



Análisis de costo efectividad de un programa de prevención de accidentes con armas de fuego en personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

Cost-effectiveness análisis of a Firearms accident prevention program in active duty military personnel of the Colombian Army.

Oveimar Andres Nupan Caicedo

Monografía presentada para optar por el título de Especialista en Evaluaciones Económica en Salud

Asesor: John Edison Betancur Romero Magíster (MSc) en epidemiología

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Económicas
Especialización en Evaluaciones Económica en Salud
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita	(Nupan Caicedo, 2022)
Referencia Estilo Vancouver (2020)	Nupan Caicedo O. A. Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia. [Trabajo de grado Especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín Colombia.



Especialización en Evaluación Económica en Salud, Cohorte II.



Centro de Documentación Economía

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Sergio Iván Restrepo Ochoa.

Jefe departamento: Wilman Arturo Gómez Muñoz.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Este trabajo de grado es parte de la generación de conocimiento a la seguridad y salud en el trabajo y quiero dedicarla a todos los salubristas, quienes incansablemente dan todo por cuidar y proteger la salud de los trabajadores. La profesión del salubrista es de admirar porque siempre están buscando la oportunidad para ayudar a solucionar los problemas sobre la administración de riesgos laborales, que fortalecen la industria y el desarrollo económico del país. Es de vital importancia seguir generando la cultura de prevención en las empresas y sobre todo entender que la seguridad y salud en el trabajo además de ser de obligatorio cumplimiento, se convierte en una estrategia de inversión a mediano y largo plazo.

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas aquellas personas que me apoyaron para la realización de esta evaluación económica empezando por el señor Carlos Miguel Farías Malagón quien fue el principal creador de los dispositivos de seguridad para las armas de fuego del Ejército de Colombia y Segundo Ramos Díaz colaborador logístico; a los integrantes de la especialización en evaluación económica de salud de la Universidad de Antioquia por su orientación y apoyo durante los dos periodos académicos, pero en especial al profesor John Edison Betancur Romero por su gran dedicación y profesionalismo para enseñar y la profesora Paula por su estrategia y liderazgo para impulsar este programa académico con la cual me identifiqué.

Resumen

Introducción. Para las empresas públicas y privadas colombianas, implementar medidas de prevención de accidentes y enfermedades laborales es de obligatorio cumplimiento, en tal sentido las evaluaciones económicas en salud y seguridad en el trabajo también son importantes porque contribuyen a los tomadores de decisiones a seleccionar las alternativas más costo-efectivas a la hora de proteger la salud de los trabajadores.

Objetivos. Analizar el costo-efectividad de un programa de prevención de accidentes con armas de fuego comparado con la no existencia del programa, en personal militar en servicio activo del Ejército.

Métodos. Se realizó un estudio de costo-efectividad, donde el análisis de efectividad se efectuó a partir de un estudio epidemiológico de tipo retrospectivo y observacional; desde de registros de morbimortalidad por accidentes con armas de fuego de personal militar del ejército de Colombia, en el periodo exante 2003-2007 y expost 2009-2013. Para ello se estimaron las tasas de incidencia de accidentes leves-graves, mortales y años de vida potencialmente perdidos (AVPP); así mismo se calcularon los costos directos médicos e indirectos del programa de prevención accidentes con armas de fuego, costos de servicios funerarios y costos de producción de AVPP. Finalmente se estimó la Razón de costo-efectividad y se realizó análisis de sensibilidad de tipo determinístico y probabilístico.

Resultados. La tasa de accidentes mortales más alta fue de 40,8 en el año 2004 por cada 100 mil soldados. Se encontró una reducción del 37% entre el periodo exante y expost en la tasa de accidentes; en general se presentó una reducción en los costos del periodo exante y expost (2003-2007 vs 2009-2013), siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, en los servicios funerarios no se presentaron diferencias significativo ($P > 0,005$).

Conclusión El programa de prevención de accidentes con armas de fuego no se mostró costo efectivo desde la perspectiva del Ejército donde solo se incluyen los costos directos, mientras que desde la perspectiva social que incluye los costos directos médicos e indirectos, este si logra ser altamente costo-efectivo.

Palabras claves. Análisis costo beneficio, economía de la salud, servicios de salud del trabajador, prevención de accidentes, armas de fuego.

Abstract

Introduction. For Colombian public and private companies, implementing measures to prevent occupational accidents and illnesses is mandatory, in this sense, economic evaluations in health and safety at work are also important because they help to make decision makers to select the most suitable alternatives cost-effective in protecting the health of workers.

Methods. In this cost-effectiveness study done, the effectiveness analysis was carried out from a retrospective and observational epidemiological study; from records of morbidity and mortality due to accidents with firearms of military personnel of the Colombian army, in the ex-ante period 2003-2007 and ex post 2009-2013. For this were estimated, the incidence rates of slight-severe accidents, fatal accidents and Potential Years of Life Lost (PYLL); Likewise, this were calculated, the direct and indirect medical costs of the program to prevent accidents with firearms, costs of funeral services and costs of production of PYLL. Finally, the cost-effectiveness ratio was estimated and deterministic and probabilistic sensitivity analyzes.

Results. The highest fatal accident rate was 40.8 in 2004 for every 100,000 soldiers. A 37% reduction was found between the ex-ante and ex-post period in the accident rate; In general, there was a reduction in the costs of the ex-ante and ex post period (2003-2007 vs 2009-2013), this difference being statistically significant. However, in funeral services there were no significant differences ($P>0.005$).

Conclusion The firearms accident prevention program was not shown to be cost effective in the scenario where only direct costs are included, while in the scenario of direct medical and indirect costs it is highly cost-effective.

Key words. Preventive health services, occupational health services, accident prevention, firearms, cost-benefit analysis, economics.

1. Introducción

Los países Miembros de la Comunidad Andina (CAN) incluido Colombia están comprometidos en implementar los Sistema General de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) con el objetivo desarrollar acciones para disminuir accidentes y efectos sobre la salud (1). En Colombia según la Ley 100 de 1993 por la cual se crea el sistema de seguridad social integral, exceptúa a los miembros de las Fuerzas Militares (2); No obstante, las instituciones públicas deben asignar recursos económicos, técnicos y personal para la gestión de los factores de riesgo que impactan salud en el trabajo (3). Actualmente, una de las obligaciones más importantes en materia de riesgos laborales para los empleadores Colombianos es implementar y desarrollar actividades de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades laborales; evaluar el desempeño del SG-SST de acuerdo a los indicadores establecidos que implica identificar las acciones preventivas, más eficientes para el cumplimiento de los estándares mínimos del SG-SST (3). En tal sentido, éste trabajo permite presentar una evaluación económica en SG-SST como herramienta fundamental para la toma de decisiones sobre la efectividad del programa de prevención de accidentes leves-grave o mortal en el Ejército de Colombia.

Actualmente en Colombia, una de las obligaciones más importantes en materia de riesgos laborales para los empleadores, es implementar y desarrollar actividades para la prevención de accidentes de accidentes y enfermedades laborales; evaluar el desempeño del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) de acuerdo a los indicadores de estructura, proceso y resultado, que implica identificar cuáles fueron las acciones preventivas, correctivas más eficientes para el cumplimiento de los estándares mínimos del SG-SST (3). En tal sentido, en éste trabajo se realiza una evaluación económica completa de un programa de prevención de accidente en el marco del SG-SST, lo anterior como una herramienta para orientar la toma de decisiones en salud.

Es así como este trabajo tiene el propósito de analizar el costo efectividad de un programa de prevención de accidentes con armas de fuego en personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

1.1. Planteamiento del problema

En el estudio de mortalidad mundial por armas de fuego 1990-2016, se indica que en 2016 hubo más de 250.000 muertes ocasionadas por armas de fuego, de los cuales el 64% corresponde homicidios, el 27% están relacionados con suicidios y el 9% restante es atribuido a muertes no intencionales. A nivel América, Brasil ocupa el primer lugar (43.200), seguido de Estados Unidos (37.200), México (15.400) y Colombia ocupa el cuarto lugar (13.300) (4) (5). En Colombia; El Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) señala que en periodo entre 1979 y 2005, la mortalidad por armas de fuego, fue más de 20.000 (62%) en torno a operaciones legales y guerra, más de 11.000 casos por suicidios (36%) y 621 casos por muerte accidental (2%) (6). El sector de vigilancia privada 2014, señala que durante los años 2012 y 2013 ocurrieron 17 accidentes fatales por armas de fuego, consideradas como una herramienta de trabajo (7).

Respecto a efectos sobre la salud, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), estima que anualmente en mundo mueren 2,78 millones de trabajadores por accidentes del trabajo y enfermedades laborales; lo que representa un costo cercano al 4% del PIB en términos de días laborales perdidos (8). Estudio en Estados Unidos de América, sobre costos de hospitalización inicial por lesiones de armas de fuego indica, que entre los años 2006 y 2014, reconoció un total de 267.265 pacientes con lesiones por armas de fuego, el cual generó un costo promedio inicial de hospitalización por valor de 734,6 millones de dólares por año (9). Otro estudio indica que entre 2012 y 2014 hubo más de 7.000 niños por año lesionados con armas de fuego con un impacto económico de 17 billones anual en cuidados de salud en todas las edades; es decir un costo promedio anual entre 622 y 743,6 millones US por admisión inicial (10). Por otro lado, estudio de readmisión por lesiones con armas de fuego señala que entre 2010 y 2015 el costo promedio de hospitalización fue de 32,700 USD, donde el 10% se generó en los primeros 6 meses (11). Finalmente estudio sobre lesiones con armas de fuego en población pediátrica 2010-2014 indican que los costos hospitalarios por lesiones con armas de fuego suman 95,5 millones USD anuales (12).

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

A nivel Colombia, las estadísticas de accidentes de trabajo en la ciudad de Cartagena entre 2009-2012, indican que hubo de 12.000 a 14.800 eventos entre mortales y no mortales; el cual genero costos para las aseguradoras que oscilan entre 200 y 320 millones USD anual por conceptos de prestaciones económicas; y un costo de 300 hasta 530 millones USD anual en prestaciones asistenciales (13). De la misma forma la Federación de Aseguradoras Colombianas (FASECOLDA) para el año 2016 estimó que el costo por accidentes de tránsito en Colombia según el responsable de cobertura fue de 2,3 billones de pesos Colombianos (14). Por su parte, el costo relacionado con prestaciones económicas y asistenciales en salud para el Ministerio de Defensa Nacional en el año 2015 fue de \$ 118.414.227.559,70 millones de pesos por concepto de lesiones y 112.871.543.432,84 millones por mortalidad con armas de fuego. Así mismo, para el año 2016 aunque hubo reducción el costo fue de 66.796.411.893,00 por lesiones y 6.368.007.908,59 por mortalidad (15).

