

**Aplicación de ingeniería inversa para el diseño y fabricación de armas no-letales para mejorar la seguridad en situaciones de amotinamientos en los Centros de Privación de Libertad del Ecuador**

**Application of reverse engineering for the design and manufacture of non-lethal weapons to improve security in riot situations in Ecuadorian prisons.**

**José Andrés Pineida-Imbaquingo<sup>1</sup>**  
Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE  
joanpi198825@gmail.com

**Santiago David Castellanos-Villa<sup>2</sup>**  
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE  
sdcastellanos@espe.edu.ec

**Frantz Rigoberto Argüello-Rodríguez<sup>3</sup>**  
Ejército Ecuatoriano  
reordonezv@ube.edu.ec

**[doi.org/10.33386/593dp.2025.3.3142](https://doi.org/10.33386/593dp.2025.3.3142)**

V10-N3 (may-jun) 2025, pp 441-450 | Recibido: 28 de febrero del 2025 - Aceptado: 04 de abril del 2025 (2 ronda rev.)

1 ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0867-6359>. Oficial del Ejército Ecuatoriano, Licenciado en Ciencias Militares, Ingeniero Mecánico, máster en Prevención de Riesgos Laborales, Jefe del Centro de Mantenimiento del Ejército.

2 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5991-6599>. Ingeniero Mecánico, MSc. en Diseño Producción y Automatización, PhD en Ingeniería Mecánica, Docente de la cátedra de Procesos de Manufactura y Diseño de Elementos Mecánicos.

3 Licenciado en Ciencias Militares, Ingeniero en Seguridad, master en Defensa y Seguridad mención en logística, Comandante del Batallón de Mantenimiento "QUISQUIS.

### Cómo citar este artículo en norma APA:

Pineida-Imbaquingo, J., Castellanos-Villa, S., & Argüello-Rodríguez, F., (2025). Aplicación de ingeniería inversa para el diseño y fabricación de armas no-letales para mejorar la seguridad en situaciones de amotinamientos en los Centros de Privación de Libertad del Ecuador. 593 Digital Publisher CEIT, 10(3), 441-450, <https://doi.org/10.33386/593dp.2025.3.3142>

Descargar para Mendeley y Zotero

## RESUMEN

El departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE conjuntamente con el Batallón de Mantenimiento "Quiquis", unidad del Ejército ecuatoriano, desarrolló el proyecto de ingeniería inversa de varios lanzadores cinéticos no-letales que existen en el país, para el diseño y fabricación de armas no-letales para uso en amotinamientos en los centros de privación de libertad. En la primera etapa del proyecto, realizada por el Ing. Sebastián Olivo, se llevó a cabo una investigación en la que se obtuvieron resultados sobre esfuerzos, deformaciones, factores de seguridad, análisis de los mecanismos de propulsión y los planos de despiece del arma no-letal. En esta segunda etapa del proyecto, se fabricó el arma no-letal y sus respectivos accesorios, con el soporte tecnológico existe en el país, como CNC, torno de precisión de alta velocidad Modelo S430 x 1000G e impresoras 3D. De igual manera, los materiales utilizados para su fabricación son de venta libre y fueron: aleación de aluminio 7075-T6 para el mecanizado del cuerpo del arma no-letal. Este material permite que las piezas sean sometidas a grandes fatigas, debido a su dureza y alta densidad. El tiempo de fabricación del arma no-letal fue de aproximadamente 168 horas. Posteriormente, se realizaron las pruebas de tiro con proyectiles de talco, con lo que se pudo validar la funcionalidad del presente trabajo

Palabras clave: arma no-letal; factores de seguridad; fabricación; aleación de aluminio 7075-T6; impresora 3D.

