

# *Sistema Móvil Contra Artefactos Explosivos Improvisados SIMCA*

## */ Mobile System Against Improvised Explosive Devices SIMCA*

Jose Luis Ortiz<sup>1</sup>, Carolina Rubio<sup>2</sup>, CT. Johan Fajardo Toro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Esp. Ing. Electrónico, Investigador, Escuela de Ingenieros Militares, Bogotá Colombia. jlortizp@hotmail.es

<sup>2</sup>Esp. Bióloga, Docente Investigador, Escuela de Ingenieros Militares, Bogotá Colombia. carito24@gmail.com

<sup>3</sup>Oficial Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingenieros Militares, Bogotá Colombia. jaft83@hotmail.com

Página  
47

Fecha de recepción: 15/07/2014

Fecha de aceptación: 05/11/2014

ESING

### Resumen

Este artículo discute el rediseño de un equipo contra artefactos explosivos (ECAEX), diseñado como herramienta para proporcionar elementos de seguridad al realizar los procedimientos de destrucción de los artefactos explosivos improvisados. Debido a la experiencia con el uso de este dispositivo en el área de operaciones y luego de cinco años de su diseño inicial, se ha hecho necesario el rediseño de la misma para mejorar su funcionamiento y optimizar su utilización de acuerdo a las necesidades técnicas para desminado en una unidad móvil.

Se presenta la descripción de una estructura metodológica basada en algunas estrategias de diseño para el mejoramiento del prototipo, orientadas desde las especificaciones de diseño de producto, generación de conceptos e ideas de producto y la selección de ideas y evaluación de las mismas. Se discuten algunos aspectos tenidos en cuenta en la construcción del nuevo dispositivo denominado sistema móvil contra artefactos explosivos (SIMCA). Se presentan resultados cuantitativos y cualitativos

de ensayos con pruebas prácticas de campo, que buscaron valorar parámetros básicos del diseño relacionados con el peso y la resistencia de los materiales según los requerimientos del uso práctico en el área de operaciones, los cuales fueron validadas con la realización de pruebas con tres grupos de técnicos antiexplosivos del ejército. Se encontró de acuerdo a las pruebas realizadas, que el SIMCA es un equipo funcional, más seguro, más liviano, más cómodo tanto en transporte como en operación.

### Palabras clave

Artefactos explosivos improvisados, rediseño, SIMCA, ECAEX.

### Abstract

This paper discusses the redesign of a team against explosive devices (ECAEX), designed as a tool to provide security features to perform the procedures for destruction of IEDs. Because of the experience with the use of this device in the area of operations and after five years of its initial design, it has become necessary to

Para citar este artículo / To cite this article

J. Ortiz, C. Rubio, J. Fajardo. Sistema móvil contra artefactos explosivos improvisados SIMCA.

Revista Ingenieros Militares, No.9, pp. 47-53. 2014.

redesign it to improve its performance and optimize its use in accordance with the technical requirements for demining in a mobile unit.

The description of a methodological framework based on some design strategies for improving the prototype, designed from the product design specifications, concept generation and product ideas and selection of ideas and evaluating them is presented. Some aspects considered in the construction of the new device called mobile system against explosive devices (SIMCA) are discussed. Quantitative and qualitative results of tests are presented with practical testing field, which sought to assess basic parameters related to weight and resistance of the materials according to the requirements of practical use in the field of operations design, which were validated by performing test with three groups of military anti-explosives technicians. Was found according to the tests, the SIMCA is a safer, lighter, more comfortable both in transport and in operation functional team.

## Keywords

Improvised explosive devices, redesign, SIMCA, ECAEX.

## Introducción

Debido a las condiciones del conflicto interno, los grupos terroristas han comprendido que es más eficiente mediante el uso de minas anti-personales que en confrontaciones en un campo de batalla. A raíz de esta consideración, los grupos terrorista han aumentado la producción y siembra de minas con la finalidad de lograr daños en la población militar, sin exponer la integridad de sus miembros y en la mayoría de los casos, estas minas no solo atacan contra la población militar, sino que llegan a agredir también a la población civil.

