

CALCULO DE PARÁMETROS DETERMINANTES EN LA PREPARACIÓN DE UN CIRCUITO DE VENTILACIÓN EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE CARBÓN USANDO PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA

TECHNIQUES FOR DETERMINING PARAMETERS IN THE PREPARATION OF A FAN CIRCUIT IN UNDERGROUND COAL MINING USING PROGRAMMING STRUCTURED

JORGE LUIS KERGUELEN BENDECK

Universidad Nacional de Colombia, jlclavijop@unal.edu.co

VICTOR ALFONSO GONZÁLEZ MARTÍNEZ

Universidad Nacional de Colombia, vagonzal@unal.edu.co

JOVANI ALBERTO JIMÉNEZ BUILES

Universidad Nacional de Colombia, jajimen1@unal.edu.co

Recibido para evaluación: 18 de enero de 2013 / Aceptación: 15 de abril de 2013 / Recibida versión final: 23 de mayo de 2013

RESUMEN: La explotación de carbón toma cada vez más importancia, no sólo por la creciente demanda relacionada directamente a la industria energética y por encontrarse de forma abundante en la corteza terrestre, sino por los riesgos que ponen en peligro la vida y el bienestar de los trabajadores en la explotación subterránea del mineral. Tomando esto como punto de partida y siendo conscientes del alto número de accidentes que se han presentado en los últimos años, especialmente tragedias relacionadas al déficit de la ventilación en las minas, se expone el presente artículo. El propósito del manuscrito es vincular y desarrollar técnicas de programación hacia la determinación de parámetros claves en el diseño de un sistema de ventilación en una explotación minera subterránea. Lo anterior conlleva a la disminución de problemas asociados a la ventilación en labores mineras y a la generación de consciencia sobre la importancia de la actividad, teniendo presente que la integridad física del personal en la mina debe ser garantizada y que la minería junto a la informática está a la vanguardia para la solución de problemas asociados a sus campos de aplicación.

PALABRAS CLAVE: circuitos de ventilación, diseño de algoritmos, programación de computadores, minería de carbón.

ABSTRACT: Coal mining takes increasingly important, not only for the reason of growing demand directly related by the energy industry, if not also the risks that put endanger the lives and welfare of workers in underground mining of ore. Taking this as a starting point and being aware of the high number of accidents that have occurred in this type of work in recent years, especially tragedies related to poor ventilation of mines, this investigation has as purpose from programming techniques determining key parameters for the design of a ventilation system in an underground mining, which leads to decreased of problems associated to ventilation in mining operations and the generation of awareness of the importance of the activity bearing in mind that the physical integrity of the staff at the mine must be guaranteed and that mining with computing are at the vanguard in solving problems associated with their applications.

KEYWORDS: Ventilation Circuits, Algorithms, Computer Programming, Coal Mining.

1. INTRODUCCIÓN

Con el transcurrir de los tiempos y el afán de autosuperación, el hombre se ha convertido en un gran consumidor de minerales y materiales derivados de los mismos. Lo anterior ha significado que la extracción de minerales como el carbón se haga de carácter continuo y creciente de forma superficial o subterránea.

Para la extracción del carbón se requiere de gran cuidado tanto en la planeación como en la explotación del mismo. Lo anterior es debido a que adyacente con él encontramos gases que en concentraciones elevadas pueden generar un sinnúmero de riesgos para las personas y para toda la explotación como tal (Ministerio de Minas y Energía, 1987). A lo anterior se debe sumar que al realizar la extracción del carbón, bien sea por

medios mecánicos o por voladura se genera un polvillo, el cual es altamente explosivo y nocivo para la salud; sin despreciar la generación de gases debido al uso de maquinaria en las explotaciones.

Siendo entonces una de las principales problemáticas para la ingeniería de minas y tal vez uno de los temas más complejos a tratar, ya que en la minería subterránea y en especial la minería del carbón es indispensable entender cada una de las variables que afectan de cierta manera la atmosfera de trabajo a estas condiciones. Muchas veces la ventilación puede llegar a convertirse en un problema para la explotación, es notable que a medida que se profundizan las labores mineras estos problemas se vuelven más complejos y la ventilación natural ya no es suficiente, necesitándose una ventilación mecánica o artificial, por lo tanto, es necesario el conocimiento de variables que nos permitan el correcto funcionamiento de los ventiladores, como diluir todos estos gases presentes y por consiguiente conocer el caudal de aire necesario para el entorno de trabajo.

