

UPS DC-DC DE ALTA EFICIENCIA PARA SUMINISTRO CONFIABLE DE ENERGÍA

HIGH-EFFICIENCY DC-DC UPS FOR RELIABLE ENERGY

Amin Behizad¹

 <https://orcid.org/0009-0001-2323-6839>

Recibido: 18-07-2024

Aceptado: 20-08-2024

Resumen

Este proyecto se centra en el diseño de un sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) DC-DC de alta eficiencia para abordar la inestabilidad eléctrica en Venezuela. El estudio se estructura en tres fases: diagnóstico, análisis de factibilidad y diseño del sistema. El UPS emplea el controlador LT8390, conocido por su alta eficiencia y capacidad para manejar un amplio rango de voltajes. Los resultados indican que el UPS DC-DC diseñado proporciona una fuente de energía confiable y eficiente, con ventajas significativas sobre los sistemas tradicionales, incluyendo una mejor eficiencia energética y un menor impacto a la vida útil de la batería. Las recomendaciones futuras incluyen optimizar la selección de componentes y explorar nuevas tecnologías para mejorar el rendimiento del sistema.

Palabras clave: UPS, convertidores DC-DC, Buck-Boost, eficiencia energética, suministro confiable de energía.

Abstract

This project focuses on the design of a high-efficiency DC-DC Uninterruptible Power Supply (UPS) system to address electrical instability in Venezuela. The study is structured in three phases: diagnosis, feasibility analysis, and system design. The UPS employs the LT8390 controller, known for its high efficiency and ability to handle a wide range of voltages. The results indicate that the designed DC-DC UPS provides a reliable and efficient energy source, with significant advantages over traditional systems, including better energy efficiency and reduced impact on battery life. Future recommendations include optimizing component selection and exploring new technologies to improve system performance.

Keywords: UPS, DC-DC converters, Buck-Boost, energy efficiency, reliable power supply

¹ Universidad Yacambú. Venezuela. Correo: v-25854754@micorreouny.edu.ve

Introducción

Venezuela, a pesar de sus vastas reservas de petróleo, enfrenta importantes desafíos para mantener un suministro eléctrico estable. Los cortes de energía frecuentes se han convertido en una ocurrencia común, afectando hogares, negocios e infraestructuras críticas. Esta inestabilidad resulta en pérdidas económicas, reducción de la calidad de vida e interrupciones operativas. Abordar estos problemas requiere soluciones innovadoras que puedan proporcionar un suministro de energía confiable y eficiente durante las interrupciones.

Los sistemas de Alimentación Ininterrumpida (UPS) son esenciales para asegurar la continuidad del suministro eléctrico durante las interrupciones. Los sistemas UPS tradicionales, aunque efectivos, sufren pérdidas significativas de energía durante el proceso de conversión, lo que reduce su eficiencia general.

El propósito de este estudio es diseñar y desarrollar un sistema UPS DC-DC de alta eficiencia que aborde las necesidades específicas de Venezuela en términos de suministro eléctrico; la inestabilidad eléctrica en Venezuela no solo afecta la vida cotidiana de sus ciudadanos, sino que también tiene un impacto significativo en la economía y la seguridad. Estudios previos han abordado diversas soluciones para mejorar la estabilidad energética, incluyendo sistemas de respaldo y optimización de la infraestructura existente. Sin embargo, la mayoría de estos enfoques no han logrado resolver el problema de manera sostenible y eficiente.

El desarrollo de este UPS DC-DC de alta eficiencia representa una alternativa en la tecnología de respaldo de energía, ofreciendo una solución que no solo es eficiente en términos de consumo energético, sino que también es compatible con una variedad de fuentes de energía renovable. Estos avances no solo mejoran la duración y eficiencia de las baterías, sino que también reducen el impacto ambiental, haciendo de este proyecto una solución viable y sostenible para enfrentar la crisis energética en Venezuela en el ámbito residencial y comercial.