El Ejército de Colombia como una institución del Ministerio de defensa Nacional, en su organización y actividades de servicio están expuesto a riesgos físicos inherentes al uso de las armas de fuego, con enormes efectos sobre la salud y seguridad de sus integrantes. Según la Dirección de Preservación del Ejercito (DIPSE) en el año 2021, la accidentalidad de militares con armas de fuego ocupó el cuarto lugar en el ranking de eventos a nivel institucional (16). No obstante, ante ésta problemática, desde el año 2009 se vienen implementando estrategias para prevenir lesiones y costos asociados a los accidentes mortales.

Entre estas, se encuentra el programa de prevención de accidentes con armas de fuego que se desarrolla en el marco del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Este tiene entre sus objetivos; desarrollar actividades que permitan promover el autocuidado, el bienestar laboral aplicando medidas necesarias para prevenir y minimizar los accidentes de trabajo y enfermedades laborales. Igualmente, se plantean como metas la reducción de novedades de muertos fuera de combate en servicio, reducir las novedades de lesiones fuera de combate por causa y con razón del mismo (17). Es así, como estos objetivos y metas puedan contribuir a la racionalización de los recursos disponibles, sin embargo, esta asociación aún no se [aha](#) logrado establecer, toda vez que no se han realizado evaluaciones económicas completas que permitan

evidenciar la efectividad y costos del programa, que sirvan de referencia para orientar, en la toma de decisiones sobre la salud de la población militar (17). En el tal sentido, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es el costo-efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego comparado con la no existencia del programa, en personal militar activo desde la perspectiva del Ejército Nacional de Colombia?

2. Antecedentes teóricos

2.1. Asignación de recursos para implementar medidas de prevención.

El monopolio de las armas de guerra es de uso privativo de los miembros de la fuerza pública, cuya finalidad es la defensa de la soberanía de manera permanente (18). La principal función de las armas es producir disparos que se conciben como una reacción de un agente impulsor producido por la combustión de una sustancia química que expande los gases e impulsa un proyectil (19); para producir lesiones que son el conjunto de alteraciones ocasionadas en un organismo como resultado de los elementos que componen un disparo (20).

Según lo adoptado por el ministerio de trabajo en asuntos de gestión de riesgos laborales desde el año 2012, se entiende como accidente de trabajo a todo suceso repentino que produzca una lesión orgánica o muerte, (21)(13). Un accidente de trabajo puede ser: i. leve, ii. severo y ii. grave, ambos pueden demandar costos de servicios de salud a cargo de los sistema de salud; mientras que los accidentes mortales generan costos asociados a la mortalidad (22)(23).

En el proceso de costeo de recursos, en el marco de una Evaluación de Tecnologías de la Salud (ETS) es necesario identificar, valorar y cuantificar los recursos necesarios para indemnización de víctimas, atención hospitalaria, servicio de emergencias y médicos incluidos en los procesos de rehabilitación. Entre estos, suelen considerarse los costos indirectos, legales, administrativos, de productividad, de reemplazo e investigación (24).

En este sentido, la evaluación económica en salud tiene entre sus objetivos generar evidencia encaminada a demostrar la eficiencia en el uso de los recursos en salud y en el caso particular los recursos destinados en los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGST) (25). Entre los diseños metodológicos que emplea la evaluación económica en salud (EES) se encuentran las evaluaciones económicas completas tales como: 1. Los Análisis de costo-efectividad (ACE), que analizan los costos de las tecnologías en salud y las consecuencias, a partir de medida de efectividad denominadas unidades naturales, entre las cuales se encuentran: muertes evitadas, años de vida ganados o perdidos, cambios en escalas de calidad de vida. De otro lado, están los Análisis de costo-beneficio (ACB) que permite estimar los costos y beneficios de un programa en términos de unidades monetarios, este último a través de la medida de valor presente neto (VPN). Otro diseño son los Análisis de costo-utilidad (ACU), que además de valorar los costos de las intervenciones, mide las consecuencias en salud a partir de medidas de efectividad denominadas años saludables, entre los cuales se encuentran: Años de Vida Ganados Ajustados por Calidad de Vida (AVAC) y Años de Vida Ajustados por Discapacidad (AVAD). Finalmente se encuentran los estudios de minimización de costos, que se caracterizan por presentar igualdad en la medida de efectividad, o dicho de otro modo, cuando los beneficios sobre la salud son similares, por lo cual la decisión está orientada a seleccionar la tecnología con el menor costo (24).

2.2. Análisis de costos

Consiste en examinar el costo de los recursos consumidos sobre el efecto producido por la tecnología en la salud, es decir los costos cargados a la intervención; que resulta de multiplicar la cantidad de recursos consumidos por el costo unitario de cada recurso (26). Es así como, los costos son el valor monetario de la utilización de determinados recursos para producir un tratamiento o programa de prevención. Considerando lo anterior, los costos en el marco de una EES pueden clasificarse de la siguiente forma: i. Costos directos; son todos aquellos recursos y servicios utilizados directamente para el tratamiento de la enfermedad; por el contrario, los ii. Costos indirectos no se derivan de la intervención, sino que están relacionados con la pérdida de producción o productividad, estos pueden ser asociados a quien padecen una condición en salud o

sus cuidadores o acompañantes (27). Entre los costos indirectos también se incluye aquellos asociados a la mortalidad que agregan el valor de los ingresos que dejó de percibir el trabajador en el futuro por muerte prematura durante el periodo de vida productivo; también se puede incluir el costo de los programas de prevención y promoción de la salud (28).

2.2.1. Fuentes de identificación, medición y valoración de los costos.

Una de las formas de valorar la asignación de recursos en salud es mediante la técnica de macrocosteo, el cual estima los recursos de la intervención de forma global para cada evento, en la que pueden ser abordarlos es de la siguiente manera: por grupos relacionados con el diagnóstico (GRD) estandarizados en cada país según la enfermedad que padecen los pacientes y sus complicaciones posteriores; otra alternativa consiste en sumar el total de las unidades de recursos consumidas y luego multiplicar por el valor unitario de cada producto o servicio; por otro lado se pueden tomar las tarifas oficiales para cada región o país (27).

2.3. Análisis costo efectividad

El análisis costo efectividad (ACE), consiste en identificar, evaluar y comparar los costes y los beneficios de las alternativas, que resulta de la diferencia de los costos de alternativas, sobre la diferencia de efectividad de los programas de intervención expresada de la siguiente manera:

$RICE = \frac{CB-CA}{EB-EA}$, donde CA y CB son los costos operativos de los programas, EA y EB son los resultados de efectividad de las alternativas comparadas; la razón incremental costo efectividad (RICE), es el costo adicional por conseguir una unidad adicional de efectividad (29).

2.3.1. Fuentes y métodos de obtención de la efectividad

Para medir los efectos sobre la salud en evaluaciones económica, también se utiliza la medida años de vida ajustados a discapacidad AVAD (DALY en inglés), es un indicador sintético que permite resumir la mortalidad y morbilidad en uno solo. Este indicador puede combinar los años de vida

potencialmente perdidos (AVPP) y los años vida vividos con discapacidad (AVD) dentro del proceso salud enfermedad (30) (31) (32).

2.4. Prueba de hipótesis

Para probar si existe asociación entre dos variables, se puede establecer dos hipótesis; la hipótesis nula (H0) que plantea que las variables analizadas son independientes y la hipótesis alternativa (H1) que plantea que las variables analizadas son dependientes; se calculan las frecuencias esperadas a partir de las observadas a través del estadístico ji-cuadrado (33).

3. Objetivo general

Analizar el costo-efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego comparado con la no existencia del programa, en personal militar en servicio activo del Ejército Nacional de Colombia.

3.1. Objetivos específicos

- ✓ Describir las características sociodemográficas del personal militar en servicio activo que registra accidentes leves-graves o mortales con armas de fuego.
- ✓ Describir la tasa de incidencia de accidentes leves-graves y mortales con armas de fuego.
- ✓ Estimar efectividad y los costos del programa de prevención de accidentes con armas de fuego.
- ✓ Establecer la razón incremental de costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego.

4. Materiales y métodos

4.1. Diseño de investigación

Se desarrolló una evaluación económica completa de tipo costo-efectividad, donde la medición de efectividad y costos se efectuó a partir de un estudio epidemiológico, de tipo observacional, descriptivo y retrospectivo, cuyo propósito fue evaluar la implementación de un programa de prevención de accidentes con armas de fuego. Para ello se conformaron dos grupos de análisis: i. un grupo denominado “Ex – ante” y que correspondió al periodo comprendido entre 2003-2007 cuando no se ejecutaba el programa y ii. un grupo “Ex – Post” que corresponde al periodo 2009-2013, tiempo durante el cual se desarrolló el programa de prevención de accidentes con armas de fuego.

De esta forma, éste estudio se desarrolló en 3 fases: i. Medición de efectividad, ii. Estimación de costos y iii. análisis de costo-efectividad. A continuación, se describe la estrategia metodológica de cada una de estas fases:

4.1.1. Población de referencia o de interés.

La población de estudio fue el personal de oficiales, suboficiales y soldados en servicio activo del Ejército de Colombia.

4.1.2. Unidad de análisis

Corresponde al personal de oficiales, suboficiales y soldados en servicio activo del Ejército de Colombia, que sufrieron un accidente con arma de fuego ocurridos durante los años 2003 y 2013.

4.1.3. Muestra

La muestra fue seleccionada a conveniencia, toda vez que se tomaron todos los registros de accidentes por arma de fuego ocurridos entre los años 2003-2007 y 2009-2013 en personal militar en servicio activo del Ejército Nacional de Colombia.

4.1.4. Criterios de inclusión y exclusión

Inclusión:

- Reporte de accidentes presentados en oficiales, suboficiales y soldados en servicio activo.
- Oficiales, suboficiales y soldados mayores de 18 años

Exclusión:

- Accidentes con armas de fuego presentados en personal civil y militares en uso del buen retiro.

4.1.5. Descripción del programa de prevención de accidente con armas de fuego.

El programa de prevención de accidentes con armas de fuego tiene como objetivo disminuir los accidentes mortales y no mortales por disparos accidentales con armas de fuego institucionales. Entre las estrategias que se desarrollan en el programa, se encuentra; la preparación técnica sobre el manejo de armas, que se realiza durante primera fase de instrucción y/o reentrenamientos que reciben los soldados, por parte de los instructores de armamento y tiro de la misma institución; así mismo el decálogo de seguridad para el manejo de las armas de fuego que contiene medidas preventivas como: Nunca apunte con un arma de fuego cargada o descargada si no tiene intención de usarla; nunca suponga que un arma esta descargada, antes cerciórese, quitando el dedo del disparador y con el cañón hacia arriba, tomando postura de seguridad; nunca practique puntería o tiro seco en sitios distintos a los polígonos, compruebe que el arma este descargado siempre, entre otras medidas de prevención.

