

# Estudio comparativo de sistemas de energía basados en baterías de ion litio y flujo de vanadio para aplicaciones de generación distribuida.

*Comparative study of energy systems based on lithium-ion and vanadium flow batteries for distributed generation applications.*

**Danner Figueroa-Guerra**



Universidad Técnica Estatal de Quevedo,  
Facultad de Ciencias de la Ingeniería,  
<https://orcid.org/0000-0003-1040-5485>

**Jorge Murillo**



Universidad Técnica Estatal de Quevedo,  
Faculta de Ciencias de la Ingeniería,  
<https://orcid.org/0000-0001-6812-0795>

**Fernando Ortega-Loza**



Universidad Técnica Estatal de Quevedo,  
Facultad de Ciencias de la Ingeniería,  
<https://orcid.org/0000-0002-1545-4182>

**Cristian Delgado-Vera**



Universidad Técnica Estatal de Quevedo,  
Faculta de Ciencias de la Ingeniería,  
<https://orcid.org/0009-0004-5186-5298>

Figueroa Guerra, D., Murillo, J., Ortega Loza, F., & Delgado Vera, C. (2025). Estudio comparativo de sistemas de energía basados en baterías de ion litio y flujo de vanadio para aplicaciones de generación distribuida. Ingeniería E Innovación, 13(2). <https://doi.org/10.21897/rii.3986>

Copyright: © 2025 Universidad de Cordoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

Recibido: 02/07/2025

Aprobado: 24/07/2025

Publicado: 10/08/2025

## RESUMEN

---

La presente investigación se centra en el análisis comparativo de las baterías de ion litio y de flujo de vanadio, evaluando su aplicabilidad en sistemas de generación distribuida. Se utilizó un enfoque descriptivo y exploratorio, con métodos analíticos y comparativos para examinar las características técnicas, económicas y ambientales de ambas tecnologías. La investigación recopiló datos de fuentes académicas y en el análisis de casos de estudio, lo que permitió obtener una visión sobre el rendimiento y la viabilidad de cada tipo de batería. Las conclusiones dan a conocer que, aunque las baterías de ion litio ofrecen ventajas en términos de densidad energética y eficiencia, las baterías de flujo se presentan como una alternativa viable debido a su larga vida útil, menor impacto ambiental y capacidad superior para tolerar descargas profundas. Este aspecto se debe tomar en cuenta en la generación distribuida, donde la estabilidad y la sostenibilidad son primordiales. Se recomienda que la elección debe basarse en las necesidades específicas del sistema energético, priorizando el rendimiento, la sostenibilidad y la seguridad.

**Palabras clave:** Baterías, Energía, Sostenible, Generación distribuida

## ABSTRACT

---

This research work focuses on the comparative analysis of lithium ion and vanadium flow batteries, evaluating their applicability in distributed generation systems. A descriptive and exploratory approach was used, with analytical and comparative methods to examine the technical, economic and environmental characteristics of both technologies. The research gathered data from academic sources and case study analysis, which provided insight into the performance and viability of each type of battery. The conclusions show that, although lithium-ion batteries offer advantages in terms of energy density and efficiency, flow batteries are presented as a viable alternative due to their long life, lower environmental impact and superior capacity to tolerate deep discharges. This aspect must be taken into account in distributed generation, where stability and sustainability are paramount. It is recommended that the choice should be based on the specific needs of the power system, prioritizing performance, sustainability and safety.

**Keywords:** Batteries, Energy, Sustainable, Distributed generation.

## INTRODUCCIÓN

Como En la búsqueda constante por desarrollar soluciones energéticas más eficientes y sostenibles, el estudio de la integración de sistemas de almacenamiento de energía se ha convertido en un campo de investigación indispensable. Este enfoque adquiere una dimensión particularmente significativa cuando se dirige hacia sistemas de generación distribuida, donde la descentralización y diversificación de las fuentes de energía plantean desafíos específicos

y ofrecen oportunidades innovadoras (Kazimierski, 2020). La historia de la humanidad está marcada por la necesidad de almacenar recursos, desde tiempos antiguos, ya sea para sobrevivir a la escasez o para mejorar la eficiencia en el uso de dichos recursos (Figueres & Rivett-Carnac, 2021).