## ABSTRACT

The Department of Energy and Mechanical Sciences of the University of the Armed Forces (ESPE), together with the "Quiquis" Maintenance Battalion, a unit of the Ecuadorian Army, developed a reverse engineering project for several non-lethal kinetic launchers currently in use in the country. This project will be used to design and manufacture non-lethal weapons for use in riots in prisons. In the first stage of the project, led by Engineer Sebastián Olivo, a research project yielded results on stresses, deformations, safety factors, analysis of the propulsion mechanisms, and exploded views of the non-lethal weapon. In this second stage, the non-lethal weapon and its accessories were manufactured using the nationally available technological support, such as CNC machines, a high-speed precision lathe Model S430 x 1000G, and 3D printers. Likewise, the materials used for its manufacture are available over-the-counter and were: 7075-T6 aluminum alloy for machining the body of the non-lethal weapon. This material allows the parts to withstand high fatigue due to its hardness and high density. The manufacturing time of the non-lethal weapon was approximately 168 hours. Subsequently, firing tests were conducted with talc projectiles, thus validating the functionality of this work.

Key words: non-lethal weapon; safety factors; manufacturing; 7075-T6 aluminum alloy; 3D printer.

## Introducción

Los amotinamientos en las cárceles del Ecuador se han convertido en una crisis recurrente, marcada por una serie de masacres y violencia extrema. Desde febrero de 2021, el país ha sido testigo de once masacres carcelarias, con un total de 412 víctimas en seis cárceles de cinco ciudades, siendo la Penitenciaría del Litoral la más peligrosa, con 214 internos asesinados desde entonces (Primicias, 2022). Estos eventos se han desencadenado en el contexto de una guerra entre bandas narcodelictivas, iniciada tras la muerte de José Luis Zambrano, alias “Rasquiña”, líder de los Choneros, lo que llevó a bandas como Los Lobos, Los Tiguerones y Los Chone Killers a disputar el control de las cárceles y el narcotráfico. (Agencias de El Comercio, 2021)

La crisis carcelaria ecuatoriana se ha visto exacerbada por el hacinamiento, con un sistema penitenciario que alberga a casi 10,000 personas por encima de su capacidad, generando condiciones inhumanas donde el 42% de los presos duermen en el suelo y el 20% carece de acceso regular a agua potable. Estos factores, combinados con un modelo de gestión carcelaria que prioriza el encierro como castigo, han creado un ambiente explosivo en las cárceles del país, desencadenando motines y tragedias que han cobrado cientos de vidas en los últimos años.

La intervención de los militares en las cárceles de Ecuador ha sido una respuesta a la escalada de violencia y crisis en el sistema penitenciario del país. Esta medida se ha tomado en medio de una espiral de violencia sin precedentes, con incidentes y retenciones de funcionarios penitenciarios por parte de los reclusos. La operación militar, que involucra a miles de militares y policías, tiene como objetivo restablecer el orden y buscar armas, municiones, explosivos y mantener la seguridad en las cárceles, especialmente en aquellas consideradas como las más peligrosas del país. Esta intervención militar se ha dado en el cargo de un estado de excepción, permitiendo a los militares intervenir en el sistema carcelario y en todo el territorio nacional, incluyendo la movilización e

intervención de la Policía Nacional y las Fuerzas Armadas, en los centros de privación de libertad administrados por el SNAI.

Según los informes presentados por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, indicaron que las armas no-letales con que contaban los militares eran “inadecuadas” y en algunos casos “obsoletos” (Puentes, 2020), lo que obligó al Ministerio de Defensa Nacional a generar un proyecto de compra de nuevos equipos, considerando que nuestro país no ha desarrollado esta tecnología en los últimos años para la fabricación de este tipo de armamento.

Considerando los sucesos desarrollados anteriormente, el Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y el Batallón de Mantenimiento “Quisquis”, unidad del Ejército ecuatoriano, proponen desarrollar un proyecto para el diseño y fabricación de armas no-letales para uso en amotinamientos en los centros de privación de libertad, conscientes en aplicar la mínima fuerza necesaria para controlar una situación, escalando gradualmente en el nivel de fuerza utilizando según la resistencia del sujeto y la amenaza percibida.