El programa de prevención de accidentes con armas de fuego es uno de los componentes en la gestión del riesgo dentro del SG-SST del Ejército, que consistió en desarrollar una serie de dispositivo inertes de acuerdo al calibre de cada arma de fuego, como medida de control entre el medio ambiente y los soldados quienes las utilizan como herramienta para el cumplimiento de sus funciones. Inicialmente este proyecto se empezó a investigar desde el año 2005 y fue aprobado oficialmente desde el año 2009, desde allí se ha mantenido permanentemente como una política de protección de la integridad de los miembros de la institución. Este programa cuenta diferentes elementos elaborados en material plástico y acero inoxidable para cada arma fuego de corto y largo alcance el cual consta de prototipos de cartuchos de seguridad, control de boca de fuego, bandeja de seguridad para lanza granadas y cubiertas para granadas de mano.

4.1.6. Medidas de efectividad

Como medidas de efectividad para valorar el programa de prevención se establecieron las siguientes:

- **Años de Vida Potencialmente Perdidos:** Corresponde a una medida de efectividad que captura la diferencia entre la expectativa de vida y la edad de la muerte. Para la estimación, se utilizó la siguiente formula:

$$APVP = \sum_{x=0}^L dx e_x^*$$

Donde, L: última edad en la que hay sobrevivientes; x: edad de la muerte; dx: número de muertes a la edad x; e_x^* : esperanza de vida a cada edad, según World Health Organization Standard Life Expectancy by single-age for calculating YLL; Based on projected frontier period life expectancy and life table for year 2050, UN Population Division 2013. (34).

- **Tasa de incidencia de accidentes leves-graves y mortales:** Corresponde a medida epidemiológica que captura el número de eventos que ocurren en un lugar y tiempo determinado, en este caso los accidente leves-graves y mortales que se presentaron en cada

uno de los años del periodo de estudio. Estas medidas de efectividad fueron empleadas para valorar el programa, toda vez que el objetivo principal del programa de prevención es disminuir el número de lesionados y accidentes mortales por arma de fuego.

4.1.7. Hipótesis

Las hipótesis que se sometieron a prueba para evaluar la efectividad programa de prevención de accidentes con arma de fuego fueron:

Tasa de incidencia de accidentes leves-graves.

- Hipótesis nula. La reducción de la tasa de incidencia de accidentes leves-graves con armas de fuego no está asociada al programa de prevención.
- Hipótesis alternativa. La reducción de la tasa incidencia de accidentes leves-graves con armas de fuego está asociada al programa de prevención.

Tasa de accidentes mortales.

- Hipótesis nula. La reducción de la tasa de accidentes mortales con armas de fuego no está asociada al programa de prevención.
- Hipótesis alternativa. La reducción de la tasa de accidentes mortales con armas de fuego está asociada al programa de prevención.

Incidencia de años de vida potencialmente perdidos (AVPP).

- Hipótesis nula. La reducción de la incidencia de AVPP en accidentes con armas de fuego no está asociada al programa de prevención.
- Hipótesis alternativa. La reducción de AVPP por accidentes con armas de fuego está asociada al programa de prevención.

Nivel de significación. Cuando el valor de “P” sea inferior a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

4.1.8. Estimación de costos

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

La perspectiva desde la cual se realizó la estimación de los costos, fue desde el Ejército de Colombia. Desde ésta perspectiva se incluyeron los costos directos médicos asociados a la operación del programa de prevención de accidentes con armas de fuego y costos indirectos o de pérdida de productividad que fueron ajustados al año 2022. A continuación, se describe el proceso de estimación según los tipos de costos:

Costos directos médicos: Se valoró el costo de implementación del programa a partir de estrategia de macrocosteo, donde se identificó el total de recursos invertidos para los años 2009 a 2013 por el Ejército en el desarrollo del programa. Igualmente se valoraron los servicios funerarios, según el costo reportado por el Ejército al momento del fallecimiento.

Costos indirectos: En éste caso se valoraron las pérdidas de productividad asociada a muerte prematura, a partir de los Años de Vida Potencialmente Perdidos (AVPP), los cuales fueron estimados para cada fallecido, posteriormente los AVPP se multiplicaron por el salario básico promedio devengado para cada grado de jerarquía militar que ostentaban el fallecido. Los salarios fueron tomados de la tabla salarial del Ejército de Colombia del año 2022, emitido del departamento de la función pública (Decreto 466 de 2022).

4.2. Fuentes de información

Este estudio, fue desarrollado a partir de fuentes de información secundaria como se pasa a describir a continuación:

- **Base de datos con registros de accidentalidad:** La recolección de información de accidentalidad fue recolectada durante el periodo de estudio por la oficina de preservación de la fuerza, a partir de los reportes diarios realizados por los coordinadores de salud ocupacional de cada una de las unidades en todo el territorio nacional, mediante los formatos de recolección de información (FRI) estandarizados.

- **Plan anual de adquisiciones:** Corresponde al documento institucional donde se plasma el presupuesto anual, para el funcionamiento administrativo de la entidad, incluido los rubros destinados para la seguridad y salud en el trabajo.
- **Legislación salarios:** Para el ajuste de costos salariales del personal oficiales, suboficiales y soldados profesionales se tomó como referencia los porcentajes fijados mediante decreto 466 de 2022.
- **Contrato de servicios funerarios:** los costos de los paquetes de servicios funerarios fueron tomados del contrato de servicios funerarios vigente para el año 2022, teniendo en cuenta el escalafón de cargo de oficiales, suboficiales y soldados.
- **Tabla suplementaria OMS de esperanza de vida:** Este es un documento que contiene la ponderación de los años de vida perdidos por muerte prematura avalados por la organización mundial de la salud para la región de las Américas; de donde se tomó el valor de la esperanza de vida para cada uno de los fallecidos.

La evaluación económica se realizó en función de la información de población suministrada con un periodo de estudio que consta de 2 ciclos, como ya se mencionó; el primer ciclo entre el año 2003 y 2007 representa el periodo sin intervención y el segundo ciclo entre 2009 y 2013 la intervención, para un total de 10 años.

Para el desarrollo de esta EES no se empleó una tasa como lo sugiere el Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud (IETS) (34). Lo anterior considerando que se trató de información de costos retrospectiva y estandarizada al año 2022, según los salarios reportados en decreto 466 de 2022. Igualmente, no se efectuó ajuste en las medidas de efectividad, toda vez que la población del Ejército Nacional fue constante para los periodos de análisis, por lo cual no fue necesario realizar ajuste de tasas.

4.2.1. Instrumentos para la recolección de datos y variables

Se diseñó una matriz en Excel para registrar la información, tanto de costos como de efectividad, con las variables que se describen en el anexo 1 de este documento.

4.2.2. Control de sesgos de selección o sesgos en la medición.

Los sesgos de selección ocurren cuando hay un error sistemático en los procedimientos utilizados para seleccionar a los sujetos del estudio por las diferencias entre las características de los sujetos seleccionados (35) (36). Para evitar este tipo de sesgo se realizó una estratificación en la población de estudio por subgrupos de oficiales, suboficiales y soldados. De la misma forma se realizó un ajuste matemático sencillo de tasas brutas según las características de grupo de edad, escalafón, sexo, grado para estimar las proporciones de incidencia de accidentes leves-graves-mortales y AVPP de accidentes mortales.

Otro posible sesgo de este trabajo fue el sesgo de información, el cual se puede presentar cuando no se reporta los eventos asociados a accidentes con armas de fuego. Este sesgo es inherente al control de los investigadores, por lo cual no fue posible controlar.

4.3. Plan de análisis y sistematización de los datos.

En primer lugar, se caracterizó la población de estudio efectuando un análisis a partir de estadística descriptiva, cuya información fue presentada a partir de frecuencias absolutas y relativas. En segundo lugar, para establecer la efectividad del programa, previamente se evaluó el supuesto de normalidad en la distribución de los datos, a partir de la prueba de Kolmogorov smisnof. Posteriormente se realizaron análisis estadísticos a partir de estadística inferencial, mediante la prueba T para diferencias de medias y la prueba de U de Mann Whitmney, en las variables continuas y la prueba de Ji-cuadro para las variables nominales. Este proceso se realizó mediante el software estadístico SPSS; las demás estimaciones se realizaron con Microsoft Excel 2016. Para efectos de esta estimación se asumió un nivel de significancia del 95% y un margen de error del 5%.

En tercer lugar, en la estimación de la tasa bruta de accidentes leves-grave y mortales del Ejército, se realizó a partir de las proporciones de morbimortalidad ocurrida durante el periodo de estudio

(Ex-ante y Ex-post) y el número de soldados activos para cada año. Finalmente, el resultado fue multiplicado por 100 mil, para ser expresado como una tasa por cada 100 mil uniformados en servicio activo.

4.3.1. Análisis de efectividad

Las medidas utilizadas para evaluar la efectividad entre el periodo exante y expost fueron 3 a saber: como desenlace intermedio la tasa de incidencia de accidentes leves-graves; como desenlaces finales, los años de vida potencialmente perdidos (AVPP) y tasa de incidencia de accidentes mortales, así mismo los estadísticos utilizados fueron la media, la desviación estándar y el valor de (P). Para el análisis se efectuaron las pruebas estadísticas ya descritas, que fueron empleadas para establecer la diferencia entre los periodos de estudio.

4.3.2. Análisis de costos

Para evaluar el periodo Ex - ante y Ex -post fueron seleccionados dos tipos de costos: Los costos directos médicos a la vez fueron clasificados en dos categorías; el *costo medico directo* representado por el costo del programa de prevención de accidentes por armas de fuego y el *costo directo no médico* atribuido al costo de los servicios funerarios; mientras que entre los *costos indirectos de productividad* fue incluido el costo de los años de vida potencialmente perdidos (AVPP). Para el análisis de esta información, previamente se evaluó el supuesto de normalidad como ya se indicó y posteriormente la información fue presentada a través de la media acompañando de la desviación estándar, con su respectivo valor de p, con una significación del 95%.

4.3.3. Análisis de la razón costo incremental de efectividad

Para estimar la razón costo incremental de efectividad (RICE) en el periodo Ex - ante y Ex - post se utilizaron dos escenarios; en el primero se incluyó; los costos directos y en el segundo el costo directo e indirecto. La medida utilizada fue la Razón Incremental de Costo de Efectividad expresada de la siguiente manera:

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

$$RICE = \frac{CB-CA}{EB-EA}$$

Donde:

CA= Costos operativo del periodo Ex - ante

CB= Costos operativo del periodo Ex - post

EA= Efectividad del periodo Ex - ante

EB= Efectividad del periodo Ex - post

4.3.4. Análisis de sensibilidad

Para efectos del análisis de incertidumbre, se realizó un análisis determinístico como probabilístico de la siguiente forma:

Determinístico

En el análisis de sensibilidad determinístico se estimó la RICE de una sola vía, mediante distribución de variaciones en el costo, a través de los costos mínimos, promedios y máximos en cada grupo de análisis. Por su parte, la efectividad se manejó constantes, considerando que se trata de un estudio realizado con datos de la vida real. De esta forma, se realizó análisis en dos escenarios; en el primero se analizaron los costos directos y el segundo se incluyó costos directos más costos indirectos.

