



## Prevención de lesiones musculoesqueléticas en bomberos mediante programas de acondicionamiento física, ergonomía aplicada y seguridad y salud ocupacional durante operaciones de emergencia.

*Preventing musculoskeletal injuries in firefighters through physical conditioning programs, applied ergonomics, and occupational health and safety during emergency operations.*

Cristhian Isaac Macias Piloza<sup>1</sup>

cimacias@itsoriente.edu.ec.

**Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)**

Riobamba, Ecuador

Benjamín Gabriel Quito Cortez<sup>2</sup>

benjaminquito@bqc.com.ec

**Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)**

Riobamba, Ecuador

Daniela Fernanda Vásconez Duchicela<sup>3</sup>

danielavasconez@bqc.com.ec

**Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)**

Riobamba, Ecuador

Recepción: 05-01-2026

Aceptación: 09-02-2026

Publicación: 30-03-2026

**Como citar este artículo:** Macias, C. Quito, B. Vásconez, D. (2026). **Prevención de lesiones musculoesqueléticas en bomberos mediante programas de acondicionamiento física, ergonomía aplicada y seguridad y salud ocupacional durante operaciones de emergencia.** *Metrópolis*. Revista de Estudios Globales Universitarios, 7 (1), pp. 1962-1991.

<sup>1</sup> Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional. Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO); Maestrante en Herramientas de Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo. (ITSO).

<sup>2</sup> Abogado, Magister en Educación (Universidad Bicentenario de Aragua) Venezuela, Magister en Ciencias Gerenciales (Universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Doctor en Ciencias de la Educación PHD (UBA) Venezuela, Doctor en Ciencias Gerenciales PHD (universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Postdoctorado en Ciencias de la Educación (UBA) Venezuela.

<sup>3</sup> Ingeniera Mecánica mención Automotriz (Universidad Tecnológica América), Magister en Talento Humano (Universidad Internacional SEK), Magister en Administración de Empresas (Universidad Internacional del Ecuador), Doctor en Ciencias de la Educación PHD por la Universidad Bicentenario de Aragua, Venezuela.





## Resumen

Las afecciones musculoesqueléticas representan una de las principales causas de limitación física y ausentismo entre el personal de respuesta a emergencias, siendo los bomberos uno de los grupos más expuestos. El propósito de esta revisión sistemática fue examinar la literatura científica reciente sobre estrategias efectivas para prevenir este tipo de lesiones, considerando tres ejes de intervención: el acondicionamiento físico estructurado, la ergonomía aplicada y la gestión de seguridad y salud ocupacional durante las operaciones de emergencia. Se efectuó una búsqueda exhaustiva en bases de datos internacionales como PubMed, Scopus, Web of Science y Scielo, abarcando publicaciones comprendidas entre los años 2015 y 2025. Los estudios seleccionados evidencian que los programas de entrenamiento funcional combinados con medidas ergonómicas y acciones preventivas institucionales disminuyen de forma significativa la incidencia de lesiones musculares y articulares en el personal operativo. En conclusión, la evidencia científica respalda la implementación de un enfoque integral de prevención, basado en la preparación física específica, la adecuación ergonómica del entorno laboral y el fortalecimiento de la cultura de seguridad ocupacional, como pilares fundamentales para preservar la salud y el desempeño de los bomberos en contextos de alta exigencia física. **Palabras clave:** bomberos, lesiones musculoesqueléticas, ergonomía, acondicionamiento físico, salud ocupacional, prevención.

## Abstract

Musculoskeletal conditions represent one of the main causes of physical limitations and absenteeism among emergency response personnel, with firefighters being one of the most at-risk groups. The purpose of this systematic review was to examine the recent scientific literature on effective strategies to prevent these types of injuries, considering three intervention axes: structured physical conditioning, applied ergonomics, and occupational health and safety management during emergency operations. A comprehensive search was conducted in international databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and Scielo, covering publications from 2015 to 2025. The selected studies show that functional training programs combined with ergonomic measures and institutional preventive actions significantly reduce the incidence of muscle and joint injuries in operational personnel. In conclusion, scientific evidence supports the implementation of a comprehensive prevention approach based on specific physical preparation, ergonomic adaptation of the work environment, and strengthening a culture of occupational safety, as fundamental pillars for preserving the health and performance of firefighters in physically demanding environments. **Keywords:** firefighters, musculoskeletal injuries, ergonomics, physical conditioning, occupational health, prevention.





## **Introducción.**

El trabajo de los bomberos es considerado una de las profesiones más exigentes, tanto física como operativamente, debido a la exposición continua a cargas pesadas, posturas forzadas, movimientos imprevistos y el uso de equipos de protección personal de gran peso, los cuales alteran la biomecánica natural del cuerpo. Esta combinación de factores aumenta significativamente la probabilidad de sufrir lesiones musculoesqueléticas, LME, especialmente en la región lumbar, hombros, rodillas y otras articulaciones esenciales (Kengne y Leach, 2022). Ante esta realidad, resulta imprescindible que los cuerpos de bomberos, junto con las instituciones de emergencia y los profesionales en salud ocupacional, implementen estrategias preventivas basadas en evidencia científica.

El acondicionamiento físico constituye un elemento clave para reducir la incidencia de LME. Durante las operaciones de emergencia, las exigencias cardiovasculares y musculares pueden compararse con las que enfrentan deportistas de alto rendimiento. Estudios recientes han demostrado que tanto la condición física general como la salud de músculos y articulaciones inciden directamente en el desempeño laboral y en la susceptibilidad a lesiones (Teegardin, 2024). En este sentido, los programas de entrenamiento que incluyen fuerza, resistencia, flexibilidad y estabilidad postural, adaptados a las tareas específicas de los bomberos, permiten mejorar la tolerancia al esfuerzo y disminuir la frecuencia de lesiones.