La intervención armada no-letal en Ecuador se encuentra regulada por varias decretos y leyes que buscan principalmente equilibrar el uso de la fuerza, entre ellas encontramos el Decreto 755 de 2023, el Reglamento de la Ley sobre Armas, Municiones, Explosivos y Accesorios, Acuerdo Ministerial Nro. 0116 y finalmente la Ley Orgánica que Regula el Uso Legítimo de la Fuerza. Estos decretos y leyes proporcionan un marco legal sólido para la intervención armada no-letal, asegurando que el uso progresivo y diferenciado, y que las armas no-letales se utilicen como una alternativa menos dañina en situaciones de amotinamientos.

El objetivo es resolver el conflicto de la manera más pacífica posible, evitando el uso excesivo de la fuerza minimizando el riesgo y daños. Por lo tanto, para el desarrollo de este proyecto se hizo uso de la ingeniería inversa de varias armas no-letales de uso civil y militar para

obtener información sobre el funcionamiento, interacción entre los componentes, detalle del diseño, procesos de fabricación, entre otros (Ramos, 2013). A partir de esta información, se diseñó un modelo de arma adaptada a las necesidades de la Fuerza Terrestre y a las capacidades técnicas de producción local del país, como base para la fabricación en aleación de aluminio de un prototipo experimental.

### Método

En este apartado hablaremos de la arquitectura del arma no-letal, que es el mapeo de los elementos funcionales del producto a fabricar en bloques de construcción físicos, que se centran en la actividad de diseñar el producto con el objetivo de definir los elementos físicos básicos en términos de funcionalidad y cómo interactúan con el resto del arma no-letal; (Ulrich & Eppinger, 2013) menciona que *“La arquitectura modular permite que un cambio de diseño se haga a un trozo sin requerir cambios a otros trozos para que el producto funcione correctamente”*.

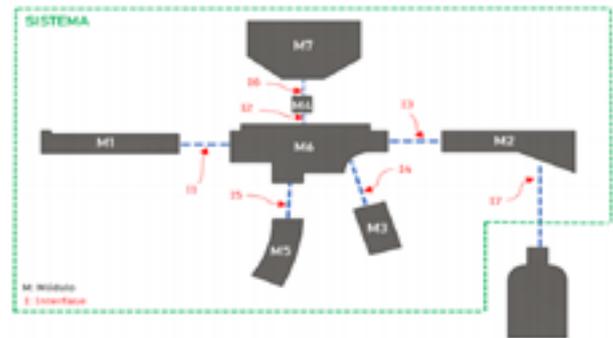
Por lo tanto, este proyecto se desarrolló en base a una arquitectura modular, en el cual nos indica los beneficios de este tipo de arquitectura, ya que podemos reemplazar módulos de forma inmediata si este presenta algún tipo de anomalía, sin que esto afecte en su totalidad al arma no-letal, ya sea para repararlo o rediseñarlo.

Las arquitecturas modulares se clasifican en tres tipos: de ranura, bus y seccional. Cada tipo contiene un elemento funcional segmentado y un mapeo uno a uno de interfaces bien definidas. La diferencia entre estos tipos es cómo se organiza la interacción entre los bloques.

Por lo tanto, en este trabajo se plantearon 7 módulos y 7 interfaces por medio de las cuales interactúan. La arquitectura de ranura fue seleccionada como tipo de interacción en las interfaces, ya que cada interfaz debe ser única para evitar que los módulos se intercambien entre sí, por lo tanto, solo pueden acoplarse en el lugar correcto. En la Figura 1 se presentan las interfaces y módulos.

