

# Prototipo de cargador portátil con fuentes de energía alternativa para baterías recargables de radios militares: diseño, desarrollo y evaluación

**Cristian David Meza Granobles<sup>1,2</sup>, Mario Linares Vásquez<sup>2</sup>, Yezid Enrique Donoso Meisel<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Ejército Nacional de Colombia. Colombia**  
**<sup>2</sup>Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia**

## Resumen

El Ejército Nacional de Colombia ha enfrentado múltiples desafíos en el suministro de energía para sus radios de comunicación militar, los cuales actualmente dependen de baterías desechables. La producción anual de estas baterías genera altos costos, una compleja gestión contractual y una significativa cantidad de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos- RAEE.

Para abordar esta problemática, desde el año 2016 se ha impulsado dentro de la institución, la transición a baterías recargables, diseñando de manera autónoma tres referencias que permiten la alimentación del 98% de los equipos de comunicaciones que tiene el Ejército Colombiano. Sin embargo, la falta de un sistema de carga eficiente y que pueda ser empleado en las áreas geográficas más apartadas del país ha limitado su implementación, ya que las opciones existentes en el mercado solo integran energías convencionales o sus costos son muy elevados para poder asumir su financiación e implementación. Teniendo en cuenta el contexto anterior, este estudio describe los avances en el diseño, desarrollo y evaluación de un prototipo de carga portátil basado en dos energías alternativas (solar y eólica), capaz de operar en entornos remotos y garantizar la autonomía energética de las tropas, integrando en un solo dispositivo de fácil uso la carga de tres tipos de baterías recargables y dispositivos móviles que usan las unidades militares colombianas en el desarrollo de las operaciones militares.

El proceso de concepción del sistema de carga emplea una metodología mixta y usa un enfoque exploratorio. Además, se utiliza la metodología *Design Thinking* para el diseño y desarrollo del prototipo. Asimismo, se detalla el planeamiento de experimentos, los avances en el desarrollo y el estado actual del artefacto.

**Palabras clave:** sistema de carga; radios de comunicación; energías alternativas

## **Abstract**

*The Colombian National Army has faced multiple challenges in supplying power to its military communication radios, which currently rely on disposable batteries. The annual production of these batteries generates high costs, complex contractual management, and a significant amount of waste electrical and electronic equipment (WEEE).*

*To address this problem, the institution has promoted the transition to rechargeable batteries since 2016, autonomously designing three models that power 98% of the Colombian Army's communications equipment. However, the lack of an efficient charging system that can be used in the most remote areas of the country has limited its implementation, as the existing options on the market only integrate conventional energy sources or are too expensive to finance and implement. Considering the above context, this study describes the progress made in the design, development, and evaluation of a portable charging prototype based on two alternative energies (solar and wind), capable of operating in remote environments and ensuring the energy autonomy of troops. It integrates into a single, easy-to-use device the charging of three types of rechargeable batteries and mobile devices used by Colombian military units during military operations.*

*The charging system's design process employs a mixed methodology and employs an exploratory approach. Furthermore, the Design Thinking methodology is used for the design and development of the prototype. It also details the planning of experiments, development progress, and the status of the device.*

**Keywords:** *charging system; communication radios; alternative energy*

## **1. Introducción**

Las comunicaciones desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de cualquier operación militar. Ninguna maniobra o táctica militar puede ejecutarse sin asegurar la funcionalidad de los medios de comunicación (Ejército Nacional de Colombia , 2021). Estos medios permiten coordinar actividades detalladas, como la evacuación de heridos, la orientación de aeronaves, la generación de informes diarios sobre el progreso de las operaciones, extracción de civiles y las acciones de búsqueda y rescate (Ejército Nacional de Colombia , 2021). Todas estas actividades requieren un equipo de comunicación en óptimas condiciones y con los accesorios o componentes necesarios para su correcto funcionamiento. Uno de estos componentes críticos es la **batería**, que proporciona la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento diario por parte del operador de radio.

