

# DIAGNÓSTICO DE LA ACCIDENTALIDAD EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA MINERÍA DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

(Diagnosis of accidents in small and medium mining of Boyacá)

Miguel Alfonso González Sierra\* Luis Ángel Lara González\*\*

\*Investigador Grupo de Investigación GEAM, Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia.  
miguel.gonzalez01@uptc.edu.co luisangel.lara@uptc.edu.co

(Recibido: 5 de Agosto de 2014 y aceptado 1 de Octubre de 2014)

<p><b>Resumen:</b></p> <p>Se reportan los resultados del proyecto de investigación denominado “Sensibilización y diagnóstico de la seguridad en pequeña y mediana minería en el departamento de Boyacá”, el cual se realizó a partir del análisis de las estadísticas de accidentalidad suministradas por la Estación de Salvamento Minero, sede Nobsa, de la Agencia Nacional de Minería. El objetivo del estudio es mostrar los focos y causas de la accidentalidad, su frecuencia y la relación directa con la producción de carbón en el departamento.</p> <p>Los resultados muestran que el mayor número de accidentes en la última década, se ha presentado en las provincias de Sugamuxi y Valderama, con un 30 % y 28 % respectivamente. A su vez, la mayor causa de muertes accidentales se presenta por derrumbes, causas asociadas a ventilación y descargas eléctricas.</p> <p>El análisis concluye que existe una correlación positiva de 65 % entre la producción anual de carbón en el departamento y el número de accidentes reportados a la Estación de Salvamento Minero de Nobsa.</p>	<p><b>Abstract:</b></p> <p>We report the results of the research project entitled "Awareness and diagnosis of safety in small and medium mining in the department of Boyacá" which was based on the analysis of accident statistics provided by the Mining Rescue Station of the National Mining Agency, Nobsa. The aim of the study is to show the foci and causes of accidents, their frequency and direct relationship with the coal production in the department.</p> <p>The results show that the highest number of accidents in the last decade has occurred in the provinces of Sugamuxi and Valderama with 30% and 28% respectively. In turn, the biggest cause of accidental deaths is presented by landslides, causes associated with lightning and ventilation.</p> <p>The analysis concludes that there is a positive correlation between the annual production of coal in the department and the number of accidents reported to the Mine Rescue Station in Nobsa.</p>
<p><b>Palabras clave:</b> accidente, seguridad, minería del carbón, atención de emergencias.</p>	<p><b>Keywords:</b> accident, safety, coal mining, emergency care.</p>

## 1. INTRODUCCIÓN

La accidentalidad minera en el departamento de Boyacá ha ocasionado pérdidas humanas desde que esta actividad comenzó a desarrollarse ya hace más de 50 años (Ospina & Manrique, 2010). La causa principal es el desconocimiento de las normas o la falta de capacitación de los agentes involucrados en la actividad.

Los organismos de control han desarrollado estrategias para disminuir los índices de accidentalidad y las pérdidas humanas derivadas de la misma (Garzón et al., 2012); sin embargo, el incremento en la demanda de carbón de la última década, las condiciones climáticas (Martínez, 2013) y de seguridad en las explotaciones mineras (Torres, 2012), han disparado los índices de accidentalidad en el departamento, específicamente en la provincia del Sugamuxi (Ulises et al., s.f.).

Partiendo de las estadísticas generadas en los últimos años (Baquero, Blandón & Molina, 2012; Gardner, 1982; Quiceno & Escobar, 2011), y analizando las causas de estos acontecimientos y la información recopilada en la Estación de Salvamento Minero, sede Nobsa de la Agencia Nacional de Minería, sobre accidentalidad minera, se hace un diagnóstico estadístico con el fin de verificar cuáles son las causas de accidentalidad con mayor incidencia en el departamento de Boyacá.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de esta investigación se desarrolla así: se describen las estadísticas de las emergencias que se han presentado desde el año 2004 hasta el 2013, se establecen las causas, el número de personas que se vieron involucradas en ellas y se hace una relación entre los ilesos, heridos y fallecidos que estos sucesos dejaron como resultado; a su vez, se plantea una posterior alternativa de solución frente a los resultados obtenidos, que permita la disminución de la accidentalidad en el sector minero del departamento.