El ejército colombiano, a través del centro de investigación de la Escuela de Ingenieros Militares, creó un equipo contra artefactos ex-

plosivos ECAEX, (figura 1). Básicamente es un conjunto de elementos que trabajan integralmente para apoyar la labor del técnico de explosivos de los equipos EXDE<sup>1</sup>. Se trata de un equipo modular orientado a las características de la geografía colombiana, de fácil transporte y sencillo funcionamiento.



Figura 1. Herramienta ECAEX, fuente [1].

El ECAEX está compuesto de tres elementos principales, la barra extensora (figura 2), la pera y el gancho de tres puntas (figura 3) y la pinza (figura 4).



Figura 2. Barra extensora del ECAEX, fuente [1].



Figura 3. Pera y gancho del ECAEX, fuente [1].

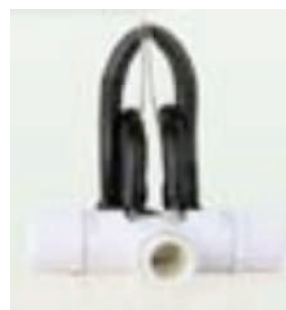


Figura 4. Pinza del ECAEX, fuente [1].

<sup>1</sup> Lo grupos EXDE del Ejército Nacional de Colombia tienen como propósitos localizar y destruir artefactos explosivos improvisados en áreas rurales, en el desarrollo de operaciones en el campo de combate.

A partir del seguimiento realizado al ECAEX en su desempeño en el área de operación y recorriendo las experiencias de los técnicos en explosivos que lo utilizan, se vio la necesidad de someter el equipo, con sus diferentes elementos, a un proceso de reingeniería, para mejorar su funcionamiento, modificando variables de peso, tamaño, diseño, sistemas de operación y diseño de ingeniería.

Un propósito adicional, y el más importante, busca garantizar una mejor seguridad para el técnico operador, minimizando los posibles riesgos para los grupos antiexplosivos. De acuerdo a esto, se diseñó el sistema móvil contra artefactos explosivos (SIMCA), que pretende optimizar el ECAEX, presentando un equipo funcional, más seguro, más liviano, más cómodo tanto en transporte como en operación.

## Metodología

Con el propósito de obtener soluciones efectivas y eficientes para el dispositivo en rediseño y de acuerdo a las necesidades asociadas, se desarrolló una estructura metodológica basada en las estrategias de diseño de la Escuela de Diseño de la Universidad Tecnológica de Delft (Holanda) [2]. A partir de las cuales el proceso de rediseño se planteó en tres etapas, así: 1) Especificaciones de diseño de producto; 2) Generación de conceptos e ideas de producto y 3) Selección de ideas y evaluación de las mismas. A continuación se describe brevemente los elementos de cada una de estas etapas.

### *Especificaciones de diseño de producto*

En esta primera etapa se identificaron las características del dispositivo a someter al procedimiento, el contexto de uso, los usuarios y necesidades. Se implementaron dos herramientas de diseño para la caracterización de los productos a diseñar: La "WWWWWH" que busca identificar el producto a tratar y el PDS (Product Design Specifications), que está orientada a asociar requerimientos a cada uno de los ítems identificados [2]-[3].

### *Generación de conceptos e ideas de producto*

En esta etapa se busca a partir de diferentes estrategias lograr representaciones y concepciones que den solución a cada uno de los requerimientos previamente encontrados, a través de la generación de ideas y conceptos para una posterior asociación y optimización de diseños, estas estrategias se describen como:

*How To's*: en esta estrategia se estimula la generación de preguntas de cómo se realizan cada una de las funciones del aparato y cada uno de los aspectos relevantes según el usuario a la hora de diseñar.

*Brainstorming*: se generan ideas aleatorias a partir de preconceptos y asociaciones.

*Análisis funcional*: utilizando la estrategia de caja negra, se identifican tanto las entradas como las salidas del sistema para posteriormente tener las funciones que debe satisfacer.

