

# Medidas de intervención para promoción de conductas saludables y prevención de riesgos laborales relacionados con accidentalidad y enfermedad laboral en trabajadores de minas de Carbón

Báez Angiee M., Bocanegra Juan C.

## ABSTRACT

Colombia government has introduced several regulations to the coal-mining sector; however, it is considered that the actual strategies have not been effective to identify, prevent and control the workplace injury, fatality and illness. During year 2013 the fatality index arise to 1,59. 2004 Statistics reveals that Pneumoconiosis were the most important causes of workforce disability. *Objective:* Categorize intervention activities on workplace injury, fatality and illness promotion and prevention for the coal-mining workforce. *Method:* Coal-mining and health literature was deeply revised, which was obtained from renowned databases as PUBMED, ScienceDirect, VHL and SINAB, without considering the publication date and published in English, Spanish, and Portuguese. To the literature recompilation were used controlled language terms (MESH terms) and article title and abstract peer review. The articles were selected for whole text review based on inclusion and exclusion criteria. The considered codes for this review were: a) country where the intervention has been carried on, b) occupational health, c) injury and fatality prevention, d) promoting programs, e) technologies and f) obtained outcomes. *Results:* From the 2500 selected articles by the principal authors, 300 articles were reviewed: 32 of them deal with occupational health and coal mining, 10 contain statistically significant interventions relevant to this literature review. Statistically significant interventions ( $p < 0,05$ ) are presented, which had a positive impact on prevention and promotion of occupational health, injury and fatality in coal mining. *Conclusions:* Four intervention types were identified: 1) ones which make reference to participative trainings, training based on “degraded image”, execution of feedback and self-control management to the use of personal protection equipment (PPE), the application of the parallel extended process model; 2) preventive interventions as the measurement of breath alcohol concentration level before work shift begin, the nurse personnel presence in coal mines and the acknowledgment of illness predictor to optimize the primary prevention; 3) surveillance interventions like the promoted in the European statistics on accidents at work (ESAW) methodology for work accident assessment, the application of the World Health Organization (WHO) recommendations for Pneumoconiosis detection and 4) technology consistent interventions of work activities based on the software outcomes, which were developed by the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). The mentioned interventions have been proved to be effective in promotion and prevention of occupational illness, injury and fatality, which make them recommendable to be implemented in Colombia after cost-benefit analysis.

## RESUMEN

Colombia en su legislación normatiza el sector de la minería de carbón, sin embargo se considera que las estrategias no han sido suficientes para la identificación, prevención y control de la accidentalidad y enfermedad laboral. Durante el año 2013 el índice de fatalidad fue de 1,59. Estadísticas del año 2004 evidencian que las neumoconiosis fueron las mayores causas de invalidez de origen profesional. *Objetivo:* Categorizar actividades de intervención en promoción y prevención de accidentalidad y enfermedad laboral en trabajadores de la minería de carbón. *Metodología:* Se realizó una revisión de literatura sobre minería de carbón y salud la cual fue obtenida de las bases de datos PUBMED, Sciendirect, VHL, SINAB por literatura publicada sin límites de año, en idioma inglés, español o portugués. Para la búsqueda se utilizaron términos en lenguaje controlado (términos MESH), revisión por pares de títulos y resúmenes. Las publicaciones fueron seleccionadas para revisión de texto completo bajo criterios de inclusión y exclusión. Los códigos contemplados para esta revisión fueron: a) país donde la intervención se llevó a cabo, b) salud ocupacional, c) prevención de accidentalidad, d) programas de promoción, e) tecnologías, f) resultados obtenidos. *Resultados:* Del total de 2500 artículos seleccionados por los autores principales se realizó la revisión de los primeros 300 artículos, 32 hacen referencia al tema de salud ocupacional y minería de carbón, 10 contienen intervenciones consideradas de relevancia para esta revisión bibliográfica. Se presentan intervenciones estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) y que han demostrado ser de impacto positivo en la minería de carbón en promoción y prevención de accidentalidad y

enfermedad ocupacional. *Conclusiones:* Se identificaron las siguientes cuatro tipos de intervención: 1) las de carácter educativo que hacen referencia a las capacitaciones participativas, el entrenamiento por medio de “*degraded image*”, la realización de gestión de autocontrol y retroalimentación para el uso de elementos de protección personal (EPP), la aplicación del Modelo de Proceso Paralelo Extendido; 2) intervenciones preventivas como la medición de alcoholimetría antes del turno, la presencia de personal de enfermería en minas de carbón y el reconocimiento de los predictores de la enfermedad para optimizar la prevención primaria; 3) intervenciones de vigilancia como la promovida en la metodología Estadísticas Europeas de Accidentes de Trabajo (EEAT) para la investigación de los accidentes de trabajo, la aplicación de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la detección de la neumoconiosis y 4) De carácter tecnológico consistente en la intervención de tareas a partir de los resultados de la aplicación del software desarrollado por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Estas intervenciones han demostrado ser eficaces en la promoción y prevención de accidentalidad y enfermedad ocupacional por lo cual se recomienda su aplicación en Colombia posterior al análisis de costo-efectividad.

## INTRODUCCION

El carbón es utilizado para la generación eléctrica, gasificación, producción de coque, empleado en la producción de bencol, aceites, alquitrán, y mediante la licuefacción como sustituto del petróleo. Es la segunda fuente de energía debido a su afluencia en la naturaleza y a su alto nivel de explotación en países industrializados produciendo cerca del 80% de la energía requerida a partir de los combustibles fósiles, especialmente después de la crisis petrolera de los años setenta. [1]