A partir de estas estadísticas, se analizan las principales causas de accidentes en el departamento y la cantidad de mineros que han estado involucrados; además se pretende determinar en qué años se presentaron más hechos trágicos y qué relación tienen con el comportamiento de los mercados nacionales e internacionales del carbón, ya que en las explotaciones de este mineral es donde se presenta la mayor accidentalidad.

La recolección de los datos objeto de esta investigación se hizo en fuente primaria mediante minería de datos, (Riquelme, Ruiz & Gilbert, 2006), sobre la información que reposa en la Estación de Seguridad y Salvamento de la Agencia Nacional de Minería, P.A.R Nobsa. Se logró establecer un consolidado año por año de las emergencias que la entidad ha atendido a lo largo de los últimos diez años. Posteriormente se realizó la clasificación, análisis, tabulación, interpretación y estratificación de la información por causa de la accidentalidad.

El análisis cuantitativo se efectuó con el módulo de análisis de datos de Excel®, y la clasificación por tipo de causa se realizó mediante análisis de Pareto y análisis de correlación en Mítab 16®, (Ryan, Joiner & Ryan, 1992).

### 3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Después del análisis estadístico de los datos recolectados en la Estación de Seguridad y Salvamento Minero de la Agencia Nacional de Minería P.A.R. Nobsa, se hizo su interpretación, lo cual permitió conocer los efectos de los accidentes en el sector minero.

En primera instancia se realizó un análisis cuantitativo, con el fin de verificar en qué provincias del departamento se presenta el mayor número de accidentes reportados y no reportados ante las autoridades mineras (ver Tabla 1). El consolidado muestra que el 30 % de los accidentes se presenta en la provincia del Sugamuxi, seguido por la de Valderrama con un 28 %. Precisamente en estas provincias la actividad minera principal es la de explotación del carbón. Y la provincia que menos accidentes presenta es la de Ricaurte, con un 2%; sin embargo este indicador puede ser bajo, no por el número de accidentes, sino por la omisión en el reporte de estos.

La información sobre accidentalidad en el departamento de Boyacá desglosada por provincia, se empezó a recopilar desde el año 2007 (ver Figura 1). Dicha información revela el comportamiento en el número de emergencia reportadas a la Estación de Salvamento Minero, destacándose que el mayor número de incidentes se presenta en las minas que realizan la extracción de minerales por labores subterráneas.

Tabla 1. Emergencias mineras presentadas por provincias en el departamento de Boyacá

PROVINCIA	CANTIDAD	%
Centro	15	13%
Norte	7	6%
Occidente	6	5%
Ricaurte	2	2%
Sugamuxi	35	30%
Tundama	20	17%
Valderrama	33	28%
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>100%</b>

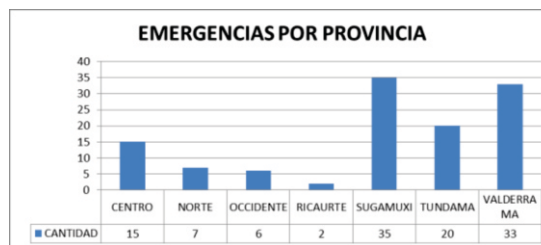


Figura 1. Emergencias mineras ocurridas por provincia en el departamento.

En el ejercicio del salvamento minero, la Estación de la regional Nobsa ha atendido emergencias que los empresarios mineros reportan a la entidad y, a su vez, aquellas que no son reportadas (ver Tabla 2). Cabe aclarar que el empresario minero es quien tiene la obligación de informar el incidente, el cual se considera como reporte y se clasifica como tal en la base de datos. Sin embargo, algunas emergencias no son reportadas por el empresario, pero dada la gravedad del suceso personal vinculado y certificado como socorredor minero en los municipios, ha efectuado el reporte, ya que es obligación propia de su labor, aunque se clasifica como no reportado.

Tabla 2. Número de emergencias mineras reportadas y no reportadas en el departamento de Boyacá.

AÑO	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	TOTAL
REP.	3	15	21	14	12	20	22	18	13	19	157
NO REP.	4	7	5	6	0	0	3	0	1	0	26

El aumento en el reporte de las emergencias, evidencia el creciente interés por parte de los empresarios mineros para mantener un vínculo activo con el ente responsable del salvamento minero (ver Figura 2).



Figura 2. Emergencias en minería reportadas y no reportadas en el departamento.