La energía no ha escapado a esta necesidad histórica, y hoy, en la era de la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles, el almacenamiento energético se presenta como un pilar fundamental para garantizar la estabilidad y confiabilidad de los sistemas de generación distribuida (Medina Maldonado, Rojas Sotelo, Higuera Sánchez, & otros, 2024). En el contexto de esta investigación, se estudiará la integración de sistemas de almacenamiento de energía, centrándose especialmente en las tecnologías emergentes de baterías de flujo de vanadio y baterías de ion litio. Estas tecnologías representan dos enfoques distintos pero complementarios para abordar los retos inherentes a la gestión de energía en sistemas distribuidos a pequeña escala. A medida que el mundo avanza hacia una transición energética más sostenible, es de suma importancia abordar la complejidad de gestionar fuentes intermitentes de generación en un mercado que demanda no solo cantidad, sino también calidad en el suministro eléctrico (Olicón, Israel, & Navarro, 2023). En este contexto, las baterías de flujo redox de vanadio emergen como una tecnología prometedora con características únicas, como la capacidad de carga, larga vida útil y una respuesta flexible a las demandas fluctuantes de energía (González Rivera, 2023). Por otro lado, las baterías de ion litio, ampliamente utilizadas en diversas aplicaciones, ofrecen una alta densidad de energía y una versatilidad que las hace atractivas para sistemas de generación distribuida (Teran Uruchi, 2023). La relevancia de este trabajo radica en su contribución para maximizar el rendimiento de la energía generada a pequeña escala. ¿Cómo se puede asegurar que los sistemas descentralizados tengan energía estable y disponible cuando se necesita? ¿De qué manera la integración de sistemas de almacenamiento puede superar los obstáculos actuales en la generación distribuida? El objetivo de este estudio va más allá de responder estas preguntas fundamentales (Alejandro, 2022).

## 1. METODOLOGÍA

### *1.1. Descripción de la metodología*

A continuación, se describen los procedimientos para realizar un análisis integral y sistemático de los sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías de ion litio y de flujo de vanadio en generación distribuida, siguiendo una metodología estructurada que comprende las siguientes etapas.

### *1.2. Metodología o procedimientos empleado*

#### *1.2.1. Método analítico*

El método analítico en la integración de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica se

centra en descomponer el problema en partes más pequeñas para permitir un análisis detallado de los diferentes aspectos, como la selección de tecnologías adecuadas y el impacto ambiental, lo que facilita la toma de decisiones informadas en este campo.

### ***1.2.2. Método Deductivo.***

La presente investigación tiene una orientación que va de lo general a lo específico, será incorporado como una estrategia dentro de la metodología de investigación para fortalecer la comprensión y el abordaje de la integración de sistemas de almacenamiento de energía en generación distribuida.

### ***1.2.3. Método comparativo***

Dado que se abordan dos tecnologías distintas, las baterías de flujo redox de vanadio y las baterías de ion litio, el método será útil para analizar y contrastar las características, el rendimiento y la sostenibilidad de ambas tecnologías. Para facilitar la toma de decisiones informada.

### ***Fuentes de recopilación de información***

Documentos de diversas fuentes académicas, incluyendo artículos científicos, libros, revistas académicas y tesis, todos ellos relacionados con el tema de investigación. Estos documentos contienen información confiable y detallada que es fundamental para el desarrollo de este trabajo investigativo. La selección de estas fuentes se ha realizado con el objetivo de asegurar la calidad y la relevancia de los datos, permitiendo así un buen análisis. Además, la diversidad de las fuentes garantiza una perspectiva amplia y multidimensional sobre los sistemas de energía enfocados en baterías de ion litio y de flujo de vanadio, facilitando una comprensión de los aspectos técnicos, económicos y ambientales.

## **2. Diseño de la investigación**

En este estudio, se abordó el análisis de los sistemas de energía basado en baterías de ion litio y de flujo de vanadio para sistemas de generación distribuida de la siguiente manera:

### ***Aspectos técnicos***

Se profundiza en el análisis comparativo de las características técnicas más relevantes de las baterías de ion litio y de flujo de vanadio, como densidad de energía, eficiencia, ciclos de vida, etc.

