termistor.

DATOS.

Organice sus datos obtenidos en una tabla.

T (°C)	R (ohms)

Elabore la gráfica de resistencia contra temperatura.

Análisis de Resultados y Conclusiones.

Analize sus resultados obtenidos del experimento y de sus conclusiones.

BIBLIOGRAFIA.

Indique la bibliografía que consultó.

CUESTIONARIO.

Conteste las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Qué es un termistor?
- 2.- ¿Qué es un termistor de caldeo directo? y ¿uno de caldeo indirecto?
- 3.- ¿Cuál es el comportamiento esperado de un termistor, de su resistencia en función de la temperatura?
- 4.- ¿Por qué es importante la característica de tensión en función de la intensidad de corriente en el termistor?
- 5.- Menciona algunas configuraciones de los termistores
- 6.- ¿Al calibrar el termistor sigue el comportamiento esperado?

Práctica número 2.

CALIBRACION DEL AMPERIMETRO.

OBJETIVO.

El alumno calibrará un amperímetro, el cual la dará a conocer la relación que existe entre el cambio de temperatura que sufre el termistor calibrado y la intensidad de la corriente.

INTRODUCCION.

La resistencia de un conductor metálico o un semicon-- ductor se puede medir por medio de un puente equilibrado o un - puente desequilibrado.

Los puentes son unos dispositivos que más se usan en - el campo de las medidas. Además las aplicaciones de los puentes - se ramifican en un área extensísima. La disposición en un puente no se usa sólo para medir parámetros de circuitos, sino también - se usa en aplicaciones tales como instrumentos selectores sensi-- bles, aparatos de control y en filtros.

El puente de Wheatstone es el método comúnmente usado en medidas precisas de resistencias de corriente continua, en fun- ción de una relación de resistencias conocidas y una resistencia patrón. Su precisión sólo está limitada fundamentalmente por la - precisión con que se conocen la solución y el patrón.

Debido a la limitada sensibilidad del galvanómetro y a

la resistencia de los conductores, la precisión alcanzable disminuye en resistencias superiores a un megohm e inferiores a un ohm.

HIPOTESIS.

La resistencia que presenta el termistor a la corriente eléctrica varía con los cambios de temperatura, y también se observa la relación que existe entre los cambios de temperatura y la intensidad de la corriente leídas en un amperímetro.

MATERIAL.

Soporte universal con anillo de fierro y tela de asbesto.

Termistor calibrado con resistencia entre 5 y 10 ohms.

Vasos de precipitados

Mechero de Bunsen o parrilla de calentamiento.

Cables para conexión y caimanos.

SUSTANCIAS.

Agua.

APARATOS.

Puente de Wheatstone.

Galvanómetro. (Con una sensibilidad de 0.001 Amp)

Fuente de Poder.

PROCEDIMIENTO.

A un puente de Wheatstone se le conecta un galvanómetro, la fuente de poder y el termistor calibrado de acuerdo con el diagrama de la Fig. 57.

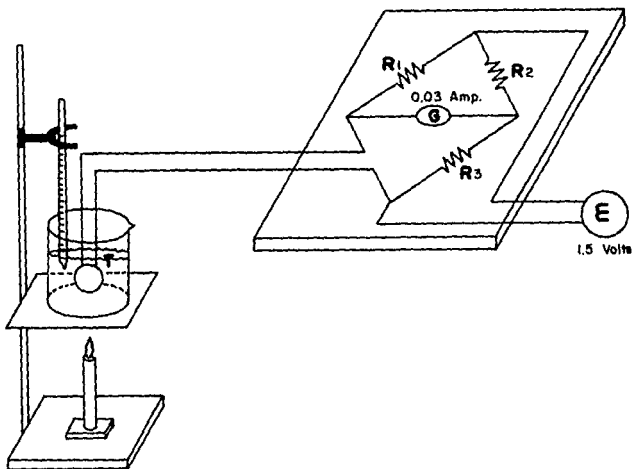


Fig. 57. Diagrama para la calibración del amperímetro.

El galvanómetro debe estar calibrado en 0.03 Amp. y la fuente de poder debe marcar 1.5 volts.

