



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**“CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA PILA DE CELDA
GALVÁNICA A PARTIR DE MATERIALES ACCESIBLES PARA
APLICACIONES DE BAJO COSTO.”**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PRESENTA:

LUIS ROBERTO AVENDAÑO RODRÍGUEZ

ASESOR:

MTRO. MARIO EDUARDO LEAL LÓPEZ

APIZACO, TLAXCALA, JULIO 2024



Tzompantepec, Tlaxcala, 04/abril/2025

Oficio No. MM-264/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	LUIS ROBERTO AVENDAÑO RODRÍGUEZ
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
No. De Control:	19371396
Nombre del Proyecto:	"CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA PILA DE CELDA GALVÁNICA A PARTIR DE MATERIALES ACCESIBLES PARA APLICACIONES DE BAJO COSTO"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE METAL-MECÁNICA

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA

MARIO EDUARDO LEAL LÓPEZ
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
(241) 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 16/junio/2025

AVENDAÑO RODRIGUEZ LUIS ROBERTO
EGRESADO(A) DE LA CARRERA INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA.
CON NÚMERO DE CONTROL 19371396.
PRESENTE.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL y cuyo tema es: "CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA PILA DE CELDA GALVÁNICA A PARTIR DE MATERIALES ACCESIBLES PARA APLICACIONES DE BAJO COSTO", conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar 2 USB del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar*



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
IJSS/gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al Instituto Tecnológico de Apizaco por brindarme la formación académica y los recursos necesarios para culminar esta etapa tan importante en mi vida profesional.

Expreso mi gratitud al asesor interno por su guía y acompañamiento durante el desarrollo del proyecto de residencia profesional titulado “Caracterización y optimización de una pila de celda galvánica a partir de materiales accesibles para aplicaciones de bajo costo.” Su orientación fue fundamental para lograr los objetivos planteados y enriquecer mi aprendizaje.

Asimismo, agradezco la oportunidad de haber realizado esta investigación, ya que me permitió adquirir experiencia práctica, enfrentar nuevos retos y consolidar conocimientos que fortalecerán mi desarrollo como ingeniero electromecánico.

A mis profesores, gracias por su entrega y por compartir su conocimiento a lo largo de la carrera. A mis familiares, especialmente a mi mamá, por su amor, fortaleza y constante apoyo, quien con su ejemplo y dedicación me enseñó a nunca rendirme. Y a mis amigos, mi más sincero reconocimiento por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento, y por estar presentes en cada paso de este camino. A todas las personas que me inspiraron y confiaron en mí, gracias por ser parte de este logro.

Este proyecto es resultado del esfuerzo conjunto, del aprendizaje continuo y del acompañamiento de personas valiosas. A todos ustedes, ¡gracias!

INDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN:	9
INTRODUCCION:	10
CAPITULO 1	11
Objetivo general:	11
Objetivos específicos:	11
JUSTIFICACIÓN:	12
HIPÓTESIS:	13
CAPITULO 2	14
MARCO TEÓRICO	14
Fundamentación Científica	14
2.1 CELDAS GALVANICAS	14
2.2 FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA GALVANICA DE COBRE Y ZINC.....	15
A. Reacción Global de la Celda Galvánica de Zinc y Cobre:	17
2.3 IMPORTANCIA DE LAS CELDAS GALVANICAS DE ZINC Y COBRE APARTIR DE UNA SOLUCION SALINA.....	18
A. Accesibilidad y Bajo Costo de los Materiales	18
B. Principio de Funcionamiento y Eficiencia Energética	19
C. Aplicaciones en Energía de Bajo Costo y Portátil	19
D. Impacto Ambiental y Sostenibilidad	19
E. Tecnologías en Energía Renovable y Almacenamiento	20
F. Posibles Aplicaciones en Sistemas de Energía Localizada	20
2.4 RENDIMIENTO DE LAS CELDAS GALVANICAS DE ZINC Y COBRE APARTIR DE UNA SOLUCION SALINA.....	20
A. Voltaje de la Celda (V)	20

B.	Corriente Generada	21
C.	Eficiencia Energetica De La Celda	21
D.	Resistencia Interna Y Conductividad De Los ElectrodoS	22
E.	Capacidad De La Celda Y Ciclo De Vida De La Misma	23
2.5 VIDA UTIL DE LAS CELDAS GALVANICAS DE ZINC Y COBRE APARTIR DE UNA SOLUCION SALINA.....		23
A.	Consumo del Ánodo (Zinc)	23
B.	Efectos de la Concentración de la Solución Salina	24
C.	Corrosión y Deposición en los ElectrodoS.....	24
D.	Factores que Aceleran el Agotamiento de la Celda.....	24
E.	Estimación de la Vida Útil.....	25
F.	Extensión de la Vida Útil.....	25
2.6 APLICACIONES DE BAJO COSTO.....		26
A.	Alimentación de Dispositivos Electrónicos Portátiles de Bajo Consumo	26
B.	Sistemas de Iluminación de Bajo Consumo (LED)	26
C.	Dispositivos de Seguridad y Alarma.....	27
D.	Juguetes Electrónicos de Bajo Consumo	28
E.	Aplicaciones en Dispositivos Médicos Portátiles	29
F.	Electrodomésticos de Bajo Consumo Energético	29
G.	Sistemas de Energía de Emergencia.....	30
H.	Almacenamiento de Energía en Pequeñas Instalaciones	31
I.	Sistemas de Potencia para Sensores en Redes IoT de Alta Densidad	31
J.	Aplicaciones en Energía Renovable (Generadores Autónomos).....	32
K.	Sistemas de Alimentación en Automóviles Eléctricos de Bajo Costo	32
L.	Alimentación de Herramientas Eléctricas en Aplicaciones Rurales	33
2.7 IMPORTANCIA DE LAS CELDAS GALVANICAS EN LA ACTUALIDAD.....		34
A.	Fuentes de Energía de Bajo Costo y Sostenibles.....	34
B.	Aplicaciones en Energía de Respaldo y Emergencia	34
C.	Desarrollo de Tecnologías Energéticas Autónomas y Portátiles	35
D.	Desarrollo de Materiales y Sistemas de Almacenamiento de Energía.....	35

E. Aplicaciones Educativas y de Investigación	35
F. Sostenibilidad y Reciclaje de Materiales	36
2.8 RIESGOS EXISTENTES EN LA UTILIZACION DE CELDAS GALVANICAS	36
A. La Corrosión de los Materiales	36
B. Fugas de Electrolito	37
C. Riesgos de Cortocircuitos.....	37
D. Peligros Asociados con el Manejo de Materiales Químicos	38
E. Problemas de Estabilidad y Degradación con el Tiempo	38
F. Riesgos Asociados con la Manipulación Incorrecta de la Celda Galvánica	38
G. Impacto Ambiental en Caso de Fugas de Materiales	39
CAPÍTULO 3	40
DESARROLLO	40
3.1 Tipo de estudio	40
3.2 Selección de materiales	40
A. Solución salina (sal)	40
B. Barras de zinc (Zn) y cobre (C)	40
3.3 Diseño experimental	41
3.3.1 Perforación de las barras.....	41
A. ¿Por qué se utiliza un led rojo?	42
3.3.2 PRUEBAS DE CELDAS	44
A. Prueba en Sal (laminas no perforadas)	44
B. Prueba en Sal (laminas perforadas)	45
C. Prueba en Sulfato de Cobre (laminas perforadas).....	47
D. Prueba en Sulfato de Zinc (laminas perforadas)	48
3.3.3 RESULTADOS:	50
3.4 Circuito Amplificador.	51
A. Fuentes de energía: Celdas Galvánicas de Zinc y Cobre.....	51
B. Esquema del Sistema	51
C. Diseño de Circuito del Convertidor Boost	51

D. Almacenamiento de Energía en el Banco de Capacitores	52
E. Capacitores Recomendados	53
F. Control de Carga y Descarga	53
CONCLUSIÓN.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXO	56

RESUMEN:

Esta propuesta surge a partir de la idea de que las baterías de celda galvánica ofrecen una buena fuente de energía, pero a menudo los materiales utilizados en su construcción pueden ser costosos o difíciles de obtener. Al utilizar materiales accesibles y económicos, se abre la posibilidad de implementar soluciones energéticas en áreas donde los recursos financieros son limitados. Nosotros al promover el uso de materiales accesibles para la construcción de pilas galvánicas, se fomenta la sostenibilidad al reducir la dependencia de recursos costosos o escasos. Esto es especialmente relevante en comunidades con recursos limitados donde se necesita acceso a energía de manera asequible y sostenible. se puede mejorar la calidad de vida de las comunidades que carecen de acceso a la red eléctrica. Además, al promover el uso de energía limpia y renovable, se contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y se fomenta el desarrollo sostenible

El proyecto consiste en la construcción y diseño de dicho experimento, con el fin de llevarlo a lugares los cuales la luz es algo inaccesible o bien en los casos de desastres naturales;

Explora la viabilidad de desarrollar baterías de celdas galvánicas utilizando materiales accesibles y de bajo costo, con el objetivo de ofrecer una alternativa económica y sostenible. Las baterías galvánicas, basadas en reacciones redox tienen el potencial de ser fabricadas con metales comunes y soluciones electrolíticas disponibles, lo que podría facilitar su implementación a gran escala y reducir su impacto ambiental.

INTRODUCCION:

Los procesos redox, presentan la particularidad de que las reacciones que tienen lugar se pueden realizar estando los reactivos en contacto en un mismo recipiente, o bien separados por un espacio y unidos solamente por una conexión eléctrica y un puente salino. Este dispositivo constituye lo que se llama una celda galvánica, voltaica, o simplemente una pila, y son celdas electroquímicas en las que se produce una reacción química espontánea y se genera energía eléctrica.

El funcionamiento de la celda se basa en el principio de que la oxidación de Zn a Zn^{2+} y la reducción de Cu^{2+} a Cu se puede llevar a cabo simultáneamente, pero en recipientes separados por un puente salino, con la transferencia de electrones, e^- , a través de un alambre conductor metálico externo.

Los electrodos son la superficie de contacto entre el conductor metálico y la solución de semicelda (anódica o catódica). Si el electrodo no participa de la reacción redox (ni se oxida ni se reduce), se le llama electrodo inerte o pasivo. Cuando participa de la reacción redox, como es este caso, se denomina electrodo activo.

El electrodo en el que se produce la oxidación es el ánodo y en el que se lleva a cabo la reducción es el cátodo.

Los electrones quedan libres a medida que el zinc metálico se oxida en el ánodo; fluyen a través del circuito externo hacia el cátodo, donde se consumen conforme el $\text{Cu}^{2+}(\text{ac})$ se reduce.

Puesto que el $\text{Zn}(\text{s})$ se oxida en la celda, el electrodo de zinc pierde masa y la concentración de $\text{Zn}^{2+}(\text{ac})$ en la solución aumenta con el funcionamiento de la celda. De manera similar, el electrodo de cobre gana masa y la solución de $\text{Cu}^{2+}(\text{ac})$ se hace menos concentrada a medida que el éste se reduce a $\text{Cu}(\text{s})$.

Un puente salino se compone de un tubo en forma de "U" que contiene una solución muy concentrada de cloruro de sodio, (por ejemplo: $\text{NaNO}_3(\text{ac})$, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{ac})$, $\text{KNO}_3(\text{ac})$, entre otros) cuyos iones no reaccionan con los otros iones de la celda ni con el material de los electrodos.

CAPITULO 1

Este trabajo propone la caracterización y optimización de una pila de celda galvánica con el objetivo de diseñar una solución energética accesible y de bajo costo. Las celdas galvánicas, también conocidas como pilas electroquímicas, son dispositivos que convierten energía química en energía eléctrica mediante reacciones redox. El uso de materiales accesibles y económicos se orienta hacia la posibilidad de implementar soluciones energéticas sostenibles en contextos donde los recursos son limitados.

La disponibilidad de materiales específicos y su calidad pueden ser limitadas, lo que podría afectar la selección de los componentes de la celda y su capacidad para optimizar el rendimiento. Así como El diseño de la celda galvánica puede estar limitado por consideraciones prácticas, como el tamaño y la forma de los componentes, así como por restricciones de diseño impuestas por aplicaciones específicas.

El diseño del recipiente es una parte esencial ya que es la cual se colocará el cloruro de sodio y todos los componentes que se tengan que considerar, para la transportación de las baterías y no debe de a ver error alguno en el ya que al utilizar líquidos que no deben mezclarse ya que la reacción y sus componentes se verán afectados y esto provocaría que sea algo inútil de utilizar.

Objetivo general:

El objetivo general de este proyecto es caracterizar y optimizar una pila de celda galvánica utilizando materiales accesibles para aplicaciones de bajo costo, con el fin de diseñar una solución energética sostenible y económicamente viable.

Objetivos específicos:

- Selección de materiales accesibles: Observar y evaluar materiales electroquímicamente activos y económicamente accesibles para la construcción de la pila de celda galvánica.
- Caracterización de materiales: Realizar pruebas electroquímicas y análisis de materiales para determinar la actividad y estabilidad de los materiales seleccionados como electrodos y electrolitos.