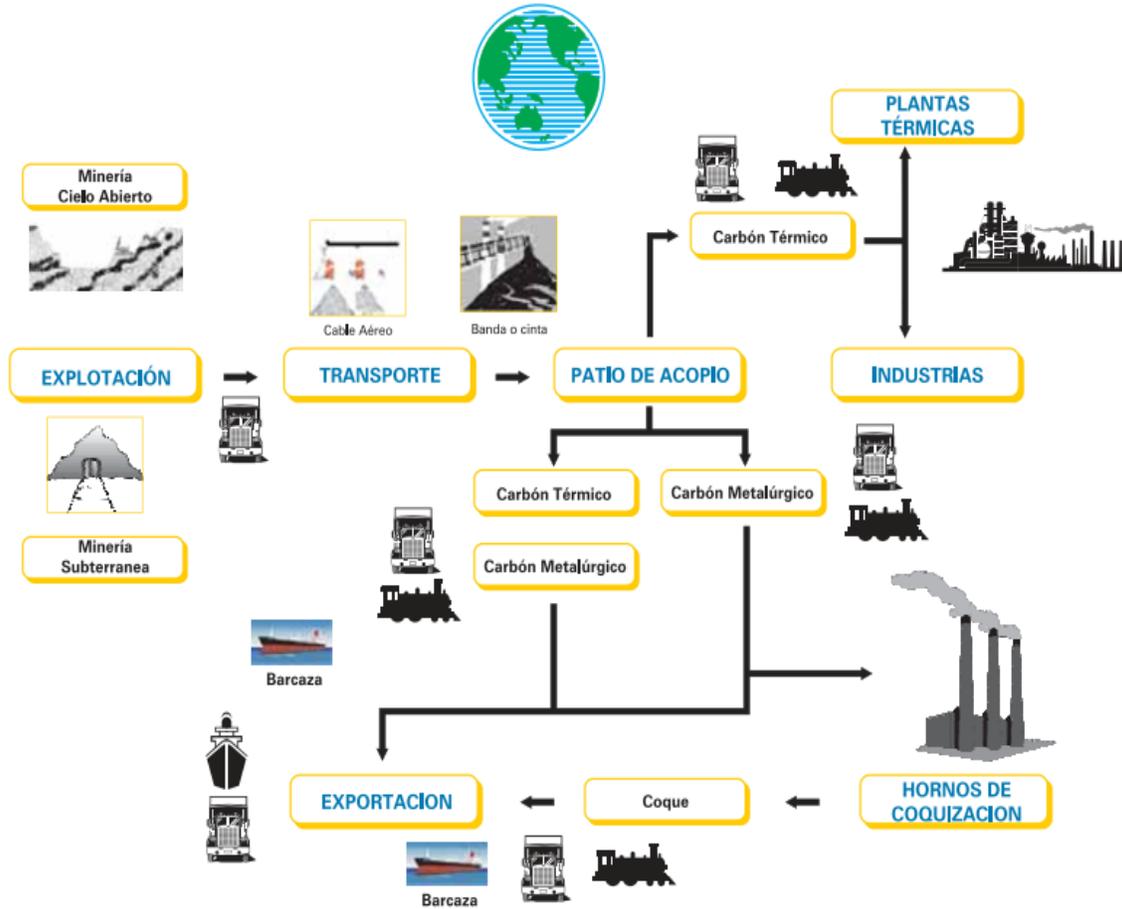
Los principales países productores de carbón son: China, Estados Unidos (EEUU), India, Australia, Rusia y Sudáfrica los cuales aportan cerca del 82% de la producción mundial. Colombia es el país con mayores reservas de carbón en América Latina y cuenta con recursos potenciales de 16,992 Millones de toneladas (Mt) por lo cual es una fuente generadora de divisas y de empleo. En los últimos años se ha consolidado en el segundo producto de exportación nacional después del petróleo y se estima que podría superar las exportaciones de este. [1] La producción de Carbón en Colombia entre los años 2009 y 2013 creció en promedio cerca del 3,28% anual, con una cifra de 85,5 millones de toneladas para el 2013. El sector minero durante el año 2012 aportó en regalías generadas cerca de 2 billones de pesos con una participación del Carbón de 82% por lo cual se considera que el Carbón juega un papel importante en la economía Colombiana. [2] En el Plan de Desarrollo 2010-2014 se reconoce el sector minero como uno de los cinco sectores que avanzan más rápido que el resto de la economía, por lo cual se ha denominado locomotora minero-energética. [3]

Inicialmente en la etapa de la exploración consiste en la búsqueda del yacimiento carbonífero. Posterior a la identificación del yacimiento se inicia la explotación, etapa que se subdivide en: desarrollo y montaje de infraestructura, preparación con delimitación de las áreas dentro del yacimiento y finaliza con la extracción o producción en mina, por diferentes métodos según las condiciones del yacimiento. En la etapa del beneficio se busca mejorar las características del carbón para adecuarlo a determinados usos (separación y selección según las cualidades del carbón) y para un mejor transporte (reducción de las dimensiones de los fragmentos del carbón). Mediante un conjunto de operaciones físico químicas o metalúrgicas se obtiene un producto comercial (transformación) el cual será transportado hasta los patios de acopio, plantas de beneficio, consumidores internos y puertos de embarque para su comercialización y uso. Ver grafica 1. [1]

Grafica 1. La Cadena del Carbón.

# LA CADENA DEL CARBÓN

CARBÓN COLOMBIANO ENERGÍA PARA EL MUNDO



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia. La cadena del Carbón. 2005

Existen diferentes tipos de minería de acuerdo al tamaño de estas las cuales tienen unas características especiales resumidas en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de minería de acuerdo a su tamaño

	Minería artesanal	Pequeña minería	Mediana minería	Minería de gran escala
<b>Nivel de tecnificación</b>	Bajo o inexistente	Bajo	Bajo-Medio	Alto
<b>Tamaño de la mina</b>	Pequeña	Pequeña	Mediana	Grande
<b>Ubicación geográfica</b>	Desfavorable	-	Relativamente favorable	Relativamente favorable
<b>Responsables</b>	Grupos familiares	Familias y empresas pequeñas	Empresas medianas	Empresas grandes, con capital multinacional
<b>Legalidad</b>	Baja	Baja	Alta	Alta
<b>Estándares de seguridad ambiental y laboral</b>	Bajos	Bajos	Altos	Altos
<b>Mano de obra</b>	No calificada	Poco calificada	Calificada y no calificada	Calificada
<b>Control del impacto ambiental</b>	Nulo	Bajo o medio	Bajo o medio	Alto
<b>Capital de trabajo</b>	Bajo o inexistente	Bajo o Medio	Medio	Alto
<b>Capacidad financiera</b>	Nula	Baja	Media	Alta
<b>Rentabilidad</b>	Nula	Baja	Media	Alta