Es por todas estas razones que un adecuado sistema de ventilación es necesario para poder brindar un ambiente de trabajo seguro a todas las personas que laboran en la extracción del recurso, ya que como se ha visto son múltiples los errores cometidos en el diseño de estos sistemas; errores que se desencadenan en incidentes que le cuestan la vida a muchos trabajadores. Para evitar estas situaciones se busca avanzar cada día más no solo en el mejoramiento de las condiciones de seguridad de las minas subterráneas, sino también en la eficiencia de los sistemas de salvamento, monitoreo y control continuo de los ambientes de trabajo, los cuales tendrán en cuenta todos los factores que representen riesgo para las personas (Yi, 2012). Por consiguiente el desarrollo de estructuras algorítmicas permite de forma sencilla e innovadora encontrar dichas variables (Arias *et al*, 2012).

El diseño de un algoritmo es una labor compleja porque requiere de una gran destreza en creatividad, lógica, abstracción, memoria y experiencia (Walkenbach, 2007). Esto conlleva a hacer uso de buenas prácticas de programación para poder alcanzar de forma precisa la solución a un problema en particular. Sin embargo, primero se debe definir el problema con total exactitud, exponer los datos de partida para la solución del mismo y declarar la información que se

debe proporcionar al resolver el código. Pero a pesar de esto, la ventaja que proporciona la codificación de un algoritmo en un lenguaje de programación y el uso del aplicativo generado, es que no solo el diseñador del programa es quien lo puede utilizar, sino que va dirigido a un sinnúmero de usuarios finales que se benefician de éste para dar solución a sus problemáticas puntuales (Jiménez & González, 2012). Dicho esto y todas las razones anteriores, nos lleva a pensar que las técnicas de programación estructurada son una serie de herramientas que de forma clara y precisa proporcionan el cálculo de parámetros determinantes para la elaboración de un sistema de explotación para minería subterránea (Dongpeng *et al*, 2008).

Motivados por la oportunidad de diseñar un modelo algorítmico que nos permita calcular los parámetros más relevantes de un circuito de ventilación, mirar los riesgos que trae consigo, las políticas a utilizar, los cuidados, controles y prevenciones por manejar, se decidió trabajar con la minería de carbón partiendo de las catastróficas experiencias que se han vivido en nuestro país donde hemos tenido evidencias nefastas como consecuencia del mal manejo, control y diseño de los circuitos de ventilación. Se espera que este trabajo represente un aporte significativo y sirva de ejemplo para que las personas interesadas en el tema tomen conciencia.

El artículo está distribuido de la siguiente manera: en el siguiente capítulo se presentan los materiales y métodos utilizados. Luego, en el capítulo tres se exponen la metodología. El capítulo cuatro muestra los resultados y la discusión; para finalmente, en el capítulo cinco presentar las conclusiones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En Colombia, las actividades mineras subterráneas se rigen bajo el Decreto 1335 de 1987 el cual establece una serie de obligaciones que se deben cumplir para garantizar un control óptimo del ambiente en el interior de la mina. En el edicto se establecen los requerimientos de aire para la explotación y demás condiciones pertinentes para el desarrollo de la actividad (Ministerio de Minas y Energía, 1987). Indica además que, todas las excavaciones subterráneas accesibles al personal deben ser recorridas de manera permanente por un volumen suficiente de aire, capaz de mantener limpia

la atmósfera de trabajo para hacerla respirable. El aire que se introduzca a la mina debe estar exento de gases, humo, vapores o polvos nocivos o inflamables. Ningún lugar de trabajo bajo tierra debe ser considerado apropiado para trabajar o para pasar por él, si su atmósfera contiene menos de 19% en volumen de oxígeno (medido con oxigenómetro). En la atmósfera de cualquier sitio de trabajo bajo tierra, para una jornada de ocho horas de trabajo, el valor límite permisible (VLP) para los gases contaminantes deben ser el que se reglamenta (ver Tabla1).