- Diseño y construcción de la pila: Diseñar y ensamblar la pila de celda galvánica utilizando los materiales seleccionados, así optimizando la configuración y la geometría de los componentes para mejorar el rendimiento.
- Optimización del rendimiento: Ajustar y calcular los parámetros operativos y de diseño de la pila para maximizar su eficiencia energética y su vida útil, mediante pruebas y análisis sistemáticos.
- Diseño del recipiente a utilizar: Diseñar y calcular los volúmenes de las soluciones tanto el tamaño donde se insertan las celdas así como del puente salino, sobre todo la iluminación y su transportación algún error en alguno de estos podría afectar seriamente el funcionamiento por ello es muy importante este proceso.
 - 2 mm de grosor
 - 9.9 de largo .
 - 1.4 de ancho

JUSTIFICACIÓN:

La creciente demanda de soluciones energéticas sostenibles y accesibles ha impulsado el interés en el desarrollo de tecnologías innovadoras en el campo de las celdas galvánicas. Estas celdas, que transforman energía química en energía eléctrica mediante reacciones redox, tienen aplicaciones potenciales en una variedad de sectores, desde la educación hasta la energía portátil. Sin embargo, los sistemas actuales pueden presentar limitaciones en términos de costo y disponibilidad de materiales, lo que restringe su implementación en contextos con recursos limitados. Por ello se buscó el material salino que es de los más abundantes y se encuentra prácticamente a la mano o alcance de cualquiera, al igual que en constante investigación se determinó los materiales que son el zinc y el cobre que son excelentes para este proyecto.

HIPÓTESIS:

La creación de baterías de celdas galvánicas, puede ser viable mediante la utilización de materiales abundantes y de fácil adquisición, tales como metales comunes (como zinc, cobre, hierro y aluminio) y soluciones electrolíticas no corrosivas, sin comprometer significativamente el rendimiento electroquímico de la celda y así obteniendo los resultados esperados del proyecto.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

La creación de una pila de celda galvánica de zinc y cobre no solo representa un avance significativo en la reducción de costos de producción, En el contexto académico, la investigación y el desarrollo de dispositivos de bajo costo son cruciales para proporcionar a los estudiantes una comprensión práctica de los principios electroquímicos sin incurrir en gastos significativos. A nivel comunitario y global, estas tecnologías podrían ofrecer soluciones viables para el almacenamiento de energía en regiones con limitados recursos económicos, promoviendo el desarrollo sostenible y la autosuficiencia energética.

Fundamentación Científica

La literatura existente sobre celdas galvánicas muestra que, si bien los materiales tradicionales como el zinc, el cobre y los electrolitos específicos garantizan un rendimiento eficiente, su costo puede ser un obstáculo significativo. Existen investigaciones que exploran el uso de materiales alternativos, como residuos agrícolas y minerales abundantes, que pueden ofrecer características electroquímicas adecuadas a un costo reducido (**Riess et al., 2013**).

Sin embargo, hay una necesidad de una investigación sistemática que valide la eficacia y la viabilidad de estos materiales accesibles en la construcción de celdas galvánicas operativas y eficientes.

2.1 CELDAS GALVANICAS

Cuando la reacciones redox son espontáneas, liberan energía que se puede para realizar un trabajo eléctrico. Esta tarea se realiza a través de una celda voltaica o también conocida como galvánica

Los procesos redox son procesos de transferencia de electrones. Podemos aprovechar tales procesos para producir corriente eléctrica si conseguimos que tal transferencia de electrones en lugar de ocurrir directamente lo hagan a través de un circuito externo.

Esto es lo que va a ocurrir en una celda galvánica. En ellas se produce un proceso redox espontáneo, esto es un proceso favorecido termodinámicamente, de modo

que la energía química se va a transformar en energía eléctrica. La pila más sencilla consta de dos conductores metálicos, llamados electrodos, sumergidos en disoluciones conductoras, llamadas electrolitos (disoluciones de ácidos, bases o sales), unidos entre sí por un hilo metálico.

Las reacciones redox son los procesos electroquímicos en los cuales la energía liberada por una reacción espontánea se convierte en electricidad o la energía eléctrica se aprovecha para provocar una reacción química no espontánea.

Las reacciones redox son aquellas en las que se transfieren electrones de una sustancia a otra (**Química General - Celdas Galvánicas o Celdas Voltaicas, s.f.**).

2.2 FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA GALVANICA DE COBRE Y ZINC

Los electrodos son la superficie de contacto entre el conductor metálico y la solución de semicelda (anódica o catódica). Si el electrodo no participa de la reacción redox (ni se oxida ni se reduce), se le llama electrodo inerte o pasivo. Cuando participa de la reacción redox, como es este caso, se denomina electrodo activo.

Por lo consiguiente se recordó que:

El electrodo en el que se produce la oxidación es el ánodo y en el que se lleva a cabo la reducción es el cátodo.

Los electrones quedan libres a medida que el zinc metálico se oxida en el ánodo; fluyen a través del circuito externo hacia el cátodo, donde se consumen conforme el $\text{Cu}^{2+}(\text{ac})$ se reduce.

Puesto que el $\text{Zn}(\text{s})$ se oxida en la celda, el electrodo de zinc pierde masa y la concentración de $\text{Zn}^{2+}(\text{ac})$ en la solución aumenta con el funcionamiento de la celda. De manera similar, el electrodo de cobre gana masa y la solución de $\text{Cu}^{2+}(\text{ac})$ se hace menos concentrada a medida que el éste se reduce a $\text{Cu}(\text{s})$.

Ánodo (oxidación) $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^-$

Cátodo (reducción) $\text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$  **Reacciones de las semiceldas**

En una celda, el ánodo es por definición, el electrodo donde se lleva a cabo la oxidación, y el cátodo es el electrodo donde se lleva a cabo la reducción.

Si el electrodo de Zinc se pone en contacto con la solución de CuSO_4 se inicia la reacción espontánea siguiente.



Reacción Redox: Como se observa en la imagen 1.1. Dicho efecto es un ejemplo de desplazamiento o reacción redox (reducción-oxidación), donde el zinc (Zn) actúa como un agente reductor (pierde electrones), y el cobre (Cu) como agente oxidante (gana electrones).

Oxidación del Zinc: El zinc (Zn) pierde electrones y se convierte en ion zinc (Zn^{2+}), que se combina con el sulfato (SO_4^{2-}) para formar sulfato de zinc (ZnSO_4) (**Chang & Goldsby, 2014**).

La corriente eléctrica fluirá del ánodo al cátodo ya que hay una diferencia de potencial entre los 2 electrodos y se mide en forma experimental con un voltímetro. Otros términos utilizados para el voltaje de la celda son: fem, y potencial de celda (E). (colocar imagen de fluides)

- El potencial de la celda depende de: La naturaleza de los electrodos y iones.
- de las concentraciones de la solución.

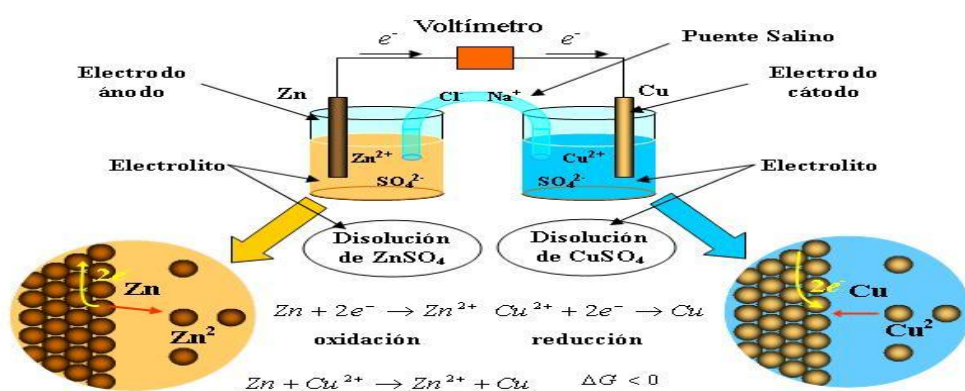
Se debe tener cuidado de los signos que adjudicamos a los electrodos de una celda voltaica.

De acuerdo con investigaciones y proyectos científicos se ha observado que se liberan los electrones en el ánodo conforme el zinc se oxida y fluyen al circuito externo. Puesto que los electrones tienen carga negativa, adjudicamos un signo negativo al ánodo. Por el contrario, los electrones fluyen hacia el cátodo, donde se consumen en la reducción del cobre. En consecuencia, se confiere un signo positivo al cátodo porque parece atraer a los electrones negativos (**Gómez & Pérez, 2021**).

Con el funcionamiento de la celda, la oxidación del Zn introduce iones Zn^{2+} adicionales en el compartimiento del ánodo. A menos que se proporcione un medio para neutralizar esta carga positiva, no podrá haber más oxidación. De manera similar, la reducción del Cu^{2+} en el cátodo deja un exceso de carga negativa

en solución en ese compartimiento. La neutralidad eléctrica se conserva al haber una migración de iones a través un puente salino o como en este caso, a través de una barrera porosa que separa los dos compartimientos. Un puente salino se compone de un tubo en forma de "U" que contiene una solución muy concentrada de un electrólito, (por ejemplo: $\text{NaNO}_3(\text{ac})$, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{ac})$, $\text{NaCl}(\text{ac})$, $\text{KNO}_3(\text{ac})$, entre otros) cuyos iones no reaccionan con los otros iones de la celda ni con el material de los electrodos.

El electrólito se suele incorporar en un gel para que la solución de electrólito no escurra cuando se invierte el tubo en U.



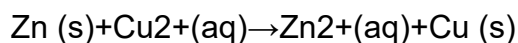
(Imagen 1.1 Ejemplo de las reacciones que presenta la celda galvánica)

Por consiguiente, siempre en las celdas galvánicas debemos tener presente que:

- La oxidación se produce en el ánodo y la reducción en el cátodo.
- Los electrones fluyen espontáneamente desde el ánodo negativo hacia el cátodo positivo.
- El circuito eléctrico se completa por el movimiento de los iones en solución: Los aniones se mueven hacia el ánodo y los cationes hacia el cátodo.

A. Reacción Global de la Celda Galvánica de Zinc y Cobre:

Combinando las dos reacciones (oxidación en el ánodo y reducción en el cátodo), la reacción global de la celda es:



Potencial de la Celda Galvánica:

El potencial de la celda galvánica se puede calcular utilizando los potenciales estándar de reducción de ambos electrodos. La ecuación para calcular el potencial de la celda (E_{celda}) es: $E_{\text{celda}} = E_{\text{catodo}} - E_{\text{anodo}}$.

Los valores estándar de los potenciales de reducción son:

$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0.34$ Volts (para cobre)

$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0.76$ Volts (para el zinc).

Por lo tanto, el potencial estándar de la celda será:

$E_{\text{celda}} = 0.34 \text{ V} - (-0.76 \text{ V}) = 1.10 \text{ V}$

Este valor de 1.10 Volts es el potencial estándar de la celda para una celda galvánica formada por zinc y cobre bajo condiciones estándar (concentraciones de 1M de Cu^{2+} + Zn^{2+})

2.3 IMPORTANCIA DE LAS CELDAS GALVANICAS DE ZINC Y COBRE APARTIR DE UNA SOLUCION SALINA.

Las celdas galvánicas constituyen un elemento fundamental en la conversión de energía química en energía eléctrica mediante la reacción redox (oxidación-reducción). En el caso de las celdas galvánicas construidas con electrodos de zinc y cobre en una solución salina, su importancia radica en diversos aspectos que engloban tanto su aplicabilidad en áreas tecnológicas como su contribución a la investigación científica y el desarrollo de soluciones energéticas sostenibles. A continuación, se presentan las razones clave que justifican la relevancia de estas celdas en la actualidad.

A. Accesibilidad y Bajo Costo de los Materiales

Los electrodos de zinc y cobre, junto con una solución salina como electrolito, constituyen una combinación accesible y económica en términos de disponibilidad de materiales. El zinc es un metal abundante y de bajo costo, ampliamente utilizado en diversas aplicaciones industriales, mientras que el cobre, aunque algo más costoso, sigue siendo un material relativamente accesible. La solución salina, compuesta principalmente por cloruro de sodio (NaCl) disuelto en agua, es un electrolito común y de fácil preparación. Este conjunto de materiales permite la

construcción de celdas galvánicas de bajo costo, lo que resulta esencial para la producción de dispositivos de energía económica.

B. Principio de Funcionamiento y Eficiencia Energética

Las celdas galvánicas de zinc y cobre operan según el principio de oxidación-reducción. El zinc, actuando como el ánodo, se oxida, liberando electrones ($\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$), mientras que el cobre, como cátodo, recibe electrones y reduce los iones de cobre presentes en la solución ($\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$). La reacción redox que ocurre entre estos electrodos permite la conversión directa de energía química en energía eléctrica, generando un voltaje típico de 1.1 a 1.5 V, lo que es adecuado para aplicaciones de bajo voltaje. Esta conversión eficiente de energía hace que las celdas galvánicas de zinc y cobre sean una opción viable para el desarrollo de fuentes de energía portátiles de bajo consumo.