*Storyboard (Historia asociada)*: se plantea una historia en la cual se ve la necesidad de su uso, y se explica el contexto mismo de su uso y consecuencias.

*Bioinspiración*: a partir del establecimiento de relaciones con seres vivos, se identifican mecanismos o estructuras que dan solución a las funciones halladas.

*Matriz morfológica*: se realiza el planteamiento las posibles soluciones a cada una de las funciones, las cuales posteriormente se evalúan según el método de rutas.

### *Selección de ideas y evaluación de las mismas*

Finalmente y posterior al análisis realizado por los investigadores al seguimiento a las etapas previas, se plantea un grupo de posibilidades que satisfacen las necesidades establecidas, de donde se seleccionan las de mayor viabilidad y eficiencia.

## Resultados

Se diseñaron 12 barras extensoras (pértigas) de diferentes materiales, 4 pinzas y 4 peras. Se realizó una validación cuantitativa y cualitativa de los prototipos para determinar el diseño final.

Cada una de las barras extensoras, se arma con 6 barras de 50cm longitud (secciones), al colocarse en línea las 6 secciones se obtiene una barra extendida total de 3m, distancia requerida para la manipulación de acuerdo a protocolos de seguridad [4]-[6]. Las barras utilizadas se distribuyeron en: 3 barras de acero de diferente calibre, 3 barras de hierro de diferente calibre, 3 barras de fibra de vidrio de diferente calibre y 3 barras en fibra de carbono con diferentes tipos de acople. En la figura 5, se observan 4 de las barras extensoras usadas con materiales de aluminio, acero, fibra de vidrio y fibra de carbono.



Figura 5. Fotografía barras extensoras de diferentes materiales, de arriba abajo, aluminio, acero, fibra de vidrio y fibra de carbono.

Los diseños de las pinzas y las peras se observan en las figuras 6 y 7 respectivamente. Para la evaluación de los resultados se enumeran de 1 a 4 de izquierda a derecha.

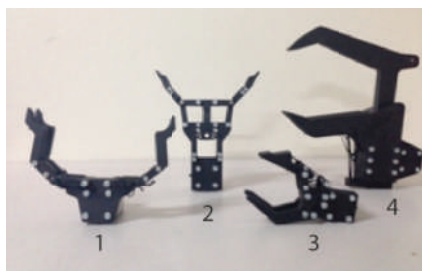


Figura 6. Fotografía pinzas.

Los prototipos se evaluaron cuantitativa y cualitativamente, a partir de pruebas de campo.

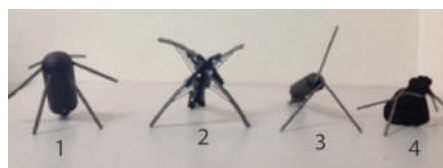


Figura 7. Fotografía peras.

Para la validación cualitativa del uso de las herramientas se realizaron pruebas de campo con tres grupos EXDE, emulando el procedimiento que realizan normalmente para la neutralización de artefactos explosivos improvisados.

### Evaluación Cuantitativa

Para la barra extensora se identificaron dos variables importantes a mejorar el peso y el ángulo de deflexión. El peso del equipo se considera relevante porque en el área de operaciones es uno de los factores de mayor relevancia para la movilidad, puesto que es necesario que el dispositivo sea liviano para la manipulación de los técnicos antiexplosivos [7]. De otro lado, la importancia del ángulo de deflexión radica en que esta variable influye directamente en la ejecución de los procedimientos de los grupos EXDE.

En la tabla 1 se muestran los valores para el peso total de cada una de las 12 barras, comparadas con la barra del ECAEX. En la tabla 2 se presenta el ángulo de deflexión hallado para las mismas barras, armadas por las 6 secciones; este ángulo se midió para cada barra con respecto al horizonte al aplicar una carga de 2kg en uno de sus extremos.