Fuente: Fedesarrollo Centro de Investigación Económica y Social. : Impacto socioeconómico de la minería en Colombia. Abril 2012. [4]

Con respecto a la minería ilegal durante años se han desconocido las cifras exactas, en el censo realizado por el Ministerio de Minas y Energía en los años 2010 – 2011 sugiere que sería del orden del 63%, que se concentra en exploración aurífera y en menor proporción en la explotación del carbón. Igualmente determina que la minería ilegal se refleja en los tipos de minería artesanal y pequeña minería contando con pocos trabajadores, con entables temporales e improvisados y con una inadecuada maquinaria tecnológica. La problemática de la minería ilegal no solo es con respecto al tema jurídico (ausencia de autorizaciones mineras) sino que también entran en juego el tema medio-ambiental, el social, la salud pública. Teniendo en cuenta que dichas explotaciones no consideran las condiciones de seguridad laboral generan un aumento de la morbi-mortalidad como consecuencia de la accidentalidad en las exploraciones anti técnicas, encontrándose evidencia que la tasa de mortalidad es 5 veces mayor. [5] Por lo cual ha sido contemplado dentro del Política Nacional de Seguridad Minería promoviendo la formalización como una intervención. [6]

En el país se han expedido normas relacionadas con medidas preventivas para las patologías de los mineros. El decreto 1335 de 1987 establece disposiciones sobre la obligación de la implementación del programa de seguridad, higiene y medicina del trabajo en las labores subterráneas, mientras que el decreto 2222 de 1993 contiene disposiciones similares para las labores de minería de cielo abierto y el decreto 035 de 1994 reglamenta las medidas de prevención y seguridad en las labores mineras y las explotaciones de cualquier índole; en el Código de minas (ley 685 de 2001) se establece la disposición de personal y materiales necesarios para preservar la vida y la integridad de las personas en la ejecución de las labores de explotación. [6] En el Plan Nacional para la prevención de la silicosis, la neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis 2010-2013 se plantearon 4 líneas de intervención en las cuales se promueve la promoción de la salud de los trabajadores, la prevención de estas enfermedades, vigilancia epidemiológica y la implementación de la protección y de la educación de los trabajadores mineros. [7] De manera adicional en el año 2011 se estableció la Política Nacional de Seguridad Minera a través del cual se establecieron los pilares de mejoramiento de la seguridad minera en el país y se definieron lineamientos técnicos y operativos para prevenir al máximo la ocurrencia de accidentes y muertes de los mineros. [6]

Los estudios en la minería en general reportan que la mayoría de las tasas de accidentalidad mortal y no mortal son aportadas por la minería de carbón. [8] En India las causas más frecuentes de accidentalidad no mortal son causados por la caída de objetos, choques con objetos y caída de carbón y las principales lesiones fueron heridas, contusiones, fracturas, esguinces y luxaciones afectando en la mayoría de los accidentes las manos, las piernas, las rodillas, los ojos y los codos. [9] Con respecto a las causas de accidentalidad mortal en Zonguldak – Turquía durante los años 1994 y 2013, se identificó que el 49% fue a causa del hundimiento de la mina, el 20% por accidentes ferroviarios subterráneos y el 11% por intoxicación por gas metano. [10] En China durante el periodo entre el año 2001 hasta el 2008 se identificaron como primeras causas de mortalidad el colapso de la mina y las explosiones de gas. [11]

A pesar de contar con la reglamentación mencionada anteriormente en Colombia los datos de accidentalidad durante el año 2013, reportan 90 emergencias en el sector minero, el 69% de estas en minas de Carbón, con un total de 40 personas ilesas, 62 heridas y 89 fallecidas. La principal causa de accidentes ha sido los ocasionados por derrumbes (38%), seguidos por atmosferas contaminadas (13%) y riesgos electromecánicos (12%). El índice de fatalidad (número de fallecidos dividido en el número de horas hombre año) durante el 2013 fue de 1,59. [2]

El Carbón es considerado como la fuente de energía que produce mayor contaminación en todas las etapas de su producción (minería, transporte, almacenamiento, preparación y transformación) y durante su consumo. [12] En los procesos de extracción de la minería de Carbón el punto de mayor preocupación recae sobre la generación de partículas, las cuales, luego de un periodo considerable de exposición por inhalación ya sea a los mineros o a la población cercana a las minas, pueden desembocar en una diversidad de patologías pulmonares, principalmente la neumoconiosis la cual esta vinculada con la exposición al material particulado y específicamente atribuida al contenido del hierro y silice del mineral. [12,13] Por otra parte las investigaciones sugieren asociación entre la producción de carbón y la alta prevalencia e incremento de la mortalidad por enfermedades cardiopulmonares, cáncer y enfermedades renales en habitantes en cercanía a la mina así como la ocurrencia de defectos del tubo neural en niños recién nacidos de madres expuestas. [12,13,14]

Con respecto a la neumoconiosis de los mineros de carbón los estudios en China reportan que la edad promedio de diagnóstico se realiza en individuos mayores de 50 años, que se presenta secundario a exposición de polvo durante un periodo de tiempo aproximado entre 17 y 25 años. [15,16] Durante los años 2008 a 2013 el 97% de las enfermedades pulmonares en los mineros de Carbón fueron neumoconiosis y silicosis con un 68,32% y 28,87% respectivamente, con una tasa de mortalidad acumulada de 0,41%. [16]

En Colombia durante el 2003 la Administradora de Riesgos Profesionales, Seguro Social (ISS) reporto en el Sistema General de Riesgos Profesionales, 6 casos de neumoconiosis de los cuales 1 corresponde a silicosis y 5 casos a neumoconiosis de los mineros del carbón. En el año 2004, los casos fueron 17 que corresponden a un 6% del total de las enfermedades profesionales reportadas y en 2005 ascendió a 40 casos, equivalente al 9% del total de diagnósticos. Según las estadísticas para el año 2004, las neumoconiosis fueron las mayores causas de invalidez de origen profesional (4 casos de 17) y la cuarta causa de incapacidad permanente parcial (9 de 17 casos). [7]