C. Aplicaciones en Energía de Bajo Costo y Portátil

Una de las principales ventajas de las celdas galvánicas hechas de zinc y cobre con una solución salina es su capacidad para generar energía de bajo costo y portátil. Estas celdas se emplean en pilas no recargables utilizadas en dispositivos electrónicos pequeños, como juguetes, relojes, controles remotos y otros dispositivos de bajo consumo. Gracias a su bajo costo de fabricación y a su simplicidad operativa, las celdas galvánicas de zinc y cobre son fundamentales en la producción de baterías económicas, especialmente en aplicaciones que no requieren un alto rendimiento de energía.

D. Impacto Ambiental y Sostenibilidad

En un contexto global donde la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental son factores cruciales, las celdas galvánicas que emplean zinc y cobre tienen ventajas significativas. En comparación con otros tipos de baterías que utilizan materiales tóxicos o peligrosos, como el mercurio o el cadmio, las celdas galvánicas de zinc y cobre presentan un menor riesgo ambiental. El zinc, en particular, es un material no tóxico y fácilmente reciclable, lo que contribuye a la sostenibilidad de las celdas. Además, la solución salina es un electrolito que no contiene compuestos peligrosos, lo que hace que estas celdas sean menos contaminantes al final de su vida útil.

E. Tecnologías en Energía Renovable y Almacenamiento

Si bien su eficiencia es menor en comparación con las baterías modernas, el uso de estos materiales sigue siendo prometedor para el almacenamiento a pequeña escala y en sistemas de energía renovable. Investigaciones en el área de la batería de zinc-aire y la batería de zinc de alta capacidad exploran cómo mejorar la eficiencia y la capacidad de las celdas basadas en zinc, lo que podría hacerlas más competitivas en aplicaciones de almacenamiento energético a gran escala.

F. Posibles Aplicaciones en Sistemas de Energía Localizada

Gracias a su capacidad para generar corriente eléctrica a partir de una solución salina, las celdas galvánicas de zinc y cobre pueden ser útiles en sistemas de energía localizados, como en áreas rurales o de difícil acceso, donde la infraestructura eléctrica es limitada. La utilización de estos dispositivos puede proporcionar una fuente de energía fiable y autónoma para pequeñas aplicaciones, como iluminación, radios o sistemas de comunicación en zonas remotas, mejorando la accesibilidad energética.

2.4 RENDIMIENTO DE LAS CELDAS GALVANICAS DE ZINC Y COBRE APARTIR DE UNA SOLUCION SALINA.

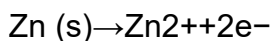
El rendimiento de las celdas galvánicas de zinc y cobre, alimentadas por una solución salina, depende de varios factores electroquímicos y físicos que influyen directamente en su capacidad para generar corriente eléctrica de manera eficiente. El análisis del rendimiento de estas celdas involucra parámetros como el voltaje de salida, la corriente generada, la eficiencia energética, la resistencia interna, la capacidad de la celda, y la estabilidad a lo largo del tiempo, en los siguientes puntos se va a evaluar lo que se considera los aspectos más importantes para evaluar el rendimiento de las celdas galvánicas de zinc y cobre a partir de una solución salina.

A. Voltaje de la Celda (V)

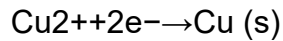
El voltaje de una celda galvánica depende de las reacciones redox que ocurren en los electrodos de zinc y cobre. En condiciones ideales, el voltaje estándar de una celda de zinc y cobre en solución salina es aproximadamente 1.1 V, determinado por el potencial estándar de electrodo de cada material involucrado.

- Reacción en el ánodo (oxidación del zinc):

La oxidación del zinc libera electrones y genera iones Zn^{2+} en la solución.



- Reacción en el cátodo (reducción del cobre):



Los iones Cu^{2+} en la solución se reducen para formar cobre metálico.

El voltaje de la celda en una configuración estándar puede variar dependiendo de la concentración de los electrolitos, la temperatura y la distancia entre los electrodos. En la práctica, el voltaje observado suele ser ligeramente inferior a 1.1 V debido a efectos de polarización y resistencia interna de la celda.

B. Corriente Generada

La corriente generada por la celda galvánica depende de la resistencia total del sistema y del voltaje disponible. La relación básica entre estos parámetros se describe mediante la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

- I: La corriente en amperios (A),
- V: Es el voltaje de la celda en voltios (V),
- R: La resistencia total de la celda en ohmios (Ω), que incluye la resistencia interna de la celda y la resistencia del electrolito.

La resistencia interna de la celda está influenciada por factores como:

- La concentración de la solución salina: A mayor concentración de iones en solución, menor es la resistencia iónica y, por lo tanto, mayor es la corriente.
- El área de los electrodos: Una mayor área de los electrodos aumenta el número de reacciones redox, lo que puede generar más corriente.
- La distancia entre los electrodos: A medida que se aumenta esta distancia, la resistencia interna aumenta, reduciendo la corriente generada.

C. Eficiencia Energetica De La Celda

La eficiencia energética de una celda galvánica se refiere a la capacidad de la celda para convertir la energía química almacenada en los reactivos (zinc y cobre) en energía eléctrica útil. Idealmente, la eficiencia puede ser alta, cerca del 100% si se excluyen pérdidas en el sistema, pero en la práctica, existen varios factores que reducen la eficiencia:

- Pérdidas por resistencia interna: La resistencia del electrolito y la resistencia de los electrodos generan una caída de voltaje interna, lo que reduce la cantidad de energía eléctrica utilizable.
- Pérdidas por polarización: La formación de una capa de productos de reacción en los electrodos puede aumentar la resistencia de la celda y reducir la eficiencia de las reacciones de transferencia de electrones.
- Efectos de concentración: A medida que las reacciones ocurren, los iones Zn^{2+} y Cu^{2+} se consumen cerca de los electrodos, lo que puede reducir la concentración iónica y la eficiencia del proceso si no se controla adecuadamente la distribución de los iones.
- La eficiencia puede cuantificarse como la relación entre la energía eléctrica extraída y la energía química disponible en los reactivos:
- η : energía eléctrica/energía química x 100

D. Resistencia Interna Y Conductividad De Los Electrodos

- La resistencia interna de la celda está dominada por la resistencia del electrolito y los contactos entre los electrodos. La conductividad del electrolito (en este caso, una solución salina) depende de varios factores, tales como:
- Concentración de la solución salina: A mayor concentración de iones (Na^+ , Cl^- , Zn^{2+} , Cu^{2+}), mayor es la conductividad iónica, lo que reduce la resistencia interna y aumenta la corriente generada.
- Temperatura: Un aumento de temperatura mejora la conductividad iónica de la solución, ya que los iones se mueven más rápido en condiciones de mayor energía térmica.
- Composición y concentración de los electrodos: La resistencia también depende de la calidad de los electrodos. En el caso del zinc, puede haber

una formación de óxido en la superficie del ánodo que afecta negativamente la eficiencia de la celda.

E. Capacidad De La Celda Y Ciclo De Vida De La Misma

La capacidad de la celda es un parámetro clave que determina cuánto tiempo puede suministrar corriente antes de que los reactivos (zinc y cobre) se agoten o se vuelvan inactivos. La capacidad de la celda está determinada por el número de moles de zinc y cobre disponibles para las reacciones de oxidación y reducción, respectivamente. La capacidad se puede calcular a partir de la carga total que puede ser extraída, utilizando la **ecuación de Faraday**:

$$Q = n \cdot F \cdot C$$

Donde:

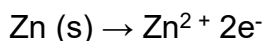
- Q es la capacidad total en Coulombs (C),
- n es el número de moles de electrones involucrados en la reacción,
- F es la constante de Faraday (96,485 C/mol)
- C es la concentración de iones de zinc en la solución.

2.5 VIDA UTIL DE LAS CELDAS GALVANICAS DE ZINC Y COBRE APARTIR DE UNA SOLUCION SALINA.

Para determinar la vida útil de las celdas de zinc y de cobre se consideran diferentes tipos de factores como lo que son:

A. Consumo del Ánodo (Zinc)

La principal limitación de la vida útil de una celda galvánica de zinc y cobre es el consumo del zinc en el ánodo. Durante el proceso electroquímico, el zinc sufre una oxidación, liberando iones Zn^{2+} y electrones:



El zinc, al ser oxidado, se disuelve progresivamente en la solución salina, lo que significa que el material activo del ánodo se va agotando con el tiempo. Una vez que el zinc se ha consumido en su totalidad o de manera significativa, la celda ya no podrá mantener el flujo de electrones, lo que provocará una pérdida de capacidad y una disminución del voltaje y la corriente generada. Este fenómeno marca el final de la vida útil de la celda.

B. Efectos de la Concentración de la Solución Salina

La concentración de la solución salina también influye en la vida útil de la celda, ya que afecta tanto la resistencia interna como la disponibilidad de iones para las reacciones redox. A medida que los iones Zn^{2+} se disipan en la solución debido a la oxidación del zinc, la concentración de estos iones disminuirá, lo que podría reducir la eficiencia de la celda. Si no se mantiene la concentración adecuada, el rendimiento de la celda se verá afectado, lo que acelerará el desgaste de los materiales activos y disminuirá su vida útil.

C. Corrosión y Deposición en los Electrodos

En el ánodo, el zinc experimenta una oxidación que lleva a su disolución progresiva, mientras que, en el cátodo, los iones Cu^{2+} presentes en la solución salina se reducen para formar cobre metálico. Aunque la formación de cobre en el cátodo no representa una degradación significativa, pueden ocurrir efectos de polarización en ambos electrodos debido a la acumulación de productos de reacción o la formación de óxidos en la superficie del zinc, lo que genera pérdidas adicionales de eficiencia.

Con el tiempo, la polarización de los electrodos puede dificultar la transferencia de electrones, lo que acelera el desgaste de la celda y reduce la eficiencia de las reacciones redox. Este fenómeno también contribuye a una vida útil más corta, ya que las resistencias adicionales generadas por la polarización reducen la capacidad de la celda para producir corriente de manera efectiva.

D. Factores que Aceleran el Agotamiento de la Celda

Alta densidad de corriente: Cuando se extrae una gran cantidad de corriente de la celda, el ánodo (zinc) se consume más rápidamente debido a un aumento en la tasa de reacción de oxidación.

Temperatura elevada: A temperaturas más altas, las reacciones electroquímicas se aceleran, lo que puede aumentar la tasa de consumo del zinc y, por lo tanto, reducir la vida útil de la celda. Además, la temperatura también afecta la viscosidad de la

solución salina y la conductividad iónica, lo que puede alterar las condiciones de operación.

Concentración inadecuada de solución salina: Si la concentración de iones Zn^{2+} y Cu^{2+} no es suficiente o disminuye rápidamente, la eficiencia de las reacciones en los electrodos se ve afectada, acelerando el agotamiento de los materiales activos.

E. Estimación de la Vida Útil

La vida útil de una celda galvánica de zinc y cobre alimentada por una solución salina puede variar dependiendo de las condiciones operativas. Sin embargo, en condiciones estándar y con una carga moderada, la vida útil de estas celdas es típicamente de varias semanas a meses. Este tiempo está directamente relacionado con el tamaño de los electrodos, la densidad de corriente extraída y la concentración del electrolito. Por ejemplo, en aplicaciones de baja potencia y sin una carga constante elevada, como en dispositivos electrónicos de bajo consumo, la celda podría durar entre 6 a 12 meses o más, antes de que el zinc se agote significativamente.

Por otro lado, en aplicaciones de mayor demanda energética o con una alta densidad de corriente (como en sistemas que alimentan lámparas LED o sensores), la vida útil puede verse reducida a semanas o pocos meses, ya que el zinc en el ánodo se disuelve más rápidamente.

F. Extensión de la Vida Útil

Existen varias estrategias para extender la vida útil de una celda galvánica de zinc y cobre:

Optimización de la concentración de electrolitos: Mantener una concentración adecuada de iones en la solución salina puede ayudar a reducir la resistencia iónica y prolongar la vida útil.

Uso de aditivos: Algunos estudios sugieren el uso de aditivos en el electrolito que puedan mejorar la eficiencia de las reacciones redox y reducir la formación de óxidos en el zinc.

Control de la temperatura: Mantener la celda a una temperatura controlada puede prevenir un desgaste acelerado de los materiales activos y mejorar la estabilidad de la celda.

2.6 APLICACIONES DE BAJO COSTO

Las celdas galvánicas de zinc y cobre, alimentadas por una solución salina, son sistemas electroquímicos que generan energía eléctrica mediante reacciones redox, y debido a su bajo costo, simplicidad de fabricación y eficiencia en aplicaciones de pequeña escala, tienen diversas aplicaciones de baja potencia. Estas aplicaciones aprovechan la capacidad de las celdas para proporcionar energía de manera continua y estable en dispositivos que requieren bajos niveles de consumo energético. A continuación, se presentan algunas de las principales aplicaciones de baja potencia para las celdas galvánicas de zinc y cobre.