Dada la importancia de la batería para el mando y control de las tropas en operaciones militares, el comando del Ejército Nacional de Colombia tomó la decisión en el año 2008 de activar el Batallón de Mantenimiento de Comunicaciones. El objetivo de esta iniciativa fue evitar depender de empresas fabricantes externas y garantizar de manera autónoma el ensamblaje y disponibilidad de baterías para los equipos propios de la fuerza (Entrevistado 1, 2023).

Han transcurrido 15 años desde la activación del proceso de ensamblaje de baterías, el cual ha generado notables beneficios hasta la fecha. En términos de ahorro en costos de producción, se ha logrado una disminución de más de 155 mil millones de pesos colombianos en comparación con la adquisición de estos mismos elementos en el mercado. Se ha obtenido autonomía en la producción de estos dispositivos en relación con las empresas fabricantes y ha permitido la reintegración de numerosos soldados que han sido afectados física y psicológicamente por el conflicto armado, brindándoles la oportunidad de contribuir de manera significativa a la institución mediante su reubicación en otras áreas que aportan a la misión constitucional (Entrevistado 2, 2023).

Todos estos logros representan importantes beneficios para la institución en áreas financieras, organizativas y estratégicas. Sin embargo, dentro del alcance de esta investigación y tras aplicar diversas herramientas de recolección de información mediante fuentes primarias, se han identificado múltiples problemáticas que aumentan la complejidad de gestionar este proceso y que requieren ajustes y cambios para su mejora la cuales se mencionan a continuación.

## 2. Justificación del problema

**Lentitud en la transición de baterías desechables a recargables:** Considerando las diversas tendencias y cambios en el mercado relacionados con la alimentación energética de radios de comunicaciones, el Ejército Nacional ha estado evaluando distintas alternativas desde el año 2016 con el fin de facilitar la transición del uso de baterías desechables a baterías recargables, con el fin de mitigar el impacto ambiental y reducir los costos operativos.

Por esta razón, la institución ha emprendido procesos de innovación tecnológica que han resultado en la creación de tres prototipos de baterías recargables con un nivel de madurez tecnológica TRL-8. Estos avances permiten prever que la Institución estará en condiciones de suministrar baterías recargables con una vida útil de aproximadamente entre 500 a 700 ciclos de carga, cada uno de ellos con una duración de 12 a 15 días.

No obstante, la transición de baterías desechables a recargables se ha limitado principalmente por la falta de un **sistema de carga** que permita la recarga de las baterías en cualquier ubicación geográfica del país. En este contexto, la problemática que se abordará a través de esta investigación es diseñar un sistema de carga que utilice energías alternativas y facilite la transición del uso de baterías desechables a recargables dentro de la institución castrense.

## 3. Propuesta de investigación

### Objetivo general

Diseñar, desarrollar y evaluar un cargador basado en energías alternativas para baterías recargables utilizadas en los radios de comunicaciones militares del Ejército Nacional de Colombia, garantizando eficiencia y autonomía en entornos operacionales.

## Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos técnicos y operacionales de los radios de comunicaciones militares y sus baterías.
- Identificar y seleccionar las fuentes de energía alternativa más viables para el cargador, considerando el entorno táctico y la movilidad de las tropas.
- Diseñar un prototipo de cargador eficiente y compatible con las baterías recargables utilizadas en los radios militares.
- Determinar las investigaciones futuras para el avance del proyecto de acuerdo con los resultados iniciales.

## 4. Metodología

El proceso de concepción del sistema de carga emplea una metodología mixta y usa un enfoque exploratorio. Para su desarrollo se tuvieron en cuenta las etapas descritas en la metodología Design Thinking, la cual tiene un enfoque centrado en el usuario que se utiliza para resolver problemas a través de la creatividad, la empatía y la experimentación. El proceso de Design Thinking se desarrolla en cinco etapas principales: Empatizar, Definir, Idear, Prototipar, y Evaluar. Este enfoque permitió ajustar y mejorar el diseño antes de su implementación definitiva, asegurando que la solución desarrollada sea funcional, deseable y factible desde una perspectiva técnica y operativa.