En China, el 64,9% de los mineros auto-reportaron episodios de dolor lumbar durante los últimos 12 meses asociado a la realización de tareas con alto grado de repetitividad (más de 4 horas al día), tareas con alto nivel de exigencia física (carga de más de 20 kg), postura con flexión extrema (más de 2 horas al día) y tiempo de recuperación insuficiente (menos de 10 min). [17]

En la Tabla de Enfermedades Laborales Decreto 1477 de 2014, se establece una relación directa entre la exposición a carbón y neumoconiosis, sin embargo se deben tener en cuenta otras enfermedades en mineros de carbón tales como trastornos osteomusculares, de tejidos blandos, trastorno de estrés post traumático y otras afecciones respiratorias (bronquitis, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, Asma). [18]

De manera importante durante el año 2012 en China hubo 24.206 casos nuevos de neumoconiosis lo que represento el 88,2% de todas las enfermedades profesionales y eso se refleja en la pérdida económica de 8 mil millones de CNY (Yuan Chino) por lo cual las neumoconiosis son problema grave a consecuencia de sistemas de vigilancia ineficaces. [16]

Como apoyo para la toma de decisiones, la formulación y evaluación de políticas públicas, que tienen como objetivo la vigilancia, control, evaluación e investigación de los determinantes ambientales y sociales de la salud de los mineros del carbón, esta revisión busca ofrecer información sobre estrategias exitosas e innovadoras para la promoción de buenos hábitos y su aplicación en la prevención de la accidentalidad y enfermedad laboral. [19]

## METODOLOGIA

La presente revisión bibliográfica es el preámbulo de la revisión sistemática sobre minería de carbón y salud liderada por el Instituto Nacional de Salud. [20]

Se realizó una búsqueda sistemática en las siguientes bases de datos: PUBMED, Scindirect, VHL, SINAB por literatura publicada sin límites de año, en idioma inglés, español o portugués. Para la búsqueda se utilizaron términos en lenguaje controlado que describen intervenciones en salud ocupacional para mineros que trabajan en explotación de carbón. Se usaron combinaciones de los siguientes términos:(("coal"[MeSH Terms] OR "coal"[All Fields]) AND ("mining"[MeSH Terms] OR "mining"[All Fields]) AND ("industry"[MeSH Terms] OR "industry"[All Fields])) AND (("public health"[MeSH Terms] OR ("public"[All Fields] AND "health"[All Fields]) OR "public health"[All Fields]) OR ("occupational health"[MeSH Terms] OR ("occupational"[All Fields] AND "health"[All Fields]) OR "occupational health"[All Fields]) OR ("reproductive health"[MeSH Terms] OR ("reproductive"[All Fields] AND "health"[All Fields]) OR "reproductive health"[All Fields] OR ("sexual"[All Fields] AND "health"[All Fields]) OR "sexual health"[All Fields]) OR (("environment"[MeSH Terms] OR "environment"[All Fields]) AND ("humans"[MeSH Terms] OR "humans"[All Fields] OR "human"[All Fields]) AND ("health"[MeSH Terms] OR "health"[All Fields])))).

Se definió intervención como participación activa en un asunto o situación de un tercero con el ánimo de modificar una realidad; se consideraron intervenciones tecnológicas como conjunto de conocimientos que permiten fabricar objetos y modificar el medio ambiente con la intención de satisfacer alguna necesidad. Puede entenderse a la tecnología como la aplicación práctica del conocimiento generado por la ciencia; se comprendió programa de intervención como conjunto de acciones que se organizan con el propósito de mejorar las condiciones de vida en una determinada región o población, tienen objetivo, metas, actividades y recursos específicos.

Siguiendo la metodología de revisión sistemática, los artículos se analizaron teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión mencionados en la tabla 2 clasificándolos por categorías definidas como incluidos, excluidos, duda, no abstract y duplicado. Los códigos de extracción del texto completo fueron elaborados por los autores principales, los cuales son: a) país donde la intervención se llevó a cabo; b) salud ocupacional; c) prevención de accidentalidad d) programas de promoción; e) tecnologías, f) resultados obtenidos.

Tabla 2. Criterios de elegibilidad de artículos

<ol style="list-style-type: none"><li>1. EXCLUIR, en el título y/o en el resumen y por qué se excluye (Marcar solo el ítem que aplica con mayor importancia)<ul style="list-style-type: none"><li>- Exclusión de lenguaje (Solo incluir Inglés, Español, Portugués)</li><li>- Intervenciones en mineras diferentes a Carbón</li><li>- Se excluyen intervenciones individuales o colectivas dirigidas a prevenir o mitigar el riesgo pro el <b>uso</b> del carbón.</li><li>- Otro, especificar</li></ul></li><li>2. INCLUIR, código del tópico o diseño para todos los estudios incluidos (Múltiples selecciones es posible).<ul style="list-style-type: none"><li>- Evaluación, seguimiento o análisis <u>de tecnologías o innovaciones</u> para mitigar efectos en la salud humana (<u>Individual o comunitarias</u>) de las mineras de carbón</li><li>- Evaluación, seguimiento o análisis <u>de políticas, programas o normas</u> dirigidas a mitigar los efectos en la salud humana (Individual o comunitarias) de las mineras de carbón</li><li>- Otros, cualquier otra intervención en comunidades o colectivos que busquen prevenir o disminuir el riesgo de daño causado por la actividad minera.</li></ul></li></ol>
---

- Momentos de la cadena de valor del carbón que se contemplan en esta revisión:
  - Extracción
  - Transporte
  - Almacenamiento
- 3. NO ABSTRACT, El titulo indica que el artículo tal vez es relevante pero el resumen no está disponible.
- 4. DUDA, se requiere el texto completo para decidir si se incluye (Especificar la razón)
- 5. DUPLICADO
- 6. ANTECEDENTES, puede ser incluido como complemento al análisis o discusión de la revisión.

## RESULTADOS

Del total de 2500 artículos seleccionados por los autores principales se realizó la revisión de los primeros 300 artículos, 32 hacen referencia al tema de salud ocupacional y minería de carbón, 10 contienen intervenciones consideradas de relevancia para esta revisión bibliográfica por el tipo de intervención y la importancia de su impacto (tabla 3).