Este estudio, por lo tanto, no solo se centra en la innovación tecnológica, sino también en la aplicación práctica de soluciones que puedan ser implementadas a gran escala para mejorar la calidad de vida y la estabilidad económica del país; uno de los componentes clave en el diseño del sistema UPS DC-DC de alta eficiencia es el convertidor Buck-Boost sincrónico. Este tipo de convertidor es esencial para garantizar una conversión eficiente de energía. Estos son dispositivos que pueden tanto aumentar (boost) como disminuir (buck) el voltaje de salida con respecto al voltaje de entrada, dependiendo de las necesidades de la carga. Esto los hace extremadamente versátiles y adecuados para una amplia gama de aplicaciones en comparación con los convertidores tradicionales, los convertidores sincrónicos utilizan MOSFETs en lugar de diodos, lo que reduce las pérdidas de conmutación y mejora la eficiencia general del sistema.

Ventajas de Los Convertidores Buck-Boost Sincrónicos

Alta Eficiencia: Al utilizar MOSFETs para la rectificación, se minimizan las pérdidas de energía, lo que resulta en una mayor eficiencia de conversión.

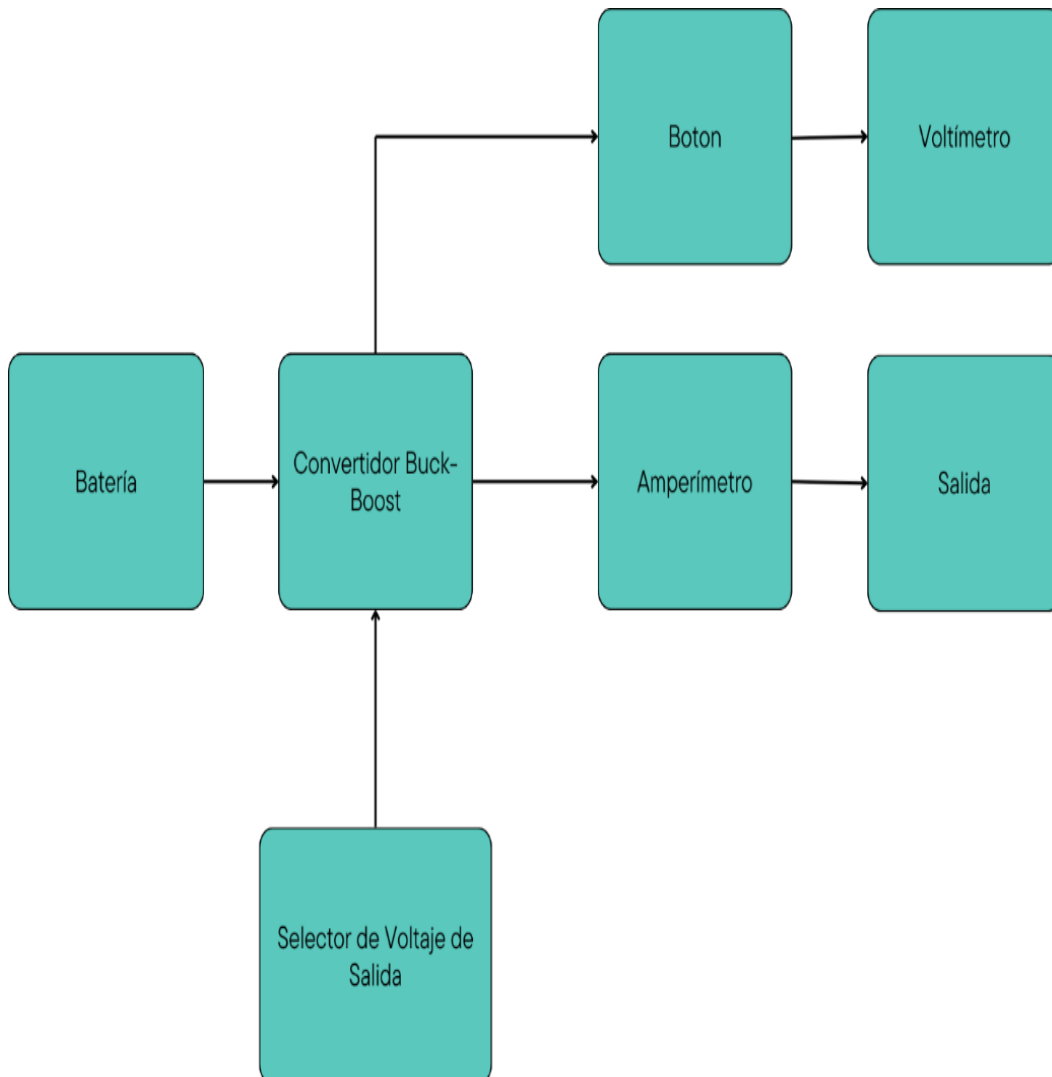
Versatilidad: Pueden operar en un amplio rango de voltajes de entrada y salida, adaptándose a diversas condiciones de operación.