Por otra parte, el volumen mínimo de aire que circule en las labores subterráneas debe calcularse teniendo en cuenta el turno de mayor personal, la elevación de éstas sobre el nivel del mar, gases o vapores nocivos y gases explosivos e inflamables. Las anteriores se deben tener de acuerdo con la calidad y cantidad de los agentes nocivos presentes en la atmósfera. Éstos con el propósito de mantener unas condiciones de saneamiento adecuadas en toda mina subterránea. Las instalaciones para entrada y salida de aire deben ser independientes, distantes no menos de 50 metros una de otra (Ministerio de Minas y Energía, 1987).

Un sistema de ventilación juega un papel importante en la minería dado que este es el encargado de garantizar las condiciones atmosféricas necesarias para la realización de la labor. Por ende para obtener una buena caracterización de un sistema de ventilación se debe tener conocimiento sobre ciertos parámetros determinantes como son la distribución de caudales, las áreas, perímetros y longitudes de las secciones, entre otros (Molina & Córdoba, 2011), con el fin de determinar las condiciones óptimas para garantizar un buen flujo de aire en el interior de la mina. Por lo anterior, los sistemas de ventilación no podrán formar circuitos cerrados, las vías de ventilación deben someterse a un mantenimiento adecuado para evitar posibles obstrucciones que puedan interrumpir el flujo normal del aire y mantenerlas accesibles al personal. Dicho flujo de aire y otros requerimientos se deben calcular a partir de las siguientes formulas (Molina & Córdoba, 2011):

El caudal de aire:

$$Qg = (V / Td) * \text{Log} (Ki / Kf) \quad (1)$$

Donde:

K_i = concentración inicial de gases.

K_f = concentración final de gases (límite permisible).

Vol = volumen de material arrancado.

Td= tiempo de dilución.

La resistencia regulada:

$$R = 15.6 * (\text{rugosi} * P * L) / (S ^ 3) \quad (2)$$

Donde:

Rugosi: rugosidad.

P: perímetro de la sección de la galería.

L: longitud de la galería.

S: Área la de la sección de la galería.

Otro factor que debemos considerar es la curva característica de la mina que se obtiene a partir del producto de la perdida de presión por el caudal total al cuadrado. La pérdida de presión se presenta porque hay pérdida de energía cinética y se calcula a través de la siguiente expresión:

$$DH = (R) * (Qt ^ 2) \quad (3)$$

Donde:

R: resistencia total de la mina.

Qt: caudal total.

La curva característica de la mina es un procedimiento indispensable para conocer el comportamiento del ventilador al variar algunos de sus parámetros ángulo de paletas, velocidades de motor, entre otros (Molina & Córdoba, 2011). Para calcular la potencia del ventilador utilizamos la siguiente expresión:

$$\text{Potencia} = (DH * Qt) / (101.9 * \text{rendimiento}) \quad (4)$$

3. METODOLOGÍA

Seleccionando la información considerada más relevante en cuanto a los temas objeto de este estudio y con base en todo el conocimiento adquirido y los cálculos exigidos a los requerimientos de la minas en cuanto a ventilación se refiere, se desarrollo una propuesta de un modelo que nos permita los cálculos de variables determinantes a la hora de la preparación de un circuito de ventilación.

Para el diseño del algoritmo se sometieron las siguientes fases de investigación:

3.1. Primer condicional

Según el Decreto número 1335 de 1987, título II (Ventilación), capítulo I, artículo 28, el caudal de aire requerido por persona en excavaciones mineras hasta 1500 m.s.n.m es de 3 m^3 por minutos, de lo contrario será 6 m^3 por minutos para excavaciones mayor a 1500 m.s.n.m (Ministerio de Minas y Energía, 1987). Lo anterior se puede apreciar en la instrucción Nro. 3.

3.2 Segundo condicional

Según el Decreto número 1335 de 1987, título II (Ventilación), capítulo I, parágrafo 2°, el caudal de aire requerido por *Horse Power* de la máquina es de 6 m^3 por minuto cuando el contenido de monóxido de carbono en los gases del exosto no sea superior a 0.12%, de lo contrario será 4 m^3 por minuto por cada *Horse Power* de la máquina cuando el contenido de monóxido de

carbono (CO) en los gases del exosto no sea superior de 0.08% (Ministerio de Minas y Energía, 1987). Lo anterior se puede apreciar en la instrucción Nro. 4.

3.3 Impresión de resultados

Por último, una vez recorrido todos los condicionales y cerrado todos los ciclos, el aplicativo que integra el algoritmo de la Figura 1 arroja los resultados obtenidos de su desarrollo a través de su interfaz (ver Figura 2).