Tabla 3. Artículos Incluidos en la revisión bibliográfica

AÑO	AUTOR	TITULO	TIPO DE INTERVENCIÓN	PRINCIPALES RESULTADOS
2013	Brahm F, Singer M.	Is more engaging safety training always better in reducing accidents? Evidence of self-selection from Chilean panel data.	Educativa	Los programas de capacitación adecuados influyen en la reducción de la accidentalidad en un 12.5%.
2003	Kowalski-Trakofler K., Barrett E.	The concept of degraded images applied to hazard recognition training in mining for reduction of lost-time injuries.	Educativa	El entrenamiento para el reconocimiento de factores de riesgo por medio de "degraded image" disminuye la tasa de incidentes y accidentes.
2003	Hickman J., Geller S.	Safety self-management intervention for mining operations	Educativa	La gestión de autocontrol y retroalimentación promovió una mayor utilización de los elementos de protección personal.
2004	Murray-Johnson L., et al.	Using the Extended Parallel Process Model to Prevent Noise-Induced Hearing Loss Among Coal Miners in Appalachia	Educativa	El Modelo de proceso paralelo extendido es eficaz para incrementar el uso de los protectores auditivos.
2008	Kunar B., Bhattacharjee A., Chau N.	Relationships of Job Hazards Status and Risk Taking Behavior to Work Injury of Coal Miners: A Case-Control Study in India	Programas preventivos	El consumo regular de bebidas alcohólicas aumenta riesgo de presentar lesiones por accidentes por lo cual se plantea la realización de alcoholimetría antes del turno.
2011	Apostle E, O'Connell M, Vezeau T.	Health Disparities of Coal Miners and Coal Mining Communities The role of	Programas preventivos	Las enfermeras pueden tratar eficazmente las deficiencias de salud a través de la atención en promoción y

		Occupational Health Nurses.		prevención de la enfermedad y la educación sanitaria a los mineros y los miembros de la comunidad.
2009	Kuempel E., et al	Contributions of Dust Exposure and Cigarette Smoking to Emphysema Severity in Coal Miners in the United States	Programas preventivos	Se concluye que a mejor reconocimiento de los predictores de la enfermedad es posible optimizar la prevención primaria (evitar el tabaquismo), diagnóstico y tratamiento médico
2008	Jacinto C., Soares G.	The added value of the new ESAW/Eurostat variables in accident analysis in the mining and quarrying industry.	Vigilancia	La metodología EEAT (EUROSTAT, 2001) permite la identificación del mecanismo causa y efecto de los accidentes ocupacionales para la intervención.
1999	Kazimierz M. and Kazimierz L.	Occurrence and Prevention of Coal Miners' Pneumoconiosis in Poland	Vigilancia	Las recomendaciones de la OMS aumenta la eficiencia en la detección de neumoconiosis en la industria minera.
2005	Ambrose D, Bartels J, Kwitowski A, Gallagher S, Battenhouse T Jr	Computer simulations help determine safe vertical boom speeds for roof bolting in underground coal mines.	Tecnología	El Software de la NIOSH desarrollado para simular tareas en la perforación y fijación de techos en la minería aporta información útil para las recomendaciones del diseño de tareas y evitar lesiones en la realización de las mismas

De las Intervenciones encontradas se consideran educativas las siguientes:

- Capacitaciones participativas a los mineros realizadas en modo de curso
- Entrenamiento mediante el uso de “*degraded image*”
- Gestión de autocontrol y retroalimentación en el uso de elementos de protección personal (EPP)
- Aplicación del modelo de procesos paralelo extendido (Extended Parallel Process Model)

Con respecto a las intervenciones educativas, se considera que el entrenamiento a los mineros ha demostrado eficacia en términos de ampliación en conocimientos y del comportamiento en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, sin embargo, esta educación debe tener unas características específicas para que sea eficaz en la prevención de accidentalidad y de las enfermedades. En un artículo se planteó que durante el proceso de la educación se debe generar un alto compromiso del trabajador (educación participativa) ya que se considera más efectiva que la educación clásica. Se consideró esencial que la información suministrada sea específica en el contexto de las labores realizadas por los trabajadores y debe referirse al cambio del comportamiento errado (no sobre el comportamiento óptimo). Si las capacitaciones cumplen con estos criterios y se llevan a cabo en modo de curso con una duración de 8 horas y conformados por 16 participantes en promedio, influyen en la reducción de la accidentalidad en un 12,5%. [20] Con respecto a la educación para el reconocimiento de los factores de riesgo presentados en el trabajo, existe un entrenamiento especial usando “*degraded image*” en el cual se muestra al trabajador una situación con peligros reales donde es fundamental exponer en contexto más de un riesgo (ejemplo una imagen de una zona en la cual un trabajador procede a realizar labores de explotación pero la zona es insegura ya que tiene una inadecuada señalización, inadecuada iluminación y adicionalmente el trabajador no usa elementos de protección personal). Este entrenamiento ha demostrado ser de mayor impacto que el entrenamiento al trabajador con imágenes que ilustran peligros específicos y fuera del contexto ( $p < 0,01$ ) logrando la disminución de las tasas de incidentes ( $p < 0,0001$ ). [21] Para promover el uso de EPP, en un artículo esta reportada una investigación en la cual se realizó entrenamiento a los trabajadores en el uso de los EPP con posterior seguimiento por medio de un cuestionario de auto reporte y finalmente seguimiento después de retirar la intervención. Con esta metodología se obtuvo un aumento significativo en el uso de los EPP ( $p < 0,01$ ), sin embargo, se identificó que una vez retirada la intervención disminuyo de manera importante el uso de los EPP ( $p < 0,05$ ). [22] En otra investigación se hizo referencia a la metodología denominada modelo de proceso paralelo extendido

(Extended Parallel Process Model) en el cual se pretende la motivación de los trabajadores mineros para el uso de la protección auditiva. Este tipo de metodología se enfoca en lograr la comprensión de las consecuencias del no uso de la protección auditiva (nivel de percepción), la susceptibilidad (exposición al factor de riesgo y características individuales), la eficacia (uso adecuado de la protección auditiva) y el autocontrol los cuales conducen a la aceptación del mensaje y al cambio de comportamiento. Con esta metodología se logró la aceptación de la pérdida auditiva como consecuencia de la actividad laboral por parte de los mineros y una mayor motivación para conservar la agudeza auditiva incrementando así el uso de los protectores auditivos ( $kappa = 0,92$ ). [23]