Tabla 1. Comparación de peso para barras extensoras del ECAEX y las barras de prueba.

| Barra extensora    | Peso (g) |
|--------------------|----------|
| ECAEX              | 500      |
| Acero 1            | 400      |
| Acero 2            | 470      |
| Acero 3            | 550      |
| Hierro 1           | 700      |
| Hierro 2           | 823      |
| Hierro 3           | 1018     |
| Fibra de Vidrio 1  | 100      |
| Fibra de Vidrio 2  | 125      |
| Fibra de Vidrio 3  | 156      |
| Fibra de carbono 1 | 200      |
| Fibra de carbono 2 | 200      |
| Fibra de carbono 3 | 215      |

**Tabla 2.** Comparación de ángulos de deflexión para barras extensoras del ECAEX y las barras de prueba.

| Barra extensora    | Angulo de deflexión (°) |
|--------------------|-------------------------|
| ECAEX              | 63                      |
| Acero 1            | 15                      |
| Acero 2            | 18                      |
| Acero 3            | 19                      |
| Hierro 1           | 12                      |
| Hierro 2           | 14                      |
| Hierro 3           | 18                      |
| Fibra de Vidrio 1  | 71                      |
| Fibra de Vidrio 2  | 70                      |
| Fibra de Vidrio 3  | 69                      |
| Fibra de carbono 1 | 15                      |
| Fibra de carbono 2 | 15                      |
| Fibra de carbono 3 | 19                      |

Para la valoración cuantitativa de las pinzas y las peras se tuvo en cuenta la medida del peso, tablas 3 y 4 respectivamente.

**Tabla 3.** Comparación de peso para pinzas del ECAEX y las de prueba.

| Pinza   | Peso (g) |
|---------|----------|
| ECAEX   | 178      |
| Pinza 1 | 144      |
| Pinza 2 | 127      |
| Pinza 3 | 148      |
| Pinza 4 | 215      |

**Tabla 4.** Comparación de peso para peras del ECAEX y las de prueba.

| Pera   | Peso (g) |
|--------|----------|
| ECAEX  | 1080     |
| Pera 1 | 788      |
| Pera 2 | 258      |
| Pera 3 | 631      |
| Pera 4 | 79       |

### Evaluación Cualitativa

Para la evaluación de la pera los técnicos realizaron varios lanzamientos en diferentes terrenos, verificando que la distancia máxima alcanzada fuera la necesaria para realizar ade-

cuadamente el procedimiento. Se verificó la resistencia del material al impacto con el suelo y el funcionamiento para activar las trampas por tensión y alivio de tensión.

Luego de realizar emulación de procedimientos y pruebas con los técnicos del EXDE se compilan los resultados y las observaciones, de las percepciones y comentarios recibidos por el personal que operó los dispositivos, en las tablas 5,6 y 7.

Luego de realizar las pruebas y valorar los resultados obtenidos con los técnicos antiexplosivos, se definieron los dispositivos que mejor comportamiento presentaron en las pruebas y que evidenciaron fácil manipulación y eficiencia de uso en el área de operaciones.

**Tabla 5.** Resumen de resultados relevantes para las pruebas de campo con las barras extensoras de diferentes materiales.

| Barra Extensora  | Observación EXDE   |
|------------------|--|
| Acero            | Muy pesado.<br>No es fácil de manipular.   |
| Hierro           | Muy pesado.<br>No es fácil de manipular.<br>Propenso a la oxidación.                         |
| Fibra de vidrio  | Poca resistencia.<br>El ángulo de deflexión es muy grande e impide la adecuada manipulación. |
| Fibra de Carbono | Menos liviano que la fibra de vidrio pero más rígido.  |

**Tabla 6.** Resumen de resultados relevantes para las pruebas de campo con las cuatro pinzas.

| Pinza   | Observación EXDE                             |
|---------|--|
| Pinza 1 | Inútil al momento de coger objetos delgados  |
| Pinza 2 | Inútil al momento de coger objetos grandes.  |
| Pinza 3 | Inútil al momento de coger objetos grandes.  |
| Pinza 4 | Muy grande.<br>Tiene buen agarre de objetos. |