Otro factor de análisis está relacionado con el incremento en la demanda del carbón en la última década, lo cual puede estar influyendo de manera directa sobre la accidentalidad presentada en los sectores donde se llevan a cabo labores sin una dirección técnica permanente. Situación que ha convertido a los sectores de mayor producción del mineral en los focos de concentración de sucesos donde se ha visto involucrado un número considerable de mineros.

Según el análisis, en el transcurso de la última década se han presentado 348 accidentados en el departamento de Boyacá (ver Tabla 3), con un promedio de 8 personas ilesas, 8 personas heridas y 35 personas fallecidas por año. Dato alarmante si se tiene en cuenta el número de explotaciones mineras en el departamento.

**Tabla 3.** Consolidado de ilesos, heridos y fallecidos por año en el departamento de Boyacá

	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	TOTAL
IL.	0	7	15	13	11	11	7	9	4	2	79
HE.	3	17	9	7	7	12	3	8	0	13	79
FA.	9	16	21	19	21	18	33	26	15	12	190
<b>TOTAL AÑO</b>	<b>12</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>348</b>

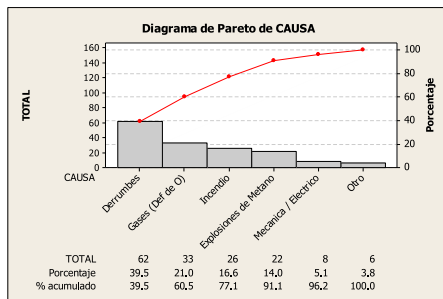
IL = ILESOS.  
HE = HERIDOS.  
FA = FALLECIDOS.

Es relevante ver que el número de accidentes promedio ha sido constante en gran parte del periodo objeto de análisis (ver Figura 3). Estos datos reflejan que mientras el número de ilesos y heridos tiende a disminuir, el número de víctimas fatales ha venido en aumento, lo que evidencia la gravedad de los accidentes ocurridos y la necesidad de implementar mayores controles en la fuente.

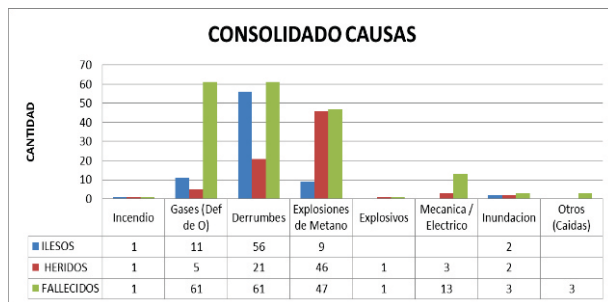


**Figura 3.** Histórico de accidentados en minería en el departamento de Boyacá.

Con el fin de estudiar a profundidad las causas más relevantes que originan el mayor número de accidentes, se realizó un análisis de Pareto o análisis 80:20 (ver Figura 4), en el que se evidencia que el 20 % de las causas que generan accidentalidad corresponde a derrumbes, con un 39.5 % de los casos, acumulación de gases, 21 %, e incendio derivado de la misma, con 16.6 %. A partir de este análisis, se puede inferir que el 80 % de los accidentes es generado por estos tres factores.



**Figura 4.** Análisis de Pareto por causas de los accidentes.

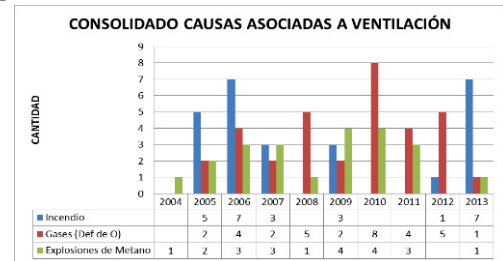


**Figura 5.** Consolidado de causas de los accidentes en minería en el departamento de Boyacá.

Para entender mejor el fenómeno de la accidentalidad en el departamento, sus causas y consecuencias, a continuación se presenta el análisis realizado para cada una de ellas.

#### 4.1 Accidentalidad asociada a la ventilación

Según los informes analizados de incidentes reportados, se encontró que dos de las mayores causales de accidentalidad, están relacionadas con la ventilación de mina, concretamente por una ventilación deficiente en los frentes de trabajo, que no permiten garantizar una atmósfera apropiada para el desarrollo de la actividad y que origina, en su gran mayoría, incendios (ver Figura 6). A su vez, se puede verificar que a pesar de no presentarse un número considerable de explosiones de metano, el número de fallecidos que se produce por esta causa es alto. Por otro lado, el número de casos presentados por presencia de gases o deficiencia de oxígeno se mantiene dentro de rangos que obligan a entrar a analizar un problema constante en la minería del departamento.