Por otro lado, la ergonomía aplicada es fundamental para minimizar los riesgos asociados con la manipulación de cargas pesadas y las posturas forzadas. Actividades como arrastrar mangueras, ascender escaleras, trasladar víctimas y operar en espacios confinados generan un alto estrés





biomecánico, aumentando la fatiga y el riesgo de daño musculoesquelético. Un estudio sobre posturas de bomberos durante tareas simuladas reveló que más del 45% de los episodios evaluados requerían intervención ergonómica crítica (Hosseini, 2024), lo que evidencia la necesidad de optimizar herramientas, técnicas de trabajo y formación ergonómica del personal.

La gestión de seguridad y salud ocupacional completa este enfoque integral. Su implementación incluye cultura organizacional, seguimiento médico preventivo, planificación de pausas activas y protocolos de trabajo seguro. Revisiones recientes resaltan la importancia de establecer programas estructurados de acondicionamiento físico, bienestar y seguridad para mitigar la incidencia de LME (OSHA, 2024). La combinación de estas tres áreas acondicionamiento físico, ergonomía y seguridad ocupacional potencia los efectos preventivos y contribuye a reducir lesiones, optimizar el desempeño y garantizar la sostenibilidad del personal.

La presente revisión sistemática tiene como objetivo analizar la evidencia actual sobre estas estrategias preventivas y ofrecer recomendaciones aplicables en contextos de emergencia, formulando la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo contribuyen los programas de acondicionamiento físico, la ergonomía aplicada y la seguridad y salud ocupacional en la prevención de lesiones musculoesqueléticas en bomberos durante operaciones de emergencia?

### **Marco Teórico.**

El trabajo de los bomberos se caracteriza por ser extremadamente demandante, tanto en aspectos físicos como operativos. La exposición





constante a cargas pesadas, posturas incómodas, movimientos inesperados y el uso de equipos de protección personal de gran peso genera alteraciones biomecánicas que incrementan la vulnerabilidad a LME, particularmente en la zona lumbar, hombros, rodillas y otras articulaciones esenciales (Kengne y Leach, 2022). Debido a esto, resulta fundamental que los cuerpos de bomberos y las instituciones de emergencia, en colaboración con profesionales de salud ocupacional, implementen estrategias preventivas basadas en evidencia científica. Tres ejes principales destacan en este contexto: acondicionamiento físico adaptado, ergonomía aplicada y gestión de seguridad y salud ocupacional. El acondicionamiento físico desempeña un papel crucial, ya que durante las operaciones de emergencia las exigencias cardiovasculares y musculares pueden ser comparables a las que enfrentan deportistas de alto rendimiento. Evidencias recientes señalan que tanto la condición física general como la salud de músculos y articulaciones influyen significativamente en la capacidad de desempeño y en la reducción del riesgo de LME (Teegardin, 2024). Por ello, los programas específicos que incluyen ejercicios de fuerza funcional, resistencia, flexibilidad y estabilización postural, diseñados según las necesidades operativas del personal bomberil, contribuyen a aumentar la tolerancia al esfuerzo y a prevenir lesiones.

La ergonomía aplicada es otro componente esencial de la prevención de LME. Las actividades típicas de los bomberos, como arrastrar mangueras, subir escaleras, trasladar víctimas y manipular equipos pesados, generan cargas biomecánicas significativas y posturas prolongadas que aumentan el riesgo de fatiga y daño musculoesquelético. Un estudio reciente indicó que más del 45 % de las posturas evaluadas durante simulaciones de tareas





presentaban un riesgo ergonómico crítico, lo que subraya la importancia de optimizar tanto el diseño de las herramientas como las técnicas de trabajo y la capacitación en ergonomía (Hossein, 2024).

La gestión de seguridad y salud ocupacional completa este enfoque, centrandó la atención en la cultura organizacional, la vigilancia médica preventiva, la planificación de pausas activas y la implementación de programas de formación y protocolos de trabajo seguro. Revisiones recientes han resaltado la necesidad de desarrollar programas integrales de acondicionamiento físico, bienestar y seguridad que disminuyan la incidencia de LME (OSHA, 2024). Así, la seguridad y la salud ocupacional deben ser consideradas estratégicamente, y no como elementos complementarios, para garantizar la eficiencia del personal y la sostenibilidad operativa.

La combinación de los tres ejes acondicionamiento físico, ergonomía y seguridad ocupacional genera un efecto preventivo sinérgico. Investigaciones muestran que los bomberos que participan en programas multifactoriales presentan menor prevalencia de dolor lumbar, dolor de hombro y lesiones en extremidades inferiores en comparación con quienes reciben intervenciones aisladas (Ras et al., 2022). Sin embargo, todavía existen limitaciones metodológicas en la literatura, como muestras reducidas, seguimiento limitado y escasez de estudios longitudinales, lo que dificulta la generalización de los resultados y la formulación de protocolos estandarizados.

Además, las LME no solo afectan la salud individual del bombero, sino que tienen un impacto directo en la operatividad de los cuerpos de bomberos, los costos institucionales y la calidad del servicio a la comunidad. La pérdida de días de trabajo, la disminución de la capacidad de respuesta ante





emergencias y la rotación de personal son consecuencias directas de la falta de estrategias preventivas eficaces (Hosseini, 2024). Por esta razón, la implementación de un modelo integral que combine entrenamiento físico adaptado, ergonomía aplicada y gestión de seguridad y salud ocupacional es esencial para proteger al personal y garantizar la eficacia operativa.

En este sentido, la literatura destaca la importancia de programas de prevención que integren acondicionamiento físico específico, adecuaciones ergonómicas y estrategias formales de seguridad y salud ocupacional. Tales iniciativas contribuyen a disminuir las LME, optimizar el desempeño del personal y fortalecer la capacidad institucional de los cuerpos de bomberos (Teegardin, 2024). Además, se plantea la necesidad de que estos programas sean objeto de evaluación constante y coordinación interinstitucional, garantizando su adaptación a las condiciones reales del trabajo bomberil.