Las intervenciones identificadas consideradas como importantes para los Programas de Prevención son:

- Medición de alcohol antes de ingresar a trabajar
- Implementar la presencia personal de enfermería en las minas de carbón
- Reconocer la presencia de los predictores de las enfermedades pulmonares para optimizar la prevención primaria

En el tema de los programas preventivos implementados en las empresas mineras se encontró un estudio en el cual se relacionó el consumo regular de bebidas alcohólicas con el riesgo de presentar lesiones por accidentes. Es conocida la tendencia entre los trabajadores de la minería de carbón de consumir bebidas alcohólicas antes de ingresar al turno nocturno determinando que los mineros que realizan tareas complementarias (instaladores, operadores de transporte, entre otros), consumen más bebidas alcohólicas antes de iniciar el turno nocturno. El consumo de bebidas alcohólicas incrementa el riesgo de lesiones 2,4 veces como consecuencia de la participación en tareas peligrosas o por reducción de la percepción y respuesta a los peligros. Por lo anterior se planteó la medición de la concentración de alcohol por medio del uso del alcoholímetro antes de iniciar en los tres turnos como medida preventiva. [9] Otra medida planteada es la de implementación de la presencia de personal de enfermería en el ámbito ocupacional. Las enfermeras pueden transformar la salud de los mineros del carbón y de las comunidades, proporcionando atención a los mineros y a las comunidades mediante la interacción con las agencias federales y estatales para crear iniciativas de salud específicas a las regiones mineras. De forma adicional pueden tratar eficazmente las deficiencias de salud a través de la atención en promoción y prevención de la enfermedad y la educación sanitaria a los mineros y los miembros de la comunidad. [24]

Un estudio determinó la relación significativa en la aparición de enfisema pulmonar en los trabajadores expuestos a polvo en las minas de carbón ( $p < 0,0001$ ), y una mayor predisposición de presentarla en los mineros fumadores ( $p < 0,004$ ). Se consideró que la exposición laboral a polvo de carbón, la polución y el tabaquismo deben ser estudiados con relación a la insuficiencia pulmonar y se concluye que a mejor reconocimiento de los predictores de la enfermedad es posible optimizar la prevención primaria, diagnóstico y tratamiento médico. [25]

Las intervenciones que hacen parte de la vigilancia son las siguientes:

- Implementación de las variables de la metodología EEAT
- Implementar en el sistema de vigilancia de neumoconiosis las recomendaciones de la OMS

Mediante un estudio de accidentalidad minera se implementaron variables de la metodología EEAT cual permitió la identificación del mecanismo causa y efecto de los accidentes presentados ( $R > 2$ ). Esta metodología contempla las variables "clásicas" que tipifican los empleadores (actividad económica y tamaño de la empresa), al trabajador (edad, sexo, ocupación, posición ocupacional y nacionalidad), parte de las circunstancias (lugar geográfico, fecha y hora del accidente), y las consecuencias (tipo de lesión, parte del cuerpo lesionada, y los días perdidos), además de las variables ejecutadas a partir del año 2001 que fueron diseñadas para obtener información sobre el accidente en sí (secuencia de eventos) y las circunstancias de su ocurrencia; estas son ambiente de trabajo, proceso de trabajo, actividad específica, agente material de la actividad específica, la alteración (aproximación a la identificación del problema), agente material de la alteración, mecanismo de contacto de lesión y, por último, el agente material del mecanismo de contacto de lesión. Estas variables permiten ampliar el conocimiento sobre los accidentes en el trabajo sobre los mecanismos del accidente, que eran desconocidos antes o que no eran verificables de manera objetiva. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) recomienda a nivel mundial esta metodología ya que es una herramienta con la cual es posible elaborar y mejorar programas de vigilancia con direccionamiento hacia la causa, factor o agente principal. [26] para la detección de las neumoconiosis previamente se centraban en el uso de fluoroscopia o rayos X en casos sospechosos, en una investigación se adoptaron en el sistema de vigilancia de neumoconiosis en la minería del carbón las recomendaciones

de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que consiste en: a) aplicación de un cuestionario sobre la duración del empleo, condiciones de trabajo y síntomas de bronquitis crónica; b) toma de radiografía de tórax postero-anterior tamaño completo realizada después de 8 años de comienzo de empleo y cada  $2 \pm 4$  años con Documentación de rayos X y lectura según criterios de la OIT; c) realización de espirometría pre ocupacional y periódicamente.; d) análisis de datos computarizada. Se realizó una comparación entre el sistema de vigilancia anterior y el recomendado por la OMS, en donde se observó que con el sistema anterior se diagnosticó neumoconiosis anualmente de 0,4 a 0,8% del número de mineros evaluados; mientras que con el nuevo sistema, el porcentaje se incrementó a un 1,8% del número de mineros examinados. Los resultados sugieren que el sistema de vigilancia con las recomendaciones de la OMS aumenta la eficiencia en la detección de neumoconiosis en la industria minera. [27]

Con respecto a la intervención de tecnología identificada se encontró que el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) ha diseñado un software de simulación donde se observa la interacción de la máquina y el trabajador evaluando los diferentes factores de riesgo en la perforación y fijación de techos en las minas de carbón subterráneas. El software permite simular las tareas de perforación y fijación, posturas del trabajador y conductas de riesgo, y aporta información útil para hacer recomendaciones al diseño de tareas y procedimientos de la máquina y así reducirla probabilidad de que los operadores experimenten lesiones debido a ponerse en contacto con las mismas. [28]

## DISCUSION

Una vez realizada la revisión bibliográfica de las intervenciones dirigidas a la disminución de la accidentalidad y a la prevención de las enfermedades ocupacionales se encontraron 4 tipos de intervenciones las cuales son la educativa, los programas preventivos, vigilancia y tecnología.