Probabilístico

Para evaluar la incertidumbre conjunta en el modelo se realizó una simulación de tipo Montecarlo. En esta se realizó análisis de sensibilidad probabilístico a partir de variaciones en los costos distribución uniforme con los costos mínimos y máximos del periodo ex - ante y ex – post. De esta forma, se realizó una simulación de 1000 iteraciones y se representó mediante el grafico de dispersión.

Reglas de decisión

Atendiendo la recomendación de la literatura sugerida por el Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud (IETS) sobre el umbral de costo efectividad el umbral de costo efectividad estimado para Colombia a precios de 2019 fue de US \$4.487,5 por año de vida perdido evitado, con límite inferior de 1.190,3 y límite superior de 7.784,6 (37). El ajuste a pesos colombianos se realizó con fecha 07/07/2022 por un valor de 4.374,98 por dolar y se estableció la siguiente regla de disposición a pagar:

- Si el resultado de la razón de costo-efectividad incremental (RICE) es menor a \$ 19.632.722,75, el programa de prevención de accidentes con armas de fuego evaluado es altamente costo-efectiva.

4.4. Aspectos éticos de la investigación.

De acuerdo a Resolución 8430 de 1993; por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, la presente evaluación económica no representa riesgos; en razón a que la información utilizada fue de registros de eventos de una población “N”; y no tiene señalamiento sobre algún caso en particular.

5. Resultados

5.1. Características sociodemográficas personal militar accidentado con armas de fuego.

En el periodo de estudio 2003 a 2013, se observó un total de 1.932 accidentes con armas de fuego, de los cuales 1.569 (81%) fueron accidentes leve-graves y 361 (19%) mortales; donde el 99% de accidentes leves y mortales se concentra en un rango de edad entre 18 y 32 años. sólo se registró un accidente leve-grave de sexo femenino en el grado teniente; según el escalafón de cargos la mayor proporción de morbimortalidad concentra en la categoría de soldados (92%) (Tabla. 1).

Tabla 1. Características sociodemográficas

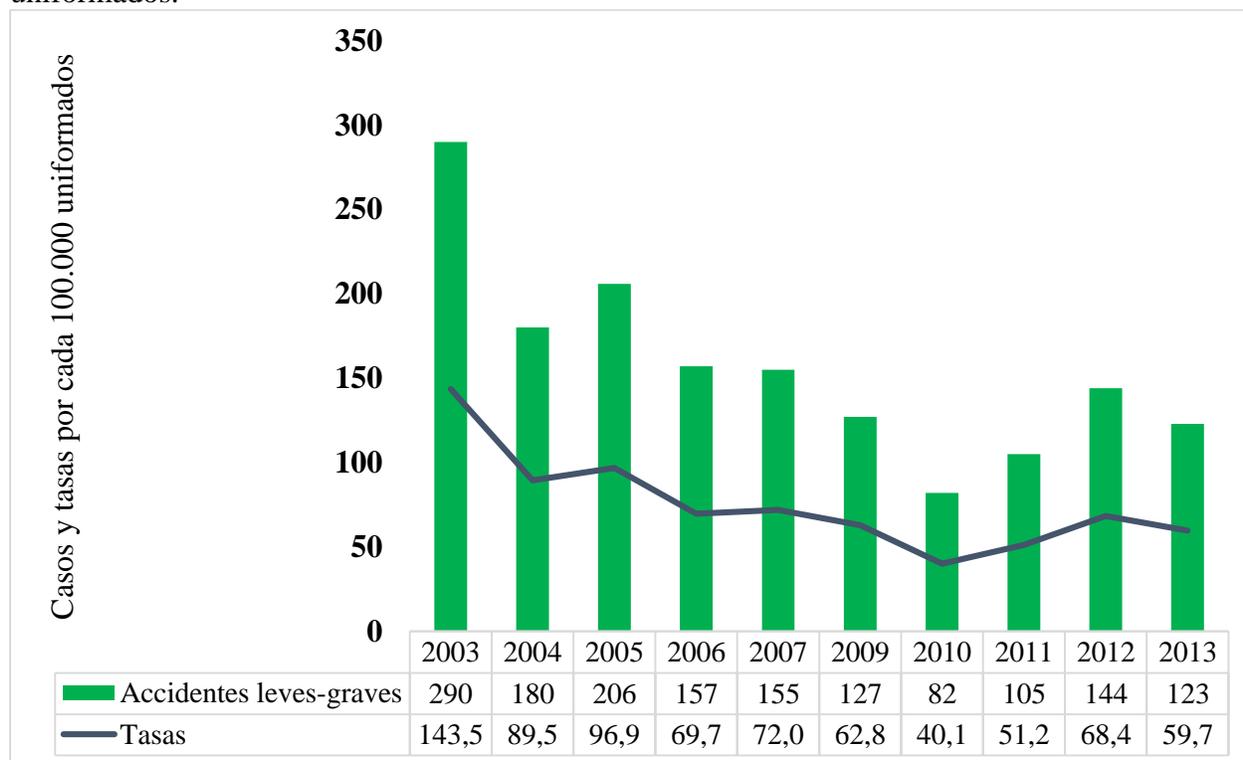
Características	Total accidentes n=1932		Accidente leve-grave n=1569		Accidente mortal n=363	
	Proporción		Proporción		Proporción	
Grupo de edad						
18 hasta 32 años	1918	99%	1557	99%	361	99%
De 33 años o mas	14	1%	12	1%	2	1%
Sexo						
Hombres	1931	100%	1568	100%	363	100%
Mujeres	1	0%	1	0%	0	0%
Escalafón						
Oficial	39	2%	34	2%	5	1%
Suboficial	125	6%	116	7%	9	2%
Soldado	1768	92%	1419	90%	349	96%
Grados						
Subteniente	26	1%	22	1%	4	1%
Teniente	5	0%	5	0%	0	0%
Capitán	7	0%	6	0%	1	0%
Teniente coronel	1	0%	1	0%	0	0%
Cabo 3	57	3%	53	3%	4	1%
Cabo 2	13	1%	12	1%	1	0%
Cabo 1	23	1%	21	1%	2	1%
Sargento	19	1%	19	1%	0	0%
Sargento vice1	9	0%	8	1%	1	0%
Sargento 1	4	0%	3	0%	1	0%
Soldado	1768	92%	1419	90%	349	96%

Fuente: Elaboración propia

5.1.1. Tasa de incidencia de accidentes leves-graves y mortales con armas de fuego por cada 100.000 uniformados.

En la figura 1 se observa que la tasa bruta de accidentes leves-grave más alta con armas de fuego fue de 143 por cada 100.000 habitantes y se presentó al inicio del estudio (2003), mientras la más baja fue de 40 por cada 100.000 uniformados en el año 2010. De esta forma, y como se observó en el grafico 1 la tasa de incidencia presentó una reducción sostenida hasta el año 2010, año a partir del cual presenta un aumento de casos, hasta el año 2012 que inicia nuevamente el descenso.

Figura 1. Tasa de incidencia en accidentes leves-graves con armas de fuego por cada 100.000 uniformados.

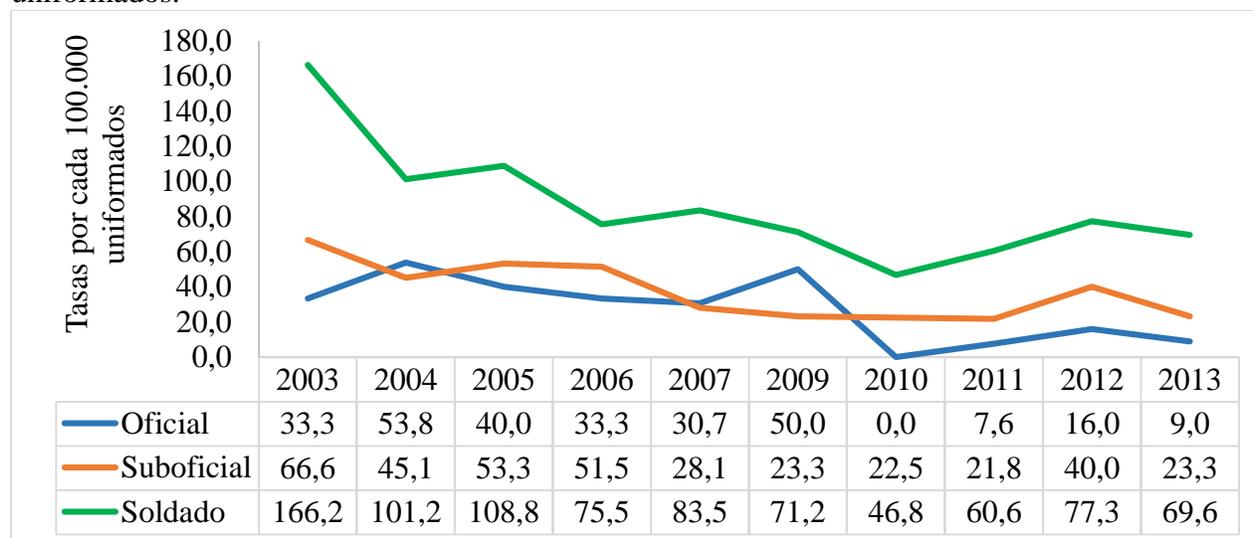


Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la tasa de incidencia de accidentes leves-graves con armas de fuego, se observa que en general hay una tendencia hacia la disminución en los 3 grupos de análisis. Al respecto, se encuentra similitud en las tasas entre oficiales y suboficiales; siendo mayor en el grupo de soldados, como se observa en la figura 2.