A continuación, se va las aplicaciones de bajo costo y las que son de bajo consumo.

A. Alimentación de Dispositivos Electrónicos Portátiles de Bajo Consumo

Las celdas galvánicas de zinc y cobre pueden ser utilizadas en aplicaciones como sensores portátiles, dispositivos médicos de bajo consumo y monitores ambientales. Estos dispositivos requieren una fuente de energía compacta y económica que pueda ofrecer una corriente continua a bajas tensiones durante un periodo de tiempo prolongado.

Sensores de humedad y temperatura: Los sensores de bajo consumo que monitorean las condiciones ambientales pueden ser alimentados por celdas galvánicas de zinc y cobre. Estos sensores son comunes en aplicaciones de monitoreo de ambientes controlados, como en la agricultura, en sistemas de control de calidad del aire o en la monitorización de almacenes y bodegas.

Sensores de gases: Los sensores utilizados en aplicaciones de seguridad industrial, como la detección de gases tóxicos o inflamables, también pueden aprovechar celdas galvánicas para generar energía.

B. Sistemas de Iluminación de Bajo Consumo (LED)

Las celdas galvánicas de zinc y cobre pueden alimentar lámparas LED de bajo consumo, particularmente en entornos donde las fuentes de energía convencionales (como baterías recargables o electricidad de la red) son poco prácticas o costosas. Estas celdas son ideales para iluminación de emergencia o en

aplicaciones rurales o aisladas, donde la energía es limitada y no se requieren niveles elevados de potencia.

Luces de señalización y balizas: En condiciones donde se requieren luces intermitentes o de baja potencia para la señalización de caminos, en señales de tránsito o en balizas de emergencia.

Las balizas están diseñadas para operar con un bajo consumo de voltaje, siendo ideales para advertencias luminosas en zonas de tráfico o áreas en construcción. En la imagen 2.1 se observa que están equipadas con luces intermitentes de bajo voltaje que aseguran visibilidad sin requerir un alto consumo energético, lo que las hace eficientes y duraderas.



(Imagen 2.1 Balizas de bajo consumo en voltaje utilizadas en señalización de carreteras)

Estas aplicaciones pueden operar eficientemente utilizando celdas galvánicas debido a su capacidad para proporcionar un voltaje constante y una corriente estable durante períodos largos.

C. Dispositivos de Seguridad y Alarma

Las celdas galvánicas de zinc y cobre también pueden ser utilizadas en sistemas de alarmas de bajo consumo y dispositivos de seguridad, donde las necesidades de energía no son altas, pero la fiabilidad y la duración a largo plazo son factores críticos.

Alarmas de humo y monóxido de carbono: Los detectores de humo o monóxido de carbono, que son esenciales en aplicaciones residenciales y comerciales,

pueden alimentarse con celdas galvánicas de bajo costo, ya que estos dispositivos no requieren una gran cantidad de energía y suelen operar durante períodos largos sin mantenimiento.

Dispositivos de monitoreo remoto: En instalaciones que requieren vigilancia constante, pero en áreas con acceso limitado a fuentes de energía (por ejemplo, en zonas rurales o en aplicaciones de monitoreo de cables subterráneos o tuberías), las celdas galvánicas pueden ser una solución eficiente para alimentar sensores de monitoreo remoto o cámaras de baja potencia.

D. Juguetes Electrónicos de Bajo Consumo

En el ámbito de los juguetes electrónicos, las celdas galvánicas de zinc y cobre pueden proporcionar una fuente económica y de bajo impacto para dispositivos interactivos o juguetes educativos que no requieren grandes cantidades de energía.

La imagen 2.2 muestra un pequeño motor utilizado en un carro de control remoto. Este motor está diseñado para aprovechar la energía generada por las celdas galvánicas, las cuales impulsarán el vehículo. Su tamaño compacto y su bajo requerimiento de energía lo hacen ideal para aplicaciones ligeras, donde la potencia proporcionada por las celdas es suficiente para generar el movimiento necesario sin sobrecargar el sistema.



(Imagen 2.2 motor utilizado en un carro de control remoto)

Juguetes educativos: Muchos juguetes educativos que enseñan conceptos básicos de física, electricidad o matemáticas pueden ser alimentados por celdas galvánicas, proporcionando una solución económica y segura para este tipo de aplicaciones.

La imagen 2.3 presenta un juguete educativo diseñado para ayudar a los niños a identificar diferentes colores. Este dispositivo funciona mediante energía proveniente de celdas galvánicas, lo que lo hace eficiente y seguro para su uso continuo. El juguete emite luces de colores y señales visuales cuando el niño selecciona correctamente un color, facilitando el aprendizaje interactivo mientras utiliza una fuente de energía ecológica y de bajo voltaje.



(Imagen 2.3 juguete educativo)

E. Aplicaciones en Dispositivos Médicos Portátiles

Los dispositivos médicos portátiles de baja potencia, como los monitores de glucosa o electrocardiogramas (ECG), pueden beneficiarse del uso de celdas galvánicas de zinc y cobre como fuentes de energía. Estos dispositivos necesitan ser ligeros, compactos y capaces de operar durante largos períodos sin necesidad de recargar baterías costosas.

Monitoreo de signos vitales: Las celdas galvánicas de zinc y cobre podrían alimentar dispositivos que miden variables fisiológicas, como la temperatura corporal o la frecuencia cardíaca, particularmente en áreas con acceso limitado a recursos energéticos o en situaciones de emergencia.

F. Electrodomésticos de Bajo Consumo Energético

Las celdas galvánicas de zinc y cobre pueden ser utilizadas en aplicaciones de electrodomésticos de bajo consumo donde se requiere una baja potencia para operar ciertos dispositivos a lo largo de un largo período de tiempo. Por ejemplo, en dispositivos como:

Relojes electrónicos o despertadores: Estos dispositivos requieren solo una pequeña cantidad de energía durante su operación continua, y pueden beneficiarse de la fiabilidad y costo bajo de las celdas galvánicas de zinc y cobre.

Controladores remotos: Los dispositivos de control remoto de electrodomésticos también pueden funcionar durante largos períodos con celdas galvánicas, proporcionando una solución económica y de bajo impacto para el suministro de energía.

La imagen 2.4 muestra un control remoto para televisión que utiliza la energía generada por una celda galvánica para su funcionamiento. El diseño es compacto y ligero, y se alimenta de manera eficiente sin necesidad de baterías tradicionales. La celda galvánica integrada proporciona suficiente energía para permitir el uso prolongado del control, garantizando una opción más sostenible y de bajo mantenimiento para operar el dispositivo electrónico.



(imagen 2.4 control remoto)

G. Sistemas de Energía de Emergencia

Las celdas galvánicas de zinc y cobre podrían ser utilizadas en sistemas de energía de respaldo o energía de emergencia, especialmente en aplicaciones donde se requiere una fuente de energía confiable durante fallos temporales en el suministro eléctrico. Estos sistemas se diseñarían para proporcionar un nivel suficiente de energía para operar dispositivos esenciales durante un corto período.

Sistemas de respaldo para comunicaciones: En instalaciones críticas como torres de comunicación o equipos de telecomunicaciones en zonas remotas, las celdas galvánicas podrían alimentar equipos de comunicación esenciales durante cortes de energía o en ubicaciones donde las fuentes de energía convencionales son inaccesibles o no rentables.

Sistemas de respaldo en infraestructuras críticas: Las celdas galvánicas de zinc y cobre podrían integrarse en sistemas de respaldo para instalaciones que requieren mantener el funcionamiento de sistemas de alarmas y monitoreo de seguridad en caso de interrupciones en la red eléctrica.

H. Almacenamiento de Energía en Pequeñas Instalaciones

En instalaciones de pequeña a mediana escala, como aquellas empleadas en la industria o en comercios, las celdas galvánicas de zinc y cobre pueden ser útiles como sistemas de respaldo o en aplicaciones donde se necesiten fuentes de energía de corta duración, pero con una alta demanda de potencia en momentos específicos. Por ejemplo, en procesos industriales que requieren una potencia elevada solo en ciertos momentos del día, como en picos de demanda energética, estas celdas pueden servir para almacenar la energía durante períodos de baja demanda y liberarla rápidamente cuando sea necesario **(Doyle, Newman, & Jow, 2016)**.

I. Sistemas de Potencia para Sensores en Redes IoT de Alta Densidad

En aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT), especialmente en redes de alta densidad de sensores para monitoreo de infraestructura crítica o redes de medidores inteligentes, las celdas galvánicas de zinc y cobre se puede utilizar alimentar los sensores y dispositivos en estaciones remotas o áreas sin acceso a electricidad.

- Monitoreo de infraestructura crítica: Sensores desplegados en puentes, presas o oleoductos pueden utilizar celdas galvánicas de zinc y cobre para alimentar dispositivos de monitoreo que operen de manera autónoma durante años, garantizando la integridad de la infraestructura sin necesidad de intervenciones frecuentes **(Bard & Faulkner, 2001)**.
- Redes de medidores inteligentes: En áreas rurales o zonas urbanas de difícil acceso, los medidores inteligentes pueden ser alimentados por estas celdas, facilitando la recolección de datos de consumo energético sin la necesidad de infraestructura eléctrica adicional **(Murray, 2015)**.

J. Aplicaciones en Energía Renovable (Generadores Autónomos)

En el campo de las energías renovables, las celdas galvánicas pueden ser integradas a sistemas donde se requiere una fuente de energía adicional o complementaria en entornos autónomos. Aunque no son adecuadas para generar energía a gran escala, pueden complementar otros sistemas de generación, como los paneles solares o las turbinas eólicas, en instalaciones remotas o en lugares donde las fuentes de energía convencional sean difíciles de implementar.

Generadores autónomos de bajo consumo: Las celdas galvánicas podrían servir como una fuente de energía secundaria en sistemas híbridos de generación eléctrica autónoma, donde se combina la energía solar o eólica con una fuente de respaldo que garantiza el funcionamiento de los sistemas de medición o almacenamiento de energía durante la noche o en períodos sin viento.

Electrificación de zonas rurales: En zonas rurales o áreas remotas donde se requiere un suministro eléctrico básico, las celdas galvánicas podrían ser empleadas como una fuente complementaria o de respaldo para alimentar dispositivos de comunicación o dispositivos de baja potencia como bombas de agua o luces públicas.

K. Sistemas de Alimentación en Automóviles Eléctricos de Bajo Costo

En vehículos eléctricos de bajo costo o vehículos ligeros, las celdas galvánicas de zinc y cobre podrían proporcionar energía para sistemas secundarios que no impliquen una carga energética constante o de alto rendimiento, como en vehículos de transporte urbano ligero (bicicletas eléctricas, Scooters, carritos de golf, entre otros,) Sistemas de respaldo y carga de baterías secundarias: En automóviles eléctricos de bajo costo.

La imagen 2.5 muestra un scooter equipado con luces intermitentes y una luz indicadora que avisa cuando la batería está por agotarse. Estas funciones son alimentadas por la energía de una celda galvánica, lo que garantiza un consumo eficiente y prolongado. Las luces intermitentes mejoran la visibilidad del conductor en condiciones de poca luz, mientras que la luz indicadora permite al usuario saber cuándo es necesario recargar o reemplazar la fuente de energía, todo gestionado de manera sostenible por la celda galvánica.



(Imagen 2.5 Scooter)

Las celdas galvánicas podrían ser utilizadas como una fuente suplementaria para alimentar dispositivos no críticos o de baja potencia, como luces LED, sensores o sistemas de navegación. Esto permitiría optimizar el uso de las baterías principales, mejorando la eficiencia general del sistema.

La imagen 2.6 muestra un indicador de emergencia similar al OnStar, alimentado por celdas galvánicas. Estas celdas proporcionan la energía necesaria para que las luces intermitentes se activen automáticamente en caso de un incidente, asegurando que el sistema de señalización funcione de manera eficiente sin necesidad de baterías convencionales. Las celdas galvánicas permiten un uso prolongado y confiable, garantizando que las luces intermitentes permanezcan activas durante situaciones de emergencia con un consumo energético mínimo.



(imagen 2.6 sistema de SOS)

L. Alimentación de Herramientas Eléctricas en Aplicaciones Rurales

En algunas herramientas eléctricas de alto voltaje que operan en entornos rurales o de difícil acceso, las celdas galvánicas pueden usarse para alimentar sistemas de bajo consumo o auxiliares.

Herramientas eléctricas de construcción: En situaciones donde se requiere una fuente de energía confiable y económica para herramientas portátiles (como taladros, sierras eléctricas o lámparas de trabajo) que no demandan altos niveles de corriente las celdas galvánicas pueden ofrecer una solución adecuada para el suministro de energía en sitios aislados.

2.7 IMPORTANCIA DE LAS CELDAS GALVANICAS EN LA ACTUALIDAD

A. Fuentes de Energía de Bajo Costo y Sostenibles

Una de las principales razones por las cuales las celdas galvánicas son de gran importancia en la actualidad es su capacidad para proporcionar energía de bajo costo y sostenible. En un mundo que busca alternativas energéticas más limpias y económicas, las celdas galvánicas, particularmente aquellas basadas en materiales accesibles como el zinc y el cobre se presentan como una opción viable para aplicaciones de bajo consumo. Estas celdas ofrecen una fuente de energía confiable sin los elevados costos asociados a tecnologías más avanzadas como las baterías convencionales de ion -litio.