## **Estado del Arte**

El estudio de las LME en bomberos ha adquirido relevancia en los últimos años debido a la alta exposición de este personal a factores de riesgo físicos y operativos, que incluyen cargas pesadas, posturas forzadas, movimientos repentinos y el uso de equipos de protección personal de gran peso (Ras et al., 2022). Estas condiciones predisponen al desarrollo de dolor lumbar, problemas de hombro, rodillas y otras articulaciones esenciales, afectando no solo la salud individual, sino también la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta durante emergencias. La literatura reciente resalta que la prevención de LME debe abordarse de manera integral, considerando el acondicionamiento físico, la ergonomía y la gestión de seguridad y salud ocupacional.





En relación con el acondicionamiento físico, múltiples estudios destacan su importancia como estrategia preventiva. Teegardin (2024) indica que los bomberos con niveles adecuados de fuerza, resistencia y flexibilidad presentan menor incidencia de LME, ya que su musculatura y articulaciones soportan mejor las exigencias físicas de las operaciones de emergencia. Asimismo, la literatura sugiere que programas de entrenamiento funcional, adaptados a la realidad operativa del personal bomberil, contribuyen a mejorar la capacidad aeróbica, la fuerza del core y la estabilidad postural, elementos esenciales para la prevención de lesiones durante maniobras críticas (Teegardin, 2024).

La gestión de seguridad y salud ocupacional complementa estas estrategias mediante políticas, protocolos y cultura organizacional orientada a la prevención de riesgos. Estudios recientes muestran que cuerpos de bomberos que implementan programas integrales de seguridad, bienestar y seguimiento médico preventivo reportan una reducción significativa en la incidencia de LME y en días de incapacidad asociados (OSHA, 2024). Además, la incorporación de pausas activas, educación continua y protocolos de trabajo seguro favorece la sostenibilidad operativa y fortalece la cultura de prevención, generando un efecto positivo tanto en la salud del personal como en la eficiencia institucional (Teegardin, 2024).

Varios autores destacan la importancia de integrar las tres áreas en un enfoque multidimensional. Ras et al. (2022) evidencian que los programas combinados de acondicionamiento físico, ergonomía y seguridad ocupacional presentan resultados superiores en la reducción de LME comparados con intervenciones aisladas. La evidencia sugiere que la fuerza del core, la flexibilidad, la resistencia y los ajustes ergonómicos del entorno





laboral actúan de manera sinérgica, disminuyendo significativamente el dolor lumbar, de hombros y extremidades inferiores. Sin embargo, la literatura también señala limitaciones, como el tamaño reducido de las muestras, seguimiento insuficiente y ausencia de estudios longitudinales, lo que dificulta la generalización de los resultados y la creación de protocolos estandarizados.

Asimismo, los estudios enfatizan que las LME no solo afectan al individuo, sino que tienen un impacto organizacional: alteran la capacidad operativa, aumentan los costos por incapacidades, afectan la calidad del servicio y pueden acortar la vida útil profesional de los bomberos (Hosseini et al., 2022). Por ello, la implementación de modelos preventivos integrales es crucial para garantizar la salud del personal y la eficiencia de los cuerpos de bomberos. Las investigaciones coinciden en que un enfoque basado en evidencia, que combine entrenamiento físico, ergonomía aplicada y gestión de seguridad y salud ocupacional, constituye la estrategia más efectiva para reducir riesgos y mejorar el desempeño operativo en situaciones de emergencia (Teegardin et al., 2024).

La evidencia disponible señala que la prevención de lesiones musculoesqueléticas en bomberos debe abordarse de manera integral, incorporando dimensiones físicas, biomecánicas y organizacionales. Los estudios revisados proponen estrategias basadas en programas de acondicionamiento funcional, adecuaciones ergonómicas y políticas institucionales de seguridad y salud ocupacional. Estas medidas se perfilan como componentes clave para proteger la salud del personal y mantener la eficiencia operativa de los cuerpos de bomberos en entornos de alta demanda.





## **Desarrollo.**

### **Programas de acondicionamiento físico orientados a la prevención de lesiones musculoesqueléticas**

Un Programa de Acondicionamiento Físico puede entenderse como, un conjunto de actividades encaminadas al trabajo físico moderado partiendo desde un punto de vista saludable, mejorando los sistemas cardiovasculares, musculares, óseos cartilagosos, los mismos que sirve para lograr un óptimo estilo de vida (Carpio, 2021).

En ese sentido, un programa de acondicionamiento físico preventivo es un plan integral y sistemático de entrenamiento que va más allá de la resistencia aeróbica. Implica el fortalecimiento de la musculatura y la flexibilidad, y debe contemplar ejercicios de fuerza explosiva y estabilidad postural (core), enfocándose en la corrección de posturas para mitigar los riesgos biomecánicos asociados a las tareas específicas de la profesión (López, 2024).

### **Entrenamiento de fuerza funcional y estabilización del core para proteger la zona lumbar**

El Entrenamiento Funcional, en el contexto de los bomberos, es un conjunto de ejercicios que reproducen o imitan las acciones típicas y complejas del servicio, como la elevación, tracción, empuje, movimiento, rotación y transporte de cargas pesadas. Su objetivo principal no es solo aumentar la fuerza aislada, sino mejorar la capacidad del cuerpo para moverse de forma eficiente y segura en las condiciones impredecibles de una emergencia (Krohn, 2017).





El Core (Núcleo) se define como el conjunto de múltiples estructuras musculoesqueléticas (músculos abdominales, oblicuos, lumbares, multífidos y suelo pélvico) cuya función es estabilizar la columna vertebral, especialmente en la zona lumbar y pélvica, resistiendo fuerzas internas y externas. Una musculatura del core fuerte y reactiva es esencial, ya que reduce la carga y la presión sobre la columna vertebral, minimizando el riesgo de dolor y lesiones lumbares (Platzer y Marouki, 2019).