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

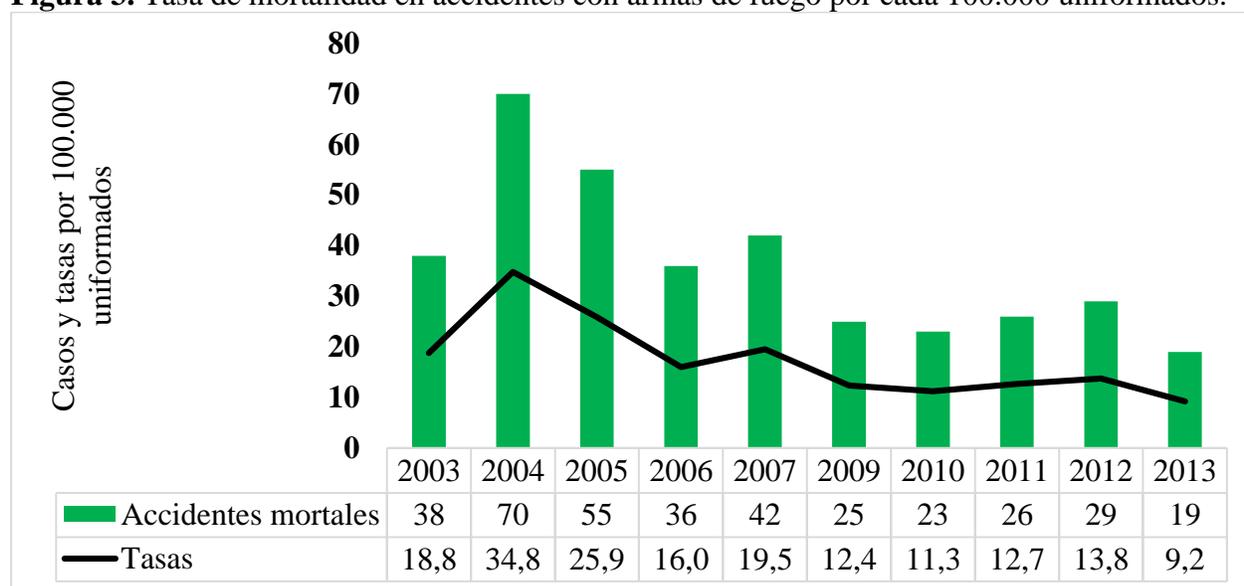
Figura 2. Tasa de incidencia en accidentes leves-graves con armas de fuego por cada 100.000 uniformados.



Fuente: Elaboración propia

Así mismo las tasas por accidentes mortales por cada 100.000 habitantes también ha disminuido durante el periodo de estudio; el valor máximo de tasas se observó en el año 2004 con una tasa de 34 por cada 100.000 uniformados, así mismo en el año 2013 se observó el valor mínimo con 9 por cada cien mil soldados; tal como se muestra en la figura 3.

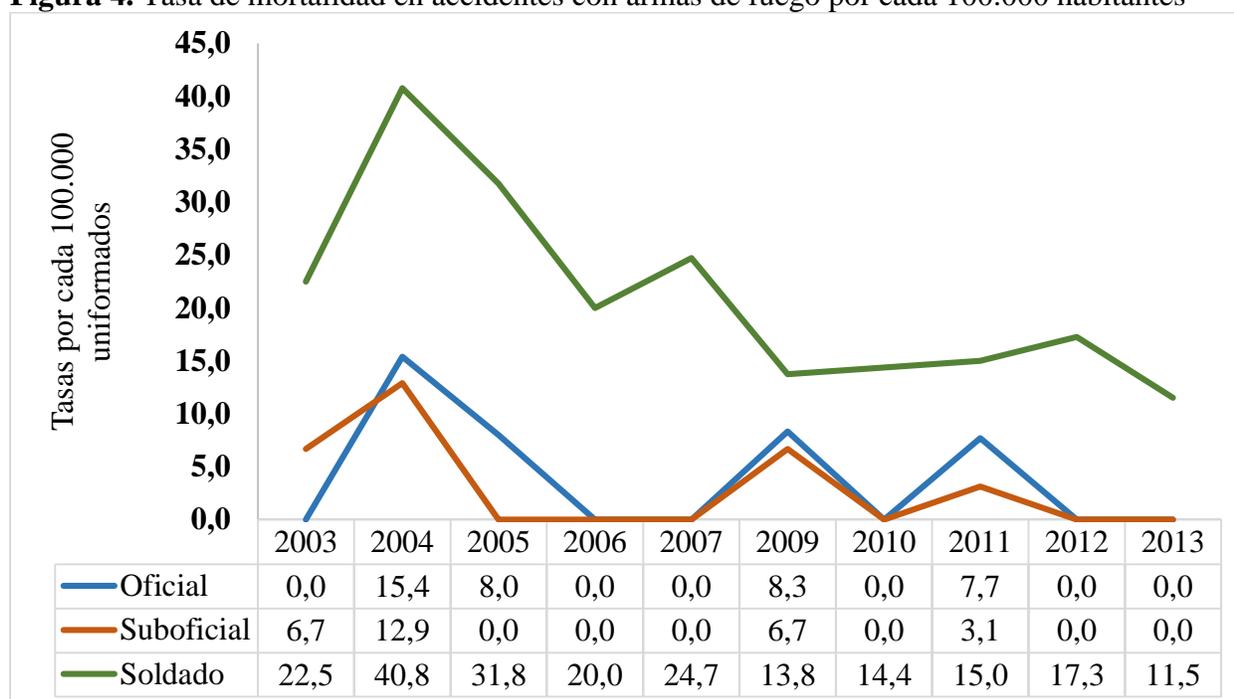
Figura 3. Tasa de mortalidad en accidentes con armas de fuego por cada 100.000 uniformados.



Fuente: Elaboración propia

En el análisis de la figura 4, también se puede observar que la tasa de mortalidad del grupo de soldados también es superior a los grupos de oficiales y suboficiales; la tendencia a la disminución es una constante en los accidentes leves-graves y accidentes mortales.

Figura 4. Tasa de mortalidad en accidentes con armas de fuego por cada 100.000 habitantes



Fuente: Elaboración propia

5.2. Resultados de efectividad

5.2.1. Estimación de efectividad

Al analizar la efectividad en periodo Ex-ante y Ex-post, se observó una reducción en la tasa de incidencia de accidentes leves-graves, mortales y AVPP por armas de fuego, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre ambos periodos. Donde; se evidencio una reducción de 1.002 AVPP para el periodo Ex -post; igualmente se observó una reducción del 33% en la tasa de incidencia de accidentes leves-graves y del 49% en la tasa de accidentes mortales como se observa en la (tabla 2).

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

Tabla 2. Estimación de la efectividad ex ante y ex post

Desenlace en salud	Ex-ante	Ex-post	Valor P*
AVPP, Me (DS)	2.107 (564)	1.104 (192)	0,006
Tasa de incidencia de accidentes leve-grave, Me (DS)	94,3 (29,8)	56,4 (11,05)	0,029
Tasa de accidentes mortales, Me (DS)	23,0 (7,5)	11,8 (1,7)	0,012

Me= Media, DS= Desviación estándar

*Prueba T de student para diferencia de medias

Fuente: Elaboración propia

5.3. Costos

5.3.1. Costos directos e indirectos

Los costos del programa de prevención de accidentes con armas de fuego representaron el 28% (\$324.813.955) sobre el costo total del periodo Ex-post; la diferencia en el costo de servicios funerarios fue de \$ 28.377.993, siendo nominalmente más costoso en el periodo Ex-ante. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Por su parte, la diferencia del costo de los AVPP fue de \$ 787.212.685; por consiguiente, en el periodo Ex Post, se generó un ahorro promedio en este rubro. Así mismo, el costo total del periodo Ex- post, donde se implementó el programa de prevención de accidentes con armas de fuego en el Ejército de Colombia, genero un ahorro monetario de \$ 490.776.723, cuando se compara con el periodo ex ante y en ausencia del programa (Tabla 3).

Tabla 3. Estimación de costos directos e indirectos Ex - ante y Ex - post

Tipo de costos	Ex-ante	Porcentaje	Ex-post	Porcentaje	Valor P
1. Directos médicos					
Programa de prevención, Me (DS)	-		\$324.813.955 (\$ 67.326.129)	28,48%	0,000
2. Directos no médicos					
Servicios funerarios, Me (DS)	\$ 90.313.542 (\$ 30.719.648)	5,54%	\$ 61.935.549 (\$ 9.808.681)	5,43%	0,085
2. Costo indirectos					
Años de Vida Perdidos - AVPP, Me (DS)	\$1.541.043.679 (\$603.955.081)	94,46%	753.830.994 (\$131.802.620)	66,09%	0,022
TOTAL	\$ 1.631.357.221		\$ 1.140.580.498		

Me= Media, DS= Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

5.4. Estimación de la razón incremental costo efectividad (RICE) por escenarios.

En esta evaluación económica de tipo costo-efectividad de un programa de prevención de accidentes con armas de fuego, se analizó en dos escenarios: i. **Escenario 1:** donde solo se incluyen los costos directos y ii. **Escenario 2:** incluye costos directos e indirectos. En ambos escenarios se utilizaron tres medidas de efectividad, de la siguiente manera:

5.4.1. Escenario 1. Costos directos

Al analizar afectividad de la implementación del programa de prevención de accidentes con armas de fuego; se observó una reducción del 52% en los AVPP; 40% en la tasa de incidencia de accidentes leves-graves y 49% en la tasa de accidentes mortales. Así mismo, al Ejército de Colombia, reducir un punto porcentual en los AVPP le costó \$ 565.752.330, en la tasa de accidentes leves-graves le costó \$ 737.570.217 y en la tasa de accidentes mortales costó \$ 608.752.421,96. En tal sentido, en el primer escenario se observó que el programa no es costo-efectivo como se esperaba; teniendo en cuenta que los costos son excesivamente altos con respecto al umbral de disposición a pagar (US\$ 4487.5 año 2019) sugerido por el IETS (37) (COL\$ 19.632.722,75 año 2022) (tabla 4).

Tabla 4. Escenario 1. Costos directos

Alternativa	Efectividad	Efectividad Incremental	Costos	Costo Incremental	RICE
1. AVPP					
Ex-ante	2.107		\$ 90.313.542,00		
Ex-post	1.104	52%	\$ 386.749.504,00	\$ 296.435.962,00	\$ 565.752.330
2. Tasa de incidencia de accidentes leves-graves					
Ex-ante	94		\$ 90.313.542,00		
Ex-post	56	40%	\$ 386.749.504,00	\$ 296.435.962,00	\$ 737.570.217
3. Tasa de accidentes mortales					
Ex-ante	23		\$ 90.313.542,00		
Ex-post	11,8	49%	\$ 386.749.504,00	\$ 296.435.962,00	\$ 608.752.421,96

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Escenario 2. Costos directos + indirectos

Al analizar las tres medidas de efectividad con los costos directos e indirectos, el programa de prevención de accidentes con armas de fuego es dominante, respecto al comparador de no hacer nada, toda vez que es más efectivo y más económico en los 3 desenlaces estudiados, (Tabla 5).

Tabla 5. Escenario 2. Costos directos + indirectos

Alternativa	Efectividad	Efectividad Incremental	Costos	Costo Incremental	RICE
1. AVPP					
Ex-ante	2.107		\$ 1.631.357.221,00		
Ex-post	1.104	52%	\$ 1.140.580.498,00	-\$ 490.776.723,00	-\$ 936.654.489
2. Tasa de incidencia de accidentes					
Ex-ante	94		\$ 1.631.357.221,00		
Ex-post	56	40%	\$ 1.140.580.498,00	-\$ 490.776.723,00	-\$ 1.221.114.643
3. Tasa de mortalidad por accidente					
Ex-ante	23		\$ 1.631.357.221,00		
Ex-post	11,8	49%	\$ 1.140.580.498,00	-\$ 490.776.723,00	-\$ 1.007.845.056,16

Fuente: Elaboración propia

5.5. Análisis de sensibilidad

Determinístico.