**Tabla 7.** Resumen de resultados relevantes para las pruebas de campo con las cuatro peras.

| Pera   | Observación EXDE  |
|--------|---|
| Pera 1 | Las puntas de la pera se sueltan y rompen con facilidad.                                    |
| Pera 2 | Ninguna   |
| Pera 3 | Las puntas de la pera se desajustan con el impacto al momento de realizar el procedimiento. |
| Pera 4 | Inconsistente al momento de realizar el procedimiento.                                      |

La barra extensora que mejor desempeño presentó, fue la construida con fibra de carbono, figura 8. El peso es menor a todos los diseños elaborados incluyendo la barra extensora del ECAEX, la deflexión presentada con una carga de 2kg es pequeña 15°, y de acuerdo a lo que se encontró se debió a los acoples en la barra mas no al material, lo que evidencia que a futuro se podría mejorar si se optimiza el diseño de los acoples. De acuerdo a estos resultados esta barra presenta mayor resistencia a la deflexión por peso o por contacto con el suelo y menor peso comparada con los demás prototipos.



**Figura 8.** Diseño final pértiga.

La pinza seleccionada, nominada como pinza 4 en las tablas 3 y 6, se muestra en la figura 9. De acuerdo a los resultados de las pruebas, cumple con la función de colocar contra cargas y remover algún dispositivo, tiene la ventaja de tener un agarre más amplio que las otras tres, sin importar el grosor del objeto el cual se va a agarrar.



**Figura 9.** Diseño final pinza.

La pera seleccionada se muestra en la figura 10, según las prácticas desarrolladas cumple con los requerimientos para realizar el procedimiento para activar las trampas por tensión y alivio de tensión. Además presenta la ventaja de no quedar enredada en la maraña debido a sus secciones elásticas. Así mismo este diseño de pera funciona como gancho para remover objetos al intercambiar los tornillos de posición.



**Figura 10.** Diseño final pera.

## Conclusiones

Al desarrollar una herramienta mejorada, como el SIMCA, que permite a los técnicos minimizar sus errores en los procedimientos, se espera que los heridos por artefactos explosivos improvisados disminuyan significativamente. Considerando que el uso de herramientas para la neutralización de artefactos explosivos improvisados, por parte de los técnicos antiexplosivos de los grupos EXDE, es fundamental para la protección tanto del personal militar como del personal civil.

El disminuir el peso del equipo transportado por los técnicos antiexplosivos en el área de operación, puede tener impacto en la calidad de los procedimientos que se pueden realizar, si se tiene en cuenta que se mejoran las condiciones físicas y técnicas del operario. Lo que puede generar una manipulación más eficiente de los dispositivos proporcionando condiciones de mayor favorabilidad y con resultados más óptimos.

Las mejoras del SIMCA frente al ECAEX se reflejan en una disminución del peso en un 50%, disminución del volumen del equipo al combinar herramientas, mejoras reflejadas en el modo de empleo y aumento de la seguridad de las herramientas para adaptarse a los procedimientos de neutralización y destrucción de minas antipersonal y artefactos explosivos improvisados.

## Referencias

- [1] Indumil. Industria Militar de Colombia. Consultado en <https://www.indumil.gov.co/docs/editor/catalogoindumil2010.pdf>. Junio de 2013.
- [2] A.G.C. Boeijen, van. *Delft Design Guide*. Delft University Of Technology. 2010.
- [3] M. Contreras, TRIZ, *La metodología moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática*, Mexico: Panorama, 2005.
- [4] P. W. Cooper. *Explosives engineering*. Wiley-VCH. 1996.
- [5] Manual FM5-250 Manual de Ingenieros Militares de Estados Unidos de Norteamérica, (s.f.).
- [6] L. M. L. Sánchez. (2003). *Evaluación de la energía de los explosivos*. Scribd. Recuperado 13 de marzo de 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/19018739/Evaluacion-de-Las-Energia-de-Los-Explosivos>.
- [7] Garrett, Metal Detectors. Junio de 2013. <http://www.garrett.com/>.