Por separado calentar agua en un vaso de precipitados

hasta una temperatura un poco mayor de 80 °C, se introduce el termistor calibrado y el termómetro y se comienza a tomar las lecturas de temperatura y las de intensidad de corriente en el galvanómetro.

DATOS.

Organice sus datos obtenidos en una tabla.

T (°C)	I (Amp)

Con los datos anteriores y aplicando la ley de Ohm, calcular la resistencia para cada uno de los datos de intensidad obtenidos, sabiendo que el voltaje utilizado es de 1.5 volts, y organice los en una tabla.

I (Amp)	R (ohms)

Elabore las siguientes gráficas con los datos obtenidos

- 1.- Intensidad contra temperatura.
- 2.- Resistencia contra temperatura.

ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Analize sus resultados obtenidos del experimento y de sus conclusiones.

BIBLIOGRAFIA.

Indique la bibliografía que consultó.

CUESTIONARIO.

Conteste las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Qué nos dice la ley de Ohm? y expresala matemáticamente.
- 2.- ¿Qué es un puente de Wheatstone?
- 3.- ¿Qué aplicaciones tiene el puente de Wheatstone?
- 4.- ¿Qué es y como funciona un amperímetro?
- 5.- ¿Qué es y como funciona un galvanómetro?

Práctica número 3.

MEDICION DE pH USANDO UN TERMISTOR CALIBRADO.

OBJETIVO.

El alumno medirá el cambio en la intensidad de corriente a través del termistor, al ir variando el pH de una solución.

INTRODUCCION.

Uno de los aparatos que mide diferencias de potencial de corriente continua, de manera exacta es el potenciómetro. Pero en el laboratorio se puede aplicar un dispositivo como el puente de Wheatstone y medir la resistencia que hay en función de una diferencia de potencial dada.

Esta resistencia puede ser un termistor y con ello formar un circuito sencillo en donde se medirá el cambio en la intensidad de la corriente, cuando se va variando el pH.

Las soluciones de tipo iónico conducen la corriente eléctrica y debido a esto se puede medir el grado de disociación o pH de este sistema. La medición directa de las actividades de un ión está basada en el hecho de que existen diferencias definidas de nivel de energía entre dos estados diferentes de la misma materia y que estas diferencias son proporcionales a las poblaciones relativas de los iones concernientes.

La escala de pH es una serie de números que expresan el

grado de acidez de una solución al compararla con la cantidad total de un ácido y se define como:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

La determinación del pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes y más utilizados en la química y en la bioquímica, ya que el pH determina muchas características de la actividad de las sustancias químicas y macromoléculas biológicas y por tanto de la conducta de las células y de los organismos.

HIPOTESIS.

Las soluciones de tipo iónico conducen la corriente eléctrica y debido a esto se puede medir el grado de disociación o pH, aplicando un voltaje conocido y midiendo la corriente que se transmite a través de este sistema.

MATERIAL.

Soporte universal.

Termistor calibrado con resistencia entre 5 y 10 ohms.

Vaso de precipitado.

Cables para conexión y calmanes.

SUSTANCIAS.

Soluciones amortiguadoras a diferentes pH entre 6 y 8.

APARATOS.

Puente de Wheatstone.

Galvanómetro

Fuente de Poder.

PROCEDIMIENTO.

A un puente de Wheatstone se le conecta el galvanómetro ya calibrado a una lectura de 0.03 Amp, la fuente de poder a 1.5 volts y el termistor calibrado como se muestra en el diagrama de la Fig. 58.

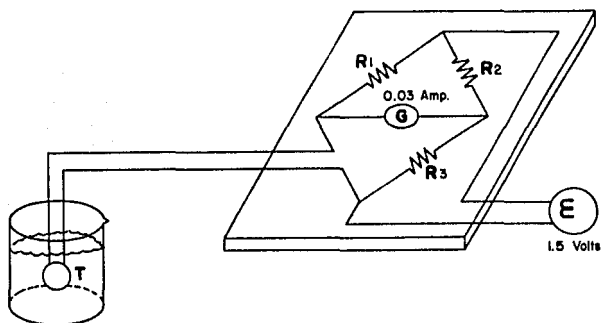


Fig. 58. Diagrama para la medición de pH usando un termistor calibrado.