## 5. Resultados

En esta sección se describen las diferentes actividades y resultados derivados de la aplicación de las cinco etapas de la metodología Design Thinking en la construcción del prototipo del sistema de carga con energías alternativas. Se expone cómo se desarrolló una interacción constante con el usuario final y los actores involucrados en el proceso, así como el diseño, desarrollo y evaluación del prototipo en sus distintas fases. Se destaca, además, la implementación de herramientas de innovación como talleres de co-creación, bahías de innovación y pruebas de prototipos de baja, media y alta fidelidad. Los resultados se organizan y presentan conforme a las cinco etapas mencionadas previamente en la sección de metodología.

### 1. Empatizar

Esta etapa permite contextualizar la situación y la problemática existente. Además, define a los Stakeholders participantes, establece la oportunidad de la eco innovación y lleva a cabo la vigilancia tecnológica, que ayudan a delimitar la frontera del conocimiento actual.

**1.1 Identificación de la problemática, necesidad y oportunidad:** Durante esta etapa, y en el caso específico del proyecto del Sistema de Carga Alternativo SIALT, se llevaron a cabo diversas actividades con el objetivo de contextualizar la situación, la problemática que enfrenta la institución y los actores involucrados. En este sentido, se realizaron 20 entrevistas etnográficas que permitieron un análisis detallado de las situaciones que de otra manera no se habrían observado

en un contexto formal (Spradley, 1979). En resumen, los hallazgos más significativos revelaron que los tomadores de decisiones están preocupados porque hay una transición lenta en el uso de baterías recargables con las que cuenta la fuerza, y que han sido construidas mediante procesos de innovación tecnológica en un nivel de madurez TRL-8, y que hasta el momento no se han podido usar debido a la falta de un sistema de carga que garantice su funcionamiento en cualquier zona del país.

**1.2 Vigilancia tecnológica:** En esta etapa se aplicó una búsqueda en la plataforma Lens mediante código CPC: Y02 E10/00 "Energy Generation Through renewable Energy Sources", sobre sistemas de carga y palabras claves para mirar el grado de saturación y la brecha de investigación que permita aportar al conocimiento.

Los resultados describen 34 patentes activas y ninguna de ellas sirve para el uso de baterías TR-2018-CO o APX-5000 que son las baterías que tendría posibilidad de la carga por medio del sistema. Dadas estas condiciones se tiene una oportunidad de investigación y patente para posterior explotación comercial. Además de que se podría aportar significativamente a la protección de la institución con la transición energética y también al conocimiento estableciendo posibles patentes del sistema propuesto.

## 2. Definir

En esta etapa se busca definir cuáles son los criterios de aceptación de usuario e identificar los materiales y modos de uso, esto permitirá mantener cohesión, entre lo que requiere el usuario y la solución que se plantea, además de la integración de materiales que permitan su reúso o integración a otros ciclos de vida de producto, buscando una alternativa más sostenible medio ambientalmente.

**2.1 Criterios de aceptación de usuario:** Se realizaron entrevistas a personal especializado y usuarios finales con el objeto de definir los criterios de aceptación de usuario respecto al sistema de carga con energías alternativas. Por otro lado, se aplicaron dos sesiones de espacios de participación con uso de lienzos y tarjetas (Figura 1), con personal de soldados radioperadores como usuarios finales y alumnos del programa de ingeniería y tecnología en electrónica de comunicaciones de la Escuela de Comunicaciones Militares. En total participaron 61 militares en las sesiones, aportando desde la perspectiva de expertos y usuarios finales en la construcción de los criterios de aceptación, estos resultados son descritos en la Tabla 1.

Figura 1 Espacios de participación y aplicación de lienzo para definición



Nota: Se tuvo la participación de oficiales, suboficiales y soldados para realizar el espacio de co-creación, en total asistieron 61 personas. Fuente: Elaboración propia a partir de investigación.