La economía circular que promueven, a través del uso de materiales reciclables como el zinc, las hace también atractivas desde el punto de vista ambiental. A medida que se profundiza en la búsqueda de tecnologías energéticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, las celdas galvánicas emergen como una alternativa eficiente y económica para satisfacer demandas energéticas pequeñas o moderadas.

B. Aplicaciones en Energía de Respaldo y Emergencia

En aplicaciones donde se requiere un sistema de respaldo energético de bajo costo y fácil mantenimiento, las celdas galvánicas desempeñan un papel crucial. Por ejemplo, en sistemas de energía de emergencia, alumbrado público de bajo consumo, y en dispositivos de seguridad como alarmas y detectores de humo, las celdas galvánicas son capaces de proporcionar energía de manera continuada durante cortos periodos sin necesidad de grandes infraestructuras. Este tipo de aplicaciones es particularmente importante en entornos rurales o remotos, donde el acceso a la red eléctrica puede ser limitado o costoso.

C. Desarrollo de Tecnologías Energéticas Autónomas y Portátiles

Las celdas galvánicas son esenciales en el desarrollo de sistemas autónomos de energía que alimentan dispositivos portátiles. En aplicaciones como sensores IoT, monitores médicos de bajo consumo y dispositivos electrónicos portátiles, las celdas galvánicas permiten una energía confiable durante un tiempo prolongado, sin depender de fuentes de energía externas ni de procesos de recarga. Esta capacidad para operar de manera autónoma es muy importante en dispositivos que se utilizan en lugares de difícil acceso o en situaciones donde la recarga frecuente no es viable.

El Internet de las Cosas y la tecnología de sensores han impulsado aún más la importancia de las celdas galvánicas ya que estos sistemas requieren de fuentes de energía pequeñas y duraderas para funcionar en una red distribuida de dispositivos conectados, contribuyendo al monitoreo de condiciones ambientales, el seguimiento de la salud y la eficiencia energética de infraestructuras.

D. Desarrollo de Materiales y Sistemas de Almacenamiento de Energía

En el contexto de almacenamiento de energía, las celdas galvánicas son una tecnología relevante para dispositivos de almacenamiento de energía de pequeña escala, como las baterías de bajo costo utilizadas en sistemas solares domésticos o en dispositivos de almacenamiento portátil. Aunque las celdas galvánicas no tienen la capacidad de almacenamiento de alta densidad energética de las baterías convencionales su bajo costo y simplicidad las convierten en una opción atractiva para aplicaciones donde la potencia demandada no es tan alta.

Las investigaciones actuales en el área de la ingeniería electroquímica están explorando formas de mejorar la eficiencia y capacidad de almacenamiento de las celdas galvánicas, lo que podría aumentar su aplicabilidad en sistemas de almacenamiento de energía a mayor escala.

E. Aplicaciones Educativas y de Investigación

Las celdas galvánicas son ampliamente utilizadas en educación y experimentación científica para enseñar los principios de la electroquímica, la generación de energía y los circuitos eléctricos. Los estudiantes de ingeniería pueden comprender de manera práctica el funcionamiento de las celdas galvánicas a través de experimentos simples que simulan la generación de corriente eléctrica mediante una reacción química. Esta aplicación es crucial en la formación de futuros

ingenieros que desarrollarán tecnologías más avanzadas en el campo de la energía renovable y la electroquímica.

F. Sostenibilidad y Reciclaje de Materiales

La importancia de las celdas galvánicas también radica en su sostenibilidad. A diferencia de otras fuentes de energía, especialmente aquellas que dependen de metales raros o no reciclables las celdas galvánicas pueden fabricarse con materiales más abundantes y fácilmente reciclables, como el zinc y el cobre, lo que contribuye a una menor huella ambiental. Además, al ser dispositivos relativamente simples, las celdas galvánicas tienen una vida útil predecible, lo que facilita su reciclaje y reutilización contribuyendo al concepto de economía circular.

En el contexto de la creciente preocupación global sobre la gestión de residuos electrónicos y la sostenibilidad de los dispositivos energéticos, las celdas galvánicas ofrecen una solución más ecológica y económica en comparación con tecnologías más complejas que involucren materiales no reciclables o de difícil acceso.

2.8 RIESGOS EXISTENTES EN LA UTILIZACION DE CELDAS GALVANICAS

Como se sabe no todo es realmente bueno cuando se tiene una idea o una solución o un prototipo sobre algo y este también es el caso, como también tenemos muchas soluciones también existen los riesgos, aunque no son de alto impacto o al considerar riesgo biológico o algo inminente, para seguir desarrollando dicho proyecto debemos tener en cuenta siempre estos riesgos y encontrar la solución o corregirlos y a continuación se van a presentar alguno de ellos.

A. La Corrosión de los Materiales

Uno de los principales riesgos asociados con las celdas galvánicas de zinc y cobre es la corrosión. La corrosión es un fenómeno electroquímico que ocurre cuando los materiales metálicos, en este caso el zinc, entran en contacto con el electrolito salino. El zinc tiende a oxidarse más fácilmente que el cobre en el medio salino, lo que puede causar una pérdida de material y una degradación de los electrodos.

Este proceso puede comprometer la eficiencia de la celda galvánica a medida que se consume el zinc y se altere la integridad de la celda.

- Riesgo de disminución de la eficiencia: A medida que el zinc se corroe y se disuelve en la solución, la capacidad de la celda para generar corriente eléctrica disminuye, lo que reduce la vida útil de la celda galvánica.
- Riesgo de formación de productos secundarios no deseados: La corrosión puede dar lugar a productos de reacción como óxidos de zinc o hidróxidos que afectan la funcionalidad de la celda, alterando la eficiencia del proceso redox.

B. Fugas de Electrolito

Las soluciones salinas utilizadas en las celdas galvánicas, que generalmente contienen cloruro de sodio (NaCl) u otros compuestos, pueden filtrarse si el sistema no está correctamente sellado o si los electrodos no están adecuadamente protegidos. Las fugas de electrolito pueden tener varias implicaciones, tales como:

- Riesgo de daño a otros componentes: Las soluciones salinas pueden dañar otros componentes electrónicos o materiales cercanos, causando un mal funcionamiento del sistema o deterioro de las superficies de contacto.
- Riesgo ambiental: El vertido accidental de electrolitos puede tener efectos negativos sobre el medio ambiente, especialmente si la solución contiene compuestos como cloruros, que pueden ser corrosivos para materiales y organismos.

C. Riesgos de Cortocircuitos

Un riesgo asociado con la utilización de las celdas galvánicas es el cortocircuito entre los electrodos. Si los electrodos, zinc y cobre, entran en contacto directo o están demasiado cerca en una configuración de celda, puede producirse un cortocircuito eléctrico. Este problema puede resultar en una pérdida de energía y daño potencial al sistema eléctrico asociado, además de un aumento de la temperatura local, lo que podría afectar la seguridad del dispositivo.

- Riesgo de sobrecalentamiento: El cortocircuito puede causar un aumento excesivo de la corriente, lo que puede llevar al sobrecalentamiento de los componentes, afectando tanto la vida útil de la celda como la seguridad del sistema.

D. Peligros Asociados con el Manejo de Materiales Químicos

El manejo de las soluciones salinas en las celdas galvánicas puede implicar ciertos riesgos químicos si no se siguen las pautas adecuadas de seguridad. Aunque las soluciones salinas son generalmente consideradas de bajo riesgo, la exposición prolongada o a concentraciones elevadas puede causar efectos irritantes para la piel, ojos o vías respiratorias.

- Riesgos para la salud: La manipulación incorrecta de las soluciones salinas o de los electrodos (especialmente al reemplazar los componentes corroídos) podría exponer a los operadores a productos químicos nocivos, como el hidróxido de zinc formado durante la reacción galvánica.
- Riesgos de exposición a metales pesados: Aunque las celdas galvánicas de zinc y cobre no están asociadas directamente con metales altamente tóxicos como el plomo o el cadmio, la exposición prolongada o el contacto directo con materiales de alta concentración puede generar partículas metálicas que podrían ser absorbidas por el organismo

E. Problemas de Estabilidad y Degradación con el Tiempo

Las celdas galvánicas no están diseñadas para operar indefinidamente sin experimentar ciertos procesos de degradación. Con el tiempo, los electrodos se desgastan, especialmente el zinc, que es consumido por la oxidación. Esto puede reducir la capacidad de la celda para mantener una corriente constante, afectando el rendimiento y la vida útil del dispositivo.

- Riesgo de pérdida de capacidad: A medida que el zinc se consume, la celda pierde capacidad, lo que puede llevar a una disminución progresiva en el voltaje y la corriente producida, haciendo que la celda sea menos efectiva para aplicaciones prácticas.

F. Riesgos Asociados con la Manipulación Incorrecta de la Celda Galvánica

El diseño y construcción incorrectos de las celdas galvánicas pueden dar lugar a varios riesgos operativos. Un mal ensamblaje de los componentes, como una mala

instalación de los electrodos o una concentración inadecuada de electrolito, puede comprometer el funcionamiento de la celda.

- **Riesgo de fallos en el sistema:** Una instalación defectuosa puede llevar a un funcionamiento errático de la celda, con fluctuaciones en la potencia y eficiencia, y puede incluso resultar en daños permanentes a los componentes internos.
- **Riesgo de fuga de corriente:** Si los electrodos no están correctamente aislados, puede haber fugas de corriente o pérdidas de energía, lo que afectaría directamente la eficiencia del sistema.

G. Impacto Ambiental en Caso de Fugas de Materiales

Si las celdas galvánicas de zinc y cobre no se gestionan adecuadamente al final de su vida útil, los materiales como el zinc y el cobre pueden representar riesgos ambientales. El zinc, en particular, puede ser tóxico en concentraciones elevadas para los ecosistemas acuáticos, afectando la biodiversidad si las celdas son descartadas sin un proceso adecuado de reciclaje.

- **Riesgo de contaminación del agua:** El contacto de zinc o cobre con cuerpos de agua puede afectar la calidad del agua y dañar los ecosistemas acuáticos.

Aunque este riesgo se puede escuchar de manera atroz, este se puede controlar y explotar de una manera muy accesible y eficaz para así llevar un desarrollo adecuado y equilibrado para tener un buen uso y sobre todo tener un método de creación de energía más accesible para próximas generaciones y sobre todo para quienes no gozan de dicho recurso tan indispensable como es la luz.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO

3.1 Tipo de estudio

El tipo de estudio que se realizó en este proyecto es del tipo científico,

3.2 Selección de materiales

A. Solución salina (sal)

Se eligió el cloruro de sodio ya que es un elemento de fácil accesibilidad.

Al disolverse en agua el cloruro de sodio se disocia en los iones correspondientes (el catión sodio Na^+ y el anión cloruro Cl^-). Estos iones pueden moverse en la disolución, por lo que, si en la misma introducimos los extremos de un circuito eléctrico, el movimiento de los iones permitirá el paso de la corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la cantidad de sal disuelta más fácilmente podrá conducir la corriente eléctrica, pues aumentará la conductividad del medio acuoso.

Si se hiciera lo mismo sustituyendo la sal por azúcar se vería que la disolución resultante no es conductora, debido a que el azúcar no es un electrolito: al disolverse en agua no se disocia en iones, sino que permanece como moléculas neutras.

B. Barras de zinc (Zn) y cobre (C)

Se utilizaron las barras de zinc y de cobre ya que estas se encuentran en las ferreterías al alcance del público en general debido a su bajo costo y sobre todo a su buena conductividad.

- Zinc: Este elemento tiene una buena conductividad que se debe a los enlaces metálicos. Es un material ideal para su uso en celdas galvánicas debido a su bajo potencial de oxidación, su alta reactividad, su estabilidad química y su bajo costo. Estas propiedades lo convierten en un excelente candidato para actuar como ánodo en celdas galvánicas, facilitando la generación de corriente eléctrica a través de reacciones redox.

- Cobre: Es el elemento más utilizado para conductor de electricidad ya que tiene muchos electrones libres que se mueven fácilmente a través del material.

3.3 Diseño experimental

- Perforaciones en las barras
- Se utilizaron una barra de zinc y una de cobre ambas con una medida de:
- 2mm de grosor
- 9.9 cm de longitud
- 1.4 cm de ancho

3.3.1 Perforación de las barras

Las barras de zinc y de cobre se les hizo una serie de barrenos con una broca de medida $\frac{5}{64}$ (1.98mm) esto con el objetivo de evaluar si al aumentar la superficie de contacto con el cloruro de sodio mejora la eficiencia de las celdas. En la imagen 3.1 se observa las perforaciones, las dos barras perforadas con un total de 15 orificios en la barra de zinc y 14 orificios en la barra de cobre.