### Figura 1

*Esquema modular del prototipo, en el cual se visualiza la estructura básica del prototipo*



### Desarrollo

#### Fabricación del arma no-letal

Para el desarrollo de la ingeniería inversa, se realizó el desmontaje de armas no-letales de uso civil y militar, para una revisión minuciosa de los mecanismos de disparo, sistemas de propulsión y componentes críticos. A partir de la información recopilada, se utilizó la herramienta software de diseño asistido por computadora (CAD) e ingeniería asistida por computadora (CAE) para el modelamiento digital y el análisis del comportamiento mecánico de los sistemas. Con esta información, se diseñó y se fabricó un prototipo experimental de un arma tipo fusil en aleación de Al 7075-T6.

A continuación, se destaca las diferencias claves entre el aluminio del cual están fabricadas las armas no-letales de uso civil y militar que se encuentran a la venta en el país y la aleación de Al 7075-T6, mostrando que la aleación Al 7075-T6 ofrece propiedades mecánicas superiores, lo que la hace más adecuada para aplicaciones exigentes como la fabricación de armas no-letales, donde se requiere alta resistencia y durabilidad.

**Tabla 1**  
*Diferencias claves entre el aluminio y la aleación de Al 7075-T6*

Características	Aluminio	Aleación de Al 7075-T6
Composición química	Elemento puro, generalmente 99.0% Al	Contiene zinc (5.1-6.1%), magnesio (2.1-2.9%), cobre (1.2-2.0%), y otros elementos en pequeñas cantidades.
Propiedades mecánicas	Resistencia a la tracción moderada	Alta resistencia a la tracción (503 MPa) y límite elástico ( $\geq 430$ MPa)
Dureza	Dureza baja (aproximadamente 30 – 40 HB)	Alta dureza (150HB) en estado T6
Maquinabilidad	Buena, pero depende del tratamiento	Buena en estado recocido, pero puede ser difícil en condiciones tratadas
Resistencia a la corrosión	Moderada, puede oxidarse fácilmente	Mejorada con tratamiento térmico, pero susceptibles a agrietamientos por corrosión bajo tensión
Conductividad térmica	Alta (167 W/m. K)	Moderada (130 W/m. K)
Punto de fusión	660 °C	477 – 635 °C
Aplicaciones comunes	Fabricación de pieza de vehículos	Componentes aeronáuticos, piezas de alta resistencia, aplicaciones en vehículos militares
Tratamiento térmico	No requiere tratamiento especial	Requiere tratamiento térmico para alcanzar propiedades óptimas (T6) mediante solución y envejecimiento.

**Partes esenciales del prototipo experimental**

**Cuerpo del arma no-lethal (M6).** En este módulo, se utilizó el accionamiento por propulsión. En esta sección se describe el proceso de cómo se conectan todos los módulos para obtener el modelo principal del arma no-lethal.

Inicialmente, se realizó el levantamiento 3D de los componentes que producen la propulsión del proyectil, ver la Figura 2. Esto se hizo en un software CAD utilizando los instrumentos de medición.

**Figura 2**  
*Partes que conforman el dispositivo principal del arma no-lethal.*



Una vez hecho este levantamiento en software CAD, se planteó un modelo base del cuerpo en impresión 3D, en el cual se encajaron los componentes para dar paso a la fabricación del arma no-lethal en aleación de Al 7075- T6.

La fabricación del cuerpo del arma no-lethal comenzó con la utilización de una CNC FADAL VMC 3016, conjuntamente con el software Mastercam MillX5, que permitió convertir el modelo CAD en g-code. Posteriormente, se procedió a configurar la máquina CNC, para ubicar el cero de pieza y empezar a mecanizar el cuerpo, que consta de dos mitades; véase la Figura 3.

**Figura 3**  
*Proceso de mecanizado del recibidor derecho en CNC.*



En la Figura 3, se puede observar que se realizaron las cavidades pertinentes para que pudieran calzar con exactitud los mecanismos de la Figura 2, así como también la cavidad en la parte posterior del cuerpo para el acoplamiento de la culata.

Posteriormente, como se observa en la Figura 4, se agregó una geometría con relieve

y aberturas en el frente interior para colocar el cargador del arma no-letal. Para mecanizar el riel, se consideró el estándar STANAG 4694, aprobado por el Grupo de Armamento del Ejército de la OTAN. Así mismo, se agregaron las cavidades para la entrada del proyectil, el cargador, el gatillo disparador y el fiador.