Mediante la adopción de la Política Nacional de Seguridad Minera (Resolución 18 1467 de 2011) en Colombia se propusieron acciones preventivas haciendo especial énfasis en la realización de capacitación preventiva, en la educación en identificación de riesgos, así como se plantean las campañas educativas en contra del tabaquismo; sin embargo no se encuentra establecida una metodología específica para cada una de estas actividades. En la revisión bibliográfica se obtuvo información de los parámetros que se deben tener en cuenta en las jornadas de capacitación para alcanzar resultados exitosos; los cuales son:

- ✓ Generar un alto compromiso del trabajador (educación participativa).
- ✓ La información suministrada debe referirse al cambio de comportamiento errado, no al comportamiento óptimo.
- ✓ Las capacitaciones deben tener una intensidad horaria de 8 horas y contar con 16 participantes en promedio.
- ✓ Se debe mostrar al trabajador una situación real y cotidiana de su actividad laboral identificando los riesgos que en esta se presentan.
- ✓ La información debe ir dirigida a la comprensión de las consecuencias del no uso de los EPP, la susceptibilidad, la eficacia y el autocontrol.

Para las investigaciones de los accidentes de trabajo en Colombia se realizan las notificaciones de estos en el Formato Único de reporte de Accidente de Trabajo (FURAT). Al realizar una comparación con la metodología EEAT se encuentran las siguientes variables no contempladas las cuales son útiles para identificar la “causa –efecto” en la accidentalidad:

- ✓ Número de días perdidos: Se recomienda realizar el reporte de este una vez el trabajador se reintegre a sus labores.
- ✓ Ambiente de trabajo: Se recomienda hacer un listado de condiciones del medio de trabajo (ej. Para labores Subterráneas: considerar iluminación, temperatura, ruido, etc).
- ✓ Proceso de trabajo y actividad específica: Se recomienda explicar el proceso en que está involucrado el trabajador y la actividad precisa que estaba realizando en el momento del accidente)

El Ministerio de Protección Social en el año 2010 implementó una guía de atención integral (GATISO) para la neumoconiosis de mineros de carbón en la cual se recomienda que la vigilancia en salud a los trabajadores expuestos al carbón debe estar compuesta por valoración médica pre ocupacional (historia médica y ocupacional detallada, examen

físico, cuestionario de síntomas respiratorios, radiografías de tórax y espirometría) y seguimiento periódico con espirometría cada año durante los 3 primeros años después de iniciar la exposición y luego cada 2 o 3 años hasta que cese la exposición del trabajador y la radiografía de tórax se realizara cada 4 a 5 años durante los 15 primeros años de exposición y cada 3 años después de este periodo; La interpretación de esta última se debe realizar por un lector entrenado de acuerdo con los criterios de la OIT del 2000. Igualmente en las evaluaciones de seguimiento se establece la inclusión del cuestionario de síntomas respiratorios y la historia médica; sin embargo los parámetros establecidos por la OMS encontrados en la revisión bibliográfica varían en cuanto a la aplicación del cuestionario de condiciones de trabajo de manera periódica, la realización de radiografía de tórax después de los 8 años de exposición y luego cada 2 a 4 años y la realización del análisis de los datos de manera computarizada como un parámetro más lo cual mejorará el diagnóstico temprano de las neumoconiosis.

NIOSH diseño un software de simulación de la tarea de perforación y fijación de techos en las minas de carbón subterráneas identificando así diferentes variables relacionadas con posibles lesiones. Estas variables son, la realización del trabajo en posición de rodillas, la velocidad de perforación rápida (16in/seg), la posición de perforación hacia arriba y se identificó además que los trabajadores más grandes tiene un 25% más riesgo de sufrir lesiones. Esta información puede ser útil para hacer recomendaciones para las tareas y así reducir la probabilidad de lesiones, sin embargo se desconoce su eficacia y su aplicabilidad en Colombia, pero se debería considerar ya que es una herramienta que ayudaría a identificar las variables más importantes para intervenir y así reducir los accidentes en las tareas de perforación y fijación de techos de manera importante.

Otro aspecto importante que vale la pena mencionar es la aplicación de estas intervenciones a todo tipo de minería; se conoce que son escasas las intervenciones en salud en las minerías artesanales y de pequeña escala por lo cual la Política Nacional de Seguridad Minera se propuso como objetivo la formalización de estas lo cual podría resultar como una intervención efectiva en la disminución de la accidentalidad y de enfermedades ocupacionales posterior a un incremento del registro de estos al inicio de la formalización de las pequeñas minerías.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta aproximación de revisión de literatura que busca intervenciones efectivas, se identificaron estrategias que aseguran ser eficaces en la prevención y vigilancia epidemiológica de accidentalidad y enfermedad de tipo ocupacional en la minería de carbón.

Se recomienda implementar en Colombia programas de entrenamiento que consideren los siguientes lineamientos específicos: capacitaciones participativas, entrenamiento mediante el uso de “*degraded image*”, gestión de autocontrol y retroalimentación en el uso EPP, aplicación del modelo de procesos paralelo extendido (Extended Parallel Process Model); Adicionalmente se debe tener en cuenta la importancia de la implementación de campañas educativas contra el tabaquismo y el alcoholismo.

En los reglamentos internos de trabajo se establece la prohibición de realización de las actividades laborales bajo efectos del alcohol ya que se conoce que estos aumentan la probabilidad de sufrir accidentes de trabajo y lesiones asociados a estos, y considerando la minería como una actividad de alto riesgo se recomienda ser más estrictos en la aplicación de estas actividades por lo cual se plantea la realización de prueba de alcoholimetría previo al ingreso de turno de trabajo.

En Estados Unidos se propone que en las minas de carbón se cuente con personal capacitado, la American Association of Occupational Health Nurses (AAOHN) recomienda personal de enfermería para atención primaria, la cual tendría impacto positivo disminuyendo los días perdidos por incapacidad; en Colombia el Decreto 2222 de 1993 exige la presencia de personal capacitado, de equipos y elementos de primeros auxilios de acuerdo con los agentes de riesgo en el lugar de trabajo, por lo cual se plantea realizar estudios de costo efectividad para la implementación del personal propuesto por la AAOHN.