(Imagen 3.1 perforación de barras mediante barrenado)

Con base al experimento hecho se obtiene que:

En una solución salina de 100 ml de H₂O destilada y 10 gr de sal se considera que sea suficiente para generar un voltaje de 0.9 a 1.0 volts, esto se propone obtener con el primer experimento a realizar.

En un segundo experimento considerando 50 gr de cloruro de sodio (5%) y un volumen de ml de H₂O destilada se espera obtener un potencial de 1.1 volts a 1.3 volts

En un tercer experimento se propone disolver un de cloruro de sodio en un total de ml de H₂O, esperando obtener de 1.3 volts a 1.5 volts

Con una concentración de de sal el voltaje generado puede llegar a 1.3V a 1.5V, lo cual es suficiente para alimentar un diodo led rojo que típicamente requiere 1.8V.

A. ¿Por qué se utiliza un led rojo?

El LED rojo emite luz con una longitud de onda de aproximadamente 620 a 750 nm. Esto se ajusta a las características espectroscópicas de algunas sustancias químicas involucradas en las reacciones redox **(Hsu, 2012)**.

Facilitación del control visual: El LED rojo proporciona una luz de baja intensidad que permite la visualización de ciertos aspectos del experimento sin comprometer la estabilidad o el comportamiento de la celda galvánica. Esto es útil para observar los cambios de color en los electrodos o el medio reactivo, que pueden ser indicativos de la progresión de la reacción electroquímica **(Stoner, Pantea, & Lee, 2004)**.

Baja interferencia en la medición de corrientes eléctricas: En una celda galvánica, la presencia de una fuente luminosa debe ser cuidadosamente controlada para no influir en las mediciones eléctricas, como la corriente generada por la celda. El LED rojo tiene una intensidad relativamente baja comparado con otras fuentes de luz, lo que significa que su impacto en las mediciones electroquímicas es mínimo, a diferencia de otros LEDs o fuentes de luz de mayor intensidad que podrían afectar las mediciones **(Torrence, 2017)**.

La solución salina debe estar hecha con agua destilada por lo siguiente.

- Alta pureza: Al no contener sales ni minerales disueltos, el agua destilada asegura que la conductividad de la solución de cloruro de sodio dependerá

únicamente de la que se disuelva en ella, lo que permite un control más preciso sobre la concentración y la conductividad de la solución.

- Consistencia: Al usar agua destilada, se asegura de que no haya contaminantes o impurezas que puedan interferir con las reacciones.

Aunque el agua destilada es una buena opción también se debe tomar en cuenta su desventaja:

- tiene una conductividad muy baja, pero una vez que se disuelve el NaCl (sal común), la conductividad aumentará significativamente.

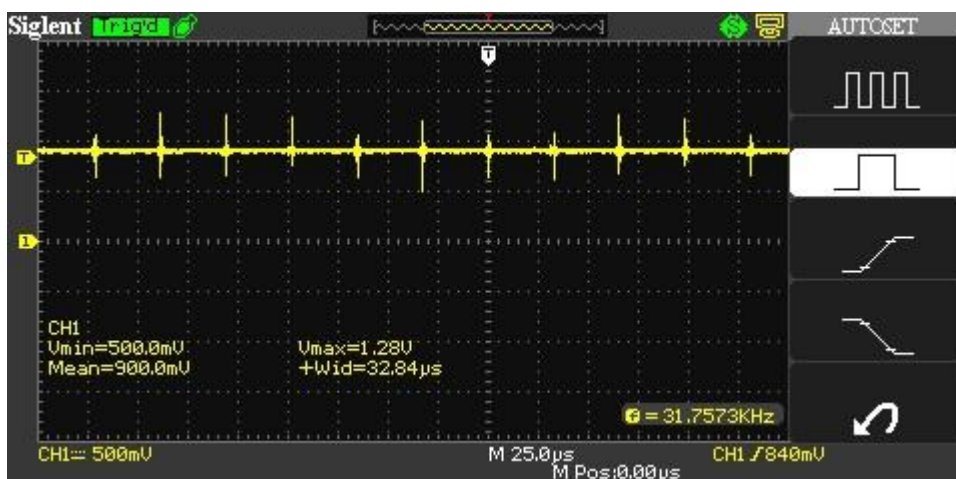
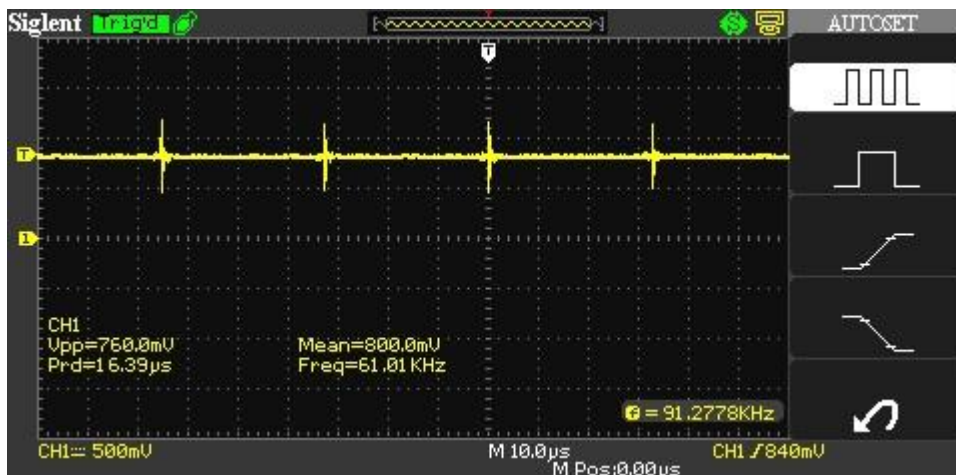
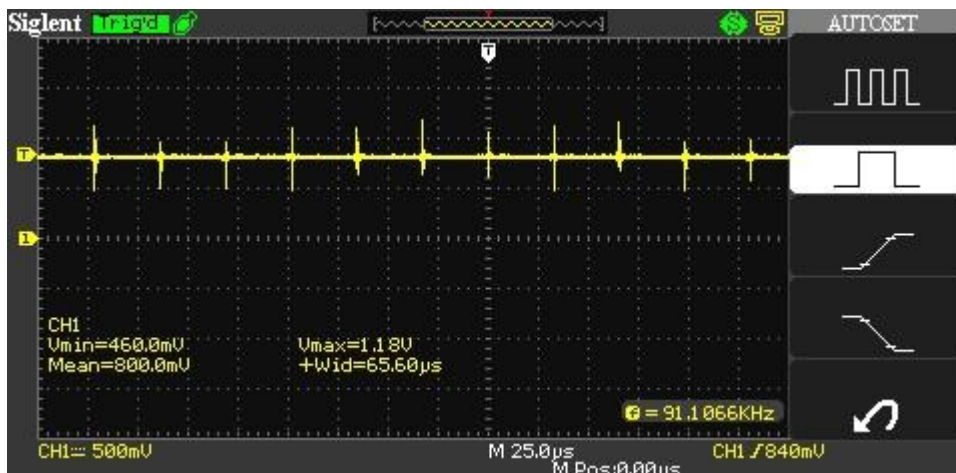
¿por qué no se utilizó el agua potable?: garrafón o de la llave

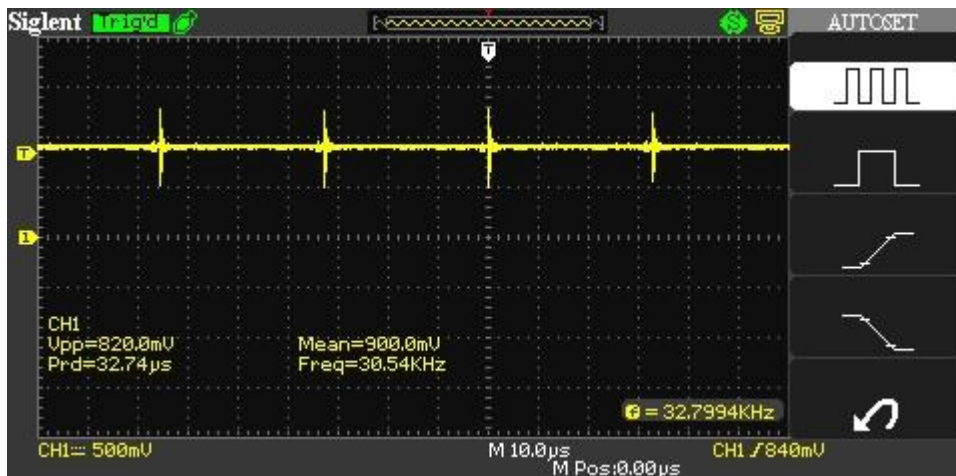
Por lo siguiente:

- Se conoce que el agua potable lleva un proceso o un tratamiento en lo cual contiene alto niveles de sales o de minerales los cuales estos pueden interferir con la conductividad de la reacción y las reacciones electroquímicas de las mismas.
- Esta también afecta a los electrodos lo cual promueve una corrosión alta no deseada o la formación de precipitados en las celdas.
- A lo cual la única ventaja que se tiene, que es de muy fácil acceso y barata, pero esto la hace utilizable, pero por sus desventajas la cuales afectan considerablemente el proyecto se descartó en su totalidad.

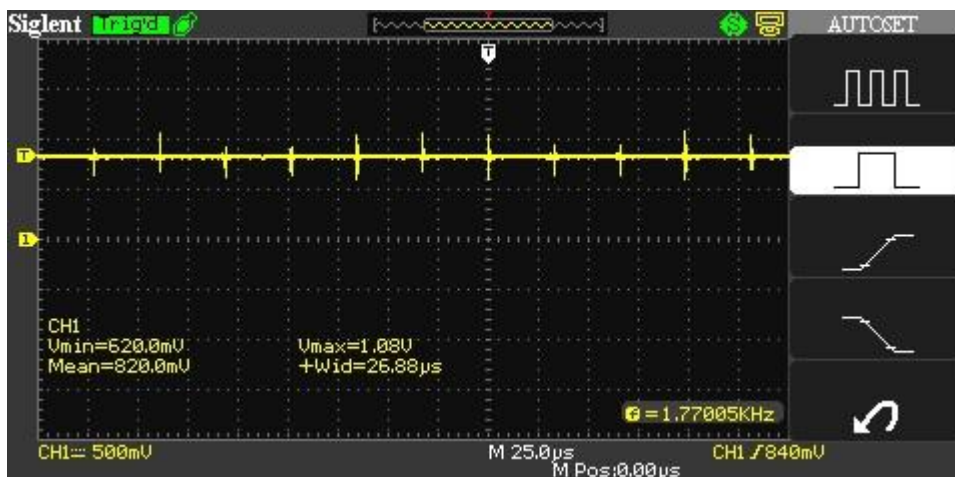
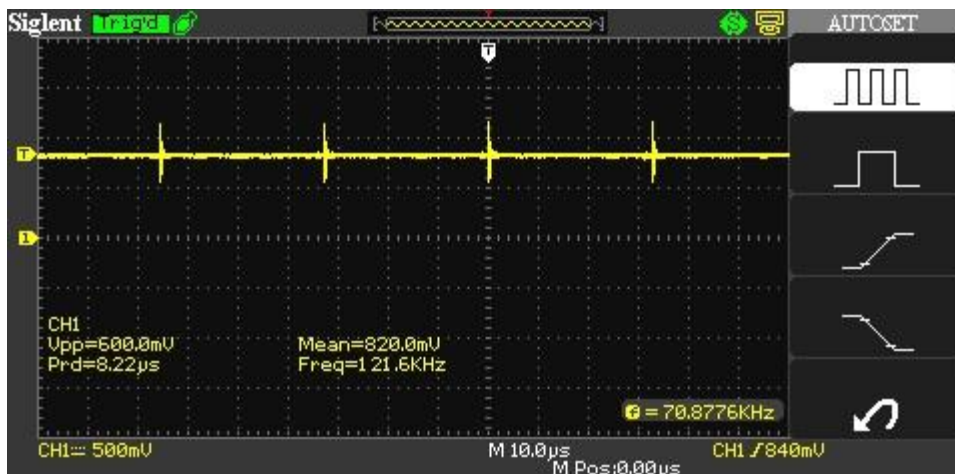
3.3.2 PRUEBAS DE CELDAS