Tabla 1 Criterios de aceptación del usuario

Criterio	Condición
Peso	Máximo 1 Kg
Tamaño	Todo el sistema de carga con sus diferentes componentes debe caber en la mochila o equipo de campaña que tienen los soldados. <b>Tamaño Regulador:</b> 20 cms largo x 12 cms ancho x 7 cms alto. <b>Tamaño Turbina o Aerogenerador:</b> 30 cms alto x 8 cms ancho. <b>Tamaño paneles solares:</b> Desplegado: 1 mts largo x 30 cms ancho. Plegado: 15 cms x 15 cms.
Color	Verde Militar/Negro
Tiempo de carga	El objeto es que cargue en un 100% la batería TR-2018-C0, APX 5000 o el dispositivo Celular o Tablet en un tiempo máximo de 7 horas.
Resistencia	Muy resistente a golpes y situaciones del ambiente.
Material	El regulador o convertor debe ser un plástico resistente y que permita su reciclaje en porcentajes mayores al 90%, las opciones pueden ser un acrilonitrilo butadieno estireno -ABS, para los otros elementos se debe tener en consideración la resistencia a condiciones de ambiente, como humedad, lluvia, temperatura etc.
Modo de uso	Plug and play: Debe ser construido por partes o módulos que facilite el mantenimiento y cambio de piezas de manera rápida en el área de operaciones, además de facilitar su adecuado cuidado.

Nota: Evidencia los criterios de aceptación de usuario establecidos mediante las dinámicas de participación. Fuente: Elaboración propia a partir de investigación.

**2.2 Identificar materiales y modos de uso:** Para lograr determinar los materiales y modos de uso, se debe realizó un mapeo de los radios y dispositivos electrónicos principales que serán cargados por este sistema y determinar sus necesidades de energía. En una segunda etapa, es necesario establecer los requisitos de energía de las baterías que alimentan estos radios, teniendo en cuenta que ya existen prototipos con un nivel de madurez TRL 8.

A continuación, en la Tabla 2 se describe el cálculo del consumo de potencia de cada uno de los

equipos electrónicos de uso operativo, incluyendo equipos de las gamas VHF y HF, así como dos tipos de dispositivos electrónicos adicionales que podrán ser cargados como valor agregado para el usuario final.

Tabla 2 Matriz de comparación necesidades de energía para dispositivos

Tipo de Equipo	Referencia de Equipo	Voltaje	Amperaje	Horas promedio de uso x mes
Radio VHF	PRC-624	16V	4,7 A	16 Hrs
Radio VHF	PRC-730	16V	1,7 A	15 Hrs
Radio VHF	PRC-930	16V	1,7 A	17 Hrs
Radio VHF	PRC-710	16V	4,7 A	18 Hrs
Radio VHF	PRC-930HDR	16V	3 A	20 Hrs
Radio HF	PRC-6020	16V	3,5 A	20 Hrs
Radio VHF	APX-5000	7V	1,5 A	20 Hrs
Radio VHF	APX-7000	7V	1,5 A	20 Hrs
Radio VHF	XTS-2250	7V	1,5 A	20 Hrs
Tablet	Múltiples Referencias	5V	2 A	10 Hrs
Celular Smart	Múltiples Referencias	5V	2 A	30 Hrs

*Nota:* Relación de equipos que serán cargados que cargados por la batería TR-2018-CO y SIALT. Fuente: Elaboración propia a partir de investigación.

Para determinar los requisitos de energía, se toman en consideración los valores máximos requeridos por las baterías. Como resultado, se concluye que el dispositivo de carga debe ser capaz de proporcionar, como mínimo, una salida de **18V y 4 A** para garantizar la carga adecuada de las baterías que alimentan los radios y dispositivos electrónicos mencionados.

Posteriormente se realizó la escogencia de los materiales que debe llevar la carcasa la cual debe obedecer a 4 criterios: resistencia, peso, costos, disponibilidad de equipos para lograr su producción en la planta de ensamble existente y posterior reuso, la evaluación de criterios se realizó por medio de una escala Likert de 20 a 100 puntos y la votación fue realizada por 6 personas integrantes del grupo de investigación de la Escuela de Comunicaciones Militares.

Una vez realizada la evaluación se determinó que el material que sea adapta de mejor manera a la necesidades del producto, disponibilidad de recursos, precio y peso es el **ABS-Acrilonitrilo butadieno estireno**, por lo cual este será el material que será usado para la fase de prototipado y producción en masa.