Menor Calor Generado: La reducción en las pérdidas de conmutación implica menos generación de calor, lo que mejora la durabilidad y la fiabilidad del sistema.

Compatibilidad con Varias Fuentes de Energía: Estos convertidores son ideales para usar con baterías de alta densidad energética como las de fosfato de hierro y litio (LiFePO4), que son más eficientes y tienen una vida útil más larga que las baterías de plomo-ácido.

Figura 1

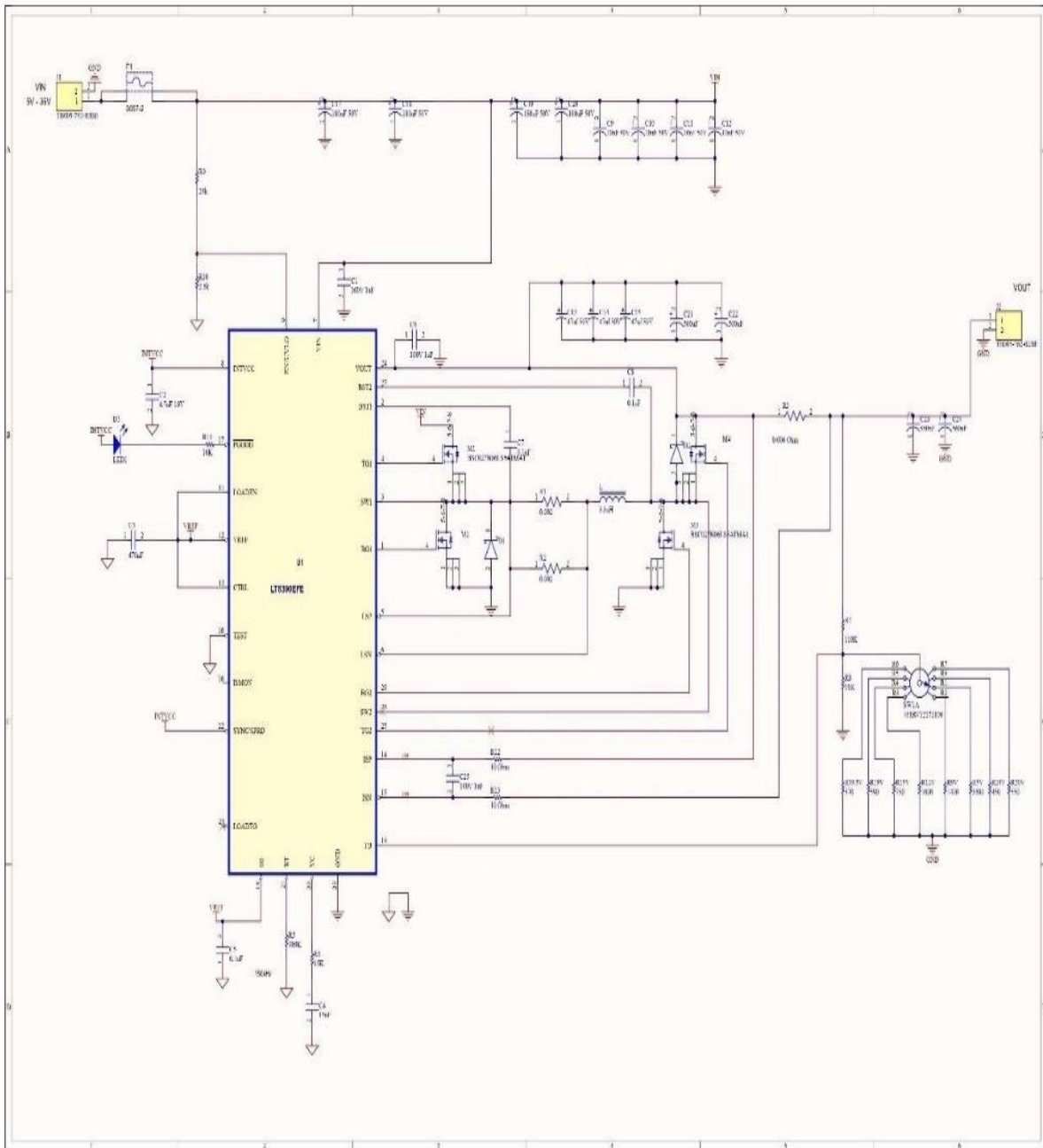
Diagrama de Bloque UPS DC-DC



Nota. Elaboración Propia.

Figura 2

Esquemático del Convertidor DC-DC



Nota. Elaboración Propia.

Tabla 1

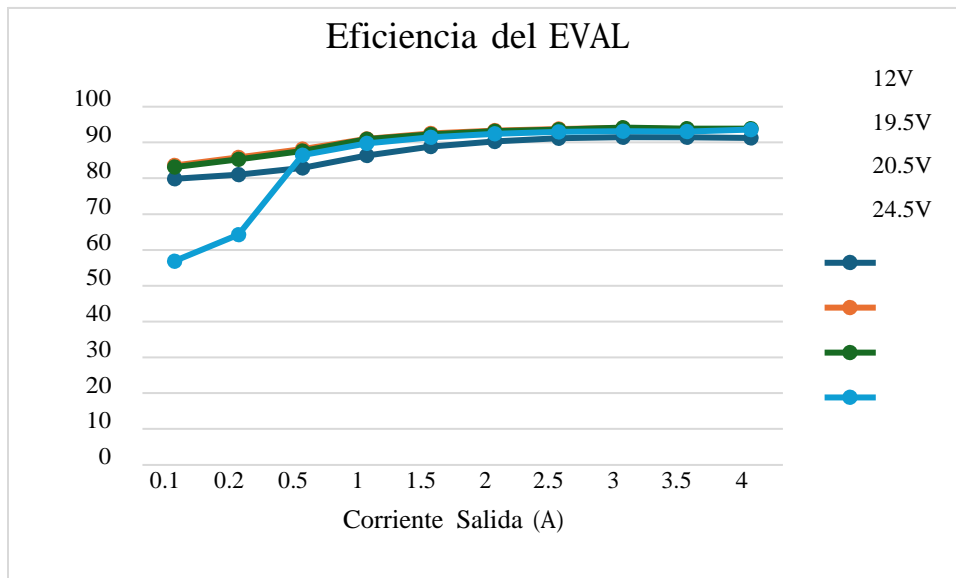
Eficiencia del convertidor DC-DC EVAL-LT8390A-AZ