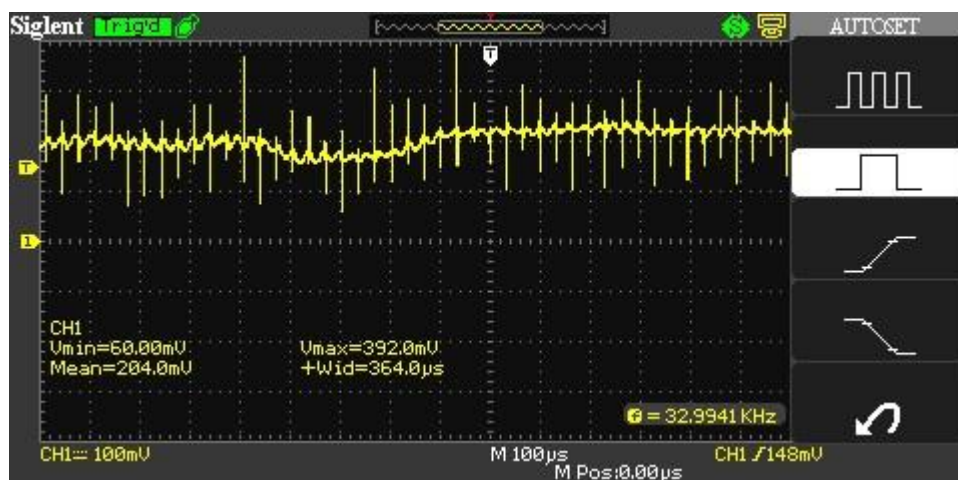
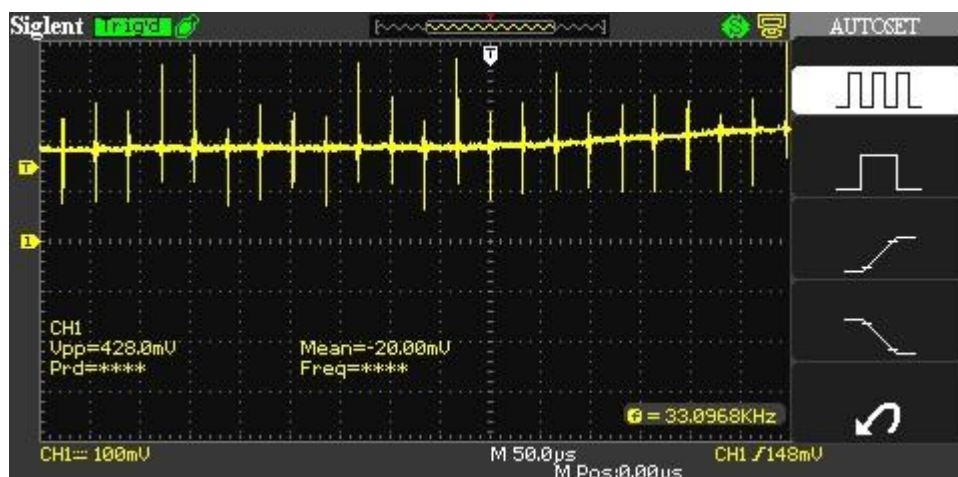
A. Prueba en Sal (laminas no perforadas)



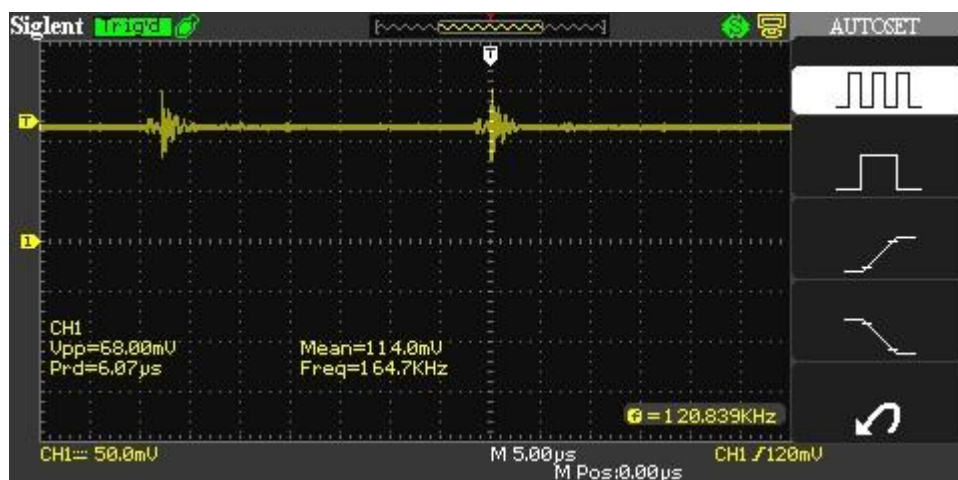
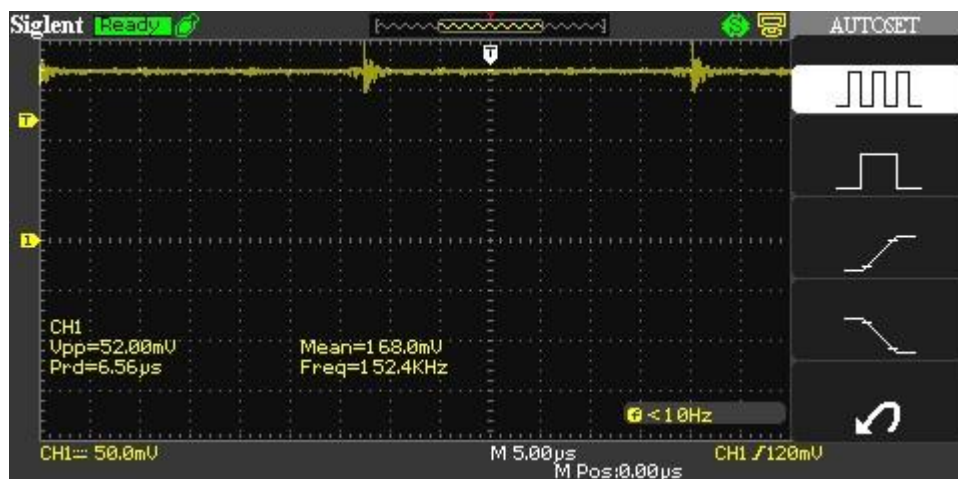
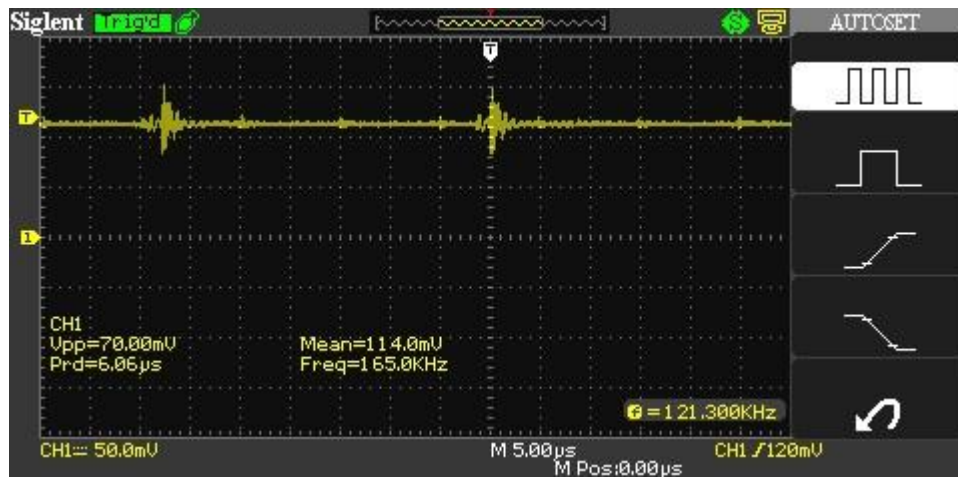


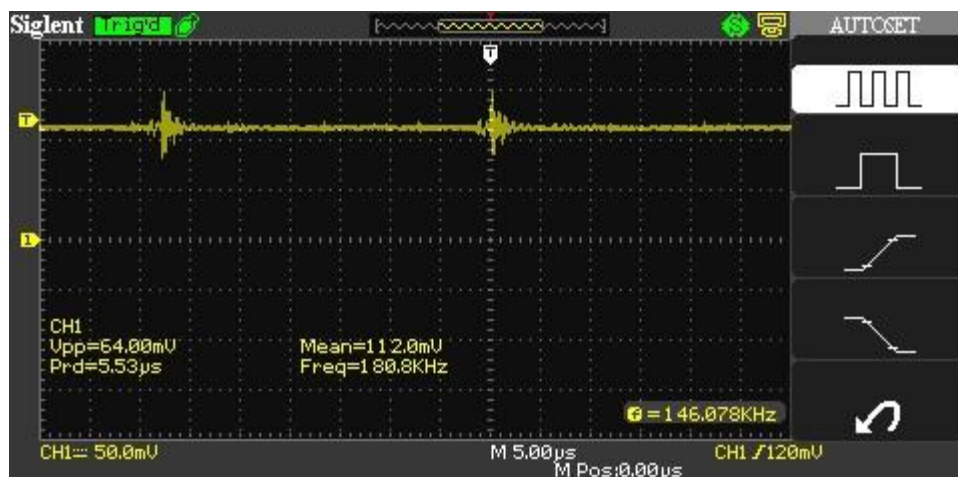
B. Prueba en Sal (laminas perforadas)



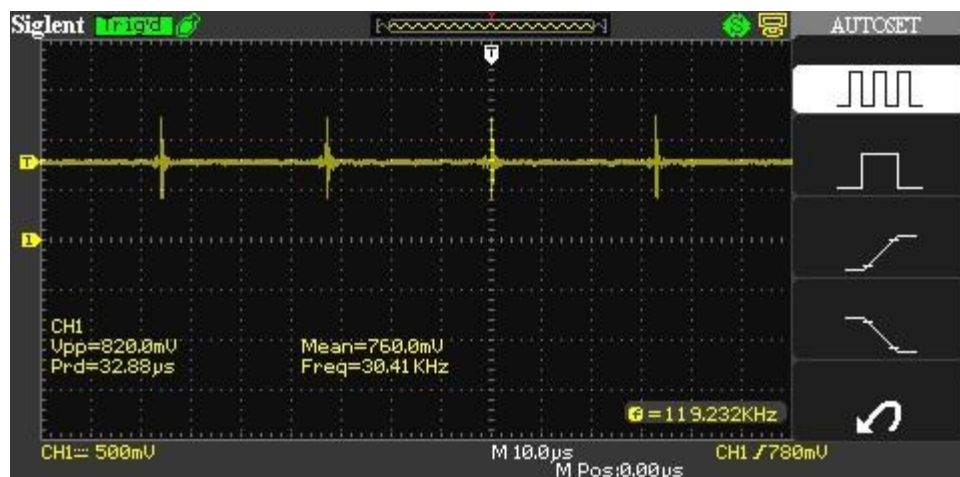
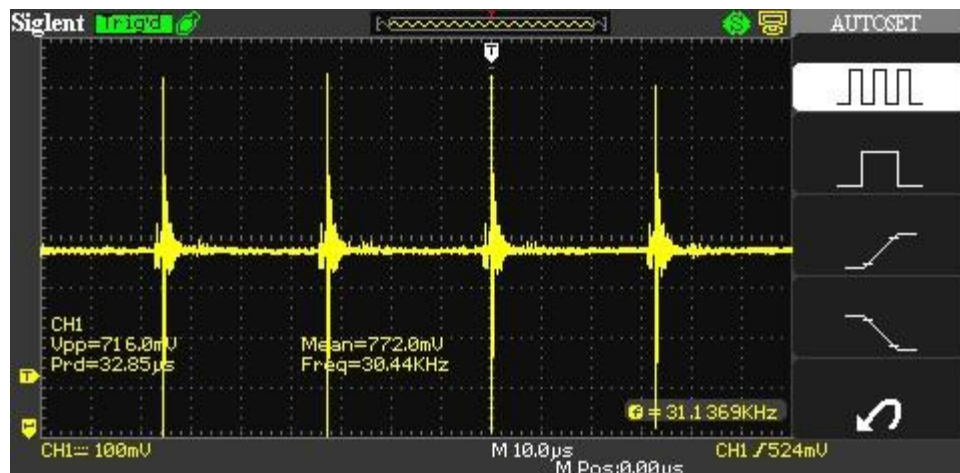


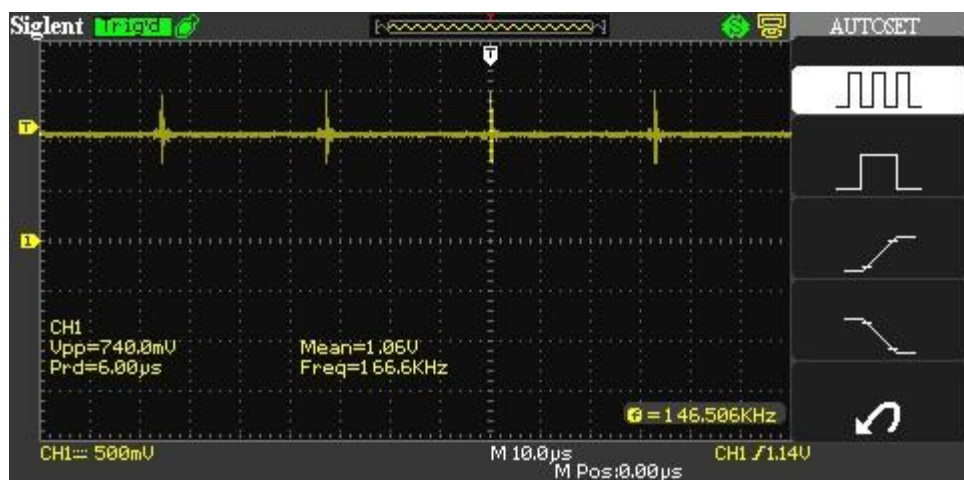
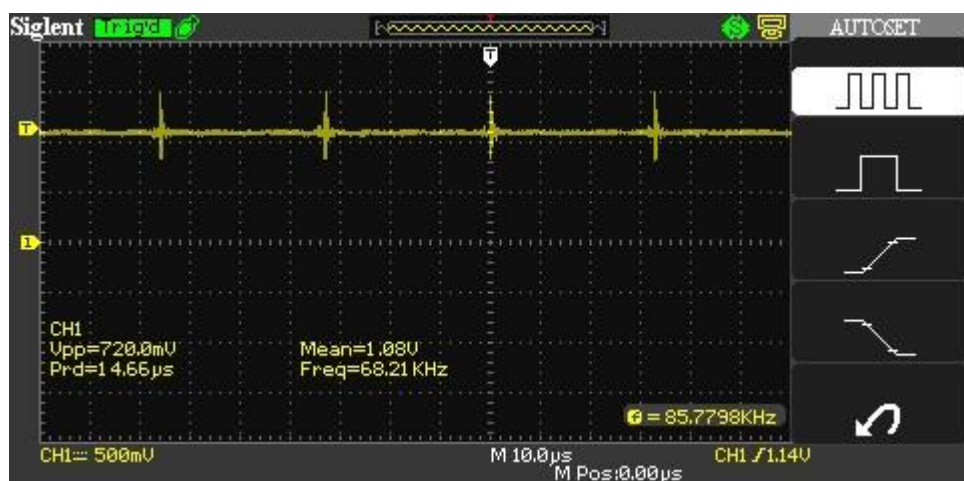
C. Prueba en Sulfato de Cobre (laminas perforadas)





D. Prueba en Sulfato de Zinc (laminas perforadas)





3.3.3 RESULTADOS:

La Tabla 1 presenta los valores empleados en el proyecto que utiliza una solución salina. En ella se especifican los gramos de sal utilizados y los mililitros de agua destilada correspondientes. Cada uno de estos valores fue obtenido con base en los experimentos realizados.