Se evalúa los desafíos y soluciones para la integración de estos sistemas de almacenamiento en redes de distribución existentes, abordando temas como el control y la gestión de la energía.

### ***Aspectos económicos***

Se realiza un análisis de costos detallado a lo largo del ciclo de vida, incluyendo costos de capital, operación y mantenimiento para cada tecnología, así como también la evolución de estas, brindando información para la toma de decisiones.

### ***Aspectos ambientales y de sostenibilidad***

Se analiza los impactos ambientales asociados con la fabricación, uso y disposición final de las baterías de ion litio y de flujo de vanadio y se recomiendan estrategias para el reciclaje y la reutilización de los materiales de las baterías al final de su vida útil.

### ***Análisis de información***

Se aplicaron técnicas de análisis para evaluar el impacto de la integración de baterías de ion litio y de flujo de vanadio en la eficiencia energética de los sistemas de generación distribuida. Se analizaron aspectos como la maximización del uso de fuentes renovables y la mejora en la estabilidad y confiabilidad del suministro eléctrico.

### ***Discusión de resultados***

Se analizaron los resultados obtenidos para determinar la eficacia de las baterías de ion litio y de flujo de vanadio, gestión de la intermitencia de las fuentes renovables y mejora en la eficiencia operativa de los sistemas de generación distribuida. Se evaluaron también las implicaciones de los resultados para el desarrollo de políticas y estrategias en el ámbito de la integración de sistemas de almacenamiento en redes de distribución.

### ***Conclusiones***

Se presentaron las conclusiones del estudio, destacando las implicaciones y aplicaciones de los resultados obtenidos en la selección e implementación de baterías de ion litio y de flujo de vanadio en sistemas de generación distribuida.

## **RESULTADOS**

### ***Factores que influyen en la vida útil de las baterías***

La siguiente sección aborda los factores críticos que tienen un impacto en la duración y rendimiento de las baterías. Los factores que se analizaron incluyen aspectos operativos y de diseño que afectan directamente la vida útil de las baterías.

#### **Temperatura**

Tanto las altas como las bajas temperaturas pueden degradar los componentes de las baterías y acortar su vida útil. La temperatura óptima para las baterías de ion litio es de 20-25°C, mientras que para las de flujo de vanadio es de 25-35°C, como se muestra en la figura 1 (Ramos Palacios, 2022).

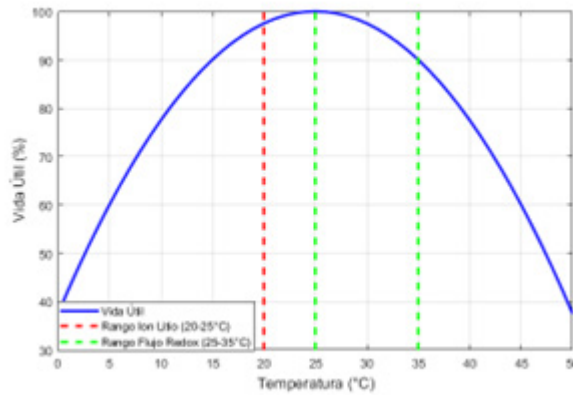


Figura 1. Temperatura en ambas tecnologías.

### Profundidad de descarga

Las descargas profundas y frecuentes aceleran el desgaste de los electrodos y electrolitos, reduciendo los ciclos de vida. Las baterías de flujo redox de vanadio toleran mejores descargas profundas que las de ion litio como se muestra en la figura 2 (Ramos Palacios, 2022).

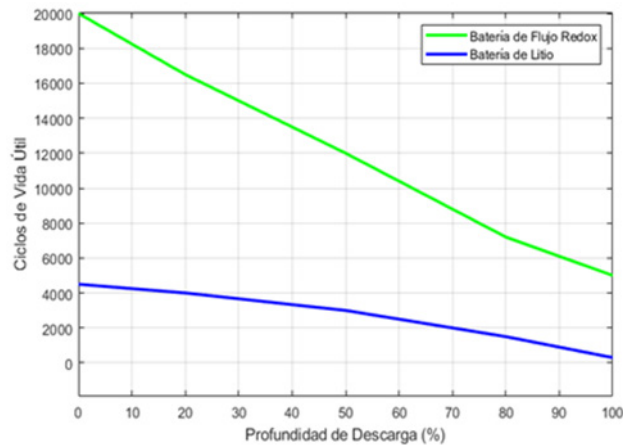


Figura 2. DoD para ambas baterías.