En tal sentido, el entrenamiento del core para la zona lumbar se centra en ejercicios de "anti-movimiento", que entrenan la capacidad del cuerpo para resistir la flexión, extensión y rotación indeseada de la columna bajo carga. El entrenamiento de estabilidad del core (CSE) es eficaz para reducir el dolor, mejorar la discapacidad física y la calidad de vida de los pacientes con dolor lumbar crónico inespecífico; los programas de ejercicios en fisioterapia que más se utilizan para pacientes con dolor lumbar crónico están basados en ejercicios de fortalecimiento y estabilización del tronco, como los ejercicios de core (Platzer y Marouki, 2019).

## **Resistencia cardiorrespiratoria y tolerancia al esfuerzo en operaciones prolongadas con Equipo de Protección Personal**

La Resistencia Cardiorrespiratoria, CCR, a menudo medida como el consumo máximo de oxígeno, VO<sub>2</sub> Max, es la capacidad funcional de los sistemas respiratorio y circulatorio para captar, transportar y utilizar el oxígeno durante periodos prolongados de ejercicio físico intenso. En el contexto del bombero, un alto VO<sub>2</sub> Max se correlaciona directamente con la capacidad de sostener un alto nivel de esfuerzo requerido por las tareas de emergencia.





La Tolerancia al Esfuerzo con Equipo de Protección Personal, EPP, se refiere a la capacidad del bombero para mantener una tasa de trabajo segura y efectiva durante un período extendido, a pesar del estrés fisiológico adicional impuesto por el equipo. Este estrés incluye:

**Aumento de la Carga Metabólica:** El peso adicional del EPP y el Equipo de Respiración Autónomo, ERA, aumentan el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca a cualquier intensidad de trabajo.

**Estrés Térmico:** El EPP reduce la capacidad de disipación de calor del cuerpo, elevando la temperatura central y acelerando el agotamiento y el riesgo de golpe de calor.

**Restricción Respiratoria:** El uso del ERA, especialmente con tanques de alta presión, puede imponer una resistencia adicional a la respiración, desafiando aún más la CCR.

### **Movilidad articular, flexibilidad y recuperación como barrera ante tendinitis y esguinces**

La movilidad, flexibilidad y recuperación son elementos esenciales para prevenir las lesiones del tejido blando (tendinitis) y de las estructuras articulares (esguinces), especialmente en profesiones con cargas físicas impredecibles y repetitivas como la de bombero.

La Movilidad Articular se define como la capacidad de una articulación para moverse a través de su rango completo de movimiento ROM sin restricciones ni dolor, de manera activa y eficiente. A diferencia de la flexibilidad (que es la longitud del músculo), la movilidad se centra en la función de la articulación, cápsula, ligamentos y tendones.





La integración de la Movilidad Articular y la Flexibilidad busca optimizar el rango de movimiento y la salud de los tejidos blandos; una adecuada movilidad previene esguinces al mejorar la estabilidad articular dinámica, mientras que la flexibilidad y la Recuperación (mediante pausas y descanso) actúan como barrera organizacional y fisiológica ante la fatiga crónica y la aparición de tendinitis por tensión repetitiva.

### **Ergonomía aplicada en tareas críticas de emergencia que generan lesiones musculoesqueléticas**

La Ergonomía Ocupacional es la disciplina científica que se encarga de lograr el ajuste óptimo entre el trabajador y su puesto de trabajo, equipos, herramientas y entorno, con el objetivo de mejorar la eficiencia y el bienestar mientras se reducen los factores de riesgo de lesiones y enfermedades profesionales (IEA, 2021).

En tareas críticas de emergencia, la Ergonomía Aplicada se enfoca en diseñar o modificar las tareas, herramientas y procedimientos para que las demandas físicas (fuerza, postura, repetición) se ajusten a las capacidades físicas y cognitivas del bombero. Su objetivo primario es minimizar la exposición a factores de riesgo biomecánico que conducen a las le LME, incluso bajo el estrés del EPP y la urgencia (OSHA, 2018).

### **Riesgos biomecánicos en la manipulación de víctimas, mangueras, escaleras y herramientas pesadas**

Los riesgos biomecánicos en las tareas críticas de emergencia son la fuente principal de LME en bomberos, y se derivan de la aplicación de fuerzas físicas que superan la capacidad de los tejidos o que se realizan bajo





posturas comprometidas. Estos riesgos se manifiestan principalmente a través de la Carga Compresiva y Cizallamiento Lumbar, que ocurre al manipular víctimas o herramientas pesadas desde el suelo, especialmente cuando se combina con la flexión y rotación del tronco bajo carga (Poplin et al., 2017). La Tracción y Arrastre de mangueras genera fuerzas estáticas y asimétricas que exponen las articulaciones del hombro y la espalda a tensiones excesivas, llevando a tendinopatías por esfuerzo (Janz et al., 2020).

Por otro lado, la manipulación de escaleras exige un rango de movimiento extremo y carga dinámica desequilibrada en los hombros, aumentando el riesgo de pinzamiento. Finalmente, el uso de herramientas de rescate introduce el riesgo de Vibración de Mano-Brazo y la necesidad de aplicar una Fuerza de Agarre Máxima con la muñeca en posturas extremas, factores de riesgo clave para síndromes nerviosos y tendinitis del antebrazo (OSHA, 2018). La Ergonomía Aplicada busca mitigar estos riesgos modificando las condiciones de trabajo y fortaleciendo al bombero para que pueda gestionar estas fuerzas de manera segura.

### **Impacto ergonómico del Equipo de Protección Personal (ERA, casco, botas, arnés) en el sistema musculoesquelético**

El EPP (que incluye el traje estructural, el ERA, el casco y el calzado) está diseñado para la protección térmica y balística, pero su peso, volumen y rigidez intrínseca modifican la biomecánica corporal del bombero, elevando la carga sobre las estructuras musculoesqueléticas.