Vin (V)	IIn (A)	VOut (V)	IOut (A)	Eficiencia (%)
13.08	0.116	12.119	0.1	79.8731941
12.99	0.231	12.159	0.2	81.0413605
12.948	0.565	12.126	0.5	82.8774595
12.702	1.1035	12.101	1	86.3329965
12.564	1.6231	12.081	1.5	88.8629933
12.423	2.1496	12.06	2	90.3219208
12.278	2.69	12.043	2.5	91.1579995
12.125	3.255	12.034	3	91.4741793
11.96	3.8519	12.031	3.5	91.4036603
11.82	4.4559	12.022	4	91.3027383
13.008	0.18	19.569	0.1	83.5767733
12.904	0.3528	19.533	0.2	85.811603
12.69	0.8704	19.481	0.5	88.1862238
12.495	1.7115	19.455	1	90.9741635
12.267	2.57	19.441	1.	92.4992839
12.033	3.4616	19.432	2	93.3032343
11.792	4.394	19.426	2.5	93.7294071
11.499	5.3866	19.422	3	94.0676736
11.285	6.428	19.42	3.5	93.7000534
10.9765	7.48	19.417	4	94.5968429
13.022	0.189	20.458	0.1	83.1234728
12.945	0.37	20.426	0.2	85.2922447
12.778	0.91	20.371	0.5	87.5947499
12.499	1.7908	20.344	1	90.8895584
12.28	2.6909	20.329	1.5	92.2807997
12.04	3.6248	20.322	2	93.1292074
11.744	4.6193	20.316	2.5	93.6237434
11.365	5.695	20.311	3	94.1432946
11.095	6.823	20.308	3.5	93.8928499
10.862	7.969	20.309	4	93.8501359
13.027	0.3325	24.645	0.1	56.8974443
12.917	0.5922	24.574	0.2	64.2503928
12.776	1.115	24.625	0.5	86.4323802
12.486	2.193	24.575	1	89.7494021
12.17	3.3104	24.55	1.5	91.4053685
11.847	4.4838	24.542	2	92.4028415
11.49	5.744	24.534	2.5	92.9338458
11.104	7.117	24.532	3	93.1274673
10.664	8.653	24.53	3.5	93.041939
10.124	10.35	24.52	4	93.6026126

Nota. Elaboración Propia.

Figura 3

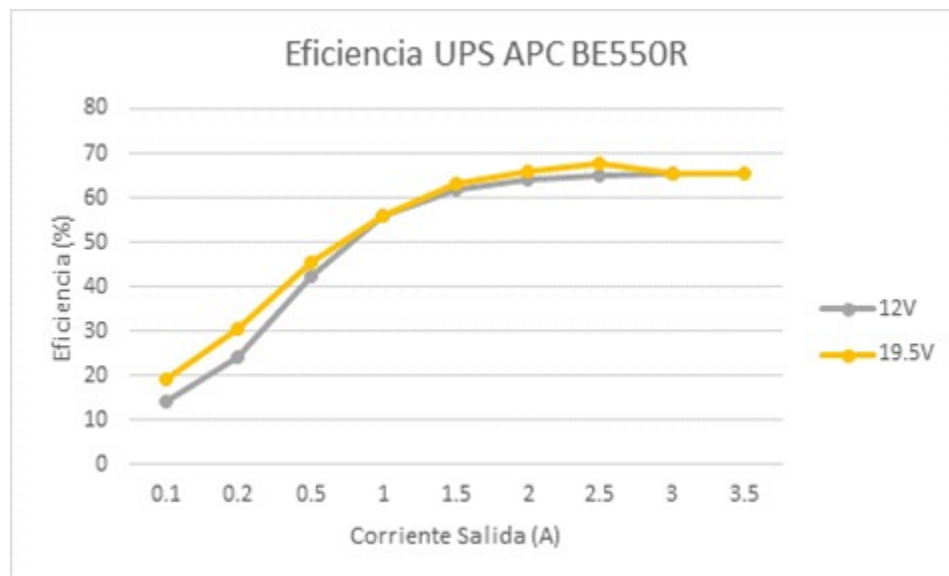
Comparación de Eficiencia de la placa EVAL-LT8390A-AZ a distintos voltajes de salida.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 4

Eficiencia UPS APC BE550R



Nota. Elaboración Propia.