### Ciclos de carga y descarga

Las altas tasas de carga y descarga generan más calor y estrés en los componentes. Las baterías de flujo de vanadio pueden operar con tasas más altas sin degradarse significativamente, en la figura 3 se ilustra como disminuye la vida útil a medida que aumentan los ciclos de carga/descarga en los sistemas de almacenamiento [8].

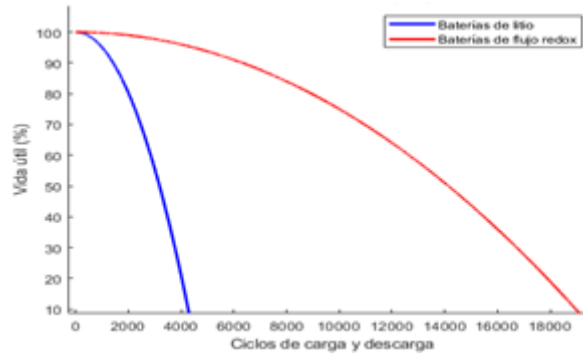


Figura 3. Ciclos de carga/descarga en ambos almacenamientos.

### Calidad

Al igualar la calidad en la figura 4, las baterías de litio ofrecieron una vida útil mayor que las de flujo redox de vanadio a niveles de calidad altos. Sin embargo, las baterías de flujo redox de vanadio tienen una vida útil inicial más alta en niveles de calidad bajos o medios.

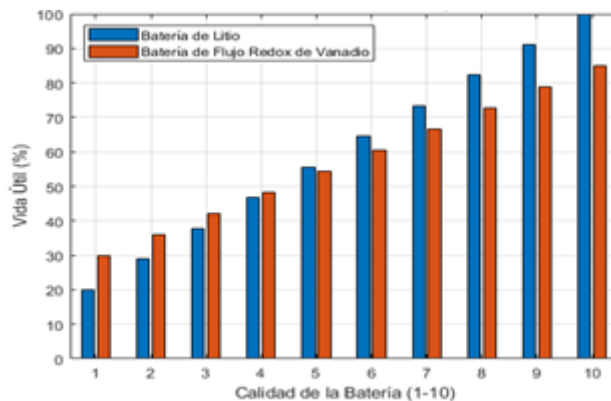


Figura 4. Factor de calidad en la vida útil.

En cuanto al mantenimiento del electrolito, la contaminación del electrolito de vanadio por iones extraños reduce su eficiencia, lo que representa una desventaja en comparación con las baterías de litio que no tienen este problema. Además, la corrosión de los componentes, especialmente en el lado positivo, limita la vida útil de las baterías de flujo redox, mientras que las baterías de litio generalmente tienen una mejor resistencia a la corrosión. En términos de gestión del sistema, ambas tecnologías requieren una operación adecuada, sistemas de gestión, supervisión y control, pero las baterías de flujo redox pueden tener requisitos más complejos debido a la necesidad de mantener la calidad del electrolito (Alejandro, 2022).

### Evaluación de indicadores de sostenibilidad

Las baterías de flujo redox de vanadio poseen un perfil ambiental favorable en comparación con otras tecnologías de almacenamiento de energía como se muestra en la tabla 1. Sus bajas

emisiones de CO<sub>2</sub>, moderado consumo de recursos naturales, alta reciclabilidad, bajo impacto eco toxicológico, baja generación de residuos y eficiente consumo energético de fabricación las convierten en una opción sostenible para su implementación en sistemas distribuidos (Han et al., 2023).