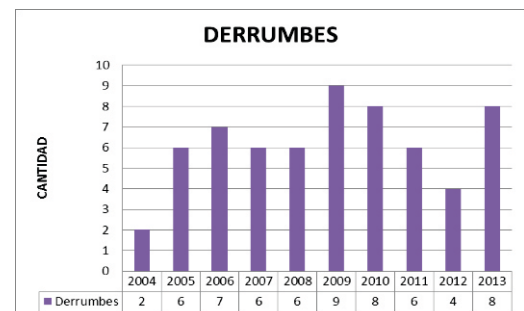
**Figura 6.** Causas de accidentes asociadas a la ventilación en minería en el departamento de Boyacá.

El número de incendios endógenos que se han presentado, a pesar de ser considerable, no ha sido constante, pero puede llegar con el tiempo a ser una causa relevante en la accidentalidad. En este tipo de accidente no se han visto afectadas muchas personas, sin embargo los datos permiten establecer que las otras dos causas —gases y explosiones de metano, asociadas a ventilación— son las que mayor accidentalidad suman a la actividad minera en el departamento.

#### 4.2 Accidentalidad asociada a derrumbes

Los derrumbes han sido una causa histórica de tragedias en el departamento, que se ha mantenido constante en el tiempo con un número que, aunque no es alto, 7 en promedio, cada año produce una cantidad elevada de fallecidos. Uno de los factores que más influyen en esta causa es la demanda del mineral; por otro lado están la falta de capacitación y la llamada “confianza” del minero en el avance de frentes, que desencadenan un problema que se vuelve difícil de solucionar y ocasiona pérdidas humanas en un número que no debiera ser tan alto (Baquero et al., 2012). (Ver Figura 7).

Tan solo en el año de 2013 se presentaron 20 accidentes, de los cuales, 7 se asociaron a derrumbes que causaron el 35 % de los decesos reportados (ver Tabla 4).



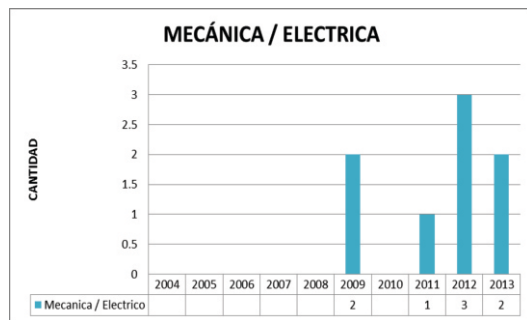
**Figura 7.** Emergencias mineras por año, relacionadas con derrumbes en el departamento de Boyacá.

**Tabla 4.** Número de decesos por tipo de emergencias reportadas para el año de 2013

EMERGENCIA	Número Sucesos 2013	FALLECIDOS
CAÍDA BLOQUE	1	1
DEFICIENCIA DE O2	1	3
DERRUMBE	7	5
ELÉCTRICO	2	2
EXPLOSIÓN METANO	1	0
INCENDIO	2	0
INCENDIO ENDÓGENO	6	1
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>12</b>

#### 4.3 Accidentalidad asociada a riesgos mecánicos y eléctricos

Las causas de accidentes relacionadas con riesgos mecánicos y eléctricos no se presentan continuamente en la minería del departamento, como se puede apreciar en la Tabla 4; aunque es esporádica su ocurrencia, el número de fallecidos es alto, el 20 % en el año 2013, debido a que la reacción que presenta el ser humano ante el efecto de estas causas es de alta afectación a su integridad, lo cual no le permite contrarrestarla con facilidad. Esta causa se manifiesta debido al incumplimiento de las normas que rigen las instalaciones eléctricas, al no hacer una selección técnica adecuada de la maquinaria que se utiliza y al uso inadecuado de la misma por parte de los operarios mineros. En los registros históricos se evidencia que la ocurrencia de esta causa es baja; sin embargo, el nivel de afectación y el número de decesos por la misma son altos (ver Figura 8).