En el escenario 1, cuando se efectuaron variaciones a partir de los costos mínimos, se observó una leve reducción de la RICE y con los costos máximos hubo aumento en las cifras de la RICE; pero cualquiera que sea el comportamiento de reducción o incremento, el programa de prevención de accidentes con armas de fuego continúa sin ser costo efectivo para el Ejército de Colombia, cuando solo se consideran los costos directos. Entre tanto, en el escenario 2, el comportamiento de reducción o incremento de la RICE fue similar al primer escenario: pero, aun así, el programa de prevención de accidentes sigue siendo costo-efectivo (dominante) desde la perspectiva social, como se observa en el anexo (tablas 2,3,4,5).

Probabilístico

Al efectuar el análisis de tipo Montecarlo, a partir de 1.000 simulaciones, se encontró que el programa de prevención de accidentes con armas de fuego no es Costo-efectivo en el periodo Ex - post, frente a la ausencia del programa de prevención, como se muestra en el anexo (figura 1,2,3)

6. Discusión

Hallazgos principales.

Este estudio encontró que el programa de prevención de accidentes con armas de fuego disminuye la tasa incidencia de accidentes leves-graves, mortales y en los AVPP asociados a disparos accidentales. La reducción no solo se observó en tasa de incidencia de accidentes, sino que se observó una reducción en costos cercana a los \$ 490.776.723. Así mismo al analizar la razón incremental de costos efectividad, se encontró que, en el escenario donde solo se incluyen los costos directos, el programa de prevención de accidentes con armas de fuego no es costo-efectivo para el Ejército de Colombia; no obstante, en el escenario donde se incluyen tanto, los costos directos e indirectos el programa de prevención (perspectiva de la social), se observó que el programa es dominante.

Relación de los hallazgos con la evidencia publicada.

Este es el primer estudio de tipo costo-efectividad realizado en Colombia, para evaluar un programa de prevención de accidentes con armas de fuego en personal militar en Servicio activo.

Durante el periodo de estudio en el Ejército de Colombia, se presentaron 363 accidentes mortales con armas de fuego; en el periodo Ex-ante (2003-2007) la media en la tasa de mortalidad fue de 23 por cada 100.000 uniformados y disminuyó a 11,8,4 en el periodo Ex-post (2009-2013). Estos resultados, son mayores a los reportados en Estados Unidos en el año 2010 y 2012, donde se reportó una tasa mortalidad general con armas de fuego de 10,23 por cada 100.000 habitantes y el grupo de mortalidad no intencional incluido los accidentes la tasa fue de 3,67 por cada 100.000 habitantes (38).

Otro estudio realizado en Brasil 2020, muestra que la tasa de mortalidad por armas de fuego incrementó de 17,5 en 1990 a 21,5 en 2017, en tanto la mortalidad no intencional se redujo de 0,9 a 0,4 por cada 100.000 habitantes (4). Lo anterior, evidencia que los programas de prevención de

accidentes con armas de fuego contribuyen de manera significativa en la reducción de estos eventos y guarda relación con los resultados obtenidos en este estudio.

Así mismo en el informe de la organización internacional del trabajo (OIT) 2021, se indicó que el comportamiento de tasa de mortalidad en población trabajadora de 183 países miembros de todas las edades entre los años 2000, 2010 y 2016 fue de 0,1 por cada 100.000 trabajadores y se mantuvo constante en el tiempo (39). Finalmente, en estudio Global Mortality From Firearms, 1990-2016 de Global Burden of Disease 2016 Injury, se indicó que la tasa global de mortalidad con armas de fuego se redujo de 4,2 en 1990 a 3,4 en 2016 y la muerte no intencional también disminuyó de 0,6 a 0,3 por cada 100.000 personas (5). En tal sentido se puede observar que el comportamiento de reducción en las tasas de mortalidad coincide en la tendencia a la disminución con el estudio de Global Mortality From Firearms, no obstante, las cifras de mortalidad institucional es 30 o más veces superiores.

Implicaciones para investigaciones futuras.

Este estudio encontró que los programas de promoción y prevención de accidentes con armas de fuego en uniformados, contribuyen en la reducción del número de accidentes. Sin embargo, este trabajo no logro establecer los costos directo médico asociado a la atención de la población que sufre algún tipo de lesión o accidente, por lo cual se recomienda avanzar en esta estimación en futuros estudios.

Así mismo, es imperativo incrementar las evaluaciones económicas en seguridad y salud en el trabajo, de suerte que puedan contribuir en el proceso de toma de decisiones encaminados en implementar medidas de control en la fuente, el medio o los individuos, para prevenir enfermedades y accidentes laborales. Por lo anterior, se sugiere realizar evaluación económica de todos los programas de Seguridad y Salud en el trabajo que se implementan en personal militar, así como en los dispositivos empleados como medidas de protección.

Limitaciones del estudio.

Este trabajo, tuvo importantes limitaciones en su desarrollo, entre las cuales se encuentran las siguientes: La reducción de la tasa de incidencia de accidentes leves-graves, la tasa de accidentes mortales y la reducción de la incidencia de AVPP, no solo pueden estar asociados al programa de prevención de accidentes por armas de fuego. Lo anterior, considerando que pueden existir de manera simultánea otras medidas de control que se desarrollan tanto al interior de la institucional, como fuera de ella y que no lograron ser controlados en este estudio. Igualmente, en los últimos años los enfrentamientos del personal militar han venido presentando una reducción que también puede influir el comportamiento de los desenlaces analizados.

El indicador de años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) es un indicador que resulta de la sumatoria de los Años Vividos con Discapacidad (AVD) y los Años de Vida Potencialmente Perdidos (AVPP) y representa un año de vida saludable perdido, atribuido a la morbilidad y mortalidad, el cual es utilizado como medida de efectividad en evaluaciones económicas de salud. Sin embargo, en éste análisis de costo-efectividad no fue posible estimarlo por la ausencia datos en los registros estadísticos utilizados, además de solo estimar los AVPP.

Otra limitación, es que los resultados obtenidos no fueron posibles compararlos con estudios con realizados en población militar, ya que no se encontró evidencia que sirviera de referencia para este propósito. Igualmente es importante, indicar que en este trabajo no fue posible acceder a los cargos salariales que tienen los uniformados según el lugar de desarrollo de sus actividades, así mismo, tampoco fue posible controlar por variables confusoras toda vez que la institución tiene reserva de ley en cierta información.

Fortalezas del estudio.

El programa de prevención de accidentes con armas de fuego se analizó a partir de tres (3) medidas de efectividad a saber: Los años de vida potencialmente perdidos (AVPP) recomendada por las agencias de ETS, como medida necesaria para el cálculo de los AVAD, la tasa de incidencia de

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

accidentes leves-graves y tasa de accidentes mortales; en el cual las primeras dos medidas son intermedias y la última de desenlace final, como lo sugiere el IETS para Colombia.

7. Conclusión

La morbimortalidad por accidentes con armas de fuego está concentrada en una población joven, con edades oscilan entre 18 y 32 años, solamente se encontró un solo caso de accidente leve-grave en personal femenino, la mayor proporción de accidentes con armas fuego le sucedió al grupo de soldados 92%.

La tendencia de las tasas de incidencia durante el periodo de estudio fue decreciente, con mayor reducción en el periodo posterior a la implementación del programa. La tasa promedio de incidencia de accidentes leves-graves paso de 94,3 a 56,4 por cada 100.000 uniformados, la tasa de accidentes mortales se redujo de 23 a 11,8 y los AVPP se redujeron de 2.107 a 1.104 en el periodo expost. Dado estos resultados se podría aceptar la hipótesis alternativa; el programa de prevención de accidentes con armas de fuego está asociado a la reducción de morbimortalidad de accidentes con armas de fuego.

La inversión del programa de prevención esta correlacionada con la disminución de los costos indirectos. En tanto que, la estimación de costos directos e indirectos indican que hubo reducción en el costo de AVPP y servicios funerarios, sin embargo, éste último no es estadísticamente significativo ($P > 0,05$); mientras que el costo de implementación del programa de prevención de accidentes con armas de fuego incrementó el costo promedio anual en el periodo expost. Sin embargo, la diferencia del costo total reducido entre el periodo exante y expost posiblemente le ahorro al Ejército de Colombia por lo menos \$ 490.776.723.

Al realizar el análisis de costo efectividad en el primer escenario que solo incluye los costos directos, el programa de prevención de accidentes con armas de fuego no es costo efectivo desde la perspectiva del Ejército de Colombia. Mientras que en el segundo escenario de análisis que incluye los costos directos más los costos indirectos del programa antes mencionado, sí es costo efectivo, pero desde la perspectiva social.

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

Al realizar el análisis de sensibilidad determinístico a la RICE, se estableció que dichos valores son afectados por la fluctuación de los costos mínimos y máximos; así mismo ninguna simulación Montecarlo demostró que el programa de prevención de accidentes con armas de fuego es costo efectivo para el Ejército, si solo se tiene en cuenta los costos directos.

8. Declaración de originalidad y conflictos de interés

El autor del presente manuscrito declara que este es un trabajo original, que se ha desarrollado como parte de la especialización en Evaluación Económica de la Salud de la Universidad de Antioquia y sin ningún conflicto de interés.