**Tabla 1.** Comparación de factores ambientales en ambas baterías.

<i>Factor ambiental</i>	<i>Ion litio</i>	<i>Flujo redox de vanadio</i>
<i>Emisiones de CO<sub>2</sub></i>	<i>70 kg CO<sub>2</sub>/kWh</i>	<i>0 - 20 kg CO<sub>2</sub>/kWh</i>
<i>Consumo de Recursos Naturales</i>	<i>Alto (Li, Co, Cu)</i>	<i>Moderado (V, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</i>
<i>Impacto Eco toxicológico</i>	<i>Moderado a alto (metales pesados)</i>	<i>Bajo a moderado</i>

### **Aspectos económicos**

En cuanto al costo de inversión como se muestra en la tabla 2, las baterías de flujo redox de vanadio presentó un rango que oscila entre 360 y 819 \$/kWh, mientras que la tecnología de ion de litio se encuentra entre 385 y 489 \$/kWh [10]. Esto indicó que, aunque ambas tecnologías son competitivas, las de ion litio tienden a ser más económicas en su rango medio, lo que podría facilitar su adopción en ciertos proyectos.

Respecto al costo fijo de operación y mantenimiento, las baterías de flujo redox de vanadio tuvieron un costo del 0.80% del costo de inversión, en comparación con el 0.63% a las de ion litio [10]. Este aspecto es debe considerarse, ya que un costo de operación y mantenimiento más alto puede afectar la rentabilidad a largo plazo.

En términos de LCOS (Levelized Cost of Storage) que es el costo promedio de almacenar energía durante la vida útil de un sistema de almacenamiento, expresado en términos de unidad de energía. El Costo Nivelado de Almacenamiento incluye todos los costos asociados, como la inversión inicial, los costos de operación y mantenimiento, y se utilizó para comparar la rentabilidad. Las baterías de flujo redox de vanadio presenta un rango entre 209 y 413 \$ / MWh, mientras que el ion de litio se situó entre 282 y 347 \$ / MWh Navarrete, M. S. S. (2022). Aunque las de flujo redox de vanadio puede ofrecer un costo de almacenamiento más competitivo, las de ion litio son más eficientes en aplicaciones de corto plazo.

**Tabla 2.** Costos de inversión, Costo de O&M y LCOS de ambas tecnologías.

<i>Tipo de Tecnología</i>	<i>Costo de Inversión (USD/kWh)</i>	<i>Costo fijo de Operación y Mantenimiento</i>	<i>LCOS (USD/MWh)</i>
<i>Flujo redox de vanadio</i>	<i>360 - 819 \$</i>	<i>0.80 %</i>	<i>209 - 413 \$</i>
<i>Ion litio</i>	<i>385 - 489 \$</i>	<i>0.63 %</i>	<i>282 - 347 \$</i>

### Aspectos sociales

La tabla 3 presentó una comparación de indicadores sociales. Estos indicadores reflejaron el impacto social de ambas tecnologías, abarcando desde su influencia en las comunidades locales hasta su aceptación social. La comparación ofreció una visión integral de cómo estas tecnologías de almacenamiento de energía interactúan con diversos aspectos sociales Koese et al. (2023).

Las baterías de flujo redox de vanadio tuvieron un perfil social más favorable en términos de impacto comunitario, seguridad y sostenibilidad a largo plazo. Sin embargo, las baterías de ion de litio tuvieron ventajas en accesibilidad y aceptación social. Predicción del avance del mercado de almacenamiento de energía.

### **Beneficios de los SAEB**

*Tabla 3. Comparación de indicadores que intervienen en la sociedad.*

<i>Indicador</i>	<i>Ion litio</i>	<i>Flujo redox de vanadio</i>
<i>Impacto en comunidades locales</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
<i>Creación de empleo local</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
<i>Seguridad ocupacional</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
<i>Riesgos en la cadena de suministro</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
<i>Accesibilidad para comunidades remotas</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>
<i>Impacto en la salud pública</i>	<i>Alta</i>	<i>Medio</i>
<i>Flexibilidad de implementación</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>
<i>Desarrollo de habilidades locales</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>
<i>Aceptación social</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>

Los sistemas de almacenamiento de energía pueden contribuir a la regulación de frecuencia absorbiendo los excedentes de energía cuando la generación supera la demanda, y entregando la energía almacenada cuando la demanda es mayor que la generación (Cornejo Flores, C. B., Cruz Membreño, J. A., & Díaz Hernández, J. M. 2023).