En vasos de precipitados de 50 ml se colocarán las soluciones con cada pH y se procederá a tomar lecturas desde el pH - más ácido hasta el más alcalino.

Si se desea se pueden tener soluciones problema a las - cuales se les va a determinar el pH, la única condición es que es te entre los rangos de las lecturas determinadas.

DATOS.

Organice sus datos obtenidos en una tabla.

pH	I (Amp)

Elabore la gráfica de intensidad contra pH.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Analice sus resultados obtenidos del experimento y de sus conclusiones.

BIBLIOGRAFIA.

Indique la bibliografía que consultó.

CUESTIONARIO.

Conteste las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Cómo se definen operacionalmente a los ácidos y a las bases?
- 2.- ¿Qué se quiere decir cuando se afirma que el agua es un anfótero?
- 3.- Defina el concepto de pH.
- 4.- Describa varias maneras de determinar el pH.
- 5.- Mencione algunas aplicaciones del pH.

C A P I T U L O V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El coeficiente de temperatura en los termistores es controlado al ser fabricado; conociéndose el valor de la resistencia cuando varía la temperatura, la mayoría de los termistores tienen un alto coeficiente de resistencia negativo al cambio de la temperatura. Esta característica de los termistores los hace aceptables, ya que se conoce como varía la resistencia en función con la temperatura y así tener valores más precisos y confiables; esto no ocurre con las resistencias convencionales y es por el material con que están fabricados. Además por su sensibilidad a la temperatura se pueden hacer lecturas rápidas.

Al recubrir a algunos termistores con una película de resina y otros no se hizo con el objeto de ver si este recubrimiento afecta sus propiedades de algún modo, esto es porque al usar los termistores para medir el pH, hay soluciones muy ácidas o algunas muy básicas y pudieran alterar la naturaleza del termistor y las lecturas correspondientes, se observó que la película no altera las propiedades y precisión de los termistores.

Se desechó el termistor 3 por su alta resistencia con el voltaje utilizado, para vencer esa resistencia se tendrían que realizar los experimentos a temperaturas más elevadas como por ejemplo entre 90 y 150 °C.

El puente más apropiado para estos experimentos es el de Wheatstone ya que permite alta precisión, facilidad de manejo y bajo costo, ya que se puede construir en el laboratorio por los propios alumnos.

Los termistores debido a sus características tienen muchas aplicaciones, como la de medir resistencia, intensidad de corriente, temperatura y pH.

Estos experimentos se considera que dan al alumno un enfoque de aplicación de la física a otras disciplinas y a una aplicación práctica, ya que la temperatura y el pH son dos parámetros importantes que se pueden observar en muchos fenómenos.

RECOMENDACIONES.

Al realizar los experimentos deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones con el fin de obtener óptimos resultados.

Antes de empezar los experimentos deben revisarse los aparatos y el material, para verificar que se encuentren en buenas condiciones. Los termistores deben estar perfectamente limpios. El voltaje debe ser 1.5 volts, ya que éste es adecuado al puente de Wheatstone, y a la vez la fuente de poder puede sustituirse por una pila seca de 1.5 volts.

Las lecturas se deben hacer de frente a las escalas de los aparatos y colocar la vista a la altura de la escala para evitar los errores de paralaje.

Al realizar los experimentos deben evitarse corrientes de aire y el movimiento innecesario de la mesa de trabajo o de las personas, porque afectan la lectura, ya que el termistor es muy sensible y hay variación en las lecturas.

Al preparar las soluciones se debe tener precaución en cada uno de los pasos como calcular el peso molecular, pesar y afinar correctamente y utilizar agua destilada.

El potenciómetro que se va a utilizar para corroborar el pH de las soluciones, se debe de calibrar con una solución Buffer estandarizada.

Estos experimentos se deben de realizar en equipo con un mínimo de dos estudiantes.

Una sugerencia para el profesor es que en las prácticas, los alumnos se transfieran sus datos, para que con ellos puedan hacer un análisis estadístico y también puedan identificar los errores que se cometen al hacer las mediciones o que no tomaron en cuenta, como el ajuste incorrecto de los aparatos, utilización impropia de los instrumentos, partes defectuosas de las conexiones.