9. Referencias bibliográficas

1. Instrumento Andino Decisión 584. Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. Decisión 584, Sustitución la decisión 547 [Internet]. 2004;4–13. Available from: <https://bit.ly/3G9qVCP>
2. Congreso de la República de Colombia. Ley 100 de 1993 por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones. J Chem Inf Model. 2013;53(diciembre 23):1689–99.
3. Ministerio de Trabajo. Decreto 1072 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. República Colomb [Internet]. 2015;(Riesgos laborales):326. Available from: <http://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/DUR%0ASector+Trabajo+Actualizado+a+15+de+abril+de+2016.pdf/a32b1dcf-7a4e-8a37-ac16-c121928719c8%0Ahttp://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/50711/DUR+Sector+Trabajo+Actualizado+a+Abril+de+2017.pdf/1f52e341->
4. Malta DC, Soares Filho AM, Pinto IV, De Souza Minayo MC, Lima CM, Machado ÍE, et al. Association between firearms and mortality in Brazil, 1990 to 2017: A global burden of disease Brazil study. Popul Health Metr [Internet]. 2020;18(Suppl 1):1–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12963-020-00222-3>
5. Nand D, Naghavi M, Marczak LB, Kutz M, Shackelford KA, Arora M, et al. Global mortality from firearms, 1990-2016. JAMA - J Am Med Assoc. 2018;320(8):792–814.
6. Restrepo J, Aguirre K. El control de armas como estrategia de reducción de la violencia en Colombia: pertinencia, estado y desafíos. Criminalidad. 2010;52(1):265–84.
7. Florida N, López C, Pocomucha V. CORE View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk. 2012;2(2):35–43.
8. Organización Internacional del Trabajo. Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. Aprovechar 100 años de experiencia [Internet]. Sistema de Gestión. 2019. 86 p. Available from: http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/kemi/pest/pesti2.htm
9. Spitzer SA, Staudenmayer KL, Tennakoon L, Spain DA, Weiser TG. Costs and financial burden of initial hospitalizations for firearm injuries in the United States, 2006-2014. Am J

- Public Health. 2017;107(5):770–4.
10. Evans PT, Pennings JS, Samade R, Lovvorn HN, Martus JE. The financial burden of musculoskeletal firearm injuries in children with and without concomitant intra-cavitary injuries. *J Pediatr Surg* [Internet]. 2020;55(9):1754–60. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2019.09.030>
 11. Spitzer SA, Vail D, Tennakoon L, Rajasingh C, Spain DA, Weiser TG. Readmission risk and costs of firearm injuries in the United States, 2010-2015. *PLoS One*. 2019;14(1):2010–5.
 12. Quiroz HJ, Casey LC, Parreco JP, Willobee BA, Rattan R, Lasko DS, et al. Human and economic costs of pediatric firearm injury. *J Pediatr Surg* [Internet]. 2020;55(5):944–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2020.01.045>
 13. Acevedo K, Contreras M. Costos De Los Accidentes Laborales: Cartagena-Colombia, 2009-2012. *Ciencias Psicológicas* [Internet]. 2016;10(1):31–41. Available from: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/cp/v10n1/v10n1a04.pdf>
 14. Romero LC. Costos de la Accidentalidad Vial en Colombia. *Fed Asegur Colomb Fasecolda*. 2018;(estimaciones del costo de los accidentes de tránsito para el Sistema de Seguridad Social Integral de Colombia):64.
 15. Duran Buritica JW. Incidencia en el presupuesto de la nación - Ministerio de Defensa Nacional, por el pago de sentencias de accidentes de los miembros del Ejército Nacional con armas de dotación fuera de combate. 2017;110265:110493.
 16. Registro de accidentes ejercito de colombia 2021.
 17. De I, El SEN. Plan institucional en seguridad y salud en el trabajo. 2022;(4261498). Available from: https://www.ejercito.mil.co/enio/recurso_user/doc_contenido_pagina_web/800130633_4/496900/plan_institucional_en_seguridad_y_salud_en_el_trabajo_2022_ajustado_2021.12.23.pdf
 18. Congreso. Constitución política de Colombia 1991 preambulo el pueblo de Colombia. 1991;108.
 19. Colombia R de. Decreto 2535 de 1993 por el cual se expiden normas sobre las armas, municiones y explosivos. Alcaldía Mayor Bogotá DC [Internet]. 1993;1993(diciembre

-
- 17):1–10. Available from:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1540>
20. López Bravo M, María del Cisne R, Mejía Suarez E, Ordoñez Mullo L. Muertes Por Lesiones Producidas Por Armas De Fuego Y Explosivos, Registradas En El Instituto De Ciencias Forenses Y Criminalística De Quito Desde El Año 2017 Al 2019. *Univ Cienc y Technol.* 2020;24(103):35–40.
21. Zambrano AM. Ley 1562 de 2012 por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud. *Congr Colomb [Internet]*. 2012;(23):1–22. Available from:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley-1562-de-2012.pdf>
22. Minsalud. Guía para el reporte, investigación de incidentes, accidentes y enfermedades laborales ministerio de salud y protección social bogotá, julio de 2021. 2021;1–10.
23. Janssens ML, Wayendt N. Resolución 1401 de 2007 por la cual se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo. *D Of 46638 Minist la Protección Soc.* 2007;638(mayo 14).
24. Serra F. La seguridad y salud en el trabajo. *Prevyso.* 2020;13(1998):1.
25. Mejía Mejía A. Evaluación económica de programas y servicios de salud Economic evaluation of health programs and services Avaliação econômica de programas e serviços de saúde. 2008;7(53):91–113. Available from:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rgps/v7n15/v7n15a06.pdf>
26. Puig-Junoy J, Ortún-Rubio V, Pinto-Prades JL. Costs of economic evaluation of health technologies. *Aten Primaria [Internet]*. 2001;27(3):186–9. Available from:
[http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567\(01\)78795-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567(01)78795-1)
27. Soto Álvarez J. Diseño Y Realización De Evaluaciones Económicas a Través De Modelos Analíticos De Decisión. *Evaluación económica de medicamentos y tecnologías sanitarias:* 2012. 171–216 p.
28. Ripari N, Moscoso N, Elorza M. Costos de enfermedades: una revisión crítica de las metodologías de estimación. *Lect Econ Antioquia.* 2012;núm. 77(77):253–82.
29. Prieto L, Sacristán JA, Antoñanzas F, Rubio-Terrés C, Pinto JL, Rovira J, et al. Cost-

- effectiveness analysis in the economic assessment of health interventions. *Med Clin (Barc)*. 2004;112(13):505–10.
30. Martínez R, Soliz P, Caixeta R, Ordunez P. Reflection on modern methods: Years of life lost due to premature mortality - A versatile and comprehensive measure for monitoring non-communicable disease mortality. *Int J Epidemiol*. 2019;48(4):1367–76.
 31. Alvis N. Los QALYs y DALYs como indicadores sintéticos de salud QALYs and DALYs as synthetic indicators of health. *Rev Med Chil*. 2010;138(Supl 2):83–7.
 32. Martínez R, Soliz P, Caixeta R, Ordunez P. Años de vida perdidos por muerte prematura: una medida versátil y abarcadora para el monitoreo de la mortalidad por enfermedades no transmisibles. *Rev Panam Salud Pública [Internet]*. 2019;43:1–10. Available from: Se promovieron estrategias de educación para el empleo en miembros de la familia con posibilidad de trabajar, con miras a mejorar la economía familiar.
 33. Quevedo Ricardi F. The chi-square. *Medwave*. 2011;11(12):e5266–e5266.
 34. Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud. Manual para la elaboración de evaluaciones económicas en salud [Internet]. 2014. 1–67 p. Available from: https://www.iets.org.co/Archivos/64/Manual_evaluacion_economica.pdf
 35. Stuckless S, Parfrey PS. Bias in Clinical Research. *Methods Mol Biol*. 2021;2249(3):17–34.
 36. Molina AM, Ochoa SC. Errores en epidemiología. Errores sistemáticos. Factores de confusión y modificación del efecto. *Evid Pediatr [Internet]*. 2016;12(16):1–4. Available from: <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/6872/errores-en-epidemiologia-errores-sistematicos-factores-de-confusion-y-modificacion-del-efecto>
 37. Espinosa O, Rodríguez-Lesmes P, Orozco L, Ávila Di, Enríquez H, Romano G, et al. Estimating cost-effectiveness thresholds under a managed healthcare system: Experiences from Colombia. *Health Policy Plan*. 2022;37(3):359–68.
 38. Fowler KA, Dahlberg LL, Haileyesus T, Annet JL. Firearm injuries in the United States. *Prev Med (Baltim) [Internet]*. 2015;79:5–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.06.002>
 39. Report GM. WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, 2000–2016. 2016. 2000–2016 p.

10. Anexos

Tabla 1. Variables de estudio

Categoría	Nombre	Definición conceptual	Definición operacional	Valores posibles	Nivel de medición
Accidentes con armas de fuego	Sexo	Condición orgánica, masculina o femenina, de los animales y las plantas.	Registro de personas con sexo masculino y femenino	Masculino, femenino	Nominal
	Escalafón	Lista de los individuos de una corporación, clasificados según su grado, antigüedad, méritos.	Registro de personas con la categoría de oficial, suboficial o soldado	Oficial, suboficial, soldado	Ordinal
	Grado	Cada lugar de la escala en la jerarquía de una institución, especialmente en la militar.	Registro de personas según el grado de jerarquía.	Subteniente, teniente, capitán, mayor, teniente coronel, cabo3, cabo2, cabo1, sargento2, sargento vice1, sargento1. Soldado	Ordinal
	Grupo de edad	Grupo de personas que comparten edad o momento vital.	Registro de personas agrupadas según la edad de muerte	[18;32], [33;36.5]	Ordinal

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

Accidente	Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, o la muerte.	Registro de personas que sufrieron accidentes con armas de fuego.	de que	Mortal, grave-level	Ordinal
Expectativa a vida	Cantidad de años que vive una determinada población absoluta o total en un cierto periodo.	Registro de personas el tiempo hipotético por vivir	de según	[56.16; 72.06]	Razón
Años de vida perdidos por muerte prematura. AVPP.	Pérdida que sufre la sociedad como consecuencia de la muerte de personas jóvenes o de defunciones prematuras.	Registro de personas conforme al número de años que dejaron de vivir.	de al	[19.66; 51.56]	Razón
Salario	Remuneración que recibe el trabajador en el contrato de trabajo como contraprestación por sus servicios.	Registro de personas conforme a los salarios percibidos para el año 2022.	de a los	[477.960; 3.786.944]	Razón
Servicios funerarios	Servicio de apoyo a las familias para mitigar el duelo por la muerte de una persona.	Apoyo de servicios funerarios extendido a los familiares de la persona fallecida	de	Oficial, suboficial, soldado	Ordinal

Fuente: Elaboración propia

Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

Tabla 2. Análisis de sensibilidad determinístico con costos directos mínimos

Alternativas	Efectividad	Efectividad Incremental	Costos	Costo Incremental	RICE
1. AVPP					
Ex-ante	2.107		\$ 59.593.894,00		
Ex-post	1.104	52%	\$ 309.614.694,00	\$ 250.020.800,00	\$ 477.168.320
2. Tasa de incidencia de accidentes leves-graves					
Ex-ante	94		\$ 59.593.894,00		
Ex-post	56	40%	\$ 309.614.694,00	\$ 250.020.800,00	\$ 622.083.415
3. Tasa de accidentes mortales					
Ex-ante	23		\$ 59.593.894,00		
Ex-post	11,8	49%	\$ 309.614.694,00	\$ 250.020.800,00	\$ 513.435.571,43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Análisis de sensibilidad determinístico con costos directos + indirectos mínimos

Alternativas	Efectividad	Efectividad Incremental	Costos	Costo Incremental	RICE
1. AVPP					
Ex-ante	2.107		\$ 996.682.492,00		
Ex-post	1.104	52%	\$ 931.643.068,00	\$ 65.039.424,00	-\$ 124.128.683
2. Tasa de incidencia de accidentes					
Ex-ante	94		\$ 996.682.492,00		
Ex-post	56	40%	\$ 931.643.068,00	-\$ 65.039.424,00	-\$ 161.826.324
3. Tasa de mortalidad por accidente					
Ex-ante	23		\$ 996.682.492,00		
Ex-post	11,8	49%	\$ 931.643.068,00	-\$65.039.424,00	-\$ 133.563.102,86