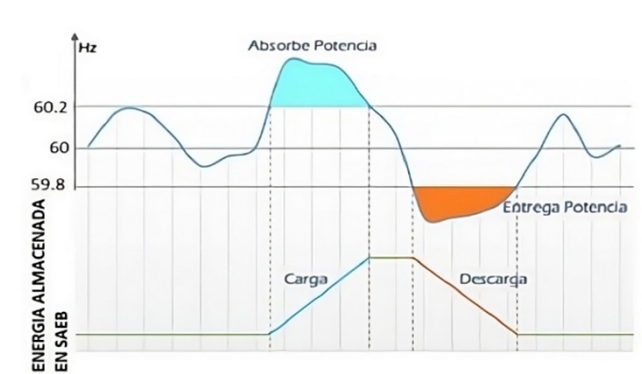


Figura 5. Sistema de almacenamiento para regulación de frecuencia.

Los sistemas de almacenamiento de energía pueden proporcionar una fuente de tensión temporal para corregir caídas o huecos de tensión en la red eléctrica, mejorando así la calidad del suministro. La implementación de sistemas de almacenamiento para estos servicios complementarios puede mejorar significativamente la estabilidad y confiabilidad de la red eléctrica (Cornejo Flores, C. B., Cruz Membreño, J. A., & Díaz Hernández, J. M. 2023).



Figura 6. Sistema de almacenamiento para regulación de voltaje.

### Simulación en Matlab

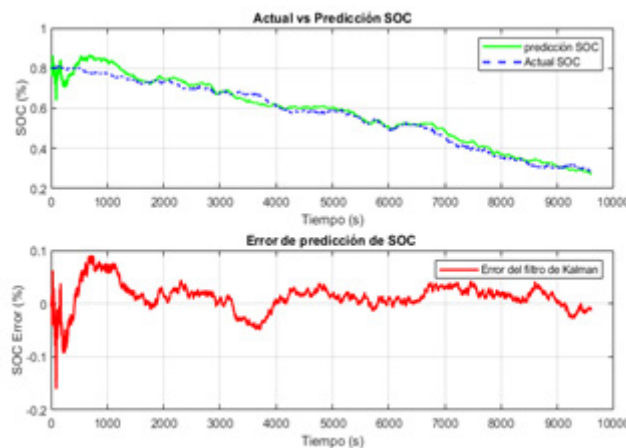
Se desarrolló una simulación a pequeña y gran escala utilizando el filtro de Kalman para predecir el SOC de los dos tipos de baterías. Esta simulación permitió evaluar cómo se comportan estos sistemas bajo condiciones controladas y cómo se pueden estimar sus estados internos a partir de mediciones ruidosas, la simulación se llevó a cabo en varias etapas como se muestran a continuación. Se establecieron valores iniciales para el SOC y otros parámetros, como resistencias internas y capacitancias, específicos para cada tipo de batería. El código se ejecutó 3 veces por cada tipo de almacenamiento debido a que, al ejecutar varias veces el mismo código con los mismos parámetros, el filtro de Kalman ajusta continuamente sus estimaciones basándose en la información más reciente.

**Pequeña escala**

Se demostró que las baterías de ion litio no se pueden cargar y descargar al 100% de su capacidad, lo ideal para estas baterías es mantenerse en un rango del 10% al 80%. Este modelo de filtro de Kalman puede ser muy útil para este tipo de almacenamiento para prolongar su vida útil y administrar su carga.

*Tabla 5. Parámetros para ambas baterías a gran escala.*

Parámetro	Ion Litio	Flujo redox
Capacidad (Ah)	200	200
Corriente de c/d	50	50
$R_{int}$	0.00573 $\Omega$	0.01 $\Omega$
$R_p$	0.01513 $\Omega$	0.02 $\Omega$
$C_p$	47718.9 F	50000 F
Ruido del proceso	0.000001	0.000001
Ruido de la medición	0.0002	0.001
Eficiencia	90%	80%
Tiempo simulado	2.66 horas	2.66 horas