A continuación se desarrollan un algoritmo en pseudocódigo a partir de las ecuaciones y condicionales anteriores propias de ventilación, para la determinación de los parámetros mencionados se tomaron 3 casos hipotéticos semejantes a la realidad, sin salirnos de lo establecido, teniendo como ejemplo a minas que laboran en nuestro entorno (ver tabla 2).

```

1: INICIO
2: Leer DH (La caída de presión), Qt (caudal total), V (velocidad promedio), Td (tiempo de dilución), Ki
   (concentración inicial de gases), Kf (concentración final de gases) P (perímetro), L (longitud), S (área de
   la sección), rugosi (rugosidad), rendimiento, Nt (número de trabajadores), AM (altura de la mina), PCO
   (% de CO por maquinaria), Nm (maquinaria).
3: Si (AM > 1500) entonces
   Qp = Nt * 6
   De lo contrario
   Qp = Nt * 3
   Fin Si
4: Si (PCO > 0.08) entonces
   Qm = Nm * 6
   De lo contrario
   Qm = Nm * 4
   Fin Si
5: R = 15.6 * (rugosi * P * L) / (S ^ 3)
6: Qg = (-V * (Log (Kf / Ki) / Log (10))) / Td
7: Qt = Qp + Qm + Qg
8: DH = (R/1000) * ((Qt/60) ^ 2)
9: Potencia = (DH * (Qt/60)) / (101.9)
10: Imprimir parámetros
11: FIN

```

Figura 1. Algoritmo desarrollado para el cálculo de caudales y resistencias asociadas a la ventilación

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez definido y declarado el problema en particular (cálculos de parámetros determinantes en un diseño de un circuito de ventilación para minería subterránea), se procede a implementar los datos en el aplicativo que integra el algoritmo. Después se efectúan una cadena de ejecuciones con el fin de verificar su correcto

funcionamiento y consecutivamente se realizan una serie de simulaciones con el fin de exponer las circunstancias más significantes a la hora del diseño de un circuito de ventilación. Se debe de tener en cuenta que se trata de recrear un diseño aplicable a una explotación real (ver Tablas 1 y 2).

Tabla 2. Variables asociadas a un circuito de ventilación para el diseño del algoritmo

Variables	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Rugosidad	0,20	1,50	2,00
Longitud	80,00	200,00	180,00
Tiempo de dilución	15,00	20,00	15,00
Ki	0,005	0,00	0,00009
Kf	0,40	0,03	0,50
V	43,00	45,00	56,00
Sección	20,00	20,00	25,00
Rendimiento	0,80	0,80	0,80
Perímetro	18,00	13,00	12,00
Trabajadores	20,00	80,00	60,00
Maquinaria	25,00	35,00	72,00
Altura de la mina (msnm)	1500,00	100,00	220,00
%CO maquinaria	1,00	1,00	1,00

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Resultado arrojados a partir de cada caso

Parámetros	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Caudal	210 m ³ /min	450 m ³ /min	612 m ³ /min
Resistencia	0,56 μ	7,6 μ	4,3 μ
Potencia	0,000236 Kw	0,0315 Kw	0,045 Kw
Perdida de presión	0,007 mmca	0,4 mmca	0,5 mmca

Fuente: elaboración propia

Impresión de parámetros

Caudal requerido a las concentraciones de los gases (m³/ min). Depende del volumen de control, el tiempo

de dilución y las concentraciones iniciales y finales de los gases después de la voladura (ver Tabla 3).

Tabla 3. Valor límite permisible de gases (VLP)

Nombre del gas contaminante	Formula química	Porcentaje en volumen (%)	Partes por millón (PPM)
Dióxido de carbono	CO ₂	0,5	5000
Monóxido de carbono	CO	0,005	50
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0,002	20
Anhídrido sulfuroso	SO ₂	0,0005	5
Vapores nitrosos	NO+NO ₂	0,0005	5

Fuente: Reglamento de seguridad en las labores subterráneas, Decreto 1335 (Ministerio de Minas y Energía, 1987)

Resistencia equivalente de la mina. Se expresa en murgues (μ), la cual constituye la obstrucción que las paredes, pisos y techos ejecutan en el desplazamiento del aire a través de ellas. Depende de la rugosidad, la sección transversal, la longitud, el perímetro de la galería, y el coeficiente de rugosidad.