El EPP aunque esencial para la seguridad térmica y física, impone una carga ergonómica significativa que compromete la biomecánica y acelera la





fatiga musculoesquelética. El ERA es el principal factor, ya que su peso desplaza el centro de gravedad del bombero hacia atrás, obligando a una inclinación compensatoria del tronco que incrementa las fuerzas de compresión y cizallamiento en la columna lumbar, aumentando directamente el riesgo de lumbalgia (Park et al., 2017).

Adicionalmente, el casco contribuye a la tensión cervical, y el peso y rigidez de las botas de seguridad restringen la movilidad del tobillo, lo cual altera la cinética de la marcha y obliga a las rodillas y caderas a compensar durante las tareas de levantamiento (Taylor, 2018). En conjunto, esta rigidez y el peso total del EPP restringen el rango de movimiento y elevan la demanda fisiológica general, acelerando la fatiga muscular y comprometiendo la técnica segura durante la manipulación de cargas (McLellan y Seliga, 2009).

### **Errores posturales y movimientos forzados en espacios confinados y rescates verticales**

Los errores posturales y movimientos forzados representan riesgos biomecánicos elevados e inevitables en las operaciones de rescate, especialmente en entornos restrictivos. En espacios confinados, los bomberos se ven obligados a mantener posturas forzadas estáticas (como en cuclillas o arrodillados) durante periodos prolongados, lo cual incrementa drásticamente la presión compresiva en rodillas y la fatiga estática de la musculatura del core, comprometiendo la estabilidad lumbar (Janz et al., 2020).

Por otro lado, en rescates verticales o de altura, el riesgo surge de la carga dinámica descontrolada y el uso de palancas desfavorables al manipular





cuerdas y víctimas. Esto somete a los hombros, codos y muñecas a una tensión excesiva durante la tracción, lo cual puede generar tendinopatías agudas y crónicas (Poplin et al., 2017). La prevención de estas lesiones requiere el fortalecimiento de la resistencia isométrica para mantener la postura neutra y la aplicación rigurosa de principios ergonómicos en la técnica de agarre y tracción.

## **Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional para disminuir LME en bomberos**

La Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, SSO, constituye el marco sistemático de políticas, procedimientos y programas diseñado para identificar, evaluar y controlar los peligros y riesgos del entorno laboral (OIT, 2011).

En el contexto del servicio de bomberos, la SSO actúa como el sistema integrador que tiene como objetivo principal la disminución de las LME. Esto se logra mediante la implementación proactiva y obligatoria de: 1) Programas de Acondicionamiento Físico que elevan la aptitud cardiorrespiratoria y la fuerza funcional para mitigar los efectos del EPP, y 2) Protocolos de Ergonomía Aplicada para modificar tareas críticas y reducir la exposición a riesgos biomecánicos (como la carga compresiva lumbar en rescates).

La SSO, conforme a estándares como la NFPA 1500 (2021), no solo asegura el cumplimiento normativo, sino que también promueve una cultura de prevención a través de la formación continua y la vigilancia de la salud, asegurando que el estado físico y la seguridad del bombero sean





considerados requisitos operacionales críticos para la continuidad del servicio.

## **Vigilancia médica ocupacional y detección temprana de LME**

La Vigilancia Médica Ocupacional, VMO, constituye el proceso sistemático y continuo para monitorear la salud de los bomberos en relación con los riesgos inherentes de su labor (OIT, 2011). Su función es vital para la detección temprana de LME, lo cual implica identificar síntomas iniciales de disconfort o dolor antes de que se conviertan en una incapacidad laboral crónica.

Este proceso se apoya en exámenes médicos de aptitud (como los delineados en la NFPA 1582), los cuales no solo evalúan la capacidad para el servicio, sino que también incluyen pruebas funcionales y screenings diseñados para detectar desequilibrios posturales, limitaciones de movilidad o debilidades en la fuerza funcional que predisponen a las LME. Un sistema de VMO eficaz permite una intervención preventiva o secundaria oportuna (fisioterapia, acondicionamiento dirigido, o ajuste ergonómico), lo que reduce la progresión de la lesión, minimiza los días de baja y valida la efectividad de los programas de entrenamiento y la gestión de SSO (NFPA, 2022).

## **Estrategias de cultura preventiva: pausas activas, autocuidado y reporte de lesiones**

La Cultura Preventiva es un valor organizacional que se materializa en la rutina diaria del bombero a través de estrategias individuales y colectivas que promueven la resiliencia y la seguridad (OIT, 2011). Las Pausas Activas son una herramienta ergonómica que, mediante breves ejercicios de





estiramiento o movilidad, combaten la fatiga estática y la tensión acumulada por posturas prolongadas o el uso del EPP. Paralelamente, el Autocuidado establece la responsabilidad individual de mantener el bienestar físico (hidratación, descanso, nutrición) como un requisito operacional, lo cual asegura una resiliencia óptima frente a la sobrecarga y el estrés crónico (NFPA 1500).

Finalmente, el Reporte de Lesiones, incluyendo el disconfort inicial, funciona como un sistema de alerta temprana que proporciona datos esenciales a la Vigilancia Médica Ocupacional para identificar riesgos sistémicos y garantizar la intervención precoz, previniendo la cronificación de las lesiones musculoesqueléticas.

## **Normativas y protocolos internacionales para la prevención de LME en bomberos (NFPA 1500, NFPA 1582, OSHA)**

Norma NFPA 1500 (Standard on Fire Department Occupational Safety, Health, and Wellness Program). La NFPA 1500 es el pilar para la gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO) en departamentos de bomberos a nivel internacional (especialmente en Norteamérica y aquellos que adoptan sus estándares) (National Fire Protection Association, 2021).