*Figura 7. Resultado de tercera ejecución del código para batería de ion litio.*

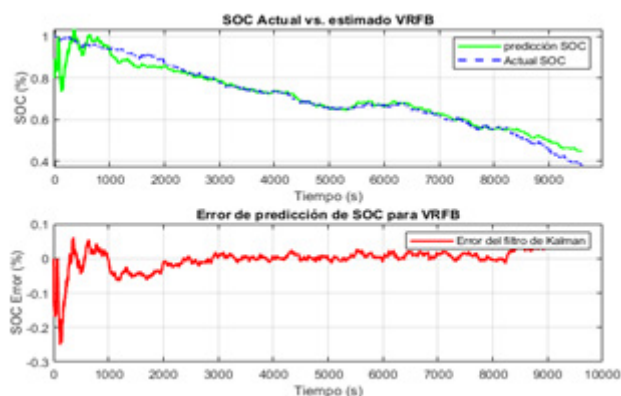


Figura 8. Resultado de tercera ejecución del código para batería de flujo redox.

### Gran escala

Las baterías de flujo redox de vanadio soportan descargas profundas, por lo que se puede utilizar toda su capacidad sin degradarse o afectar su vida útil como se mostró en esta simulación. En sistemas de generación distribuida a gran escala son las ideales ya que su estado de carga se mantiene en aproximadamente 75%, mientras que las de litio en el 45 %. Esto considerando los parámetros de simulación a gran escala y con una corriente de descarga de 100 A

Tabla 5. Parámetros para ambas baterías a gran escala.

Parámetro	Ion Litio	Flujo redox
Capacidad (Ah)	10000	10000
Corriente de c/d	100	100
R <sub>int</sub>	0.00573 $\Omega$	0.01 $\Omega$
R <sub>p</sub>	0.01513 $\Omega$	0.02 $\Omega$
C <sub>p</sub>	47718.9 F	50000 F
Ruido del proceso	0.000001	0.000001
Ruido de la medición	0.0002	0.001
Eficiencia	90%	80%
Tiempo simulado	10 h	10 h

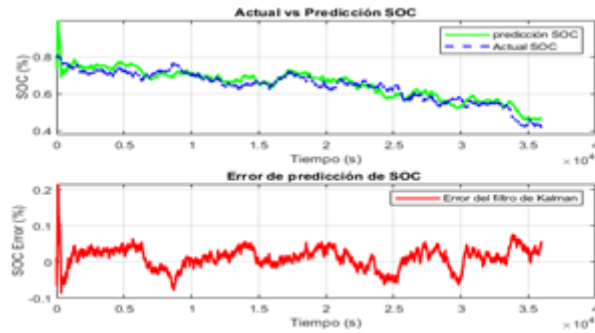


Figura 9. Resultado de tercera ejecución del código para batería de ion litio



Figura 10. Resultado de tercera ejecución del código para batería de flujo redox.

Las gráficas para la batería de litio mostraron un SOC que se estabiliza rápidamente, mientras que el SOC para la batería VRFB presenta fluctuaciones más marcadas, lo que indicó un modelo menos robusto o una mayor complejidad en el comportamiento electroquímico.

## CONCLUSIONES

Se identificó los factores que afectan la vida útil de las baterías de flujo redox vanadio y de iones de litio como la calidad que al igualarse, las baterías de litio ofrecieron una vida útil mayor que las de flujo redox de vanadio a niveles de calidad altos, la profundidad de los ciclos de descarga de las de flujo es del 100%, mientras las de litio tuvieron un rango del 10% al 80% es decir no soportan descargas profundas, En cuanto a la temperatura las de flujo soportan hasta 35°C y las de litio hasta 25°C. Estos factores pueden mejorar el rendimiento de la batería y prolongar su vida útil en la generación distribuida.

El uso de baterías de flujo redox de vanadio y de iones de litio contribuye a la sostenibilidad de los sistemas energéticos. Las baterías de flujo redox de vanadio son menos tóxicas y más respetuosas con el medio ambiente porque pueden reciclarse y mantenerse durante más años.

Las baterías de iones de litio tienen una mayor densidad de energía y son más adecuadas para aplicaciones que requieren una descarga rápida y un almacenamiento de energía limitado.

Las baterías de iones de litio son más rentables en su inversión inicial de hasta 489 USD por cada kWh comparado a la inversión de hasta 819 USD por cada kWh de las de flujo y energéticamente eficientes llegando al 90% mientras las de flujo al 80%. Las baterías de flujo redox de vanadio son la mejor opción para aplicaciones que priorizan la seguridad, el impacto ambiental y la vida útil. La conclusión es que la selección de la tecnología de baterías adecuada debe basarse en las necesidades operativas como capacidad de almacenamiento, eficiencia y costos siendo las de flujo las más rentables a largo plazo y escalables.