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Análisis de sensibilidad determinístico con costos directos máximos

Alternativas	Efectividad	Efectividad Incremental	Costos	Costo Incremental	RICE
1. AVPP					
Ex-ante	2.107		\$ 121.033.190,00		
Ex-post	1.104	52%	\$ 463.884.314,00	\$ 342.851.124,00	\$ 654.336.339
2. Tasa de incidencia de accidentes leves-graves					
Ex-ante	94		\$ 121.033.190,00		
Ex-post	56	40%	\$ 463.884.314,00	\$ 342.851.124,00	\$ 853.057.018
3. Tasa de accidentes mortales					
Ex-ante	23		\$ 121.033.190,00		
Ex-post	11,8	49%	\$ 463.884.314,00	\$ 342.851.124,00	\$ 704.069.272,50

Fuente: Elaboración propia

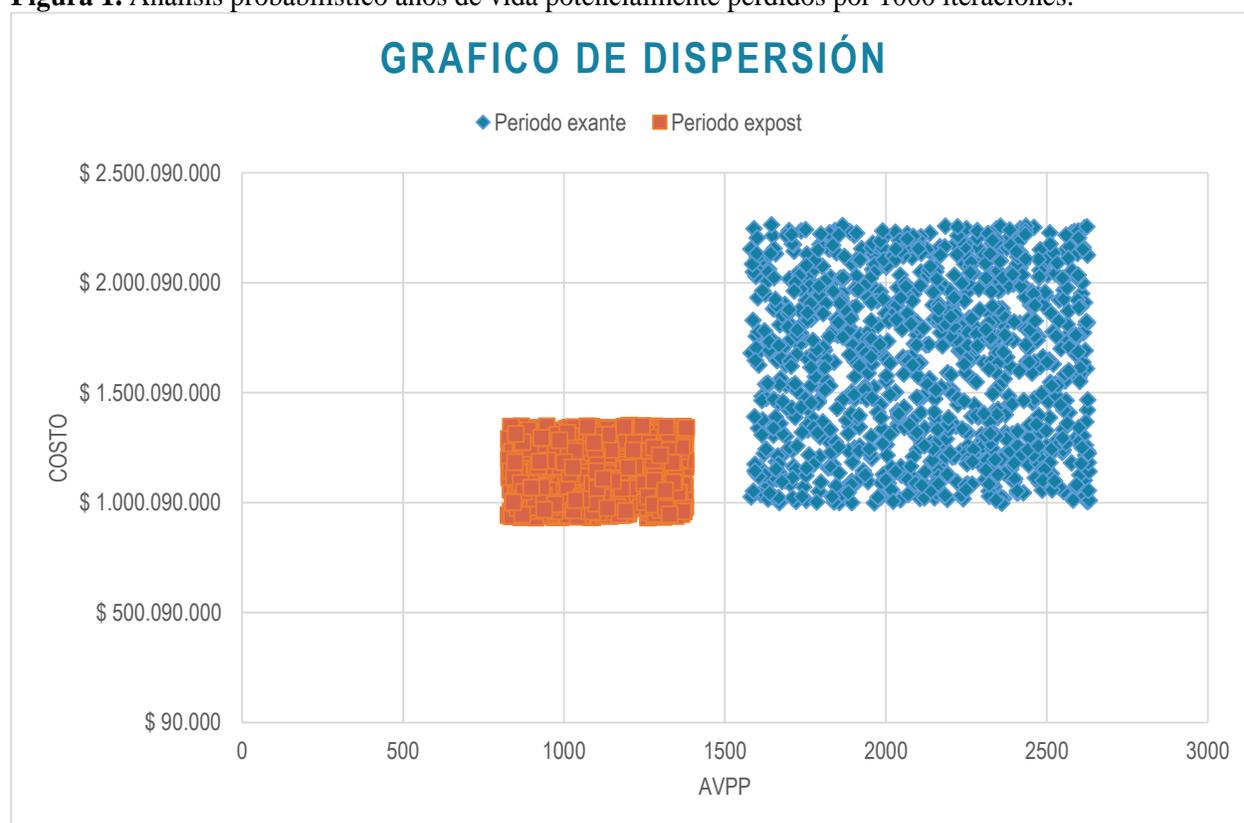
Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

Tabla 5. Análisis de sensibilidad determinístico con costos directos + indirectos máximos

Alternativas	Efectividad	Efectividad Incremental	Costos	Costo Incremental	RICE
1. AVPP					
Ex-ante	2.107		\$2.266.031.950,00		
Ex-post	1.104	52%	\$1.349.517.928,00	-\$ 916.514.022,00	-\$ 1.749.180.294
2. Tasa de incidencia de accidentes					
Ex-ante	94		\$2.266.031.950,00		
Ex-post	56	40%	\$1.349.517.928,00	-\$ 916.514.022,00	-\$ 2.280.402.962
3. Tasa de mortalidad por accidente					
Ex-ante	23		\$2.266.031.950,00		
Ex-post	11,8	49%	\$1.349.517.928,00	-\$916.514.022,00	-\$1.882.127.009,46

Fuente: Elaboración propia

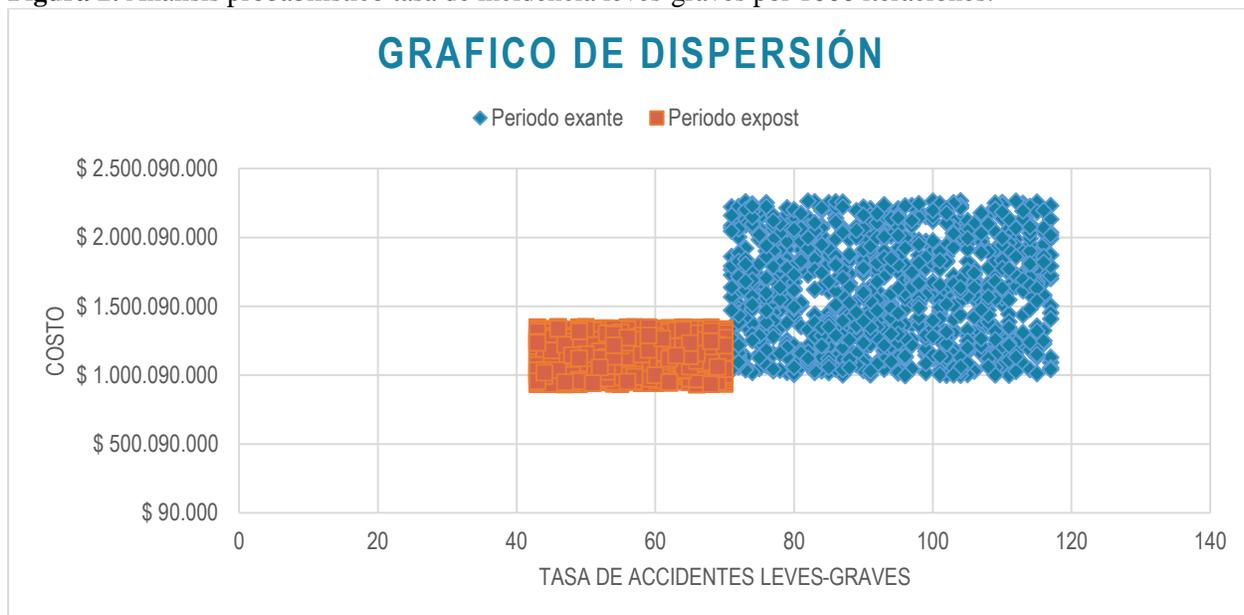
Figura 1. Análisis probabilístico años de vida potencialmente perdidos por 1000 iteraciones.



Fuente: Elaboración propia

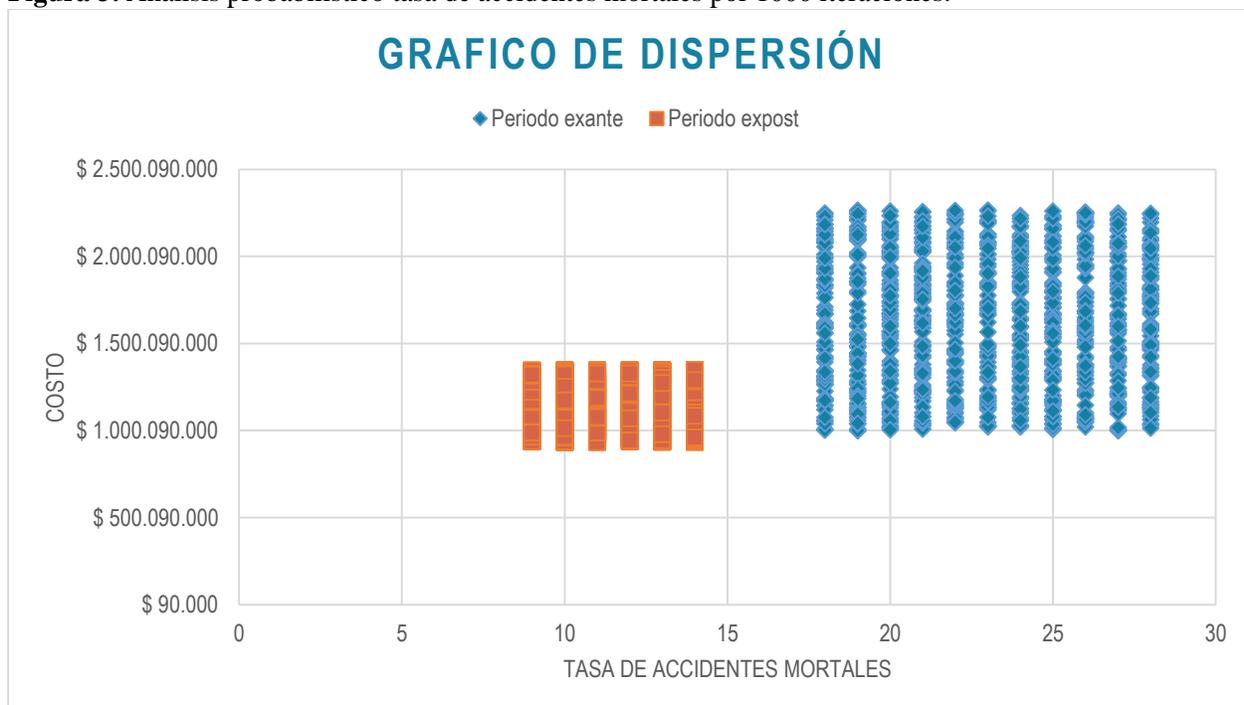
Análisis costo efectividad del programa de prevención de accidentes con armas de fuego de personal militar en servicio activo del Ejército de Colombia.

Figura 2. Análisis probabilístico tasa de incidencia leves-graves por 1000 iteraciones.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Análisis probabilístico tasa de accidentes mortales por 1000 iteraciones.



Fuente: Elaboración propia