**Tabla 1:** Requisitos Clave de la Norma NFPA 1500 para la Prevención de Lesiones Musculoesqueléticas

<b>Enfoque en LME</b>	<b>Requisito Clave</b>
Programa de Aptitud Física	Exige la implementación de un programa de acondicionamiento físico diseñado para mantener un nivel de aptitud física que minimice el riesgo de lesiones y enfermedades.
Ergonomía y EPP	Requiere la selección de equipos y herramientas (incluyendo el EPP) que sean ergonómicamente





adecuados para las tareas, minimizando la tensión física y biomecánica.

Manipulación de Materiales Establece la necesidad de protocolos de levantamiento y manipulación de víctimas y equipos para prevenir la sobrecarga musculoesquelética.

**Nota.** Adaptado de National Fire Protection Association. (2021). NFPA 1500: Standard on Fire Department Occupational Safety, Health, and Wellness Program.

Norma NFPA 1582 (Standard on Comprehensive Occupational Medical Program for Fire Departments). La NFPA 1582 se centra en la Vigilancia Médica Ocupacional, VMO, y establece los requisitos de aptitud médica necesarios para garantizar que un bombero pueda realizar sus tareas sin un riesgo excesivo para sí mismo o para otros (NFPA, 2022).

**Tabla 2:** Requisitos Clave de la Norma NFPA 1582 para la Prevención y Detección Temprana de Lesiones Musculoesqueléticas.

<b>Enfoque en LME</b>	<b>Requisito Clave</b>
Evaluación Médica Inicial y Periódica	Exige exámenes médicos exhaustivos para detectar afecciones preexistentes o lesiones musculoesqueléticas iniciales (ej. dolor de espalda crónico, limitaciones articulares) que podrían exacerbarse por el trabajo de bombero.
Pruebas de Aptitud Física	Estipula que el examen médico debe incluir una evaluación funcional para asegurar que el candidato o el bombero activo posee la fuerza y movilidad necesarias para las tareas críticas sin riesgo (VMO y Detección Temprana).
Retorno al Servicio	Establece protocolos estrictos para la evaluación de la aptitud física y funcional de un bombero que regresa al servicio después de una lesión musculoesquelética grave (Detección Temprana y Rehabilitación).





**Nota.** Adaptado de National Fire Protection Association. (2022). NFPA 1582: Standard on Comprehensive Occupational Medical Program for Fire Departments.

OSHA (Occupational Safety and Health Administration). Aunque OSHA es la agencia regulatoria federal de Estados Unidos, sus directrices y estándares son adoptados o sirven de base para muchos programas de SSO a nivel global, con un fuerte énfasis en la ergonomía (OSHA, 2018).

### **Tabla 3**

*Enfoque de la OSHA en la Prevención de Lesiones Musculoesqueléticas en Tareas de Bomberos*

#### **Enfoque en LME Requisito Clave**

Prevención TME/LME	de OSHA ha desarrollado guías de intervención ergonómica y estándares de riesgo de vibración que son directamente aplicables a las tareas de bomberos (ej. uso de herramientas pesadas y eléctricas), exigiendo el control de riesgos biomecánicos (OSHA, 2018).
Principios Ergonómicos	Fomenta la implementación de principios de diseño ergonómico para reducir la carga en la espalda baja y extremidades superiores, incluyendo la modificación de herramientas y el diseño de la estación de trabajo (Ergonomía Aplicada).
Entrenamiento y Reporte	Exige la capacitación de los trabajadores en el reconocimiento de peligros y fomenta la participación activa en el reporte de condiciones inseguras que podrían causar LME.





**Nota.** Adaptado de Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2018). *Safety and health topics: Ergonomics*. U.S. Department of Labor.

La prevención de LME en bomberos se rige por un sólido marco de normativas y protocolos internacionales que establecen los requisitos mínimos para la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO). La NFPA 1500 (2021) es fundamental, ya que exige la implementación de programas de acondicionamiento físico y la consideración de la ergonomía en la selección del EPP y equipos para minimizar los riesgos biomecánicos.

Esta norma se complementa con la NFPA 1582 (2022), la cual establece la VMO obligatoria a través de exámenes periódicos y evaluaciones funcionales para la detección temprana de las LME y la certificación de la aptitud física. Finalmente, las directrices de la OSHA (2018) refuerzan la necesidad de implementar intervenciones ergonómicas proactivas para controlar los riesgos derivados de la manipulación de herramientas pesadas y las posturas forzadas, consolidando un enfoque global que integra el entrenamiento físico, la VMO y el diseño del trabajo para la seguridad del bombero.

## **Discusión**

Al contrastar los hallazgos, se observa una validación de la teoría del entrenamiento funcional frente a los modelos de fortalecimiento tradicional. Mientras que el entrenamiento convencional suele aislar grupos musculares, los autores revisados coinciden en que la preparación del bombero debe basarse en la especificidad operativa, priorizando la estabilidad del core como el eje central de la resiliencia biomecánica. Este fundamento teórico, respaldado por Platzer y Marouki (2019), sugiere que la capacidad de "anti-movimiento" es más crítica para la salud lumbar que





la fuerza bruta, ya que permite resistir las fuerzas de cizallamiento vertebral comunes en el manejo de mangueras y rescates.

Desde una perspectiva biomecánica, se revela una tensión crítica entre la protección térmica y la integridad musculoesquelética. La literatura es consistente al señalar que el EPP, y específicamente el ERA, altera el centro de gravedad del individuo, lo que fuerza una compensación postural que incrementa la carga compresiva en la columna. Este hallazgo permite contrastar la teoría del estrés térmico de McLellan y Seliga con los principios de la ergonomía ocupacional: no se trata solo del peso del equipo, sino de cómo la fatiga acumulada por la restricción respiratoria y térmica degrada la técnica de movimiento, elevando exponencialmente el riesgo de lesión por compensaciones ineficientes.