### 3. Idear

En la fase de ideación se pretende alinear los métodos circulares con los criterios de aceptación de usuario descritos en la primera fase del proceso. El objeto es poder explorar cuales son las ideas que permiten hacer un entre las necesidades y soluciones, pero siempre evaluando su impacto ambiental y cumpliendo con la circularidad y aprovechamiento de los recursos por medio del alargamiento del ciclo de vida de producto.



### 3.1 Alineación de métodos e ideas circulares

**Energías renovables:** En esta fase se realizó la comparación de los diferentes tipos de energías alternativas que tiene el mercado y mediante diferentes variables, se dio una puntuación para definir cuáles serían las dos más pertinentes para lograr la carga que se requiere en los equipos definidos en la fase anterior, los resultados se definen en la Tabla 3.

Tabla 3 Matriz de comparación energías alternativas

CUADRO COMPARATIVO ENERGÍAS ALTERNATIVAS						
Fuente de Energía Renovable	Disponibilidad	Peso	Portabilidad	Costos	Ruido	Total, Puntos
Mini-Eólica	24 horas día <b>(100)</b>	Sistemas livianos <b>(100)</b>	Existen en el mercado sistemas portables de mochila <b>(100)</b>	Sistemas económicos <b>(100)</b>	Generan ruido medido <b>(80)</b>	<b>480</b>
Solar	12 horas día <b>(80)</b>	Sistemas livianos <b>(100)</b>	Existen en el mercado sistemas portables de mochila <b>(100)</b>	Sistemas Económicos <b>(100)</b>	No generan ruido <b>(100)</b>	<b>460</b>
Minihidráulica	Depende la ubicación de fuentes hídricas <b>(60)</b>	Sistemas livianos <b>(100)</b>	Existen en el mercado sistemas portables de mochila <b>(100)</b>	Sistemas Económicos <b>(80)</b>	Generan ruido dentro del agua <b>(80)</b>	420
Geotérmica	Depende de la ubicación de los puntos geotérmicos toda la tierra tiene puntos <b>(60)</b>	Sistemas pesados <b>(40)</b>	No son muy portables <b>(40)</b>	Sistemas muy costosos <b>(40)</b>	Generan ruido medio <b>(60)</b>	240

*Malo: 20 puntos, Regular: 40 puntos, Bueno: 60 puntos, Sobresaliente: 80 puntos, Excelente: 100 puntos.*

*Nota:* Se puede observar la matriz de comparación de energías alternativas con su respectiva puntuación respecto con las variables. Fuente: Elaboración propia a partir de investigación.

## 4. Prototipar

Esta fase tiene como objetivo prototipar en las diferentes fidelidades el producto e ir validando con el usuario por medio de planes de prototipado y experimentos su funcionalidad, hasta refinar el producto mínimo viable. Para lograr este objetivo se realizan las siguientes actividades.

**4.1 Prototipar en baja y media fidelidad:** Esta fase se enfocó en la creación y mejora progresiva de prototipos de baja fidelidad para el sistema de carga, una de las principales

herramientas utilizadas fue la metodología de “bahías de innovación” (Figura 2), donde cuatro grupos desarrollaron prototipos que luego fueron evaluados mediante una matriz de peso. Con la participación de jurados y alumnos, se seleccionó la propuesta más adecuada, siendo la alternativa N.º 2 la que obtuvo el mayor puntaje y fue escogida como base para continuar el desarrollo del sistema.

Figura 2 Espacios de participación y aplicación de lienzo para definición.