La Tabla 2 presenta los valores utilizados en esta etapa del experimento, en la cual se emplearon sulfato de zinc y sulfato de cobre. El propósito fue comprobar si esta solución incrementaba o disminuía el voltaje y el tiempo en comparación con los resultados obtenidos con la solución salina. Asimismo, se determinó el gramaje de los compuestos y el volumen de agua destilada utilizado.

Cálculo de la masa de NaCl: Para 50 mL de solución=	$M=0.05L \times 58.44g/mol$ $=0.2M$	Cálculo de la concentración de sal (Molaridad): La molaridad se calcula usando la siguiente fórmula: $M = \frac{\text{Gramos de Sal (g)}}{\text{Volumen de Solución (L)} \times \text{Masa Molar de Sal (g/mol)}}$	Volumen de Agua (mL)	Masa de NaCl (g)	Tiempo Estimado de Encendido (minutos)	Voltaje Generado (V)
		Masa molar de NaCl = 58.44 g/mol	50	12 g	5-8 minutos	0.91v-0.80v
		Para 50 mL de solución con 5.8 g de sal:				
		$M = \frac{0.05L \times 58.44g/mol}{5.8g} = 0.2M$	100	24 g	10-12 minutos	0.91v-0.80v
			150	35 g	15-20 minutos	0.91v-0.79v
			200	48 gr	20-25 minutos	0.91v-0.79v

Volumen de Agua (mL)	Gramos de Sulfato de Zinc (g)	Gramos de Sulfato de Cobre (g)	Voltaje Generado (V)	Tiempo Estimado de Encendido del LED (minutos)
50 mL	3.56 g	6.4 g	2.1 V - 1.09V	5-7 minutos
100 mL	7.12 g	12.8 g	2.3 V - 1.09V	10-12 minutos
150 mL	10.68 g	19.2 g	2.5 V - 1.09V	15-20 minutos
200 mL	14.24 g	25.6 g	2.7 V - 1.08V	20-25 minutos
para 50 mL de solución de sulfato de zinc (ZnSO ₄):	para preparar una solución de 50 mL con 3.56 g de sulfato de zinc: $M = \frac{3.56g(0.05L) \times 161.47g/mol}{\approx 0.44M}$	Se Utilizo la ecuación de Nernst para calcular el voltaje en una celda electroquímica que involucra sulfato de zinc y sulfato de cobre. Para concentraciones de 0.1 M, el valor de Q será 1 (ya que las concentraciones de iones en las soluciones son iguales).	$E = E^0 - \frac{nF}{RT} \ln Q$ Ecuacion de NERNST:Dicha ecuación permite calcular el potencial electroquímico de una celda basada en las concentraciones de los iones en las soluciones de los electrodos.	E: Es el potencial electroquímico (en voltios, V). E ⁰ : Es el potencial estándar de electrodo (en voltios, V). R: Es la constante de los gases ideales (8.314 J/mol·K). T: Es la temperatura en kelvin (K), se puede asumir que es 298 K para condiciones estándar. n: Es el número de electrones transferidos en la reacción redox (por ejemplo, en el caso del cobre y zinc es 2 electrones). F: Es la constante de Faraday (96,485 C/mol). Q: Es el cociente de reacción, que depende de las concentraciones de las especies implicadas.
		$E = E^0 - \frac{2 \times 96,485}{(8.314 \times 298)} \ln(1)$		

para 100 mL de solución de sulfato de cobre (CuSO ₄): Para preparar una solución 0.1 M de sulfato de cobre (CuSO ₄) en 100 mL (0.1 L)	Masa de CuSO ₄ =0.1mol/L x0.1Lx159.61g/mol=1.5961g
--	--

3.4 Circuito Amplificador.

A. Fuentes de energía: Celdas Galvánicas de Zinc y Cobre

Una celda galvánica de zinc y cobre genera un voltaje bajo (aproximadamente 1.1V), lo que no es suficiente para alimentar directamente un LED. Por lo tanto, necesitamos un circuito que eleve ese voltaje a un nivel adecuado, por ejemplo, 3.3V o 5V (dependiendo de las necesidades del LED).

B. Esquema del Sistema

El sistema general incluye los siguientes bloques:

- Fuente de energía (Celdas Galvánicas): Fuente de voltaje bajo (1.1V).
- Convertidor Boost: Amplificador de voltaje DC-DC que eleva el voltaje de las celdas.
- Banco de Capacitores: Almacenamiento de la energía para su uso posterior.
- Carga (LED): El LED actuará como carga para consumir la energía almacenada.

C. Diseño de Circuito del Convertidor Boost

El convertidor boost se utiliza para convertir un voltaje bajo (de 1.1V) a un voltaje más alto, adecuado para el LED. El convertidor boost se caracteriza por un interruptor, un inductor, un diodo y un condensador de salida.

Ecuación del Convertidor Boost:

El voltaje de salida V_{out} obtiene en función del ciclo de trabajo D del interruptor (MOSFET), y el voltaje de entrada V_{in} .

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{1 - D}$$

Donde:

V_{in} : es el voltaje de entrada de las celdas galvánicas.

V_{out} : V_{out} es el voltaje de salida (que alimentará el LED).

D : es el ciclo de trabajo, que se controla mediante un PWM

Componentes:

- **Inductor (L):** Se selecciona para almacenar energía en su campo magnético. Se recomienda un valor de 10 μ H para eficiencia.
- **MOSFET (Q):** Un transistor de tipo N-channel como IRLZ44N.
- **Diodo (D):** Diodo Schottky como el 1N5819.
- **Condensador (C_{out}):** Condensador de 470 μ F a 100V para filtrar el voltaje de salida.

Cálculo del Ciclo de Trabajo (D)

Para determinar el ciclo de trabajo necesario para alcanzar el voltaje de salida deseado, se utiliza la siguiente ecuación del convertidor boost:

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}}$$

Ejemplo: si el voltaje de entrada es 1.1V y el voltaje de salida necesario es 3.3V, el ciclo de trabajo.

$$D = 1 - \frac{1.1}{3.3} = 0.6667 \text{ (66.67\% de ciclo de trabajo).}$$

3.4. Cálculo de la Potencia y Eficiencia del Convertidor

La potencia de salida P_{out} se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

Donde I_{out} es la corriente que consume el LED.

La eficiencia del convertidor boost η se calcula como la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times \frac{I_{out}}{I_{in}}$$

Donde I_{in} es la corriente de entrada de las celdas galvánicas.

D. Almacenamiento de Energía en el Banco de Capacitores

La energía almacenada en un capacitor se calcula con la siguiente ecuación $E = \frac{1}{2} CV^2$

Donde:

E: es la energía almacenada en julios (J).

C: es la capacitancia en faradios (F).

V: es el voltaje a través del capacitor en voltios (V).

Ejemplo, para un capacitor de 1000 μF y un voltaje de 3.3V, la energía almacenada será:

$$E = \frac{1}{2} \times 1000 \times 10^{-6} \times (3.3)^2 = 5.445 \times 10^{-3} \text{ J}$$

E. Capacitores Recomendados

Se recomienda usar supercondensadores para este banco de energía, debido a su alta capacidad y rapidez para cargar y descargar. Un valor típico de 1000 μF es adecuado para este tipo de aplicaciones.

F. Control de Carga y Descarga

Para controlar la carga y descarga de los capacitores, se puede usar un circuito basado en un controlador de carga o un microcontrolador para monitorear el voltaje y activar la descarga al LED cuando los capacitores estén suficientemente cargados.

CONCLUSIÓN

El desarrollo del proyecto titulado “Caracterización y optimización de una pila de celda galvánica a partir de materiales accesibles para aplicaciones de bajo costo” permitió explorar de manera práctica y teórica el funcionamiento de sistemas electroquímicos simples, utilizando recursos económicos y de fácil acceso. A través de este trabajo, se logró comprender el comportamiento de una celda galvánica, así como los factores que influyen en su eficiencia y rendimiento.

La caracterización de los materiales utilizados y la optimización de sus combinaciones permitieron identificar oportunidades para mejorar el desempeño de estas pilas en contextos donde el acceso a fuentes convencionales de energía es limitado o se requiere una alternativa de bajo costo. Asimismo, el proyecto representó una experiencia formativa integral, al involucrar procesos de análisis, diseño experimental, recopilación de datos y evaluación de resultados, lo que fortaleció las habilidades técnicas y profesionales adquiridas durante la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Finalmente, este trabajo demostró que es posible generar soluciones funcionales, sostenibles y accesibles mediante el aprovechamiento del conocimiento científico y tecnológico, lo que abre la puerta a futuras investigaciones y aplicaciones en el ámbito educativo, rural o de emergencia energética.

BIBLIOGRAFÍA

1. Riess, J., et al. (2013). Configuraciones alternativas para celdas de combustible de óxido sólido. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
2. Química General - Celdas Galvánicas o Celdas Voltaicas. (s.f.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
3. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2014). Química (12ª ed.). McGraw-Hill.
4. (Doyle, M., Newman, J., & Jow, T. (2016). The development of zinc-carbon storage cells for small-scale industrial applications. Journal of Electrochemical Energy Storage)
5. Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2001). Electrochemical methods: Fundamentals and applications (2nd ed.). John Wiley & Sons.
6. Murray, R. W. (2015). Electrochemical behavior of zinc in galvanic cells. Journal of Electrochemical Society.
7. Hsu, M. H. (2012). Electrochemical reaction monitoring in galvanic cells: Effects of light and temperature on the electrode processes. Journal of Electrochemistry
8. Stoner, M. D., Pantea, M., & Lee, J. S. (2004). Characterization of light emission from red LED sources in electrochemical cells. Journal of Applied Electrochemistry.
9. Torrence, S. H. (2017). Understanding light interaction with electrochemical systems: Role of LED in galvanic experiments. Electrochemical Science Letters,
10. Gómez, J., & Pérez, M. (2021). Fundamentos de las celdas galvánicas y sus aplicaciones en sistemas electroquímicos. Editorial Ciencia y Tecnología.

ANEXO



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica

Tzompantepec, Tlaxcala, **11/junio/2025**
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. De oficio: IEE. /325/2025

Asunto: Carta de no inconveniencia

YESICA IMELDA SAAVEDRA BENÍTEZ
DIRECTORA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
PRESENTE

El que suscribe, Ing. Jaime Alberto Elizalde Olin, Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, tiene a bien hacer de su conocimiento que el **C. LUIS ROBERTO AVENDAÑO RODRIGUEZ**, con numero de control **19371396**, de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, han realizado Proyecto de Residencia Profesional dentro de las instalaciones de este departamento, con el tema **CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA PILA DE CELDA GALVANICA A APARTIR DE MATERIALES ACCESIBLES PARA APLICACIONES DE BAJO COSTO**, en el periodo comprendido del 28 de Febrero al 28 de Julio 2024, asesorado por el Mtro. Mario Eduardo Leal López, por lo cual no tengo inconveniente alguno, para que dicha información sea utilizada para llevar a cabo su proceso de titulación.

Sin otro particular, me despido de usted.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir / Servir para Triunfar®

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

JAEO/isa*
C.p. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashutepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel (241)
4172010 Ext. 145, e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx |
apizaco.tecnm.mx