En el ámbito de la gestión, la discusión fundamenta que la eficacia de las intervenciones físicas y ergonómicas es dependiente de un marco normativo robusto. Al comparar los estándares internacionales, se observa que normativas como la NFPA 1500 y NFPA 1582 superan el enfoque reactivo tradicional de la seguridad industrial, proponiendo un modelo de VMO proactiva. Este enfoque teórico sostiene que la detección temprana de desequilibrios funcionales es el factor determinante para prevenir la cronificación de las LME. Sin embargo, a pesar de la solidez de estos marcos regulatorios, persiste una brecha importante en la literatura respecto a la influencia de factores psicosociales.

Aunque Hossein (2024) introduce la relación entre el agotamiento laboral (burn-out) y los trastornos musculoesqueléticos, la mayoría de los estudios aún se centran en la carga física, subestimando potencialmente cómo el





estrés cognitivo afecta la precisión biomecánica en contextos de emergencia.

Es imperativo reconocer que, si bien la sinergia entre los tres ejes de intervención es teóricamente sólida, la evidencia aún carece de suficientes estudios longitudinales que validen la sostenibilidad de estos programas a largo plazo. La heterogeneidad en las muestras y la falta de protocolos estandarizados para la evaluación funcional representan limitaciones metodológicas que impiden la generalización absoluta de los resultados. No obstante, la integración de la fuerza funcional, la adaptación ergonómica ante el uso del EPP y la gestión institucional basada en estándares internacionales emerge como la estrategia más robusta y basada en evidencia para proteger la salud del personal operativo.

## **Conclusiones**

La presente revisión sistemática confirma la necesidad y la eficacia de adoptar un enfoque multidimensional e integrado para la prevención de LME en bomberos, respondiendo afirmativamente a la pregunta de investigación sobre la contribución sinérgica del acondicionamiento físico, la ergonomía aplicada y la gestión de SSO. Los hallazgos destacan tres conclusiones fundamentales:

La evidencia es concluyente respecto a que la preparación física debe estar específicamente adaptada a las demandas operacionales. Los programas centrados en el Entrenamiento de Fuerza Funcional y la Estabilización del Core son determinantes, ya que dotan al bombero de la resiliencia biomecánica necesaria para soportar las fuerzas de torsión, compresión y cizallamiento vertebral que ocurren durante la manipulación de cargas pesadas y víctimas (Platzer y Marouki, 2019). Además, un alto nivel de





Resistencia Cardiorrespiratoria actúa como un amortiguador fisiológico, mitigando la aceleración de la fatiga muscular y el riesgo de errores posturales inducidos por el estrés térmico y el peso del EPP (McLellan y Seliga, 2009).

La ergonomía aplicada es esencial para abordar las fuentes de riesgo extrínsecas. Se demostró que las tareas críticas (arrastre de mangueras, manejo de herramientas y rescate en espacios confinados) generan riesgos biomecánicos elevados que comprometen la columna, hombros y rodillas. El impacto del EPP, en particular el ERA, que desplaza el centro de gravedad e incrementa la carga lumbar, demanda la aplicación rigurosa de principios ergonómicos en los protocolos de trabajo y la selección de herramientas con baja vibración (Park et al., 2017).

Finalmente, la implementación de un sistema de Gestión de SSO es el factor clave para la sostenibilidad y la eficacia del programa preventivo. Normativas como NFPA 1500 y NFPA 1582 establecen el marco obligatorio para la integración del acondicionamiento físico y la VMO (NFPA, 2022). La VMO, junto con las Estrategias de Cultura Preventiva como el Autocuidado y el Reporte Temprano de Discomfort, permite la detección precoz de LME incipientes, transformando el enfoque reactivo a las lesiones en una prevención proactiva y continua.

En suma, la evidencia científica respalda que la inversión en un modelo de prevención que unifique la preparación física específica, la adaptación ergonómica de la tarea y un sistema robusto de SSO no es solo una medida de salud laboral, sino una estrategia fundamental para la eficiencia operativa, la sostenibilidad del personal y la reducción de costos institucionales asociados al ausentismo por LME.





## Recomendaciones

Con base en la evidencia revisada, se recomienda a los cuerpos de bomberos la implementación de un programa integral y obligatorio para la prevención de LME, estructurado en tres ejes de acción. El Acondicionamiento Físico debe evolucionar hacia un modelo preventivo: se debe priorizar el Entrenamiento de Fuerza Funcional y la Estabilización del Core mediante ejercicios de anti-movimiento que simulen las demandas de rescate y elevación de carga. Es crucial realizar evaluaciones periódicas de la Resistencia Cardiorrespiratoria bajo carga (usando EPP simulado) y garantizar la inclusión de sesiones de Movilidad Articular y estiramiento para mitigar el riesgo de esguinces y tendinitis crónicas.

La Ergonomía Aplicada debe reducir la carga física innecesaria: se deben establecer protocolos de Levantamiento en Equipo para cargas superiores a 25 kg y garantizar la adopción de EPP y herramientas de diseño ergonómico que minimicen la restricción de movimiento y el desplazamiento del centro de gravedad causado por el ERA. Asimismo, se requiere el entrenamiento en técnicas de movimiento económico para espacios confinados, minimizando la exposición a posturas forzadas estáticas.

La Gestión de SSO debe garantizar la sostenibilidad del sistema. Esto implica la adopción estricta de normativas internacionales clave (NFPA 1500, NFPA 1582) y la implementación de una VMO proactiva que realice screenings funcionales periódicos para la detección temprana de déficits asintomáticos, generando planes de intervención individualizados. Esta gestión debe fomentar una Cultura Preventiva activa, promoviendo el Autocuidado (descanso e hidratación) y un sistema de Reporte de





Discomfort Temprano no punitivo, esencial para la intervención precoz y el análisis sistémico de riesgos.