Nota: Se observan oficiales, suboficiales y soldados asistieron 28 personas. Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Prototipo en alta fidelidad

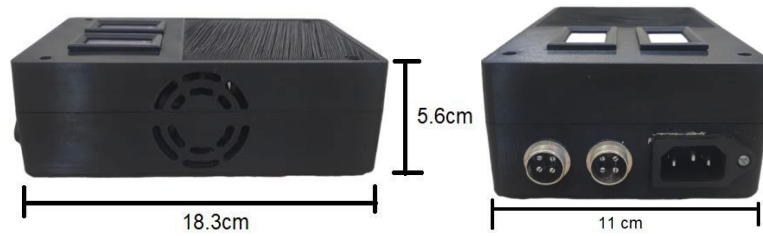
Una vez obtenidos los hallazgos de los prototipos de baja y media fidelidad, se definieron los ajustes necesarios para el desarrollo del prototipo de alta fidelidad, integrando las sugerencias de los usuarios finales. Este modelo incorpora entradas para fuentes de energía alternativa de 250W, una entrada adicional de 110VAC para conexión a la red eléctrica convencional, y la capacidad de carga simultánea de dos baterías TR-2018-CO o APX 5000. Además, se incluyó una salida de 5VDC para la carga de dispositivos personales, atendiendo así a las necesidades prácticas del usuario en el campo.

Con los esquemas electrónicos definidos, se diseñó el chasis del sistema respetando criterios técnicos y funcionales, y se dividió en base y tapa para facilitar el ensamblaje y mantenimiento. Tras la aprobación del diseño, se imprimieron las piezas en 3D utilizando material ABS negro de 2.85 mm, garantizando resistencia y durabilidad con temperaturas de impresión controladas entre 195 y 240 °C.

Una vez impresos los diferentes elementos, se procedió al ensamblaje de los componentes electrónicos en el chasis prototipado, asegurando una ubicación estratégica para cada uno de ellos. El proceso de ensamble se efectuó detalladamente, asegurando la coherencia entre la teoría y la práctica. Cada componente se ubicó adecuadamente para optimizar la eficiencia del circuito, minimizar interferencias y facilitar el mantenimiento. Una vez ensamblados todos los elementos, como se muestra en la Figura 3, se puede observar el prototipo final, con un peso de 363.5 gramos. Este diseño, no solo garantiza un funcionamiento óptimo, sino que también facilita futuras

intervenciones y ajustes necesarios para adaptarse a las cambiantes condiciones operativas.

Figura 3 Medidas SIALT prototipo final.



Nota: Se observa las dimensiones finales del SIALT. Fuente: Elaboración propia a partir de investigación.

## 5 Evaluación

Para la evaluación, se tienen proyectadas dos tipos de pruebas: unas de carácter funcional, orientadas a medir el desempeño de carga del dispositivo en un escenario semicontrolado con exposición a variables ambientales que simulan las condiciones reales del área de operaciones; y otras centradas en el nivel de satisfacción del usuario final. Esta última evaluación se realizará mediante una encuesta estructurada en 12 preguntas tipo escala Likert, que buscaban determinar el grado de conformidad del usuario respecto a variables como peso, color, modo de uso y tamaño del dispositivo.

**5.1 Pruebas de evaluación desempeño de carga:** Para la fase de evaluación, se diseñaron experimentos con el objetivo de observar el comportamiento del sistema de carga propuesto en función de las diversas variables de medición dependientes e independientes y los escenarios planteados. Las variables planteadas están enfocadas principalmente en medir el desempeño de carga en 03 diferentes escenarios del contexto nacional colombiano y, por otro lado, en medir la satisfacción de uso por parte del personal de radioperadores en el Ejército Nacional. Cada una de estas variables están relacionadas de manera directa con variables independientes y con los rangos de medición que permiten establecer los resultados requeridos para evaluar la efectividad del sistema propuesto, estas variables son descritas en la Tabla 04.

Tabla 4 Tabla de proyección variables dependientes e independientes

VARIABLE DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	RANGOS (VIs-VId)	MEDICIÓN VARIABLE DEPENDIENTE
Desempeño de carga	Lúmenes Velocidad Vientos Humedad Relativa	W/m <sup>2</sup> (VIs) Km/Hrs (VIs) % Humedad <b>Porcentaje % (VId)</b>	Porcentaje de carga logrado en Voltios <b>(VId)</b>
Satisfacción de uso en las siguientes variables: <ul style="list-style-type: none"><li>• Color</li><li>• Tamaño</li></ul>	Combinaciones de generadores	Escala de Satisfacción Likert: 1- No satisfecho 2- Poco satisfecho 3- Moderadamente satisfecho	Likert 1-5 <b>(VId)</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• Modo de uso</li> <li>• Valor agregado usuario final</li> </ul>		<p>4- Satisfecho</p> <p>5- Muy satisfecho</p>	
---	--	---	--

*Nota:* Se pueden observar las variables dependientes e independientes, rangos de medición para evaluar el desempeño de carga y satisfacción de usuario. Fuente: Elaboración propia a partir de investigación.