Igualmente se deben complementar y actualizar los sistemas información de registro de los accidentes de trabajo considerando la necesidad de adicionar las variables de número de días perdidos, ambiente de trabajo y proceso de trabajo y actividad específica las cuales han demostrado ser útiles para la identificación causa efecto en la accidentalidad, facilitando y mejorando la investigación de los accidentes de trabajo y así aportar información que puede ser utilizada con fines preventivos.

Adicionalmente se recomienda realizar estudios de costo efectividad para evaluar la viabilidad de implementación del software de simulación y determinar la aplicación de este en las minas de carbón Colombianas; en caso de ser exitoso se podrían desarrollar otros similares para aplicar a las diferentes tareas mecanizadas.

## REFERENCIAS

1. Unidad de Planeación Minero Energética, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia. La cadena del Carbón. 2005
2. Unidad de Planeación Minero Energética, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia. Indicadores de la minería en Colombia. Bogotá, D.E. 2014.
3. Unidad de Planeación Minero Energética, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia. Plan Nacional de Desarrollo Minero al 2014. Sector minero de cara a la sociedad. 2012.
4. Martínez A, Aguilar T. Impacto socioeconómico de la Minería en Colombia. Fedesarrollo Centro de Investigación Económica y Social. Abril 2012
5. Torres Gutiérrez JI, Pinzón Salcedo M, Esquivia Zapata M, Parra Pizarro A, Espitia Jiménez EH. La explotación ilícita de recursos minerales en Colombia. Contraloría General de la República, Sector Minas y Energía.
6. Ministerio de Minas y Energía República de Colombia. Política Nacional de Seguridad Minera. Bogotá Agosto 2011.
7. Ministerio de Protección Social, República de Colombia. Plan Nacional para la prevención de la silicosis, la neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis 2010-2030. Julio 2010.
8. Coleman P J.; Kerkerling, JC. Measuring Mining Safety With Injury Statistics: Lost Workdays As Indicators Of Risk. Journal of safety research 38 (2007) 523-533.
9. Kunar BM, Bhattacharjee A, Chau N. Relationships Of Job Hazards, Lack Of Knowledge, Alcohol Use, Health Status And Risk Taking Behavior To Work Injury Of Coal Miners: A Case-Control Study In India. Journal Occupational Health 50 (2008) 236- 244.
10. Kucuker H. Occupational Fatalities Among Coal Mine Workers In Zonguldak, Turkey, 1994 - 2003. Occupational Medicine 56 (2006) 144 – 146.
11. Ming-Xiao W, Tao Z, Miao-Rong X, Bin Z, Ming-Qiu J. Analysis of National Coal-Mining Accident data in China, 2001 - 2008. Public Health Reports 126 (2011) 270 – 275.
12. Verbel JO. Efectos de la minería en Colombia sobre la salud humana. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) disponible en: [http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/forum\\_topic/3655/files/efectos\\_mineria\\_colombia\\_sobre\\_salud\\_humana.pdf](http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/forum_topic/3655/files/efectos_mineria_colombia_sobre_salud_humana.pdf)
13. Verbel JO, Caballero K, Guerrero A. Implicaciones de la minería de carbón en el ambiente y la salud humana: Una aproximación abreviada al estado del arte. Minería en Colombia Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Contraloría General de la Nación. Noviembre, 2013.
14. Hendryx M, Ahem M. Relations Between Health Indicators And Residential Proximity To Coal Mining In West Virginia. American Journal of Public Health. 98: 4 (2008) 669 – 671.
15. Shen F, Yuan J, Sun Z, Hua Z, Qin T, Yao S. Risk identification and prediction of Coal Workers' A pneumoconiosis in Kailuan Colliery group in China: A Historical Cohort Study. PLoS ONE 8(12): e82181.
16. Xia Y, Liu J, Shi T, Xiang H, Bi Y. Prevalence of Pneumoconiosis in Hubei, China from 2008 to 2013. International Journal of Environmental Research and Public Health. 11 (2014) 8612-8621.
17. Xu G, Pang D, Liu F, Pei D, Wang S, Li L. Prevalence Of Low Back Pain And Associated Occupational Factors Among Chinese Coal Miners. BMC Public Health 12 (2012) 149.
18. Ministerio de Salud y Protección Social. República de Colombia. Tabla de Enfermedades Profesionales. Decreto 1477 de 2014.

19. Vargas, E. Identificación de estrategias efectivas para mitigar los efectos adversos en la salud humana de la actividad minera de carbón, bajo un enfoque de determinantes. *En desarrollo. Instituto Nacional de Salud. 2014.*
20. Brahm F, Singer M. Is more engaging safety training always better in reducing accidents? Evidence of self-selection from Chilean panel data. *Journal of Safety Research* 47 (2013) 85–92.
21. Kowalski-Trakofler K., Barrett E. The concept of degraded images applied to hazard recognition training in mining for reduction of lost-time injuries. *Journal of Safety Research* 34 (2003) 515– 525.
22. Hickman J., Geller S. Safety self-management intervention for mining operations. *Journal of Safety Research* 34 (2003) 299– 308 28 March 2003.
23. Murray-Johnson L., et al. Using the Extended Parallel Process Model to Prevent Noise-Induced Hearing Loss Among Coal Miners in Appalachia. *Health Education & Behavior*, Vol. 31 (6): 741-755 .
24. Apostle E, O’Connell M, Vezeau T. Health Disparities of Coal Miners and Coal Mining Communities The role of Occupational Health Nurses. *AAOHN Journal* 59,7 (2011): 311-321.
25. Kuempel E., et al. Contributions of Dust Exposure and Cigarette Smoking to Emphysema Severity in Coal Miners in the United States. *Am J Respir Crit Care Med* Vol 180. pp 257–264, 2009.
26. Jacinto C., Soares G. The added value of the new ESAW/Eurostat variables in accident analysis in the mining and quarrying industry. *Journal of Safety Research* 39 (2008) 631–644.
27. Kazimierz M. and Kazimierz L. Occurrence and Prevention of Coal Miners' Pneumoconiosis in Poland. *American Journal of Industrial Medicine* 36:610-617 (1999)
28. Ambrose D, Bartels J, Kwitowski A, Gallagher S, Battenhouse T Jr. Computer simulations help determine safe vertical boom speeds for roof bolting in underground coal mines. *Journal of Safety Research* 36 (2005) 387 – 397.