Caudal total (m³/ min). Es aquel que se necesita producir para generar las condiciones atmosféricas óptimas para la realización de las labores. Es el resultado de la sumatoria de los caudales requeridos por los gases, por el personal en las excavaciones mineras y por los HP de la maquinaria utilizada.

Caída de presión (mm de columna de agua). La cual depende de la resistencia equivalente por el caudal total al cuadrado, lo que significa que hay pérdidas de la energía cinética.

Potencia (Kw). Es la fuerza que necesita el ventilador para suplir con el caudal requerido, la cual depende de la caída de presión y el caudal total.

Al llevar a cabo el desarrollo de las simulaciones descrita anteriormente en los casos 1, 2 y 3 se logra evidenciar la importancia de las condiciones del entorno técnico de las explotaciones mineras sobre el diseño de un circuito de ventilación. Lo anterior es porque, a partir de parámetros como las rugosidades, la geometría de las secciones, el número de maquinaria o de personas y demás requerimientos encontrados en el Decreto 1335 depende el volumen de aire necesario para la generación de un ambiente ideal de trabajo; refiriéndose más precisamente a las circunstancias de temperatura y presión que se deben provocar para garantizar el mayor número de horas

laborales permitidas en la mina (ver Tabla 4).

Tabla 4. Tiempo de permanencia según la temperatura efectiva

T_e (°C)	Tiempo de permanencia (horas)
28	Sin limitación
29	6
30	4
31	2
32	2

Fuente: Reglamento de seguridad en las labores subterráneas, Decreto 1335 (Ministerio de Minas y Energía, 1987)

A partir de los resultados de resistencia y pérdida de presión de los caso 1 se logra definir los requerimientos de los ventiladores según indican sus potencias para generar los caudales necesarios para la realización de las actividades mineras. Lo cual confirma la teoría de que a partir de las variaciones de los parámetros descritos se hacen las consideraciones pertinentes para un buen diseño de un circuito de ventilación para minería subterránea (Mador, 1994).

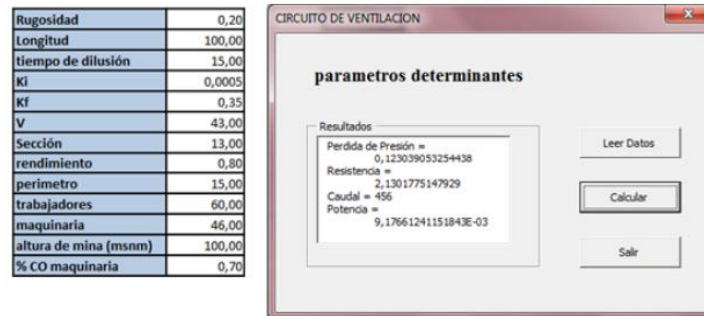


Figura 2. Interfaz de resultados

Partiendo de las simulaciones hechas anteriores podemos observar que con la sistematización del manejo de la ventilación de las minas se permiten prever las condiciones futuras de las actividades de explotación, evitando la toma de decisiones erróneas respecto a la realización de las obras de ventilación (ver Figura 2). Con ayuda de las técnicas computacionales el programador puede ensayar o simular cualquier cambio imprevisto (Brassard & Bratley, 2000) en las obras mineras, permitiéndole al personal de ventilación hacer los cambios pertinentes para la generación de un ambiente de trabajo seguro.

Si se considera la idea de sistematizar el circuito de ventilación, claramente se debe hacer a través del uso de herramientas computacional, las cuales les permite evaluar las alternativas y realizar cálculos

de forma directa y confiable (Tao, 2011). Para tal efecto, dichas herramientas deben estar constituida con toda una serie de datos e información que caracterizan al sistema de ventilación, lo cual nos lleva a que previo a la implementación del programa debe realizarse una campaña de caracterización de los sistemas de ventilación actuales. Una vez obtenida la caracterización del sistema de ventilación, será posible alimentar el programa y crear un modelo computacional que permite diseñar, bajo los parámetros arrojados, un adecuado sistema de ventilación (Luque, 1988).