### Prueba de Satisfacción de usuario

Por último, se proyecta un experimento de satisfacción de uso. Para ello, se seleccionará una muestra aleatoria de soldados profesionales que eran radioperadores con al menos 5 años de experiencia en dicha función. La selección se realizará de manera aleatoria en los Batallones donde se lleven a cabo las pruebas de evaluación de desempeño de carga. La recopilación de información se efectuará a través de preguntas diseñadas para evaluar su nivel de satisfacción en relación con variables como peso, tamaño, modo de uso y color. La evaluación se llevará a cabo mediante una escala Likert de 1 a 5.

### Conclusiones

El desarrollo e implementación del sistema de carga con energías alternativas para radios de comunicación militar representa un avance estratégico y tecnológico para el Ejército Nacional de Colombia. A través de esta investigación, se logró diseñar un prototipo funcional que responde directamente a las necesidades energéticas de las tropas en contextos operacionales, especialmente en zonas remotas, donde el acceso a fuentes convencionales de electricidad es limitado o inexistente.

Uno de los principales aportes de este proyecto fue la inclusión activa del usuario final (el soldado radioperador) desde las etapas iniciales del proceso. Gracias a una metodología centrada en el usuario, que incluyó talleres, espacios de co-creación y pruebas en campo, se logró diseñar un dispositivo que no solo cumple con los requisitos técnicos, sino que se adapta a las condiciones reales del terreno.

Para los futuros avances del proyecto, se prevé realizar pruebas en tres áreas geográficas del país que permitan analizar cómo afectan las variables dependientes la eficiencia de carga del prototipo. De igual manera, se estima realizar una encuesta de satisfacción a una muestra de 250 soldados radioperadores, y someter los prototipos a pruebas de laboratorio para determinar el nivel de protección contra sólidos y líquidos, así como su resistencia mecánica, utilizando las escalas IK "Mechanical Strength" (norma técnica NTC-IEC 62262/2013) e IP "Ingress Protection" (norma técnica NTC-IEC 60529/2020).

### 6. Referencias

- Ejército Nacional de Colombia. (2021). *Manuel de Campaña del Ejército-MCE 6-02 Operaciones de Comunicaciones*. BOGOTÁ: Publicaciones Ejército.
- Entrevistado 1, (14 de 03 de 2023). Ex comandante BAMCE. (C. D. Meza, Entrevistador)



- Entrevistado 2, (14 de 03 de 2023). Ex director de Dirección de Planes y Políticas CEDE6. (C. D. Meza, Entrevistador)
- Spradley, J. p. (1979). *The Ethnographic Interview*. New York: Macalester College.

## Sobre los autores

- **Cristian David Meza Granobles** Oficial del Ejército de Colombia, MSc en Gerencia Estratégica de TI, PhD(c) en Gestión de la Innovación Tecnológica, Ejecutivo y Segundo Comandante BAMCE, [cd.mezag1@uniandes.edu.co](mailto:cd.mezag1@uniandes.edu.co)
- **Mario Linares Vásquez** Ingeniero de Sistemas y Computación, MSc en Ingeniería de Sistemas y Computación, Ph.D. en Ciencias de la Computación, Profesor Titular Universidad de los Andes, [m.linaresv@uniandes.edu.co](mailto:m.linaresv@uniandes.edu.co)
- **Yezid Enrique Donoso Meisel** Ingeniero de Sistemas y Computación, MSc en Ingeniería de Sistemas y Computación, Ph.D. in Information Technology, Profesor Titular Universidad de los Andes, [ydonoso@uniandes.edu.co](mailto:ydonoso@uniandes.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)