Tabla 2

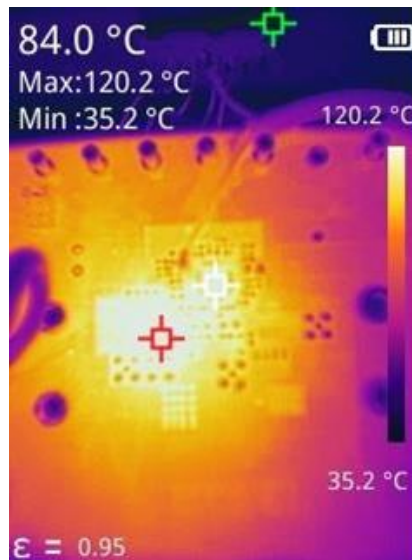
Comparación tiempos de uso de UPS DC-DC y tradicional

Sistema	Batería (Wh)	Cargas (W)	Eficiencia (%)	Tiempo (h)
EVAL	108	27	90.32	3.6128
APC	108	27	55.8	2.232
EVAL	108	15	82.87	5.96664
APC	108	15	42.21	3.03912
EVAL	108	60	94.14	1.69452
APC	108	60	65.34	1.17612
EVAL	360	27	90.32	
APC	360	27	55.8	7.44
EVAL	360	15	82.87	19.8888
APC	360	15	42.21	10.1304
EVAL	360	60	94.14	5.6484
APC	360	60	65.34	3.9204

Nota. Elaboración Propia.

Figura 5

Temperatura de la placa EVAL a 24V 4ª



Nota. Elaboración Propia.

Materiales y Métodos

El diseño del estudio se estructuró en tres fases principales: diagnóstico, análisis de factibilidad y diseño del sistema. Cada fase fue planeada y ejecutada para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos, para el desarrollo y evaluación del sistema UPS DC-DC, se emplearon los siguientes instrumentos y herramientas:

Altium Designer: Utilizado para el diseño del circuito del sistema UPS DC-DC.

LTSPICE: Herramienta de simulación utilizada para modelar y analizar el comportamiento del circuito bajo diversas condiciones de operación.

LTpowerCAD II: Empleado para la selección y dimensionamiento de los componentes pasivos del circuito, tales como resistencias, capacitores e inductores.

Placa de Evaluación EVAL-LT8390A-AZ: Utilizada para realizar pruebas prácticas del controlador LT8390 en un entorno real.

Multímetros: Para medir los valores de voltaje y corriente del circuito. **Osciloscopio:** Fue de gran uso para visualizar las ondas del circuito.

Los datos recolectados durante las pruebas y simulaciones fueron analizados utilizando métodos estadísticos y comparativos para evaluar la eficiencia, estabilidad y confiabilidad del sistema diseñado. Las métricas de rendimiento principales incluyeron:

Eficiencia Energética: Relación entre la energía útil de salida y la energía consumida de entrada.

Estabilidad del Voltaje de Salida: Capacidad del sistema para mantener un voltaje de salida constante bajo diferentes cargas y condiciones de entrada.

Durabilidad de la Batería: Evaluación del impacto del sistema en la vida útil de las baterías utilizadas.

Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para evaluar la eficiencia energética, la estabilidad del voltaje de salida y el impacto en la durabilidad de la batería. Los resultados obtenidos se compararon con los sistemas UPS tradicionales para destacar las ventajas del nuevo diseño. Los resultados indicaron que el sistema UPS DC-DC diseñado proporcionó una fuente de energía confiable y eficiente, con ventajas significativas sobre los sistemas tradicionales, incluyendo una mejor eficiencia energética y un menor impacto en la vida útil de la batería, las pruebas

demonstraron que el sistema puede mantener un voltaje de salida estable incluso bajo condiciones de carga variable y fluctuaciones en el voltaje de entrada.

Resultados

Análisis de Eficiencia Energética

Uno de los principales objetivos del estudio fue evaluar la eficiencia energética del sistema UPS DC-DC diseñado, se realizaron pruebas comparativas entre el sistema propuesto y un sistema UPS tradicional, utilizando un protocolo estándar de medición de eficiencia. Los resultados mostraron una eficiencia energética del 94% para el sistema UPS DC-DC, en comparación con el 68% del sistema tradicional. El gráfico 1 muestra que el sistema UPS DC-DC tiene una eficiencia significativamente mayor, lo que implica menores pérdidas de energía durante el proceso de conversión, esto se debe en gran parte al uso de convertidores Buck-Boost sincrónicos, que minimizan las pérdidas de conmutación y mejoran la eficiencia general.