**Figura 4**

Cuerpo del arma no-letal con las cavidades para sus elementos de propulsión



Después, se realizaron varias operaciones de acabado, como esmerilado y redondeo, para eliminar las aristas vivas y principalmente para hacer posible el mecanizado del arma no-letal. Así se pudo obtener el cuerpo mecanizada en el torno CNC. Finalmente, una vez mecanizado el cuerpo del arma no-letal, se procedió a unir las dos piezas que conforman el cuerpo y, con la ayuda de un machuelo, se procedió a realizar la rosca métrica ISO 22 X1.5; véase la Figura 5.

**Figura 5**

Proceso de roscado del cuerpo del arma no-letal, rosca métrica ISO 22 X 1.5



## Resultados

A continuación, se realizó una validación para verificar que el martillo percutor lograra llegar hasta la culata, con el fin de ser enganchado por el fiador y estar listo para un nuevo disparo. Se analizó cada una de las etapas a las que fue sometido el martillo percutor. Se definieron dos etapas debido a que la fuerza generada por el gas no es constante durante todo el trayecto, por lo que se consideró lo siguiente:

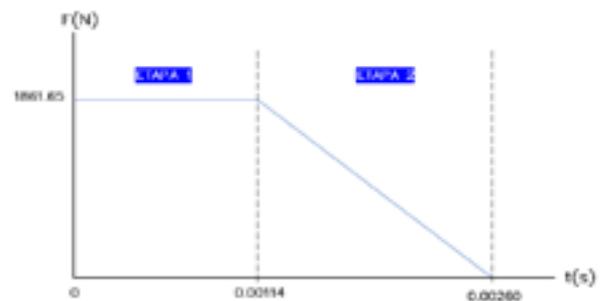
**Suposiciones:** ver figura 6

**Etapas 1:** Fuerza constante hasta llegar a la distancia donde se rompe el sello martillo-recibidor.

**Etapas 2:** La fuerza se vuelve nula después de haber transcurrido 0-00416 s

**Figura 6**

Grafica de las suposiciones en la etapa 1 y etapa 2.

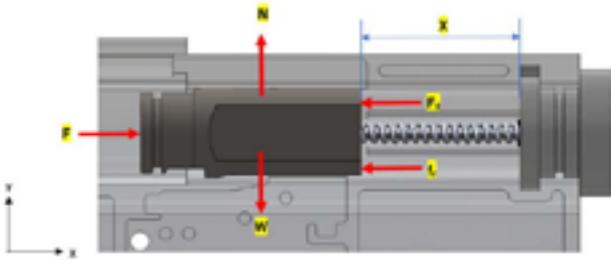


### Datos

Presión del gas:	$P_{gas} = 800 \text{ psi} = 5,516 \text{ MPa}$
Masa del martillo:	$m_M = 0.138 \text{ kg}$
Coef. de fricción cinética:	$\mu_k = 0.47$
Diá. de cara donde actúa la presión:	$d_M = 20.73 \text{ mm}$
Distancia total de recorrido:	$X = 40.55 \text{ mm}$
Longitud libre del resorte:	$l_0 = 111 \text{ mm}$
Longitud del resorte al inicio del análisis:	$l_{e,0} = 102.21 \text{ mm}$
Constante del resorte	$k_R = 0.595 \text{ N/mm}$

La distancia que recorre el martillo hasta el instante en que se rompe el sello es aproximadamente de 8.74 mm: ver figura 7.

**Figura 7**  
 Diagrama de cuerpo libre



En primera instancia se calcula el área donde actúa la presión del gas y, a continuación, la fuerza.