**Figura 8.** Emergencias mineras por año relacionadas con causas mecánicas y eléctricas en el departamento de Boyacá.

#### 4.3 Accidentalidad asociada a inundación

En los últimos diez años (ver Figura 9), tan solo se han presentado tres accidentes de este tipo en el departamento, cuya causa principal ha sido el avance de labores nuevas en zonas ya explotadas, en las cuales, debido a la filtración y a los niveles freáticos, se produce una acumulación de agua en el interior de las minas, y la maquinaria de bombeo es deficiente para mitigar el fenómeno. Casualmente, las tres emergencias reportadas sucedieron en el año 2011, cuando el país estaba atravesando por el fenómeno de La Niña con niveles de precipitación altos, en que se destacó el mes de julio, como el más lluvioso de los últimos 30 años (Martínez, 2013).

**Figura 9.** Emergencias mineras por año relacionadas con inundación en el departamento de Boyacá.

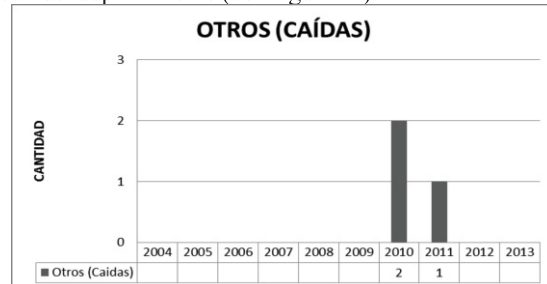
#### 4.3 Accidentalidad por explosivos

La manipulación de explosivos es una labor que requiere de experiencia y habilidad. Los accidentes que se presentaron por esta causa han tenido como principal factor la falta de experiencia o confianza a la hora de manipular y utilizar sustancias explosivas. Afortunadamente, el número de accidentes asociados a la misma ha sido reducido; sin embargo se registran consecuencias fatídicas, pues el acumulado en la última década es de dos accidentes fatales de este tipo.

**Figura 10.** Emergencias mineras por año, relacionadas con explosivos en el departamento de Boyacá.

#### 4.4 Otros

Los pisos resbalosos y las labores inclinadas que no cumplen con el reglamento de seguridad bajo tierra (Decreto 1335 de 1987), han sido la causa de caídas accidentales por resbalamiento, las cuales han dejado como resultado tres accidentes fatales en la minería del departamento (ver Figura 11).

**Figura 11.** Emergencias mineras por año, relacionadas con caídas en el departamento de Boyacá.

#### 4.5 Relación de la accidentalidad frente a la producción del carbón

Por último se realizó un análisis con el fin de verificar si existe una correlación entre el incremento de la producción de carbón en el departamento y el número de accidentes registrados en la Agencia Nacional de Minería.

Para tal fin se tuvieron en cuenta los datos de la producción mundial de carbón y, en concreto, la producción nacional y regional, particularmente la del departamento de Boyacá, la cual registró una producción de 2.8 millones de toneladas en el 2011, por debajo de Cundinamarca, la Guajira y el Cesar. Se resalta que los dos últimos desarrollan la minería a gran escala (Dudley, 2012).

La evolución de producción de carbón por departamentos ubica a Boyacá como el segundo productor de este mineral en la zona centro del país (Esp & Martínez, 2012). Por tal motivo se cruzaron los datos históricos de la producción departamental con los índices de accidentalidad registrados.

En primera instancia se quiso verificar si existe correlación entre el número de accidentes reportados y la producción de carbón. Para tal fin, se tomaron los datos correspondientes a la producción de carbón consignados en el informe Análisis prospectivo de los efectos de la incorporación del gas natural sintético SNG (producido a partir del Carbón), en la matriz energética colombiana y se compararon con los datos de accidentalidad suministrados por la Agencia Nacional de Minería. (Ver Tabla 5).

El análisis de correlación se realizó mediante el software Minitab16®. La dispersión muestra una correlación positiva, pero no perfecta (Martínez, 2000). (Ver Figura 12)

Tabla 5. Producción de carbón en Boyacá, frente al total de accidentes reportados.