5. CONCLUSIONES

El trabajo se desarrolló teniendo en cuenta los requerimientos exigidos según el Decreto 1335 de

la República de Colombia y las buenas prácticas de programación, para que de forma correcta y precisa se calculen los parámetros determinantes para el diseño de un circuito de ventilación en minería, en donde posteriormente se hace la escogencia del ventilador según la información arrojada del algoritmo diseñado. En la actualidad, este Decreto se encuentra en el Congreso de la República de Colombia para su actualización, incluyendo nuevos requerimientos para la optimización del desarrollo de la actividad minería subterránea.

En cuanto al monitoreo de la calidad del aire en la mina es recomendable que se haga de manera continua para así poder conocer las condiciones al interior, en cualquier momento y así poder determinar situaciones de riesgo que puedan colocar en peligro vidas humanas y a la explotación misma (Urrutia, 2006).

Partiendo de la premisa de que no solo el diseñador del algoritmo es quien lo puede utilizar, sino que va dirigido a un sin número de usuarios, cabe mencionar que es cierto siempre y cuando las condiciones del problema asociado al usuario sean parecidas. Sin embargo, se deben determinar las características relacionadas a cada tipo de problema. En nuestro caso de estudio serían las condiciones de cada mina por la razón de que las características cambian en función al tiempo, localización, altura, gravedad y muchas otras condiciones que se deben tener en cuenta a la hora de utilizar el aplicativo.

Las técnicas de programación hacen parte de un conjunto de herramientas tecnológicas e innovadoras que contribuyen de forma directa y segura (Chapra & Raymond, 2002), a los distintos campos laborales de aplicación; por las razones que facilitan los cálculos de un sin número de parámetros que son determinantes para cada caso de estudio específico. Como trabajo futuro se propone adicionar técnicas de ingeniería de software para el modelamiento y posteriormente, hacer un aplicativo más robusto.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo que se describe en este documento forma parte del programa de investigación: “*Plan de Acción para el fortalecimiento de los grupos de Investigación Inteligencia Artificial en Educación y Diseño Mecánico*

Computacional” (código Hermes: 14198), patrocinado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, D; López, O; Jiménez, J, 2012. Análisis de sedimentos utilizando un enfoque de la programación estructurada. Revista Tecno Lógicas, Vol. 29. Colombia.

Brassard, G & Bratley, P, 2000. Fundamentos de algoritmia. Prentice Hall International, Madrid (España).

Chapra, S & Raymond, C. 2002. Numerical Methods for Engineers, 6edición Mac Graw Hill. U.S.A. 285 P.

Dongpeng, Y; Jinlin, L; Lun, R. Reserach on Reliability fo Complex Coal Mine Ventilation Networks. 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08.

Jiménez, J; González, J, 2012. The Implementation of the Acoustic Impedance for the Monitoring of Industrial Processes. Journal of Communication and Computer Vol. 9, Nro. 12, USA.

Luque, V, 1988. Manual de ventilación de Minas, España. Capítulo IV y V. 57 P.

Mador, M., 1994 Assist-Control Ventilation in Principles and Practice of Mechanical Ventilation, M.J. Tobin, Editor. McGraw-Hill, Inc New York, USA; 1994. pp. 207.

Ministerio de Minas y Energía, Decreto 1335 de 1987. Reglamento de seguridad en las labores subterráneas. Colombia. Consulta en línea [<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/2183.pdf>] Fecha de acceso: noviembre de 2012.

Molina, J., & Córdoba C, 2011. Caracterización de sistemas de ventilación en minería subterránea. Boletín Ciencias de la Tierra Nro. 29. Universidad Nacional de Colombia.

Tao, L. Design and Implement of Mine Ventilation Security Information System. 2011 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), USA.

Urrutia, I. 2006. Ventilación mecánica. Universidad del Cauca. Colombia. Consulta en línea [<http://www.facultadsalud.unicauca.edu.co/fcs/2006/septiembre/Ventilacion%20mecanica.pdf>]. Fecha de acceso: noviembre de 2012.

Walkenbach, J. 2007. Microsoft Office Excel 2007 VBA Programming for Dummies. Wiley Publishing, Consulta online en [http://www.docstoc.com/docs/documentpreview.aspx?doc_id=1659168] Fecha de acceso: noviembre de 2012.

Yi, D., Construction of the Coal Mine Production Safety Management Evaluation System Based on the Sustainable Development. Power and Energy Engineering1

Conference (APPEEC), 2012 Asia-Pacific.