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d_M^2 = 337.511 \text{ mm}^2$$

$$f_1 = P_{\text{max}} \cdot A = 1861.648 \text{ N}$$

Peso del martillo

$$W = m_M \cdot g = 1.353 \text{ N}$$

Con la sumatoria de fuerzas en Y se determina la norma, y en consecuencia la fuerza de fricción.

$$N = W$$

$$N = 1.353 \text{ N}$$

$$f_r = \mu_k \cdot N = 0.636 \text{ N}$$

La fuerza aplicada por el resorte

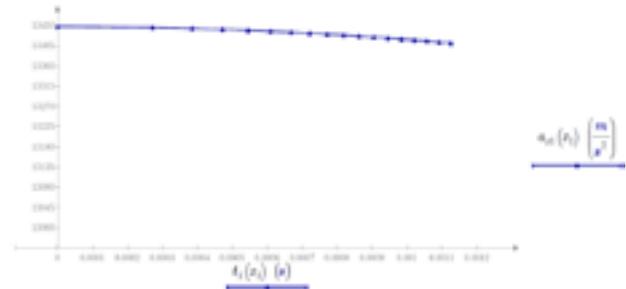
$$F_R(x) = k_R \cdot (x_1 - I_R - I_{O_R})$$

Con la sumatoria de fuerzas en X se halla la aceleración y con ecuaciones del MRUV se determina el tiempo, ver figura 10.

$$a_{x1}(x_1) = \frac{F_1 - f_r - F_R(x_1)}{m_M}$$

$$t_1(x_1) = \sqrt{\frac{2x_1}{a_{x1}(x_1)}}$$

**Figura 10**  
 Aceleración calculada del martillo al ser liberado por el gatillo disparador



$$t_1(8.74 \text{ mm}) = 0.00114 \text{ s}$$

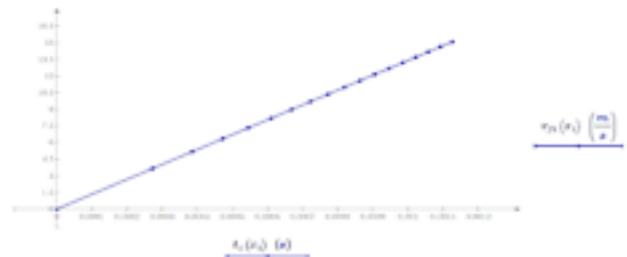
$$a_{x1}(0 \text{ mm}) = 13447.691 \text{ m/s}^2$$

$$a_{x1}(8.74 \text{ mm}) = 13410.008 \text{ m/s}^2$$

A partir de las ecuaciones del MRUV se determina la velocidad en la primera etapa, ver figura 11.

$$v_{f1}(x_1) = a_{x1}(x_1) \cdot t_1(x_1)$$

**Figura 11**  
 Velocidad calculada del martillo al ser liberado por el gatillo disparador



$$v_{f1}(0 \text{ mm}) = 0 \text{ m/s}$$

$$v_{f1}(8.74 \text{ mm}) = 15.31 \text{ m/s}$$

Con este análisis, se determinó que el martillo percutor llega hasta la culata con una velocidad aproximada de 15.31 m/s, lo que permite que, después del impacto, sea enganchado por el fiador.

Con las pruebas de tiro realizadas, se pudo determinar una velocidad promedio de los proyectiles disparados. La distancia que recorrieron por los proyectiles hasta el blanco fue de 40 m, y el tiempo transcurrido hasta el

impacto oscilaba entre los 0.37 s. Este tiempo se obtuvo del espectro de sonido generado por un software de edición de video, por lo que resulta en un valor muy próximo al real.

$$v = \frac{40 \text{ m}}{0.37 \text{ s}} = 108.108 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 0.003 \text{ kg} \cdot \left(108.108 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 17.53 \text{ J}$$

**Tabla 2**  
*Pruebas de tiro con el arma no-letal*

Pruebas de tiro	Velocidad (m/s)	Energía Cinética (J)
1	108.108	17.53
2	107.101	17.20
3	106.502	17.01
4	108.105	17.53
5	108.402	17.62
6	106.311	16.95

Con la magnitud de la velocidad de los proyectiles, se puede estimar la energía cinética de impacto de los mismos. En este caso resultó de 17.53 J, un valor muy inferior al límite impuesto por el Parlamento Europeo (122 J), por lo que indica que la probabilidad de causar daños severos es mínima (ver Figura 12).