Con todo esto los alumnos pueden inferir los errores posibles que hay en las medidas y calcular los errores absoluto y relativo.

C A P I T U L O V I.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Aldridge, B. 1973. Matemáticas para la Ciencia Física. Nueva Colección Labor # 166. Ed. Labor. Barcelona, España.
- 2.- Alonso, M., Finn, E. 1970. Física Campos y Ondas. - Ed. Fondo Educativo Interamericano, S.A. Vol. II. - México.
- 3.- Alonso, M., Rojo, O. 1981. Física Campos y Ondas. - Ed. Fondo Educativo Interamericano, S.A. México.
- 4.- Alvarenga, B. Máximo, A. 1983. Física General con - Experimentos Sencillos. Ed. Harla. México.
- 5.- Ander, P., Soneso, A. 1978. Principios de Química. Introducción a los Conceptos Teóricos. Ed. Limusa-Wiley, S.A. México.
- 6.- Ayres, G. 1970. Análisis Químico Cuantitativo. Ed. Harla, S.A. México.
- 7.- Balcells, G. 1973. La Clínica y el Laboratorio. Ed. Marín, S.A. México.
- 8.- Bauer, E.L. 1974. Manual de Estadística para Químicos. Ed. Alhambra. Madrid, España.
- 9.- Blackwood, O., Kelly, W., Bell, R. 1979. Física General. Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. tomo I y II. México.

- 10.- Burmistrova, O.A., Karapetiants, M.J., Karétnikov, J. 1977. Prácticas de Química Física. Ed. Mir. - U.R.S.S.
- 11.- Correa, P., Arias, J., Tamayo, R., Carbonell, L. - 1973. Texto de Patología. Ed. La Prensa Médica Mexicana. México.
- 12.- Dawes, C. 1983 Tratado de Electricidad. Corriente Continua. Ed. Ediciones G. Gili, S.A. Tomo I. México.
- 13.- Edminister, J.A. 1970. Circuitos Eléctricos. Series de Compendios Schaum. Ed. Mc Graw-Hill. México.
- 14.- Frank, E. 1978. Análisis de Medidas Eléctricas. Ed. Mc Graw-Hill. México.
- 15.- Halliday, D., Resnick, R. 1970. Física. Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. Parte II. México.
- 16.- Lehninger, A. 1972. Bioquímica. Las Bases Moleculares de la Estructura y Función Celular. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España.
- 17.- Maron, S., Prutton, C. 1970. Fundamentos de Físicoquímica. Ed. Limusa-Wiley, S.A. México.
- 18.- Page, L., Adams, N. 1932. Principles of Electricity and Intermediate Text in Electricity and Magnetism. Ed. D. Van Nostrand Company, Inc. New York, U.S.A.

- 19.- Physical Science Study Committee. 1962. Física. Ed Reverté, S.A. Tomo II. México.
- 20.- Rotellar, E. 1978. A B C de los Transtornos Electrolíticos. Ed. Jims. Barcelona, España.
- 21.- Routh, J. y Burton, D. 1987. Química Orgánica y Bioquímica. Ed. Interamericana. México.
- 22.- Sears, F. 1978. Fundamentos de Física. Electricidad y Magnetismo. Ed. Aguilar. Vol II. México.
- 23.- Tietz, N. 1972. Química Clínica Moderna. Ed. Interamericana. México.
- 24.- Tippens, P. 1986. Física. Conceptos y Aplicaciones Ed. Mc Graw-Hill. México.
- 25.- Turner, R. 1976. A B C de los Termistores. Ed. Marcombo, S.A. Barcelona España.
- 26.- Westphal, W. 1965. Prácticas de Física. Ed. Labor, S.A. México.
- 27.- Wheats, R. 1974-1975. Handbook of Chemistry and Physics. 55TH Edition. Published by CRC PRESS. Cleveland, Ohio, USA.
- 28.- Willard, H., Merritt, L., Dean, J. 1967. Métodos Instrumentales de Análisis. Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. México.