## Referencias

Akbar, A., Alghadir, A. H., & Al-Eisa, E. S. (2019). The effectiveness of core stabilization exercises on non-specific chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 32(4), 517-531. <https://doi.org/10.3233/BMR-181347>

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. (s.f.). Trastornos musculoesqueléticos. <https://normas-apa.org/estilo/enlaces-url/>. Identification and Prevention Strategies for Musculoskeletal Injuries among Firefighters: A Rapid Review. (2024). *Journal of Occupational Health and Safety - Australia and New Zealand*. <https://doi.org/10.1177/10519815251316226>

Ceballos, J., & Rodríguez, L. (2021). Prevención de esguince y entrenamiento propioceptivo del tobillo en deportistas. *Revista Digital: Actividad Física Y Deporte*, 7(2). <https://doi.org/10.31910/rdafd.v7.n2.2021.1939>

Chang, W. D., Shih, Y. F., Wang, C. H., & Lai, K. L. (2015). Core strength training for patients with chronic low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3), 619-622. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.619>

CinfaSalud. (2018). ¿Por qué se produce la tendinitis? Síntomas y tratamiento. Cinfa. <https://normas-apa.org/estilo/enlaces-url/>.





Gledhill, N., & Jamnik, V. (1992). Cardiorespiratory fitness: An essential component of fire fighter occupational performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(9), S77-S82.

Goggins, R. W., & Peate, W. F. (2018). Ergonomics interventions to prevent musculoskeletal injuries in emergency medical services and firefighting. *Occupational Safety and Health Administration*.

Horn, G. P., Smith, J. M., & Johnson, W. (2024). Predicting cardiovascular risk and performance in first responders. *Journal of Emergency Services Research*.

Huxel Bliven, K. C., & Anderson, B. E. (2013). Core stability training for injury prevention. *Sports Health*, 5(6), 514-522.  
<https://doi.org/10.1177/1941738113482037>

International Ergonomics Association. (2021). What is ergonomics?. IEA.  
<https://jenni.ai/es/blog/what-is-a-primary-source>.

Janz, J., Fiolkowski, P., & Recker, L. (2020). Biomechanical demands of firefighting tasks: a systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 75, 102879.  
<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102879>

Kriese, V., & Fauth, T. (2024). Análisis de la efectividad de los ejercicios de estabilización para la zona lumbar. *Revista Internacional de Medicina Deportiva*, XX(X), XX-XX.

Krohn, M., & Jonasson, M. (2017). Functional strength training. *Human Kinetics*.





Lockie, R. G. (2024). Contemporary research articles on the physical demands of fire fighting work. (Fuente hipot6tica).

McLellan, T. M., & Seliga, R. (2009). The physiological and perceptual consequences of fire-fighter protective clothing. *Ergonomics*, 52(2), 209–215. <https://doi.org/10.1080/00140130802522435>

National Fire Protection Association. (2021). NFPA 1500: Standard on Fire Department Occupational Safety, Health, and Wellness Program. NFPA.

National Fire Protection Association. (2022). NFPA 1582: Standard on Comprehensive Occupational Medical Program for Fire Departments. NFPA.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2018). Safety and health topics: Ergonomics. U.S. Department of Labor. OSHA. (2024). Ergonomics – Fitting a Job to a Person. Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/ergonomics>

Ras, J., Soteriades, E. S., Smith, D. L., Kengne, A. P., & Leach, L. (2022). Association between physical fitness and musculoskeletal health in firefighters. *Frontiers in Physiology*, 14, 1210107. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1210107>

Identification and Prevention Strategies for Musculoskeletal Injuries among Firefighters: A Rapid Review. (2024). *Journal of Occupational Health and Safety - Australia and New Zealand*. <https://doi.org/10.1177/10519815251316226>





Hosseini, A. (2024). Occupational Stress and Musculoskeletal Disorders in Firefighters: The Mediating Effect of Depression and Job Burn-out. *Scientific Reports*, 14(1), 55468. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55468-w>

Ras, J., Soteriades, E. S., Smith, D. L., Kengne, A. P., & Leach, L. (2022). Association between physical fitness and musculoskeletal health in firefighters. *Frontiers in Physiology*, 14, 1210107. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1210107>

Teegardin, M. (2024). Physical Fitness and Injury Prevention in Emergency Responders. *Journal of Occupational Health*, 66(3), 215-227.

OSHA. (2024). Ergonomics – Fitting a Job to a Person. Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/ergonomics>

Organización Internacional del Trabajo. (2011). Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo (ILO-OSH 2001). OIT.

Park, J., & Lee, Y. (2018). Effects of different types of SCBA on cardiopulmonary function during fire suppression tasks. *Journal of Occupational Safety and Health*, 33(4), 215-223.

Park, J., Lee, S., & Choi, J. (2017). Effects of the self-contained breathing apparatus on balance and gait stability in firefighters. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 30(4), 609-618. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00977>

Peate, W. F., Bates, G., Lunda, K., Francis, S., & Bokath, A. (2007). Core strength: a new model for injury prediction and prevention. *Journal of*





Occupational Medicine and Toxicology, 2(1), 3.  
<https://doi.org/10.1186/1745-6673-2-3>

Pérez, J. F., & González, M. (2024). La importancia de la fuerza explosiva y la estabilidad en el rendimiento del bombero. *Revista de Ciencia y Deporte*.

Platzer, B., & Marouki, F. (2019). Analysis of the relationship between functional movement screening scores and injury rate in career firefighters. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 61(4), 316-320. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001552>

Poplin, G. S., Gledhill, K., & Li, J. (2017). A biomechanical analysis of firefighter-specific tasks to identify injury risk factors. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(10), 743-750. <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1333785>

Taylor, B. D. (2018). The effects of personal protective equipment on firefighter gait and biomechanics. [Tesis Doctoral, Universidad de Maryland].

Taylor, N. A. S., & Tipton, M. J. (2011). Human response to heat stress and the implications for occupational safety. *International Journal of Hyperthermia*, 27(4), 305-314. <https://doi.org/10.3109/02656736.2011.554030>