En comparación con las baterías de ion litio, que, a pesar de su impacto ambiental moderado, dependen de recursos naturales que pueden ser difíciles de obtener, se observó que las baterías de flujo redox de vanadio producen menores emisiones de hasta 20 kg de CO<sub>2</sub> por cada kWh y poseen una alta reciclabilidad, mientras las de litio emiten hasta 70 kg de CO<sub>2</sub> por cada kWh.

La tecnología recomendada para generación distribuida son las baterías de flujo redox de vanadio, debido a su vida útil de 20000 ciclos frente a los 4500 ciclos de las de litio, su capacidad de almacenamiento de larga duración de horas a meses dependiendo de parámetros como temperatura y profundidad de descarga es mayor a las de litio que duran de minutos a días. Estas baterías soportan hasta 35°C, en comparación con los 25°C de las de litio, son escalables, tienen un bajo impacto ambiental, impacto social medio y costos favorables a largo plazo.

La simulación demostró que las baterías de litio no pueden cargarse y descargarse al 100% de su capacidad, siendo ideal un rango del 10% al 80%. En generación distribuida a gran escala, las baterías de flujo mantienen su estado de carga en alrededor del 75%, mientras que las de litio en el 45% con una corriente de descarga de 100 A. Aunque la tecnología de flujo redox está en desarrollo, tiene potencial para mejorar y competir con las de ion litio y otros sistemas de almacenamiento.

## REFERENCIAS

1. Kazimierski, M. (2020). La transición energética como oportunidad de descentralización y desconcentración. Un acercamiento al potencial de la generación distribuida de energía renovable en Argentina y su aplicación en San Juan .
2. Figueres, C., & Rivett-Carnac, T. (2021). El futuro por decidir: cómo sobrevivir a la crisis climática . Debate.
3. Medina Maldonado, X. K., Rojas Sotelo, A. C., Higuera Sánchez, A. F., & otros. (2024). Análisis de los beneficios y desafíos de la integración de generación distribuida de energías renovables en el sistema de distribución de Bogotá en los aspectos social y ambiental [Tesis de especialización, Especialización en Gerencia de Proyectos - Virtual].
4. Olicón, G., Israel, J., & Navarro, V. (2023). Seguridad del sector eléctrico mexicano en

- el periodo 1990-2016 enmarcada en la seguridad energética [Tesis doctoral, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México].
5. González Rivera, E. (2023). Control predictivo de sistemas híbridos de generación eléctrica con energías renovables y almacenamiento de energía [Tesis doctoral, Universidad de Cádiz]. <http://hdl.handle.net/10498/28806>
  6. Teran Uruchi, N. (2023). Dimensionamiento de una Microrred Aislada utilizando energía solar como fuente de generación para una comunidad ubicada en la Amazonía [Tesis de pregrado].
  7. Alejandro, C. Z. M. (2022). Complementariedad en isla con integración de energías renovables para la capacidad del servicio energético . <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83533>
  8. Ramos Palacios, J. P. (2022). Sistemas de generación y almacenamiento energéticos orientados a la generación distribuida .
  9. Han, X., et al. (2023). Comparative life cycle greenhouse gas emissions assessment of battery energy storage technologies for grid applications. *Journal of Cleaner Production*, 392 , 136251. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136251>
  10. Navarrete, M. S. S. (2022). Análisis técnico, regulatorio y económico de la implementación de almacenamiento en baterías a gran escala en el sistema nacional interconectado [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional].
  11. Koese, M., Blanco, C. F., Vert, V. B., & Vijver, M. G. (2023). A social life cycle assessment of vanadium redox flow and lithium-ion batteries for energy storage. *Journal of Industrial Ecology*, 27 (1), 223–237. <https://doi.org/10.1111/jiec.13347>
  12. Cornejo Flores, C. B., Cruz Membreño, J. A., & Díaz Hernández, J. M. (2023). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de almacenamiento de energía por baterías y apoyado por generación distribuida [Tesis doctoral, Universidad de El Salvador].