Año	Producción Miles de Ton.	No. Accidentes
2004	1204	12
2005	1280	40
2006	1756	45
2007	2275	39
2008	2231	39
2009	2676	41
2010	2676	41
2011	2754	43
2012	1398	19
<b>Totales</b>	<b>18250</b>	<b>319</b>

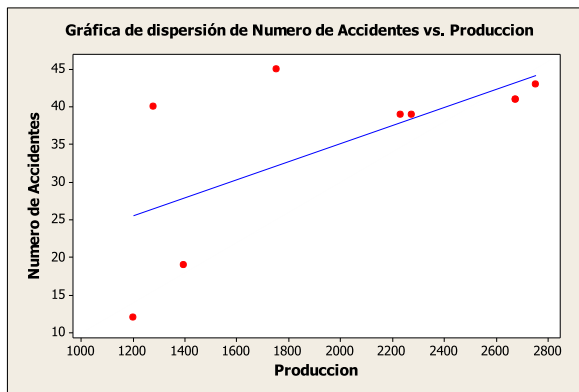


Figura 12. Comportamiento de la dispersión de emergencias mineras por año, relacionadas con la producción de carbón en miles de toneladas año.

La salida del software Minitab16®, permite determinar el coeficiente de correlación de Pearson.

Correlación de Pearson de producción y número de accidentes = 0.65  
 Valor P = 0.059

El coeficiente de correlación es de 0.65, lo cual indica que existe una correlación del 65 % entre el número de accidentes y la producción de carbón. Dicha correlación es positiva, por lo tanto, a medida que incrementa la producción de este mineral en el departamento, la tendencia al aumento de la accidentalidad es alta.

## 5. CONCLUSIONES

Las estrategias que se han puesto en marcha por las entidades nacionales no han surtido el efecto esperado en cuanto a la disminución de la accidentalidad en el departamento, ya que, como puede evidenciarse, el número de emergencias ha venido en aumento, asociado principalmente al incremento en la demanda de diferentes minerales, especialmente la del carbón.

Las causas que más generan accidentes reportados a los entes de control, son: incendio, acumulación de gases y explosión; sin embargo, la principal causa de decesos, son los derrumbes, los cuales se derivan de las fuentes anteriores.

La falta de aplicación de conceptos y normas técnicas en las labores que se desarrollan en el departamento, ha llevado a que los accidentes mortales hayan aumentado en la última década.

La falta de capacitación a los empresarios y mineros, por parte de las entidades involucradas en la minería, produce desconocimiento de la normatividad, lo que lleva al aumento de la accidentalidad.

La función social realizada por el Salvamento Minero en Colombia, se reviste cada día de mayor importancia, debido al modelo de crecimiento minero energético con el que el país se encuentra comprometido.

Se debe establecer una estrategia transversal que involucre a la academia en la búsqueda de soluciones a estas causas que perjudican nuestro entorno.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos al ingeniero Yovanni Benavides, líder de la Estación de Salvamento Minero de la Agencia Nacional de Minería Nobsa, por su valiosa colaboración y dedicación al proyecto.

## REFERENCIAS

Baquero, K., Blandón, A. & Molina, J. (2012). Análisis de los factores que influyen en la explosividad del polvo de carbón en las minas subterráneas. *Analysis of the factors that affect in the explosibility of coal dust in underground mines*, 160(2), 147–160.

Dudley, B. (2012, June). *BP statistical review of world energy*. BP.

Esp, C. S. A. & Martínez, A. (2012). Análisis prospectivo de la incorporación del gas natural sintético SNG (producido a partir decarbón), en la matriz energética colombiana.

Gardner, A. (1982). *Current Approaches to Occupational Health*. Elsevier. doi:10.1016/B978-0-7236-0618-5.50008-5

- Garzón, O. C. et al. (2012). Existen dificultades en Colombia para reducir los accidentes de trabajo en la actividad económica del carbón como política de seguridad minera.
- Martínez, M. (2013). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM-.
- Ospina & Manrique, G. G. (2010). *Salud y trabajo: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia*, (1), 107–115.
- Quiceno, C. C. C. & Escobar, J. M. M. (2011). Caracterización de sistemas de ventilación en minería subterránea. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, (29), 73–85
- Riquelme, J. C., Ruiz, R. & Gilbert, K. (2006). Minería de datos: conceptos y tendencias. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 10(29), 11–18.
- Ryan, B. F., Joiner, B. L. & Ryan, T. A. (1992). *Minitab handbook*. Boston, MA: PWS-KENT.
- Torres, M. (2012). Crónica: el círculo vicioso de la inseguridad y la muerte en la pequeña minería del carbón.
- Ulises, O., Millán, G., Teresa, M., Díaz, R., Gustavo, R. & Valencia, M. (s.f.). *Medición de seguridad y clima organizacional en la minería sogamoseña*.