Otro aspecto crítico evaluado fue el tiempo de uso de la batería, los resultados indicaron que el sistema UPS DC-DC redujo el número de ciclos de carga y descarga de la batería, lo que prolonga su vida útil y también mantiene los dispositivos en funcionamiento por mayor tiempo en cortes eléctricos prolongados. La tabla 2 muestra que la tecnología de conversión eficiente mejora el rendimiento energético.

Discusión

Los resultados obtenidos en este proyecto confirman la viabilidad y eficiencia del sistema UPS DC-DC de alta eficiencia, tal como lo sugieren investigaciones previas sobre convertidores Buck-Boost sincrónicos. Por ejemplo, el estudio realizado por Keokot y Urbano (2021) sobre convertidores Buck-Boost utilizando transistores de alta movilidad electrónica de nitruro de galio demostró una mejora significativa en la eficiencia de conversión de energía, similar a los hallazgos de este trabajo. Asimismo, Pacheco (2010) abordó el desarrollo de fuentes de energía auxiliares, destacando la importancia de la eficiencia energética y la confiabilidad, principios que también sustentan nuestro diseño de UPS DC-DC.

En comparación con los sistemas tradicionales, los resultados de este estudio destacan una eficiencia energética superior del sistema UPS DC-DC, con un 94% frente al 68% de los sistemas convencionales. Este hallazgo es consistente con la literatura existente que señala las ventajas de los convertidores sincrónicos en términos de menores pérdidas de energía y mayor eficiencia operativa; la implementación de un controlador avanzado como el LT8390 en el diseño del convertidor Buck-Boost

sincrónico es un elemento clave que contribuye a la alta eficiencia y estabilidad del sistema, la capacidad del LT8390 para manejar un amplio rango de voltajes de entrada salida, junto con sus características de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, garantiza un rendimiento óptimo y seguro del sistema. Este integrado no solo mejora la eficiencia energética, sino que también simplifica el diseño del sistema al integrar múltiples funciones en uno solo.

El análisis de costos revela que, aunque el costo inicial del sistema UPS DC-DC es alto, los menores costos operativos a largo plazo lo convierten en una opción más económica y sostenible. Este resultado refuerza la viabilidad económica del sistema y su potencial para ser adoptado a gran escala, especialmente en regiones con problemas de inestabilidad eléctrica. Cabe destacar que el circuito puede ser optimizado para que su costo de adquisición sea aún menor.

Conclusiones

En conclusión, los hallazgos de este proyecto validan que un sistema UPS DC-DC de alta eficiencia es una solución viable y efectiva para mejorar la estabilidad energética en Venezuela para hogares y comercios. La superior eficiencia energética, la estabilidad del voltaje de salida, la mayor durabilidad de la batería y los menores costos operativos son beneficios significativos que superan a los sistemas tradicionales.

Estos resultados sugieren que la adopción de tecnologías avanzadas de conversión de energía, como los convertidores Buck-Boost sincrónicos, puede tener un impacto positivo significativo en la estabilidad y sostenibilidad del suministro eléctrico en hogares y comercios con cortes eléctricos frecuentes. La combinación de alta eficiencia, durabilidad y sostenibilidad hace del sistema UPS DC-DC una propuesta sólida para mejorar la resiliencia energética y la calidad de vida en Venezuela y regiones con problemas eléctricos similares.

Referencias

Keokot, B. & Urbano, J. (2021). *DC-DC Buck Boost Converter using the LT8390 Controller and GaN High Electron Mobility Transistors*. [Tesis de Maestría, California Polytechnic State University, San Luis Obispo]. <https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1591&context=eesp>