**Figura 12**  
*La prueba de proyectiles de energía cinética se llevó a cabo en Abeddeen Proving Grounds en los EE. UU.*

Impact Energy	Severity of Injury
Under 20 Joules	Safe/low
Between 40-122 Joules	Dangerous
Over 122 Joules	Severe damage region

**Conclusiones**

Se referencio el trabajo de titulación realizado por el Ing. Sebastián Olivo en el cual se detallan los planos de las piezas que conforman el arma no-letal, como base para la fabricación en una aleación de Al 7075-T6 de un prototipo experimental.

Se identificó que se cuenta con procedimientos de fabricación como la tecnología de control numérico, software de estrategias de mecanizado y equipo de impresión 3D, para el proceso constructivo del arma no-letal. Ya que lo común de este tipo de armas es de ser desarrollado en sistemas de función por inyección.

Se estableció que el procedimiento constructivo del proceso de fabricación del arma no-letal, se basa principalmente en el diseño y simulación previo a la fabricación, ya que esto nos permite minimizar de mejor manera los errores que se pudieron haber presentado en la elaboración del arma no-letal.

El arma no-letal y sus accesorios se fabricaron haciendo uso de tecnología existente en el país, como fueron: CNC FADAL VMC 3016, torno de precisión de alta velocidad Modelo S430 x 1000 G, impresora 3D Anet modelo E12, impresora 3D AnyCubic Photon e impresora 3D FormLabs. De igual manera los materiales utilizados para su fabricación son de venta libre en el país y estos fueron: Aluminio 7075-T6, PLA Plus y resina de ingeniería Anycubic UV Tough. La fabricación del prototipo tomó aproximadamente 168 horas. Al ser un prototipo experimental los tiempos de fabricación pueden ir bajando, cuando éste entre a producción.

Se concluye que la válvula principal es quien recibe la presión del aire comprimido y no el cuerpo del arma no-letal, con ello se pudo realizar las pruebas de tiro con los proyectiles de pintura, alcanzando una velocidad promedio de disparo de 108.108 m/s y una energía cinética de impacto de 17.53 J, confirmando de esta manera que la probabilidad de lesión ocasionada por los proyectiles es baja y segura.

El uso progresivo de la fuerza con armas no letales en contextos de personas privadas de libertad debe regirse por principios de proporcionalidad y respeto a los derechos humanos. Es fundamental garantizar que la fuerza utilizada sea gradual y proporcional a la amenaza, evitando excesos y respetando la integridad física de los individuos bajo custodia.

Es necesario establecer protocolos claros y específicos para el uso progresivo de la fuerza con armas no-letales en entornos de personal privado de libertad. Estos protocolos deben definir claramente las circunstancias en las que se puede recurrir a estas armas, los límites de su uso y las medidas de control para prevenir abusos y garantizar la seguridad tanto del personal como de los reclusos.

## Referencias bibliográficas

- Agencias de El Comercio. (2021, Febrero 23). Autoridades confirman 62 asesinatos en tres cárceles tras amotinamientos de este 23 de febrero | El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/muertos-heridos-amotinamiento-carceles-ecuador.html>
- Ecrimesagroup. (2023). Como usar la técnica MIM de moldeo de metales. <https://Ecrimesagroup.Com/Es/Como-Usar-La-Tecnica-Mim-de-Moldeado-de-Metales/>.
- Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). Additive Manufacturing Technologies (Springer, Ed.; Second Edition).
- Groover, M. p. (2007). Fundamentos de manufactura moderna (M. E. S. A. Hill, Ed.; Tercera edición).
- High Pressure Technologies. (2023). Moldeo por inyección de metal (MIM). <https://Www.Hiperbaric.Com/Es/Tecnologia-Hip/Tecnicas-de-Fabricacion-Hip/Moldeado-Por-Inyeccion-de-Metal/>.
- National Shooting Sports Foundation. (2020). Informe de la NSSF sobre el impacto económico de la industria de las armas de fuego y las municiones en 2020. <https://Www.Nssf.Org/Wp-Content/Uploads/2020/04/2020-Economic-Impact.Pdf>.
- Olivo, S. (2022). Diseño y simulación de un prototipo de arma no-letal de impacto por energía cinética para munición con agentes RCAs con capacidad para adaptarse a un vehículo táctico milita [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/28150>
- Pepperball. (2021a). Hoja de especificaciones de TAC-SF. [https://www.pepperball.com/wp-content/uploads/2018/12/spec\\_TAC-SF.pdf](https://www.pepperball.com/wp-content/uploads/2018/12/spec_TAC-SF.pdf)
- Pepperball. (2021b). Productos - Pepperball. <https://www.pepperball.com/products/>
- Pepperball. (2021c). Projectiles Archives - Pepperball. [https://www.pepperball.com/product\\_cat/projectiles/](https://www.pepperball.com/product_cat/projectiles/)
- Pepperball. (2021d). VKS TM User Manual VARIABLE KINETIC SYSTEM. [www.pepperball.com](http://www.pepperball.com)
- Pepperball. (2021e). VKSTM Magazine. <https://www.pepperball.com/products/vks-magazine/>
- Pineida, A. (2023). Desarrollo de sistemas de armas antidisturbios para uso en incidentes de desorden público [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36069>
- Puente, D. (2020, January 5). USD 3,6 millones invertidos para armamento no letal para la Fuerza Terrestre en Ecuador. <https://Www.Elcomercio.Com/Actualidad/Inversion-Armamento-Fuerza-Terrestre-Ecuador.Html>.
- Primicias (2022, Noviembre 18). Once masacres carcelarias y 413 presos asesinados en 21 meses. <https://www.primicias.ec/noticias/en-exclusiva/carceles-nueve-masacres-victimas-ecuador/>
- Ramos, D. (2013). USO DE LA INGENIERÍA INVERSA COMO METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA EN LA FORMACIÓN PARA LA INNOVACIÓN. <https://Acofipapers.Org/Index.Php/Eiei/Article/View/1541/1545>.
- Tippmann. (2013). CRONUS Paintball Marker Owner's Manual. <http://paintball.tippmannparts.com/diagrams/TippmannCronusManual.pdf>
- Tippmann. (2016). Tippmann M4 Carbine .68 Caliber. <https://gidirect.com/wp-content/uploads/2019/09/TP04405TippmannM4Carbine68calOwnersManual0716.pdf>

- Tippmann. (2020). Tippmann Paintball. <https://tippmann.com/>
- Tippmann. (2021). 98 Custom Platinum Series Marker. [https://www.academia.edu/11333789/98\\_Custom\\_Platinum\\_Series\\_Marker\\_TIPPMANN\\_98\\_Custom\\_Platinum\\_Series\\_at\\_BULLET\\_with\\_ACT\\_at\\_BULLET\\_Non\\_ACT](https://www.academia.edu/11333789/98_Custom_Platinum_Series_Marker_TIPPMANN_98_Custom_Platinum_Series_at_BULLET_with_ACT_at_BULLET_Non_ACT)
- Tippmann Parts. (2018). Tippmann Cyclone Feed System. <https://www.tippmannparts.com/Tippmann-Cyclone-Feed-System-98-Alpha-Black-p/8304.htm>
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013a). Diseño y desarrollo de productos (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, Ed.; Quinta). -7075- (ALUMINIO – ZINC). (n.d.). Retrieved November 9, 2022, from <https://studylib.es/doc/4907872/-7075---aluminio-%E2%80%93-zinc->